



# PARCO EOLICO IN LOCALITÀ “REMPILLO” E OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI PITIGLIANO (GR) RELAZIONE GEOLOGICA

Project No. P23\_SOR\_028

Doc. No. P23028-X-RL-00

REV.	DATE	PREPARED BY	CHECKED BY	APPROVED BY
0	07-Dic-2023	Tiziana Mazzoni	Paolo Basile	Roberto Brogi

Prepared for: Sorigenia Renewables Srl



Ing. ROBERTO BROGI  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
N° 3635 Sezione A  
INGEGNERE INDUSTRIALE

STEAM srl  
Via Ponte a Piglieri 8  
Pisa 56121  
ITALY  
VAT no. IT01028420501

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO .....	2
2	MODELLAZIONE GEOLOGICA .....	4
2.1	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE .....	4
2.1.1	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO .....	6
2.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTI .....	9
2.3	ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	15
3	MODELLAZIONE SISMICA .....	16
4	MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	19
4.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO .....	19
4.1.1	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DAGLI AEROGENERATORI	21
5	TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	22
6	CONCLUSIONI.....	23

## FIGURE INDEX

Figura 1.a	Localizzazione delle Opere su Base Topografica IGM in scala 1:25.000 .....	3
Figura 2.1.a	Schema Geologico dei Fogli (1. Aree delle formazioni della Serie Toscana e del flysch prevalenti; 2. Area delle formazioni neogeniche e quaternarie prevalenti; 3. Area delle formazioni vulcaniche prevalenti) – Note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. ....	5
Figura 2.1.1.a	Estratto Carta Geologica Regionale (scala 1:10.000).....	8
Figura 2.2.a	Morfologia nell'area di installazione dell'aerogeneratore PIO4.....	9
Figura 2.2.b	Estratto Carta di Tutela del Territorio del PAI Bacino Interregionale del Fiume Fiora .....	12
Figura 2.2.c	Estratto "Mappa di pericolosità da alluvione" del PGRA dell'Appennino Settentrionale.....	13
Figura 2.2.d	Estratto cartografia del Progetto IFFI .....	14
Figura 3.a	Mappa di aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana (Deliberazione GRT n.421/2014) .....	16
Figura 3.b	Categorie di sottosuolo che permette l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC 2018) .....	18
Figura 3.c	Categorie Topografiche (Tabella 3.2.III delle NTC 2018) .....	18
Figura 4.1.a	Localizzazione delle indagini eseguite su ortofoto .....	20

## TABLE INDEX

Tabella 4.1.1.a	Parametri Geotecnici del terreno .....	21
-----------------	--	----

## 1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica è stata predisposta nell'ambito della procedura di VIA per la realizzazione del Parco Eolico "Rempillo", che la società Sorgenia Renewables S.r.l., intende realizzare nel territorio comunale di Pitigliano (GR). Anche il tracciato dell'elettrodotto interrato MT si sviluppa interamente nel comune di Pitigliano.

Nello specifico, il progetto in esame consiste nella realizzazione di un parco eolico, costituito da:

- n.6 aereogeneratori, da 6,2 MW ciascuno. Le macchine avranno un diametro rotore 170 m, altezza al hub di 125 m e altezza al tip di 210 m;
- un sistema di accumulo di energia a batteria da 25 MW (BESS). Tale opera sarà collocata in adiacenza alla nuova sottostazione di trasformazione di utenza;
- opere di connessione alla rete elettrica mediante una sottostazione di trasformazione di utenza con trasformatore 30-132 kV. Nel dettaglio si prevede la realizzazione di un cavidotto MT interrato dalla lunghezza di circa 6,8 m.

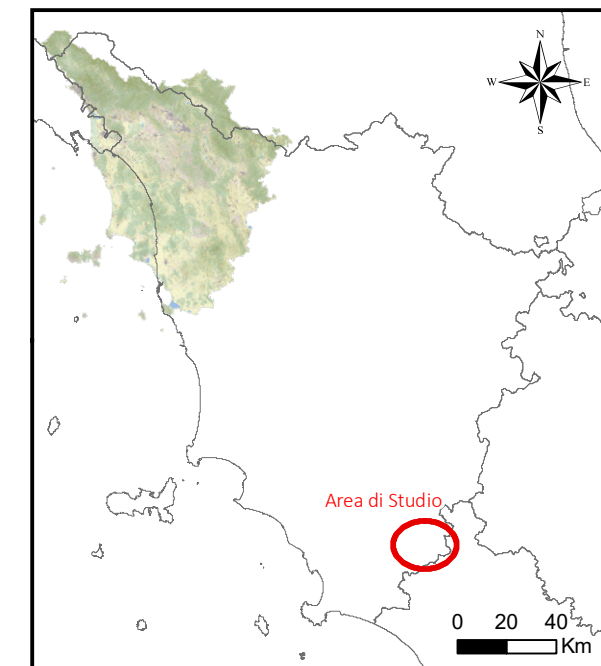
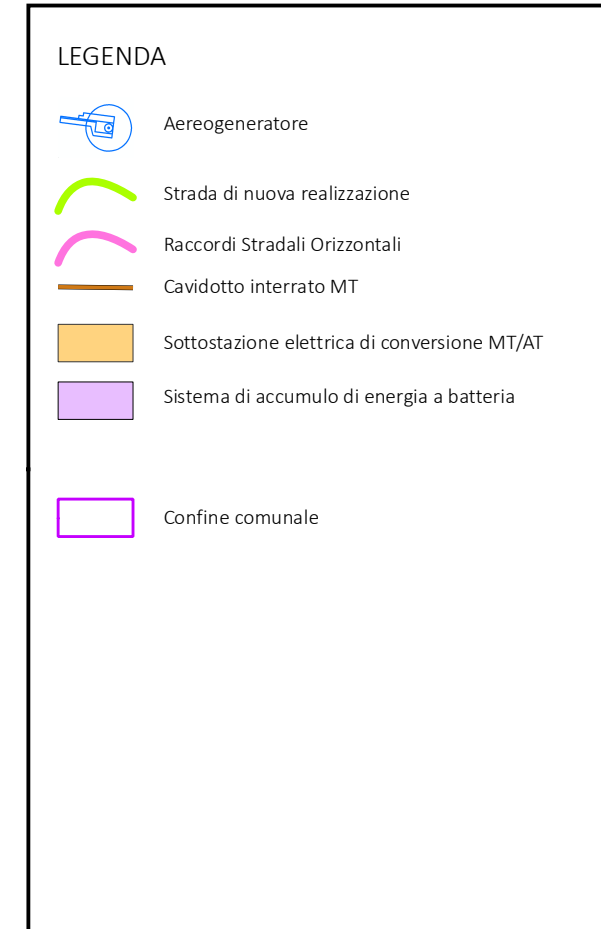
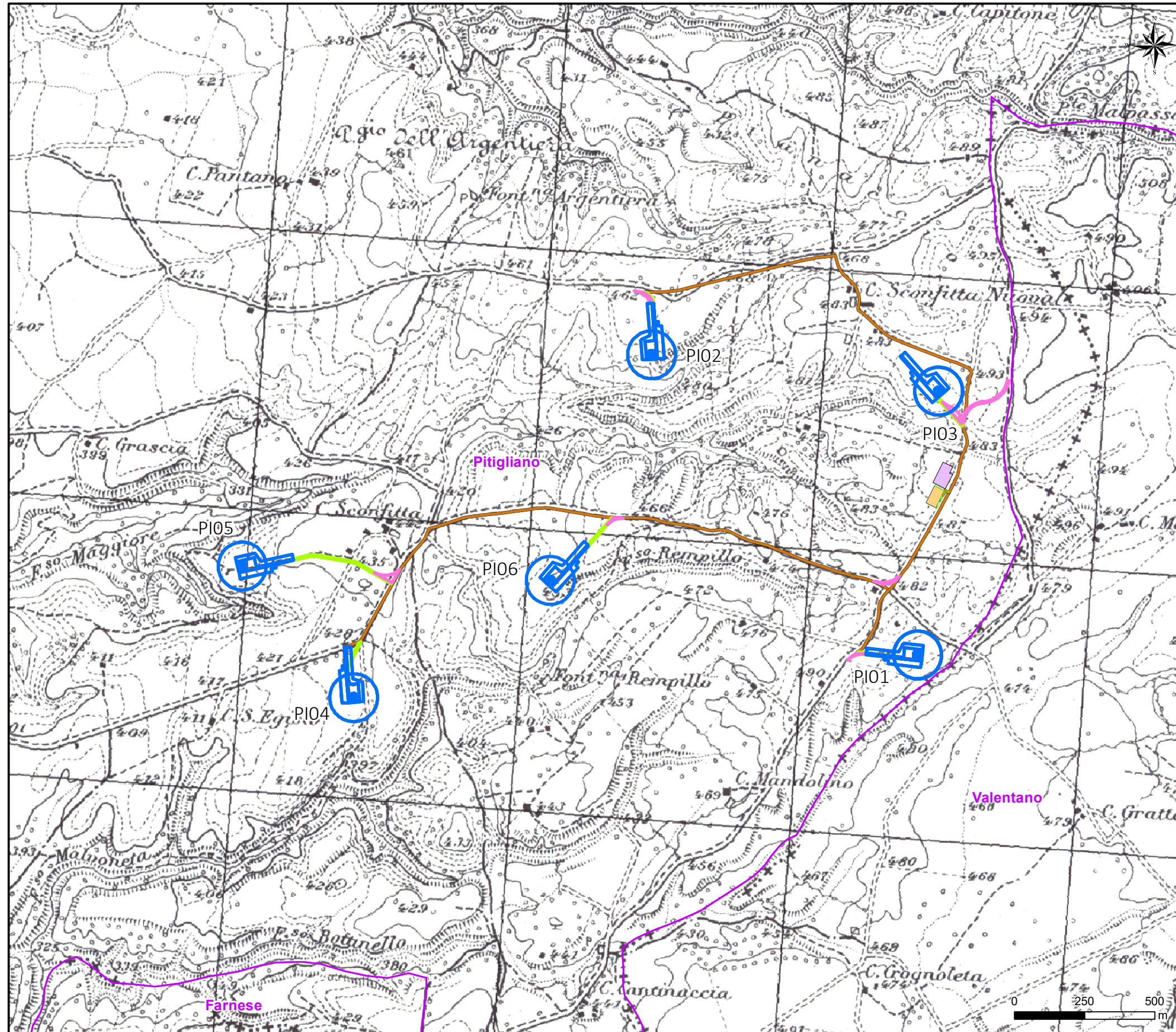
Per maggiori dettagli sulla descrizione delle opere si rimanda al Relazione Tecnica Generale. L'ubicazione delle opere è riportata in Figura 1.a.

La caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica è stata condotta attraverso osservazioni di superficie e indagini in sito, compiute ad Agosto 2023.

Le indagini sui terreni e le relative elaborazioni di carattere geologico o geotecnico sono state condotte sulla base della normativa vigente in materia, facendo riferimento alle norme e prescrizioni di cui D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n. 7/2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018), tenuto conto delle istruzioni tecniche per le indagini geologiche e geotecniche nelle zone soggette a rischio sismico, definire con D.G.R.T. 431/2006 e s.m.i., di cui al D.P.G.R. 36/R/2009 e s.m.i. e delle condizioni di pericolosità e fattibilità definite dal D.P.G.R. 5/R/2020, di cui allo strumento urbanistico in vigore, in ottemperanza alle norme del P.T.C. della Provincia, e della L.R. 1/2005.

Inoltre, la presente relazione è redatta ai sensi del regolamento di attuazione della LRT 39/2000 e successive modificazioni di cui al D.P.G.R. n.48/R/2003 per il rilascio del nullaosta del "Vincolo Idrogeologico".

Figura 1a Localizzazione Opere di Progetto su Base Topografica IGM in scala 1:25.000



## 2 MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 2.1 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'assetto geologico-strutturale della Toscana meridionale, nel quale ricade l'Area di Studio, è il risultato della sovrapposizione della tettonica distensiva terziaria, legata all'attività del bacino tirrenico, sulla porzione più interna dell'edificio a pieghe e sovrascorrimenti delle Catena Appenninica.

Conseguentemente a questa fase distensiva c'è stato lo sviluppo del vulcanismo che ha caratterizzato il Lazio settentrionale con l'identificazione di una serie di distretti vulcanici (Distretto Cimino, Distretto Vicano e Distretto Vulsino) con attività prevalentemente esplosiva.

In particolare l'area è caratterizzata dalla presenza del Distretto Vulcanico Vulsino, e le opere in progetto si collocano al margine occidentale dello stesso.

La struttura vulcanica principale del distretto è rappresentata dalla vasta conca del Lago di Bolsena (collocata ad Est di Pitigliano), interpretata come un ampio bacino di collasso, il cui sprofondamento è stato controllato da sistemi di faglie a carattere regionale.

L'intera area dei monti Vulsini è quasi completamente coperta da depositi effusivi alcalino-potassici prodotti dall'intensa e prolungata attività vulcanica del Complesso vulcanico stesso (da 600 a 100 ka).

Il substrato sedimentario è costituito da depositi neo-autoctoni post -orogenetici del Miocene superiore e Pleistocene, che ricoprono le formazioni flyschoidi delle Unità Liguri e le successioni carbonatiche mesozoiche della Serie Toscana (Figura 2.1.a).

La stratigrafia generale dell'area può essere così ricostruita:

- Formazioni vulcaniche del distretto Vulsino (Pleistocene);
- Depositi post-orogenetici da conglomerati, sabbie e argille (Miocene superiore – Pleistocene);
- Sequenza di flysch ligure (Cretaceo – Eocene);
- Formazioni carbonatiche e arenarie calcaree del Dominio Tosco – Umbro (Mesozoico – Cenozoico).

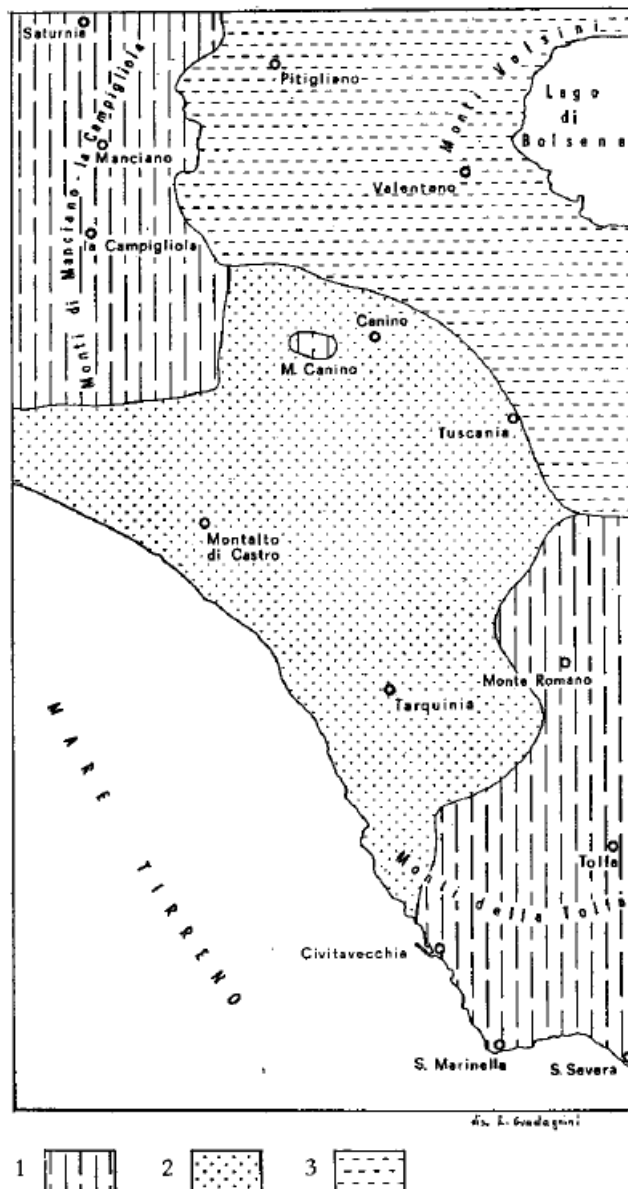


Figura 2.1.a

**Schema Geologico dei Fogli (1. Aree delle formazioni della Serie Toscana e del flysch prevalenti; 2. Area delle formazioni neogeniche e quaternarie prevalenti; 3. Area delle formazioni vulcaniche prevalenti) – Note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.**

Nel dettaglio, nell'area di studio affiorano estesamente le successioni vulcano-clastiche appartenenti al Complesso vulcanico sopra menzionato, mentre nella parte più a Nord si vede l'affioramento dei depositi neogenici che affiorano anche in corrispondenza delle incisioni fluviali più profonde.

Le caratteristiche morfologiche dell'area in esame, sono fortemente condizionate dalla natura delle rocce affioranti e dai processi, endogeni ed esogeni, che ci sono succeduti ed avvicinati. Le forme del rilievo sono strettamente connesse alla natura vulcanica delle rocce affioranti ed al tipo di attività magmatica, data dalla presenza di numerosi centri eruttivi e di vaste depressioni.

La morfologia dell'area di studio è per questo rappresentata da versanti dolci o pianeggianti costituiti dal plateau ignimbrico, alternati da valli strette e profonde, incise dall'azione di scorrimento delle acque su litotipi piroclastici meno coerenti.

### 2.1.1 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

In Figura 2.1.1.a si riportata uno stralcio dalla Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 dalla cui consultazione emerge che tutti gli interventi si collocano su depositi vulcanici, che come già specificano affiorano estesamente in tutti il territorio comunale. In particolare, le opere in progetto si collocano sul margine occidentale del Complesso Vulcanico Vulsino.

La successione stratigrafica che caratterizza l'area di studio può essere schematizzata come segue.

Depositi recenti:

- f1a – travertini e calcari continentali (Olocene);
- bna – depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene);
- bnb – depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio e superiore).

Il tetto del complesso vulcanico è rappresentato dalla Formazione di Pitigliano (PIT) nella quale si distinguono 4 membri che rappresentano diversi impulsi vulcanici:

- PIT4 – unità di flusso di ceneri grigie salde con pomici nere;
- PIT3 – pomici pliniane alla base, ceneri saldate grigie con elementi litici;
- PIT2 – depositi ignimbrici a pomici bianche in matrice micropomicea chiara
- PIT1 – Tufiti e diatomiti.

Segue a di sotto della formazione di Pitigliano la Formazione di Poggio Pinzo (PIN) distinta in due membri:

- PIN2 – Flusso piroclastico con matrice rossastra con pomici nere e bianche;
- PIN1 – Depositi di caduta pliniani, generalmente non saldati grigi.

Sotto questa formazione si riscontra quella di Grotte di Castro (GRO) costituita da flusso piroclastico a matrice gialla, rossastra o grigia con elementi litici e pomici gialle o nere.

La formazione di Sorano (SOR) si trova sotto alle precedenti anche se alcune alle volte data la natura delle colate può essere assente. Questa si divide in due membri:

- SOR2 – Flusso piroclastico, matrice gialla con pomici bianche e gialle;
- SOR1 – Depositi di caduta pliniani di colore grigio non saldato.

Segue la Formazione di Sovana anch'essa distinta in due membri:

- SOV2 – Pozzolana nera, matrici micropomicea grigio-nera con pomici nere;
- SOV 1 – Tufo litoide rosso e scorie nere.

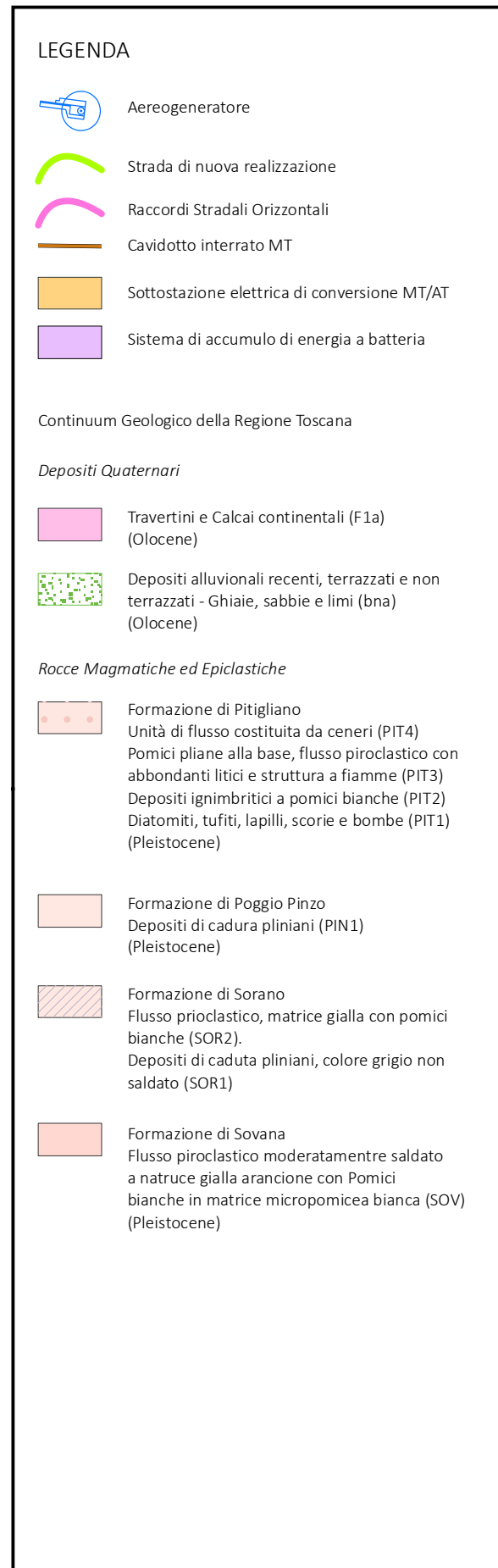
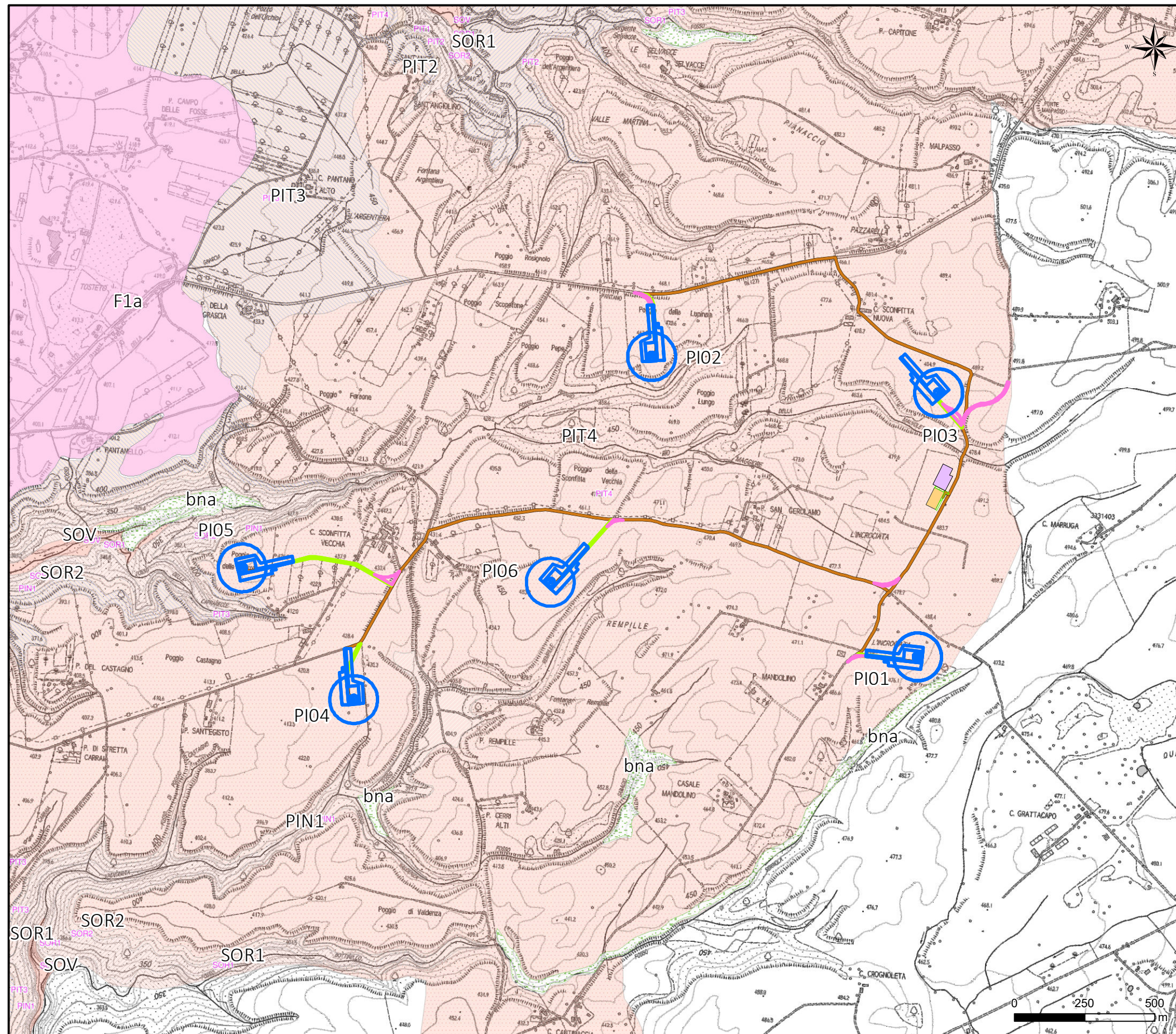
In particolare, tutti gli aereogeneratori interessano la Formazione di Pitigliano (PIT4): unità di flusso costituita da ceneri di colore grigio fortemente saldate, ricca in cristalli di sanidino e leucite con grosse pomici nere del Pleistocene).

Per quanto riguarda il cavidotto interrato questo si sviluppa interamente all'interno della Formazione di Pitigliano, così come anche la nuova sottostazione elettrica e la BESS.



Figura 2.1.1a

Estratto Carta Geologica Regionale (scala 1:10.000)



## 2.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTI

L'Area di Studio è caratterizzata da una blanda morfologia collinare.

Le caratteristiche morfologiche dell'area in esame, sono fortemente condizionate dalla natura delle rocce affioranti e dai processi, endogeni ed esogeni, che ci sono succeduti ed avvicendati. Le forme del rilievo sono strettamente connesse alla natura vulcanica delle rocce affioranti ed al tipo di attività magmatica, data dalla presenza di numerosi centri eruttivi e di vaste depressioni.

La morfologia dell'area di studio è per questo rappresentata da versanti dolci o pianeggianti costituiti dal plateau ignimbrico, alternati da valli strette e profonde, incise dall'azione di scorrimento delle acque su litotipi piroclastici meno coerenti.

In particolare, nell'area di studio si osservano vaste spianate o superfici leggermente ondulate con pendenze moderate (si veda Figura 2.2.a), che rappresenta l'area dove sorgerà l'aerogeneratore PI04).

In particolare, gli aerogeneratori si trovano a quote variabili da circa 410 m s.l.m. (PI05) a circa 485 m s.l.m. (PI01, e PI03).



**Figura 2.2.a** *Morfologia nell'area di installazione dell'aerogeneratore PI04*

Attualmente tutte le aree interessate dall'installazione delle opere di progetto risultano essere adibite a seminativo e a pascolo.

Al fine di verificare la presenza di dissesti è stata consultata la cartografia del PAI del Bacino Interregionale del Fiume Fiora, dalla quale non sono emerse criticità geomorfologiche (si veda Figura 2.2.b).

Tutte le opere interessano un'area classificata come dominio geomorfologico ed idraulico/forestale nella Carta della Tutela del Territorio del Bacino Interregionale del Fiora.

Queste aree risultano di particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici, corrispondono alle aree collinari e alto collinari nelle quali è necessaria una azione di presidio territoriale tesa a prevenire il manifestarsi di dissesti locali e a non indurre squilibri per le aree di valle.

Anche dal punto di vista idraulico dalla consultazione della tavola della pericolosità idraulica dalla consultazione della cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Settentrionale, non sono emerse criticità (si veda Figura 2.2.c).

Al fine di completare l'analisi della stabilità dell'area di studio sono stati consultati anche il catalogo degli eventi di dissesto e di piena del Progetto Aree Vulnerabili Italiane (AVI) e l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

Per quanto riguarda in particolare, la cartografia del Progetto IFFI è emersa la presenza di alcuni corpi di frana in prossimità delle opere in progetto caratterizzati da movimenti di tipo scivolamento rotazionale traslativo, crolli/ribaltamento e colamento (Figura 2.2.d).

Nel dettaglio alcuni corpi sembrano lambire gli aerogeneratori PI02, PI03 e PI05, senza interessare direttamente l'area delle loro piazzole. Tali corpi non sono riportati all'interno dell'inventario dei fenomeni franosi del PAI del Bacino Interregionale del Fiume Fiora e a seguito del sopralluogo effettuato in sito non sono emerse particolari criticità in merito alla stabilità dei versanti interessati dalle opere in progetto.

Dall'analisi della cartografia del Vincolo Idrogeologico consultabile sul servizio Geoscopio della Regione Toscana è emerso che l'aerogeneratore PI05 ricade in un'area soggetta a soggette a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/1923, per cui la presente relazione costituisce la documentazione necessaria all'ottenimento del nullaosta al suddetto vincolo.

Inoltre, dal rilievo geomorfologico di campagna, effettuato nel mese di Luglio 2023, non è emersa la presenza di dissesti idrogeologici nell'area interessate dalle opere.

Il cavidotto interrato si svilupperà quasi interamente lungo la viabilità esistente e anche le aree interessata da questo non presentano evidenze di dissesti idrogeologici in atto.

Per la realizzazione del cavidotto, i movimenti di terra che corrispondono alle opere di scavo necessarie alla posa in opera del cavidotto e successivo reinterro con lo stesso materiale

precedentemente scavato, risultano estremamente contenuti, senza aggravio dei carichi in superficie né tantomeno modifica della morfologia e relativo deflusso superficiale e profondo delle acque.

Figura 2.2b

Estratto Carta di Tutela del Territorio del PAI Bacino Interregionale del Fiume Fiora

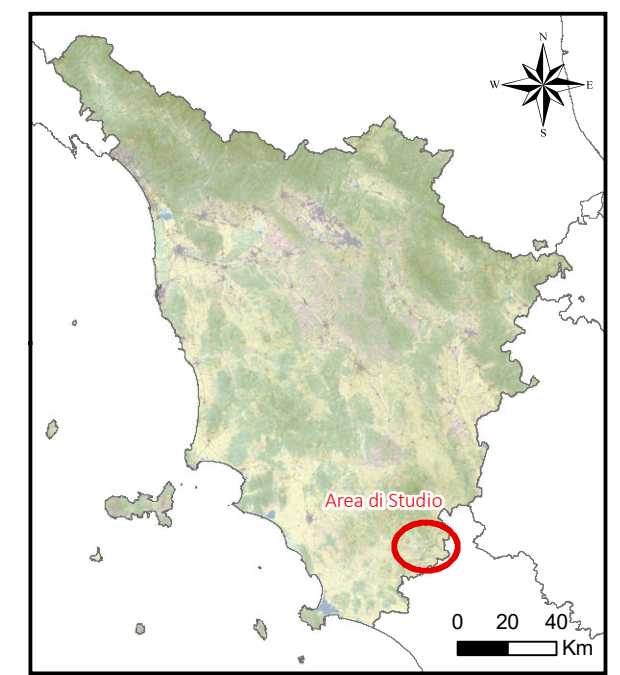
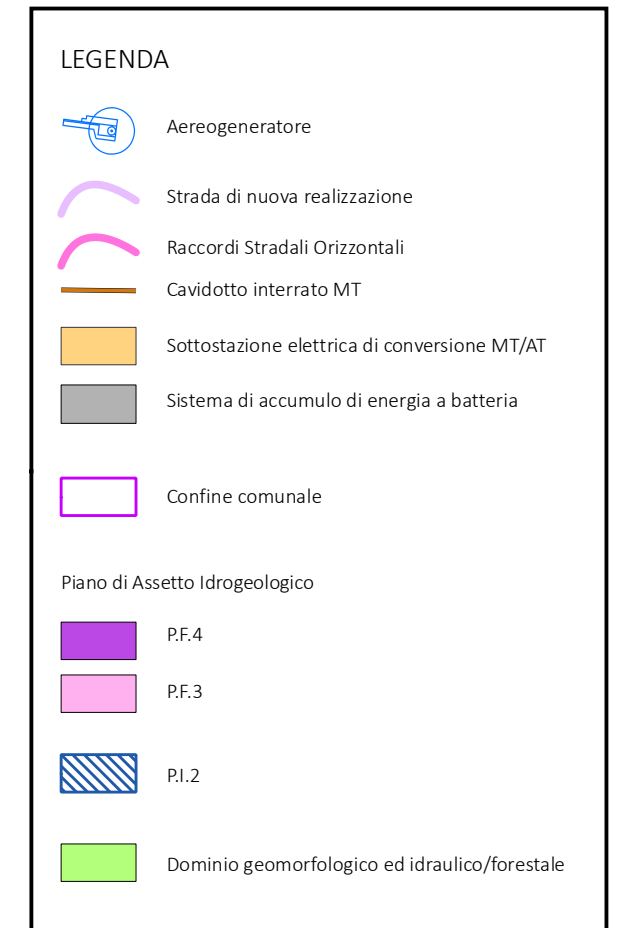
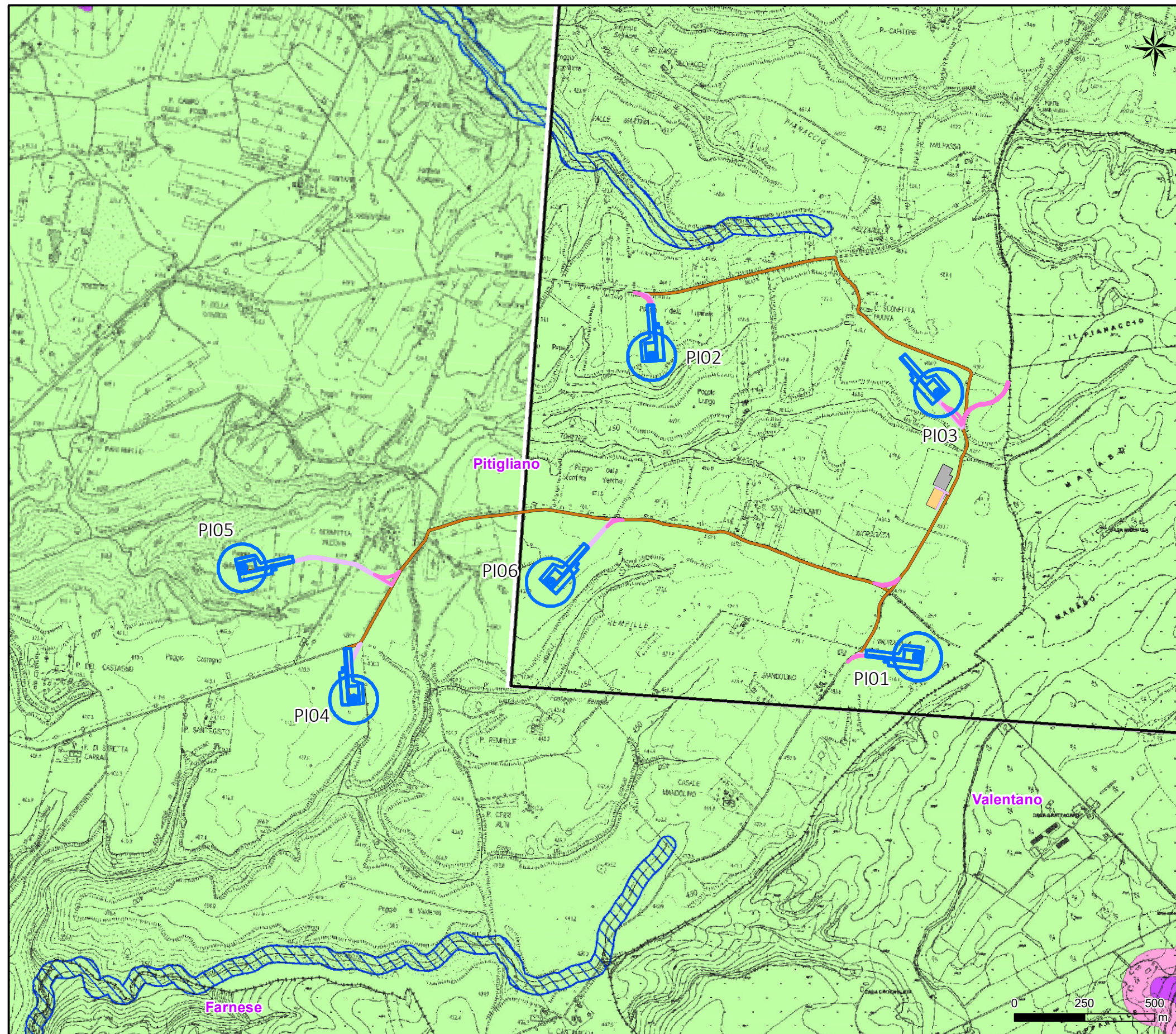


Figura 2.2c

Estratto "Mappa di pericolosità da alluvione" del PGRA dell'Appennino Centrale

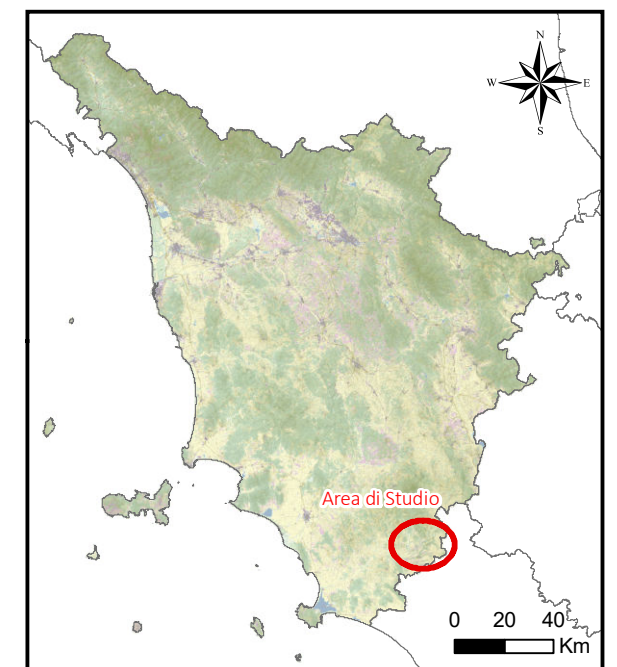
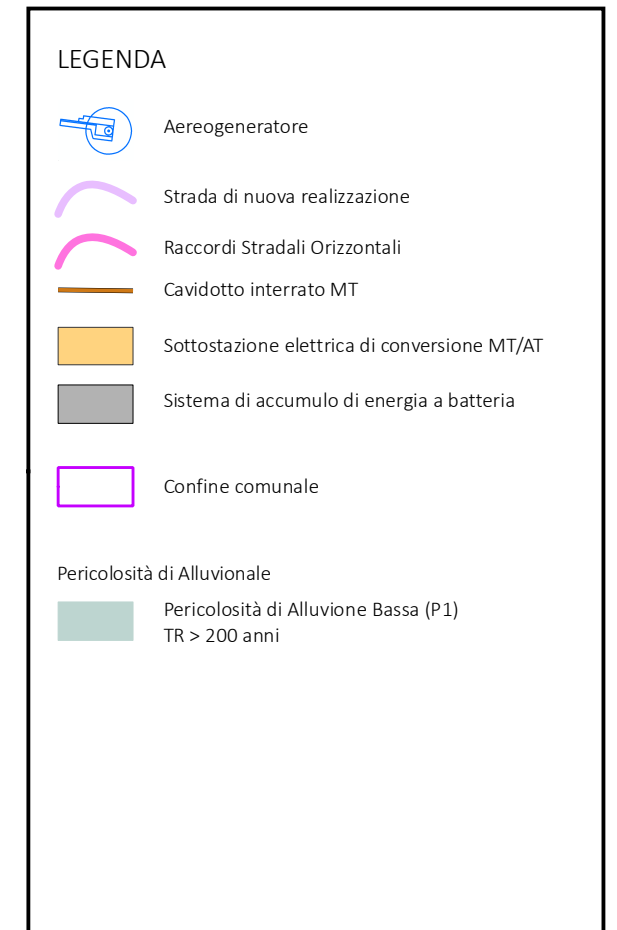
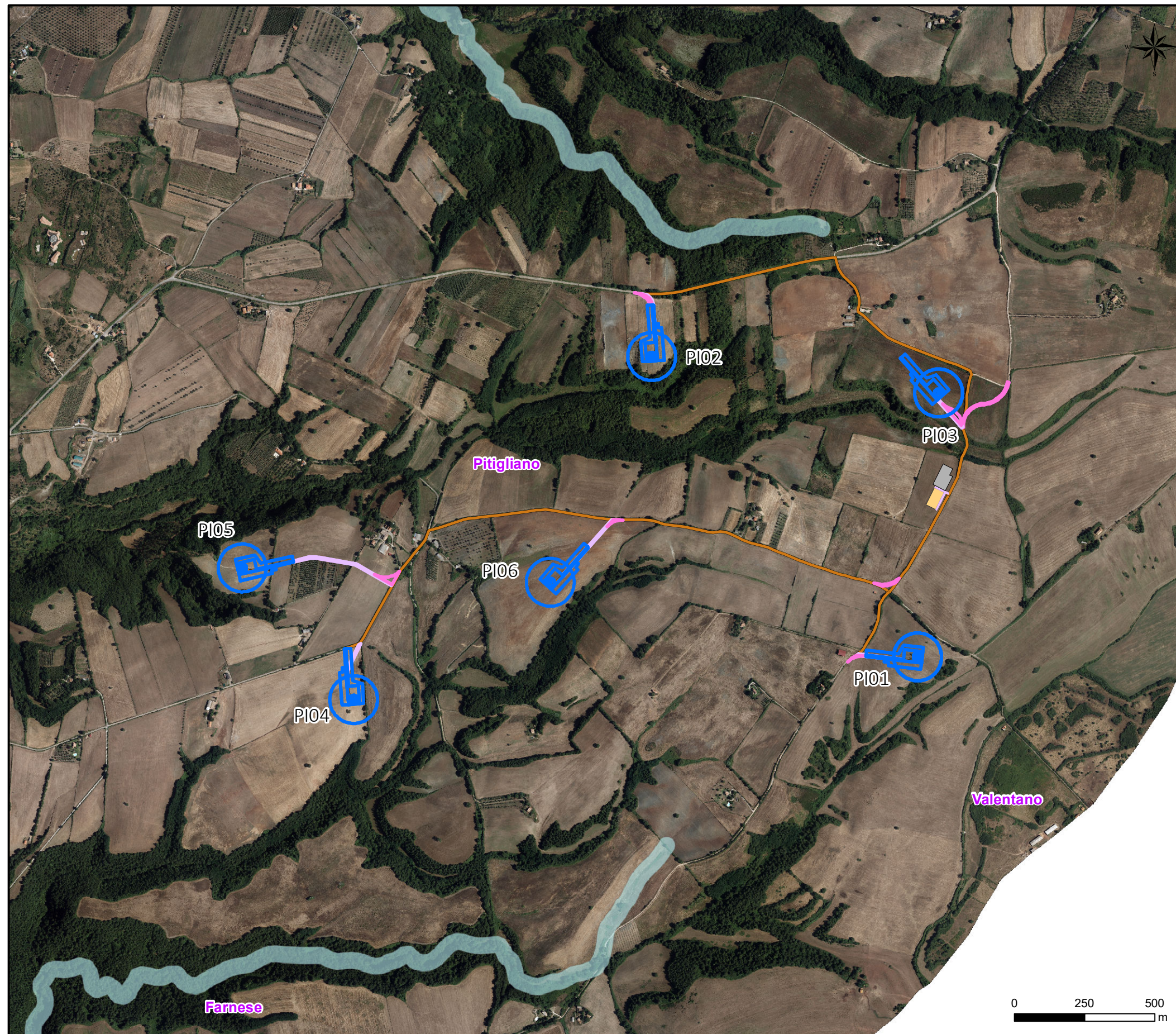
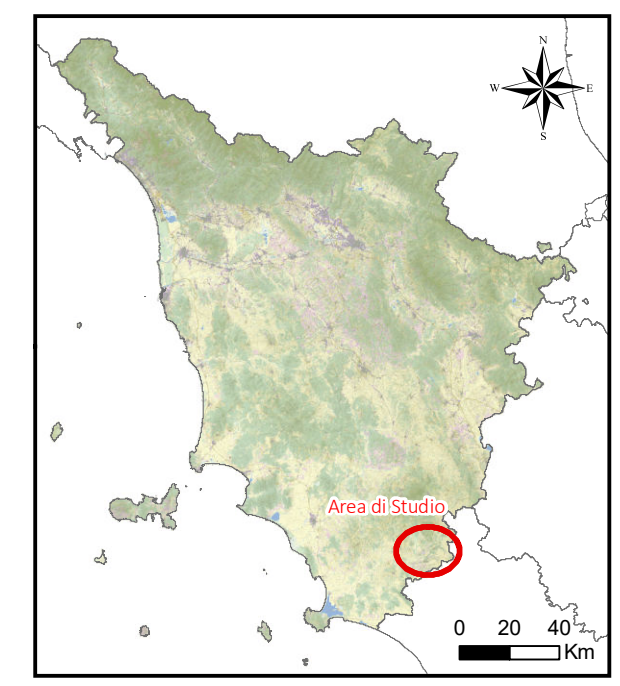
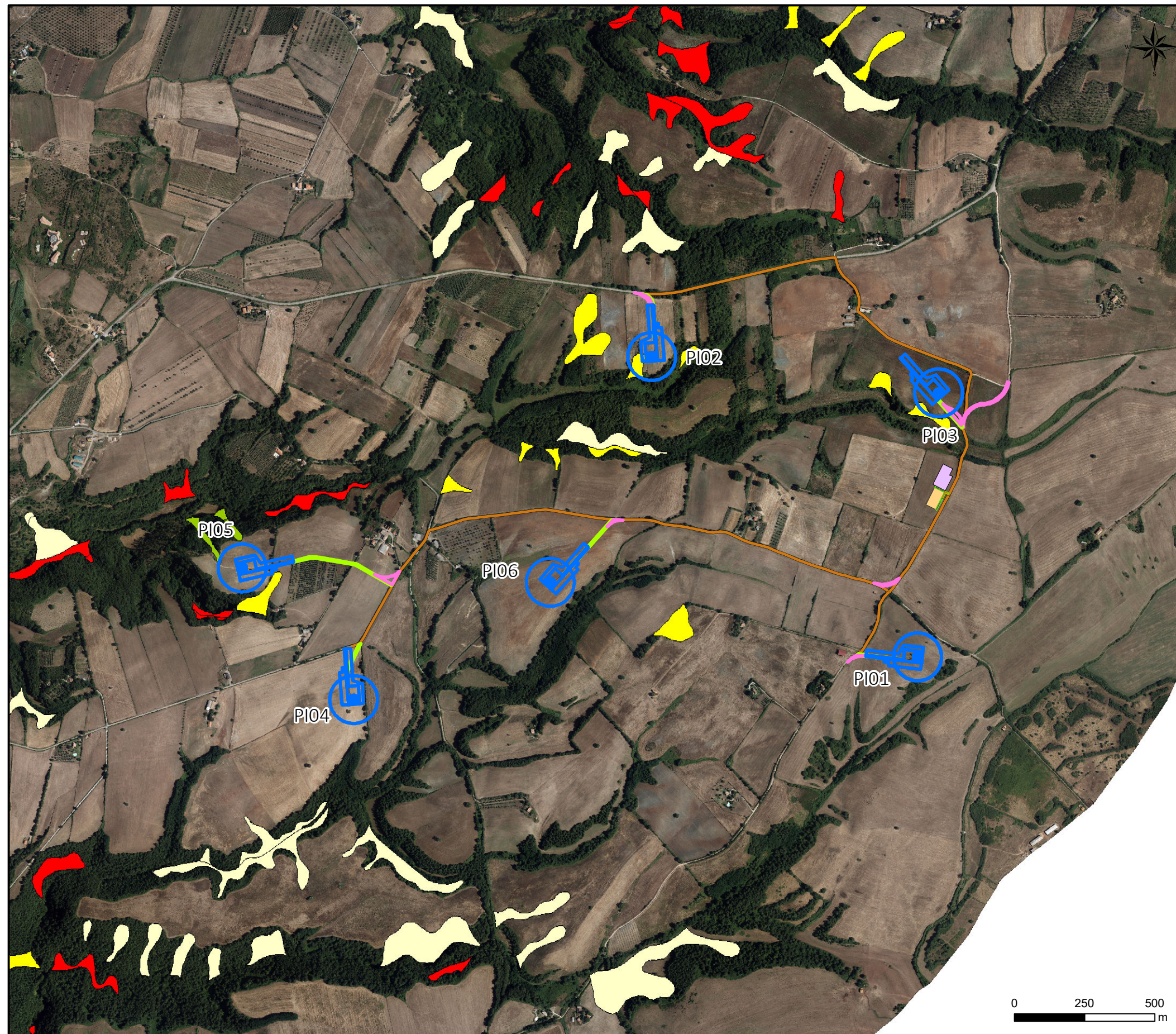


Figura 2.2d

Estratto Cartografia del Progetto IFFI



## 2.3 ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Le opere in progetto rientrano all'interno del Bacino Interregionale del Fiume Fiora, che interessa il territorio delle Provincie di Grosseto, Siena e Viterbo e in particolare 9 comuni nella parte grossetana (Arcidosso, Castel del Piano, Santa Fiora, Roccalbegna, Castell'Azzara, Sorano, Manciano, Pitigliano, Semproniano), 2 comuni della parte senese (Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio) e 8 comuni nella parte Viterbese (Onano, Latera, Farnese, Ischia di Castro, Cellere, Canino e Montalto di Castro).

L'area è caratterizzata da uno sviluppato reticolo idrografico superficiale e dalla presenza di fossi e torrenti tutti affluenti di sinistra del Fiume Fiora che scorre a circa 11 km ad Ovest dall'area interessate dalle opere in progetto.

I bacini dei corsi d'acqua presenti sono di entità modeste, con un territorio quasi completamente a uso agricolo.

Dal punto di vista idrogeologico l'area di studio è caratterizzata dalla presenza del Corpo Idrico Sotterraneo Significativo (CISS, identificati come da DGRT n. 22/2003) dell'acquifero delle vulcaniti di Pitigliano (codice identificativo 23FI010), settore emerso, che presenta un'estensione di circa 262 km<sup>2</sup>.

L'acquifero è costituito da una sequenza ignimbratica prodotta dall'attività magmatica che ha caratterizzato il margine tirrenico durante il Quaternario., legata all'attività vulcanica che ha caratterizzato il distretto vulcanico dei Monti Vulsini.

Generalmente la sequenza ignimbratica presenta alternanze di depositi scarsamente consolidati, e quindi caratterizzati da un'elevata permeabilità per porosità, e depositi maggiormente litificati.

L'acquifero può essere assimilato ad un corpo tabulare permeabile al di sopra di un substrato roccioso "impermeabile", con spessori massimi dell'ordine di circa 100-150 m.

È stato inoltre consultato l'archivio nazionale delle indagini di sottosuolo (Legge 464/1984) che ha consentito di individuare l'ubicazione dei pozzi per acqua censiti dall'ISPRA con profondità maggiore di 30 m.

All'interno dell'area di studio risultano presenti 9 pozzi per acqua di cui uno a servizio dell'acquedotto, con profondità della falda variabile da 100 a 75 m s.l.m. e portate elevate fino a 20 l/s a dimostrazione della buona permeabilità della falda.



### 3 MODELLAZIONE SISMICA

Con Deliberazione GRT n.421 del 26/05/2014 è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica regionale, relativo all'Allegato 1 (elenco dei comuni) e all'Allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012.

L'aggiornamento è derivato dalla fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 01/01/2014 di 7 nuove amministrazioni comunali.

Contestualmente agli aggiornamenti di cui sopra, la Deliberazione GRT n.421/2014 ha determinato la cessazione d'efficacia della Deliberazione GRT n.841 del 26/11/2007 "Approvazione dell'elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana". La progressiva riduzione negli ultimi 10 anni dei comuni classificati in zona sismica 2 e il corrispondente aumento del numero di comuni inseriti nell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana, ha fatto venir meno le condizioni per mantenere all'interno della zona sismica 2 la distinzione dei Comuni a Maggior Rischio Sismico.

In Figura 3.a si riporta uno stralcio della classificazione sismica della Regione Toscana.

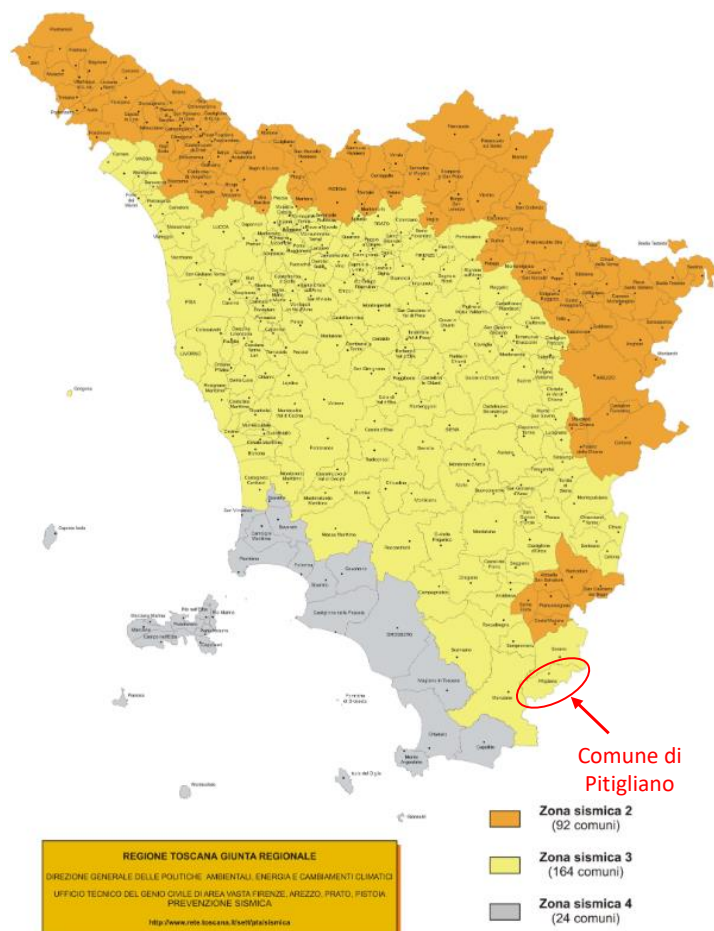


Figura 3.a

Mappa di aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana (Deliberazione GRT n.421/2014)

Come visibile dalla figura il Comune di Pitigliano è classificato come Zona 3 (Zona con pericolosità sismica media). Le zone sismiche sono suddivise sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. La Zona sismica 3 indica una accelerazione orizzontale compresa tra 0.15 e 0.25g.

Con l'entrata in vigore della nuova normativa sismica (D.M. 17/01/2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire da una "pericolosità sismica di base" dei siti di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della vigente normativa devono essere definiti i seguenti parametri:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali valori devono essere espressi in funzione del Periodo di Riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica delle costruzioni in oggetto la classe dell'intervento è la II,  $V_R \geq 50$  anni.

Inoltre, deve essere individuata la categoria di sottosuolo di riferimento tra quelle descritte nelle tabelle 3.2.II e 3.2.III della normativa citata.

Per la definizione del tipo di suolo del parco eolico sono state eseguite 3 indagini MASW. I metodi di esecuzione dell'analisi e la sua ubicazione sono riportati in allegato alla presente relazione.

Il valore del parametro  $V_s$  EQ, calcolato secondo la formula prevista dalla normativa vigente riguardo al rischio sismico presenta un valore variabile tra un minimo di 375 m/s in corrispondenza della MASW3 (eseguita in prossimità dell'aerogeneratore PI04) e un massimo di 424 m/s MASW1 (eseguita in prossimità dell'aerogeneratore PI03).

Dalle indagini eseguite risulta che in nessuna delle aree indagate è presente un substrato con  $V_s$  maggiore di 800 m/s nei primi 30 m, si esclude quindi il sottosuolo di tipo E, tutte le opere principali hanno una  $V_s$  EQ che identificano come categoria di sottosuolo il B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con  $V_s$  EQ comprese tra 360 m/s e 800 m/s.

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 3,0 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositì di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m</i> , 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	<i>Depositì di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Figura 3.b** *Categorie di sottosuolo che permette l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC 2018)*

Infine deve essere presa in considerazione la situazione topografica locale.

Tutte le opere costituenti il parco eolico considerando che la superficie topografica presenta un'acclività moderata rientrano in categoria T1 (superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media non superiore a 15°).

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

**Figura 3.c** *Categorie Topografiche (Tabella 3.2.III delle NTC 2018)*

### **Rischio Liquefazione**

Il fenomeno di liquefazione interessa terre sabbiose fini sature (monogranulari e con buona classazione del sedimento), in depositi naturali o in accumuli artificiali, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale.

Come descritto nel modello geologico, il sottosuolo, relativo alle opere in oggetto, è caratterizzato da depositi prevalentemente vulcanici, inoltre in base ai dati idrogeologici disponibile per l'area la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna.

Pertanto, in base a quanto disposto dal D.M del 14/01/2018 e s.m.i., in tali circostanze la verifica a liquefazione può essere omessa.

## 4 MODELLAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Di seguito verranno analizzate le condizioni geotecniche afferenti ai terreni presenti nell'area del parco eolico in progetto. La caratterizzazione geotecnica del terreno è stata ottenuta, analizzando e incrociando le informazioni provenienti dalle indagini geofisiche (Paragrafo 5) con quelle derivanti da prove geotecniche effettuate in situ nell'Agosto 2023.

In particolare, sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche e 3 indagini sismiche di tipo MASW.

Il penetrometrico dinamico utilizzato appartiene al tipo Superpesante (DPSH) ovvero con massa battente  $M > 60\text{kg}$ . Sui tabulati allegati si riporta il numero dei colpi  $N$  per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste e i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in  $\text{Kg/cm}^2$ , calcolate ricorrendo alla formula olandese.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti al fine di ricostruire il modello geotecnico del sottosuolo e di calcolare i parametri geotecnici dei terreni che interessano l'area indagata.

La localizzazione delle indagini è riportata in Figura 4.1.a.

Le indagini hanno indagato una profondità variabile tra 2,4 e 4,4 m e sono state interrotte per il raggiungimento del valore di rifiuto strumentale ( $n. \text{colpi} > 50$ ).

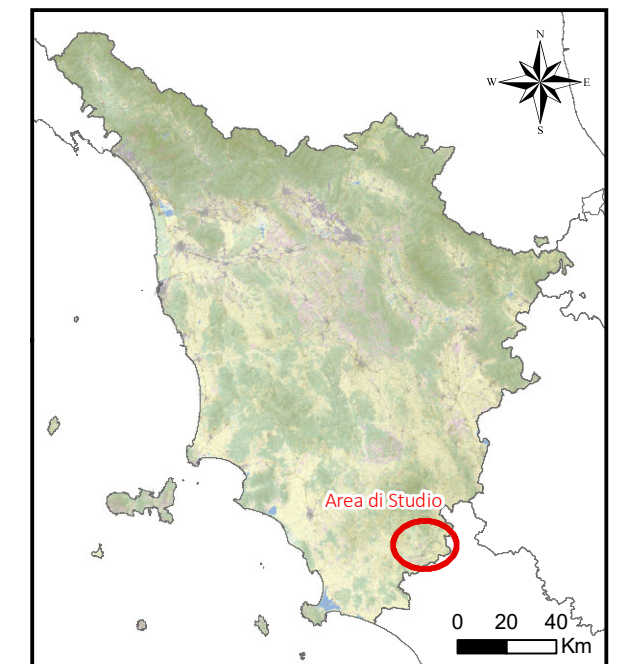
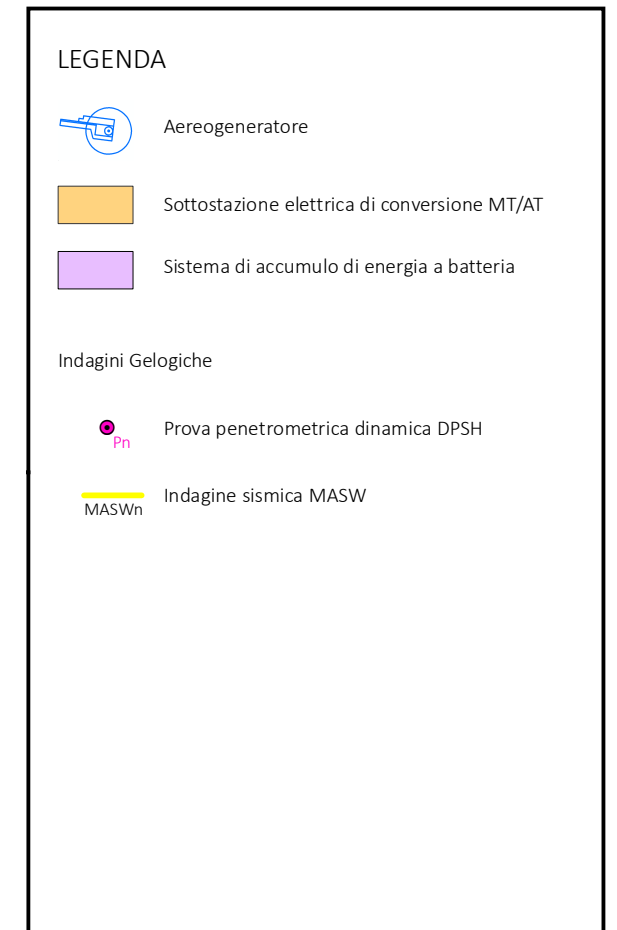
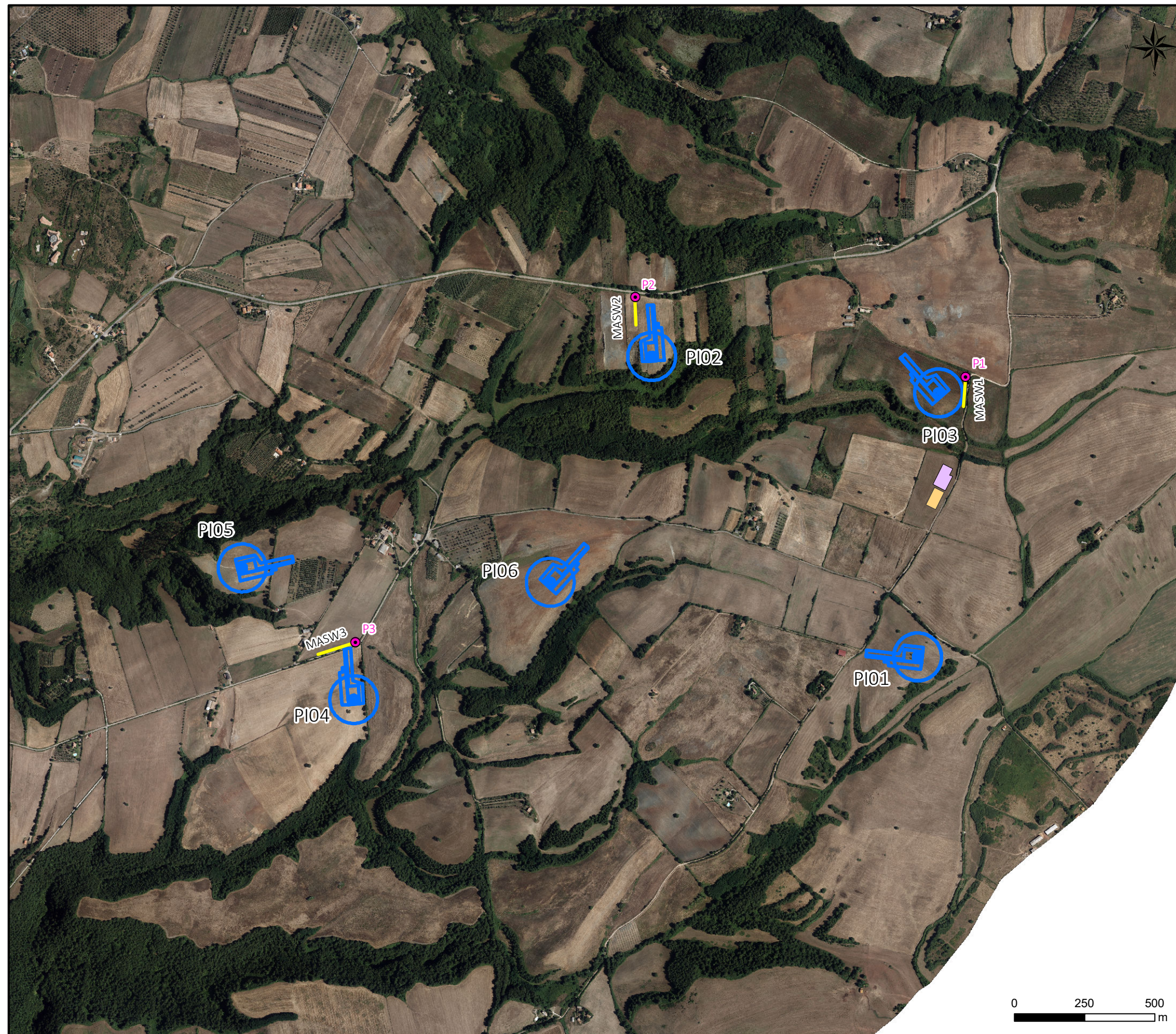
Le prove sono andate a rifiuto per la presenza dei depositi vulcanici che in profondità risultano più competenti data la compattazione e la protezione dagli agenti esogeni esterni che ne determinano un'alterazione superficiale più o meno intensa.

Si sottolinea, inoltre, che nessuna prova ha evidenziato la presenza di una falda sub-superficiale.

Per quanto riguarda le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche, queste mostrano un progressivo aumento della velocità delle onde sismiche associabile a un progressivo aumento, come si diceva, della consistenza dei materiali andando in profondità. Come evidenziato prima non è stata comunque osservata la presenza del substrato sismico.

Figura 4.1a

Localizzazione delle Indagini Eseguite su Ortofoto



#### 4.1.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DAGLI AEROGENERATORI

La caratterizzazione del terreno deriva dall'esecuzione di indagini geognostiche in situ e in particolare dall'esecuzione di 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Le prove sono state eseguite con penetrometro TG 63-100/200 Pagani. In particolare, grazie ai dati ottenuti è stato possibile ricostruire, per l'area interessata dall'installazioni degli aerogeneratori, un modello geotecnico di sottosuolo caratterizzato dalla presenza di 3 strati.

- **Terreno 1:** presente fino alla profondità di 3 m;
- **Terreno 2:** fino alla profondità di 4 m;
- **Terreno 3:** a profondità maggiore di >4 m.

Data la natura vulcanica delle rocce è stato scelto di assumere un comportamento prevalentemente attrattivo. L'elaborazione delle prove DPSH è stata eseguita partendo dalla media, meno una deviazione standard del numero dei colpi della prova all'interno di ogni strato, correlata in primis con il valore delle  $N_{spt}$ , si è giunti alla definizione dei parametri geotecnici caratteristici del terreno presente fino alla profondità indagata, inoltre, non è stata riscontrata la presenza della falda.

In Tabella 4.1.1.a si riportano i valori dei parametri geotecnici caratteristici attribuiti al terreno indagato.

Parametri	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Nspt	6,76	16,07	52,10
Profondità base (m)	3	4	>4
Peso per unità di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1,43	1,55	1,87
Densità relativa (%)	27,75	40,87	70,42
Angolo di attrito $\phi$ (°)	25,4	28,1	38,4
Modulo di Young (Mpa)	5,31	12,61	9,86
Modulo Edometrico (Mpa)	6,91	9,86	30,66
Modulo di Poisson	0,34	0,32	0,25

**Tabella 4.1.1.a Parametri Geotecnici del terreno**

## 5 TERRE E ROCCE DA SCAVO

In riferimento al D.P.R. 120/2017 per poter riutilizzare il materiale derivante dagli sbancamenti è necessario che questo sia classificabile come sottoprodotto; per poter essere così definito è necessario che il materiale abbia le seguenti caratteristiche:

- sia generato durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- sia utilizzato nel corso dell'esecuzione dell'opera stessa o di un'altra opera conformemente a quanto previsto nella dichiarazione di utilizzo;
- sia possibile utilizzare direttamente il materiale senza sottoporlo a trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;
- soddisfi i requisiti di qualità ambientale specificati nella Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della parte IV del T.U. in materia ambientale D.Lgs. 152/2006.

Nel D.P.R. si fa una distinzione tra cantieri di piccole dimensioni, il cui volume del materiale escavato è inferiore a 6.000 m<sup>3</sup> e cantieri di grandi dimensioni.

Nel casi in cui il terreno di risulta prodotto in cantiere di piccole dimensioni (volume < 6.000 m<sup>3</sup>) il produttore del materiale deve fornire una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà da inviare al comune e all'agenzia di protezione ambientale territorialmente competente 15 giorni prima dell'esecuzione dell'inizio dei lavori di scavo; nel caso in cui invece il terreno di risulta in un cantiere di grandi dimensioni (volume > 6.000 m<sup>3</sup>) dovrà essere redatto ed inviato, almeno 90 giorni prima dell'inizio dei lavori, il piano di utilizzo. Questo è un documento che deve contenere l'ubicazione dei siti di produzione e deposito, le eventuali operazioni di normale pratica per il trattamento del terreno, la descrizione del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, l'ubicazione di eventuali siti di deposito intermedio e i percorsi previsti per il trasporto del materiale.

Per maggiori dettagli in merito si rimanda all'apposito allegato "Piano Terre e Rocce da Scavo Preliminare" codice documento DC23062D – C15.

## 6 CONCLUSIONI

La presente relazione è relativa alle risultanze di un'indagine geologica, geomorfologica e sismica condotta nell'area ove è prevista l'installazione del parco eolico in località "Rempillo" ricadente nel territorio comunale di Pitigliano.

In particolare, il progetto in esame consiste nella realizzazione di un parco eolico costituito da 6 aerogeneratori da 6,2 MW e di una batteria di accumulo da 25 MW per una potenza di immissione in rete totale di 62,2 MW.

Per quanto riguarda l'area interessata dall'installazione degli aerogeneratori, dalla modellizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'area è emerso quanto segue:

- dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata principalmente dai depositi vulcanici legati all'attività vulcanica dei Monti Vulsini;
- dal punto di vista geomorfologico l'area è caratterizzata da una blanda morfologia collinare, caratterizzate da profonde incisioni fluviali. È emersa la presenza di numerose aree in frana dall'analisi della cartografia allegata al progetto IFFI. Tuttavia, sulla base dei sopralluoghi effettuati e dall'analisi della cartografia del PAI del Bacino Interregionale del Fiume Fiora non sono emerse criticità geomorfologiche;
- dal punto di vista idrogeologico tutte le opere ricadono all'interno dell'acquifero delle vulcaniti di Pitigliano (CISS con codice identificativo 23FI010).

Dalla modellazione sismica è emerso quanto segue:

- il territorio comunale di Pitigliano rientra nella zona 3 caratterizzata da un'accelerazione di picco ( $a_g$ ) su terreno rigido compresa tra valori  $0,15 \leq a_g \leq 0,20$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni secondo la Mappa della Zonizzazione Sismica della Regione Lazio;
- sulla base della determinazione delle VS EQ derivanti dalle indagini MASW è risultata una categoria di sottosuolo di tipo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti" con Vs EQ comprese tra 360 m/s e 800 m/s secondo il D.M. 17.01.18.

Infine dalla modellizzazione geotecniche è emerso quando segue:

- la caratterizzazione dei terreni è stata ottenuta incrociando le informazioni provenienti dalle indagini geofisiche con quelle derivanti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite (DPSH). In particolare, sono state eseguite 3 indagini DPSH equamente distribuite sull'area interessata dalle opere di progetto;
- dalle prove si è giunti alla definizione di un modello geotecnico e dei relativi parametri geotecnici, riportati nel testo. Nel dettaglio i terreni indagati, fino alla profondità di 4,4 m,



hanno mostrato una forte competenza. Infatti, tutte le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale.

Per quanto riguarda inoltre le opere di connessione alla RTN è stata eseguita principalmente una sola caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica di superficie, dalla quale non è emersa grande differenza rispetto a quanto evidenziato sopra relativamente agli aerogeneratori. In particolare, date le modalità costruttive del cavidotto interrato MT e l'assenza di dissesti geomorfologici in atto non si ravvisano criticità.

Il materiale derivante dagli sbancamenti sarà gestito in conformità a quanto previsto dal D.P.R. 120/2017 e D.L.gs. 152/2006.

Per la realizzazione della struttura fondale di tutti gli aerogeneratori, nonostante la competenza del terreno, data la natura delle opere e le evidenze emerse dalla cartografia del progetto IFFI, si suggerisce di utilizzare fondazione in cemento armato del tipo indiretto su pali.

Pertanto sulla base delle ricostruzioni effettuate, si affermare una fattibilità complessiva da un punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico, in quanto gli interventi in progetto non comportano un turbamento dell'assetto idrogeologico né alterano le condizioni di stabilità dei versamenti interessati, per cui le opere si dichiarano fattibili.

Nonostante questo, particolare attenzione dovrà essere posta in fase di progettazione esecutiva attraverso la redazione di ulteriori indagini geognostiche, quali ad esempio sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 15/30 m con prelievo di campioni indisturbati e relative indagini di laboratorio sugli stessi. Queste consentiranno infatti di aggiornare e implementare il modello geologico attualmente ricostruito.

Le indagini dovranno essere estese anche all'area interessata dalla realizzazione della nuova sottostazione elettrica di conversione MT/AT e dal sistema di accumulo a batteria.



PARCO EOLICO IN LOCALITÀ “REMPILLO”  
E OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI  
PITIGLIANO (GR)  
RELAZIONE GEOLOGICA - ANNESSO 1

RELAZIONE TECNICA INDAGINI IN SITU

Project No. P23\_SOR\_028

Doc. No. P23028-X-RL-00

Prepared for: Sorgenia Renewables Srl

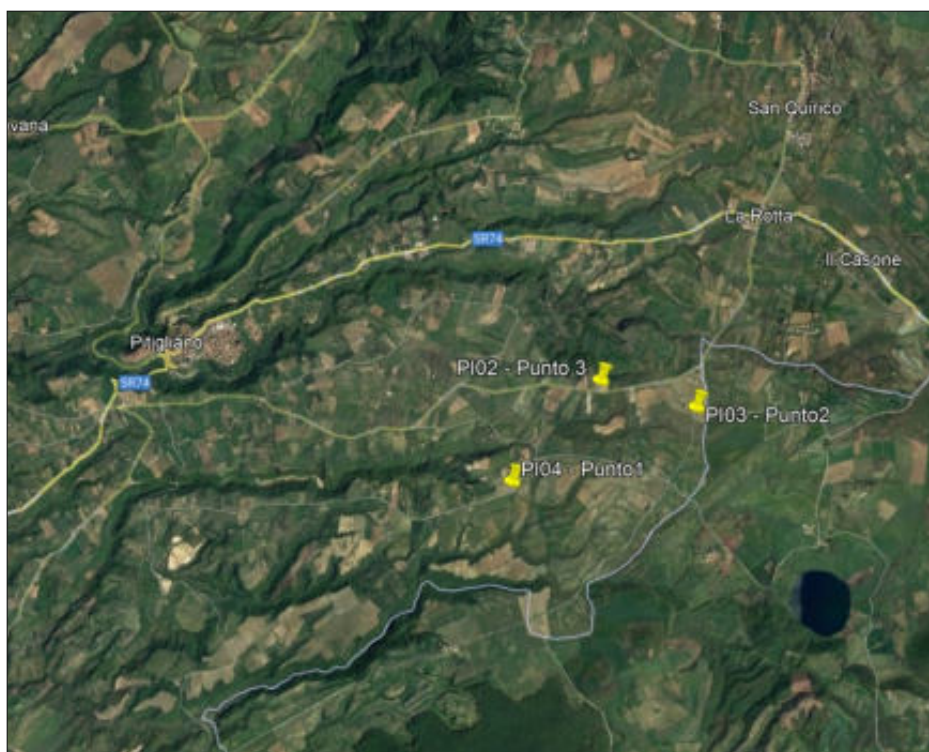


STEAM srl  
Via Ponte a Piglieri 8  
Pisa 56121  
ITALY  
VAT no. IT01028420501

## REGIONE TOSCANA PROVINCIA DI GROSSETO COMUNE DI PITIGLIANO

### INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PER UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEL COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

### RELAZIONE TECNICA



Committente: **STEAM S.R.L.**

Esecuzione:



**Dott. Geol. Marco ORFEI**  
**Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI**

Collaborazione: **Dott. Geol. Matteo LAUDATO**



Data: Agosto 2023

## Relazione tecnica

Elaborato N°: 2715/23

**Geovit s.r.l.**

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sede operativa: VITERBO - Via Piave, 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email [info@geovitsas.it](mailto:info@geovitsas.it) PEC [geovitsas@pec.it](mailto:geovitsas@pec.it) website [www.geovitsas.it](http://www.geovitsas.it)

C.F. e P. IVA 01416400560 - C.CIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 30949/35/00 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

## INDICE

<b>1. Premessa e quadro normativo .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Indagini eseguite .....</b>	<b>6</b>
2.1. Prove geotecniche in sito .....	6
2.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH .....	6
2.2. Prove geofisiche .....	8
2.2.1. Stese sismiche MASW .....	8

## **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH**

**ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW**

**ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

## 1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Marco Orfei, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 1904, polizza Responsabilità Civile "Cattolica Assicurazioni" n. 2208260640559, in qualità di socio della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, partita IVA 01416400560, su incarico della Soc. STEAM s.r.l., in riferimento ad accettazione offerta Prot. 1287/MO/TM/23 del 23.06.23, ha eseguito una campagna di indagini geognostiche e geofisiche per un impianto eolico ubicato nel Comune di Pitigliano (GR).

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88.

Le coordinate geografiche dei siti dove sono state eseguite le indagini, evidenziate nelle sottostanti figure 1÷3, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: $\phi_{WGS84}$	42.621156
Longitudine: $\lambda_{WGS84}$	11.722570



Figura 1 – Ubicazione da Google Earth del Punto 1 – Sito PI04 dove sono state eseguite le indagini.

Latitudine: $\phi_{WGS84}$	42.630578
Longitudine: $\lambda_{WGS84}$	11.749115



Figura 2 – Ubicazione da Google Earth del Punto 2 – Sito PI03 dove sono state eseguite le indagini.

Latitudine: $\phi_{WGS84}$	42.632833
Longitudine: $\lambda_{WGS84}$	11.734709



Figura 3 – Ubicazione da Google Earth del Punto 3 – Sito PI02 dove sono state eseguite le indagini.

Le indagini sono state condotte nel mese di Luglio 2023 e sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH;
- n. 3 indagini di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW).

Di seguito si riportano:

- stralcio CTR Sezione n. 333130 "Il Voltone" con ubicazione delle aree di studio, in scala 1:10.000;
- stralcio immagini Google Earth con l'ubicazione delle indagini eseguite per ogni sito.

La corrente relazione presenta i risultati delle indagini eseguite.



# COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

Sito PI03

Stralcio CTR - Sezione n. 333130 "Il Voltone"

Scala 1:10.000

## Legenda



Area di studio



# COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

Sito PI02

Stralcio CTR - Sezione n. 333130 "Il Voltone"

Scala 1:10.000

## Legenda



Area di studio

N



0

500 m



# COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

Sito PI04

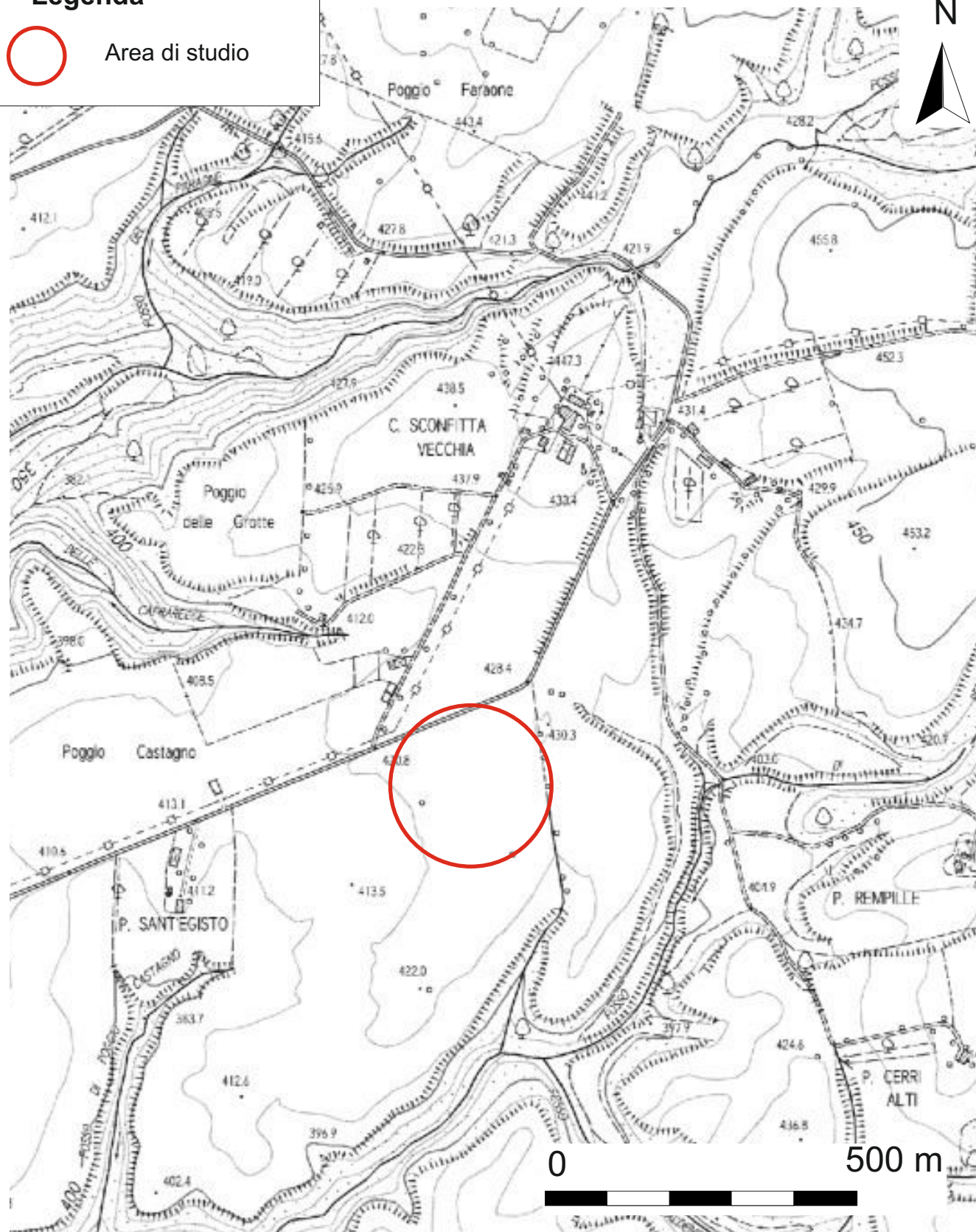
Stralcio CTR - Sezione n. 333130 "Il Voltone"

Scala 1:10.000

## Legenda





Area di studio



COMUNE DI PITIGLIANO (GR)  
Sito PI03

CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE  
Stralcio immagine Google Earth

**Legenda**

-  P<sub>n</sub> Prova penetrometrica DPSH
-  MASW<sub>n</sub> Prova sismica MASW





# COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

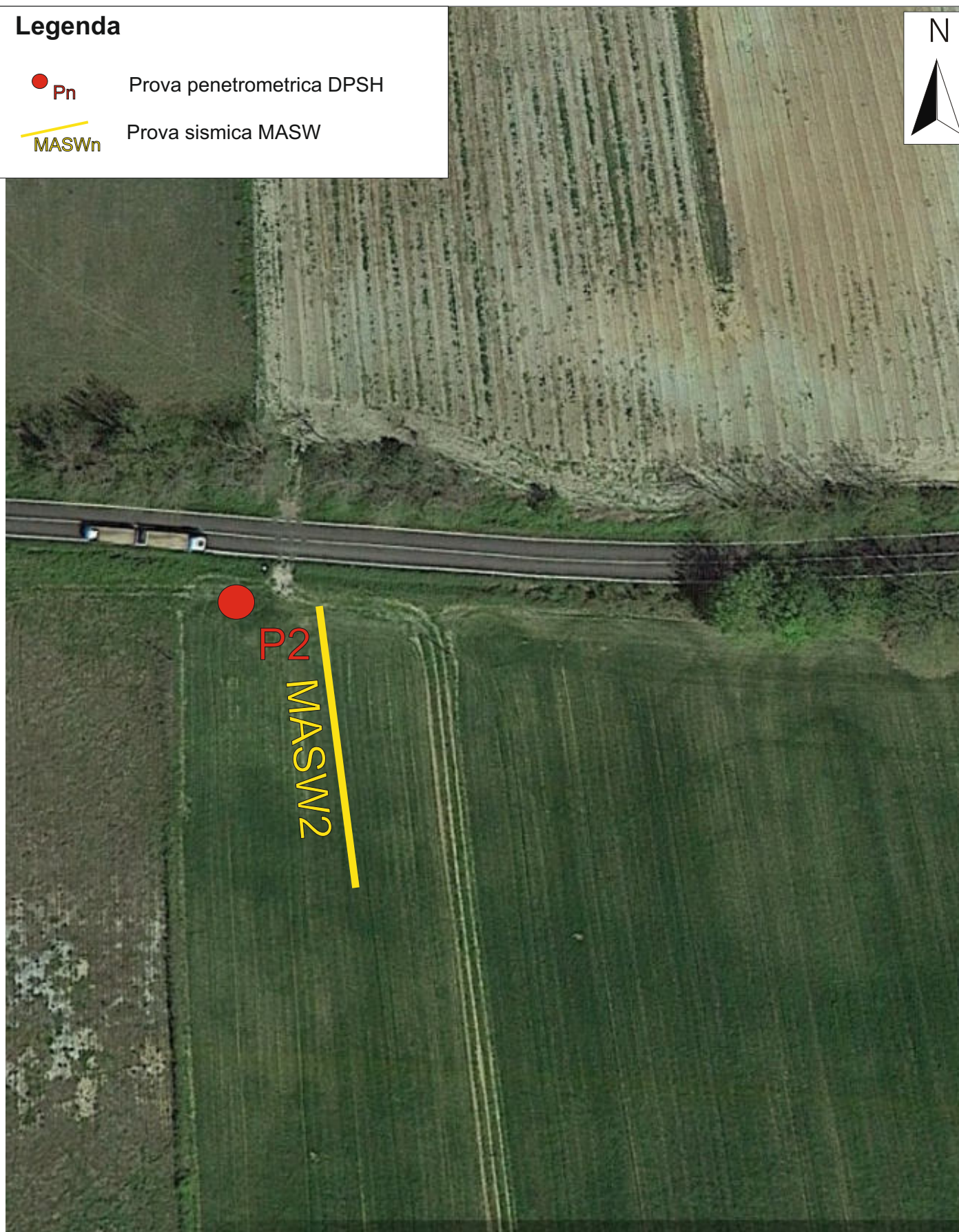
Sito PI02

## CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

### Legenda

-  **P<sub>n</sub>** Prova penetrometrica DPSH
-  **MASW<sub>n</sub>** Prova sismica MASW





# COMUNE DI PITIGLIANO (GR)

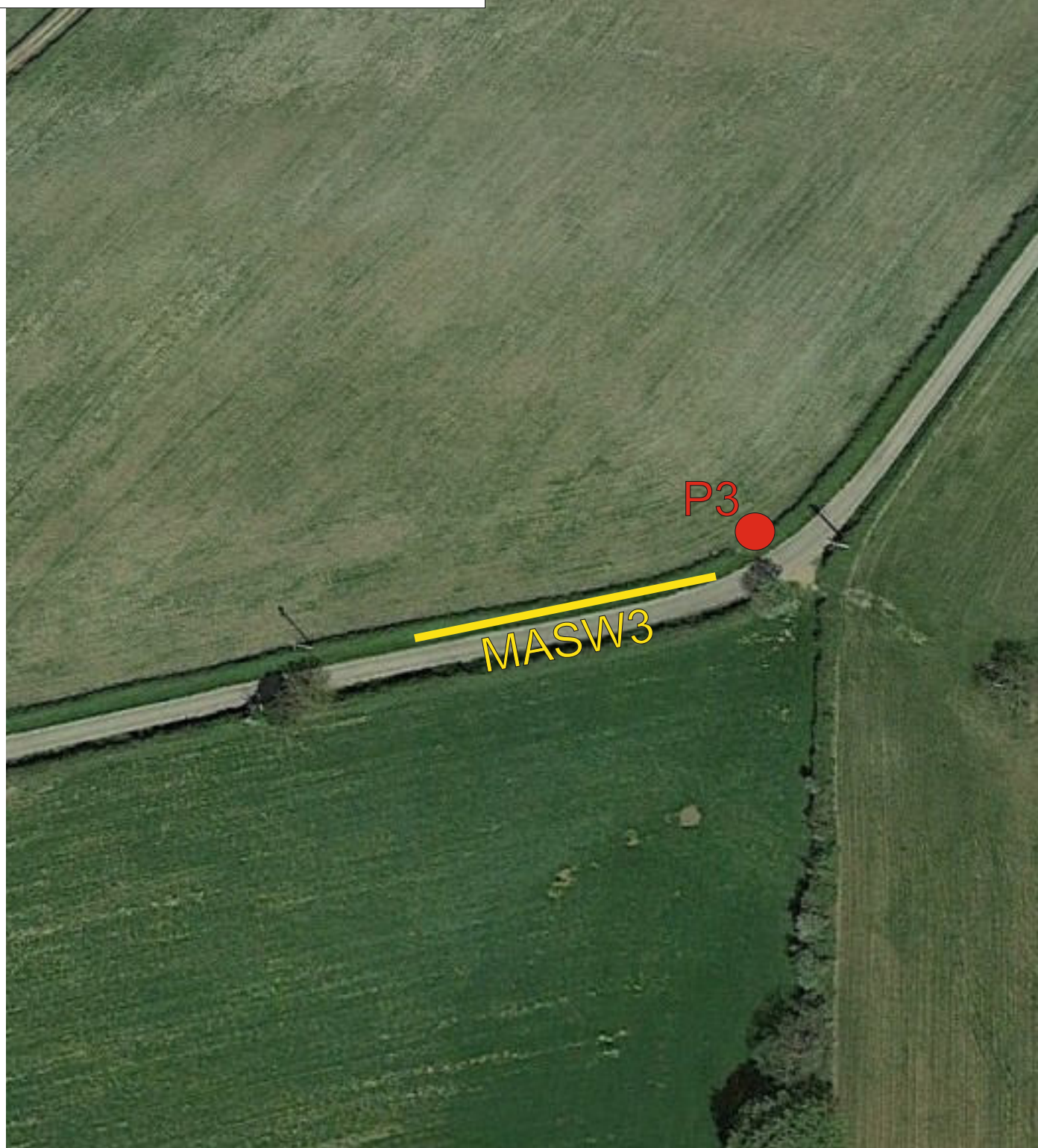
Sito PI04

## CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

### Legenda

-  **P<sub>n</sub>** Prova penetrometrica DPSH
-  **MASW<sub>n</sub>** Prova sismica MASW



## **2. Indagini eseguite**

### *2.1. Prove geotecniche in sito*

#### 2.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni presenti nell'area di sedime, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, denominate rispettivamente P1, P2 e P3, ed ubicate come da stralcio cartografico allegato in precedenza.

Il penetrometro dinamico cingolato utilizzato, Modello Pagani TG-63-200 ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa  $M > 60$  kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro  $\varnothing = 3,60$  cm, lunghezza 100 cm e peso 6.00 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area  $A = 20,43$  cmq ed angolo di apertura  $\beta = 90^\circ$ .

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo  $Q = 11,66$  kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una  $QSPT = 7.83$  kg/cmq); il coefficiente teorico di energia  $\beta_t = Q / QSPT = 1.521$  (in teoria quindi  $NSPT = \beta_t \times N$ ).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi  $N$  per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

Le colonne litotecniche del test consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione delle prove sono state scattate alcune fotografie, riportate nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).



## 2.2. Prove geofisiche

### 2.2.1. Stese sismiche MASW

#### Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 3 stendimenti sismici, denominati MASW1, MASW2, MASW3 a 24 geofoni allineati rispettivamente ad una distanza intergeofonica di 2 metri, che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di almeno 2 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 4,0 e 5,0 dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0.125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125  $\mu$ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$ ; accuratezza  $\pm 1\%$  freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW* della *ELIOSOFT srl*.

### Elaborazione dei dati della MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 5.0 metri di distanza dal primo geofono.

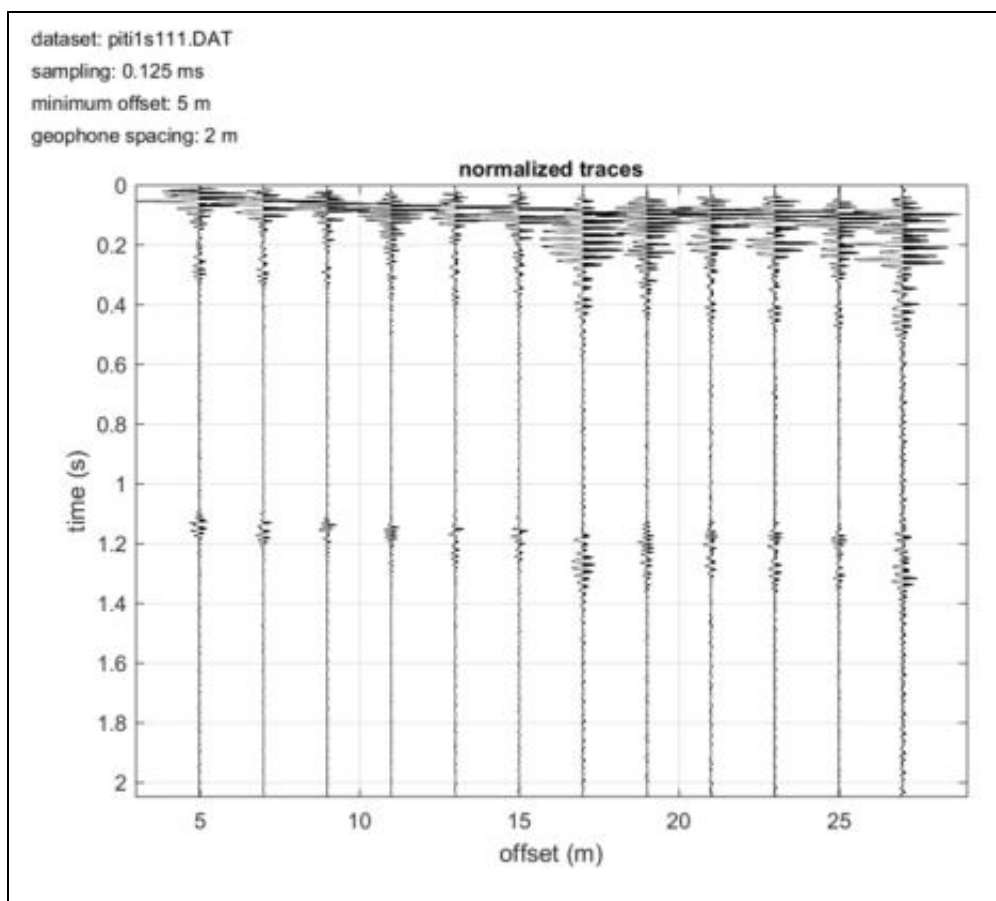


Figura 4 – Sismogramma della MASW1.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

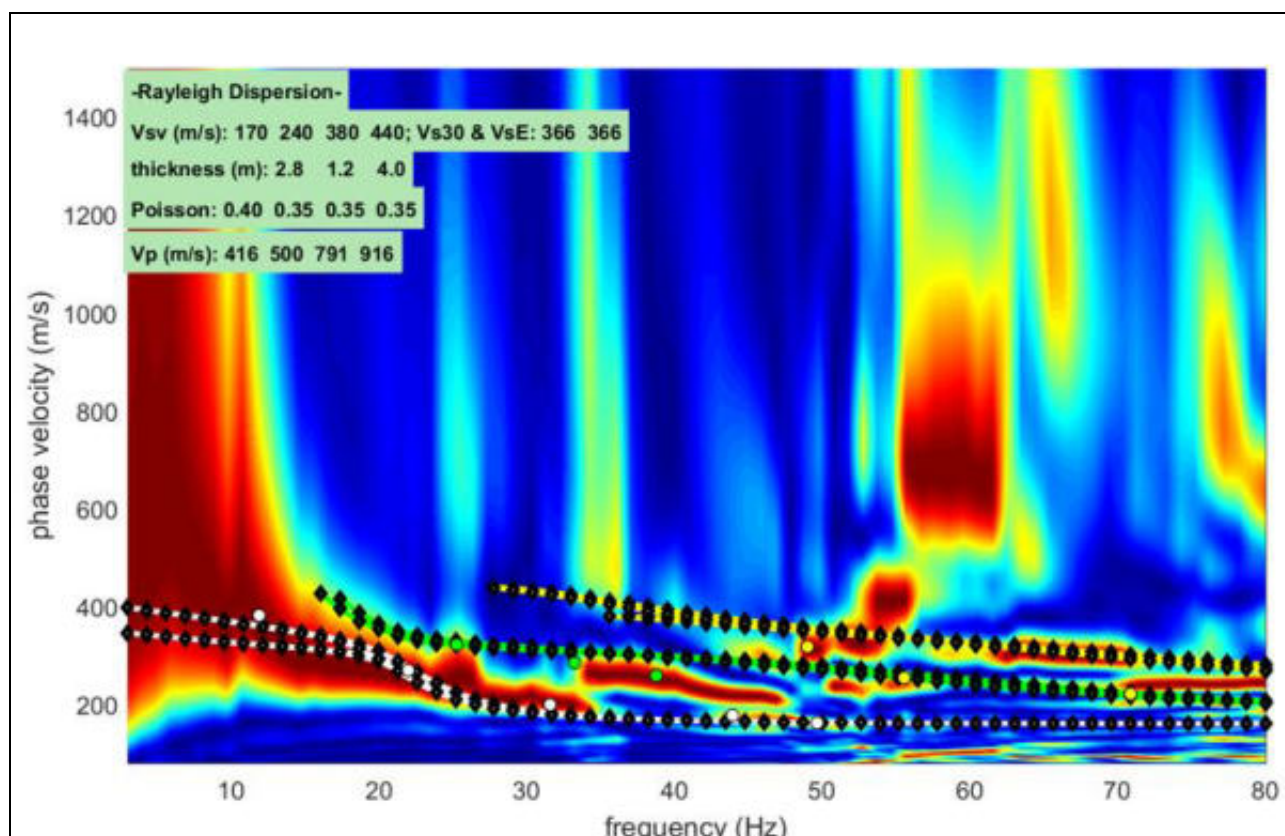


Figura 5 – Spettro di velocità della MASW1.

### Risultati della MASW1

Dallo spettro di velocità (figura 5) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 10 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 450 m/s (figura 5).

Nella figura n. 6 si riportano i profili delle Vs calcolati.

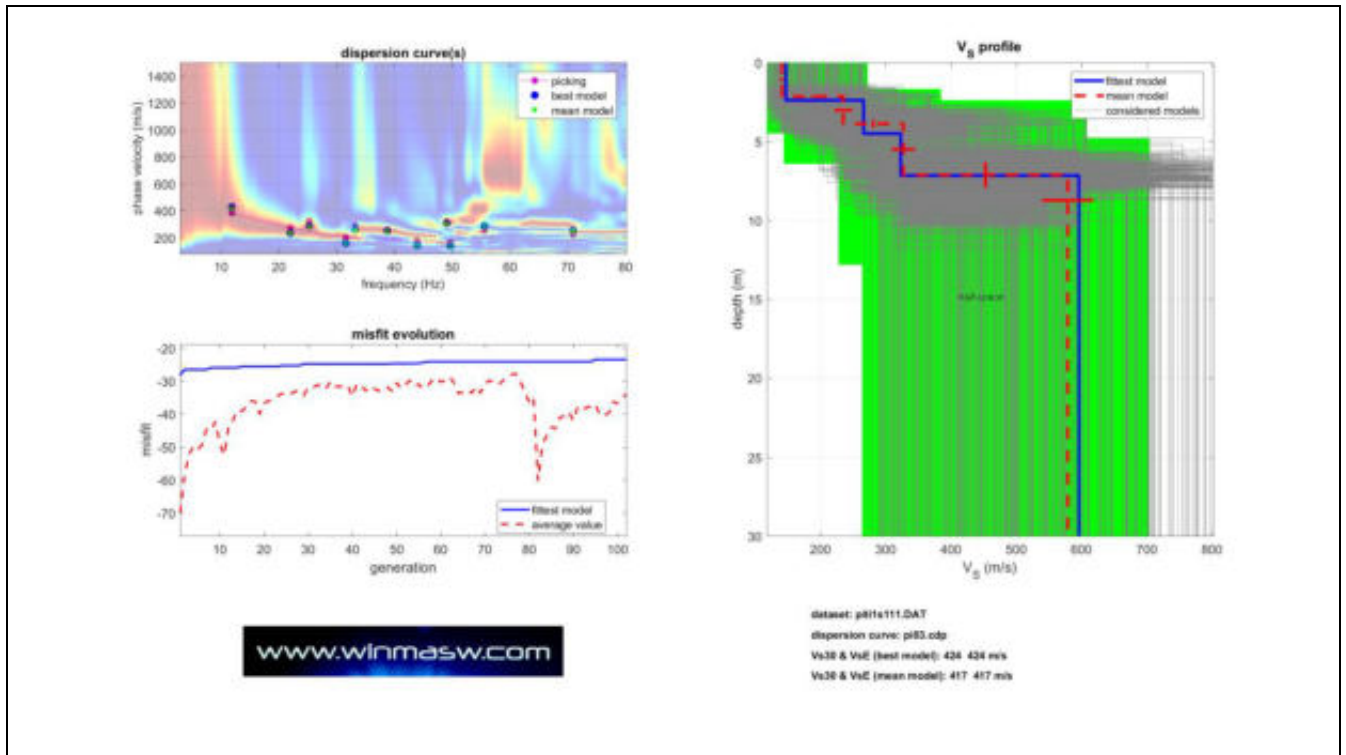


Figura 6 – Modelli di velocità calcolati per la MASW1.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

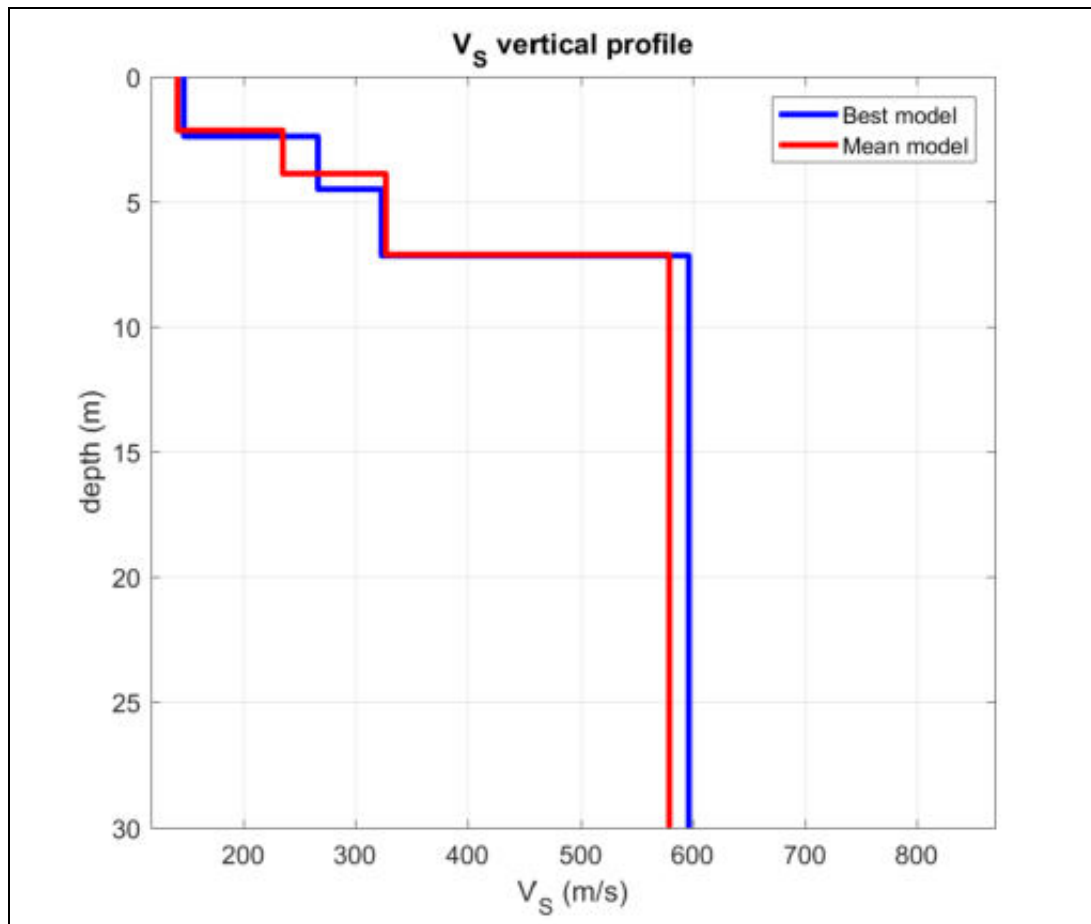


Figura 7 – Modello sismo-stratigrafico della MASW1.

### Elaborazione dei dati della MASW2

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 5 metri di distanza dal primo geofono.

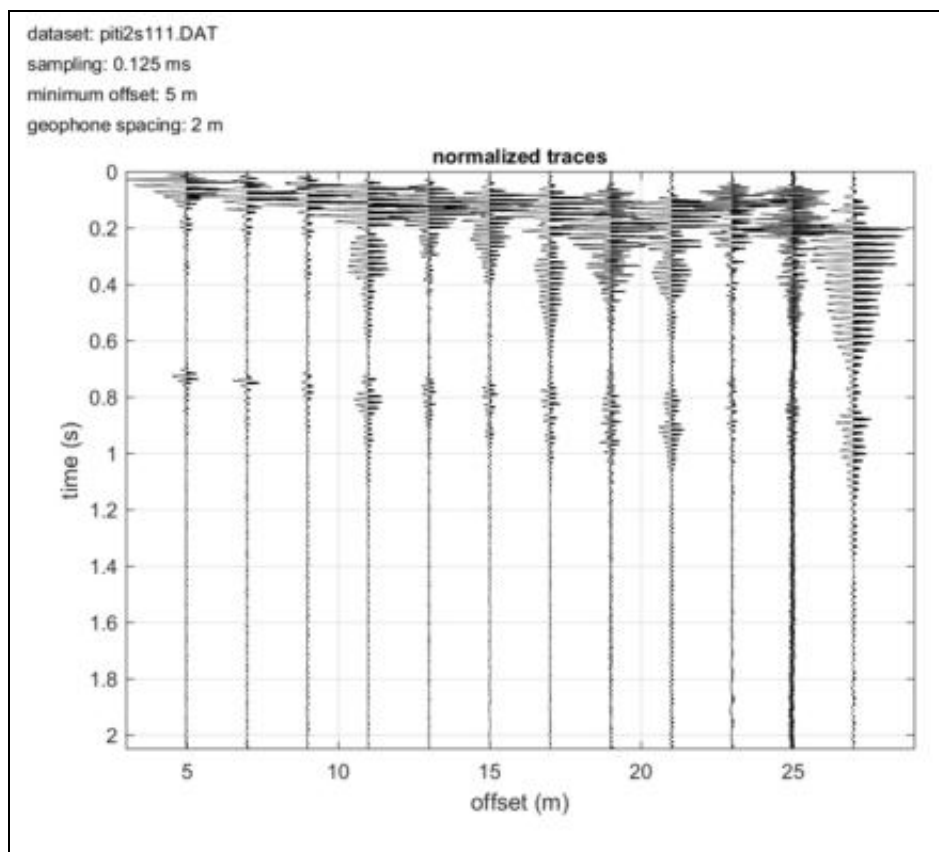


Figura 8 – Sismogramma della MASW2.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

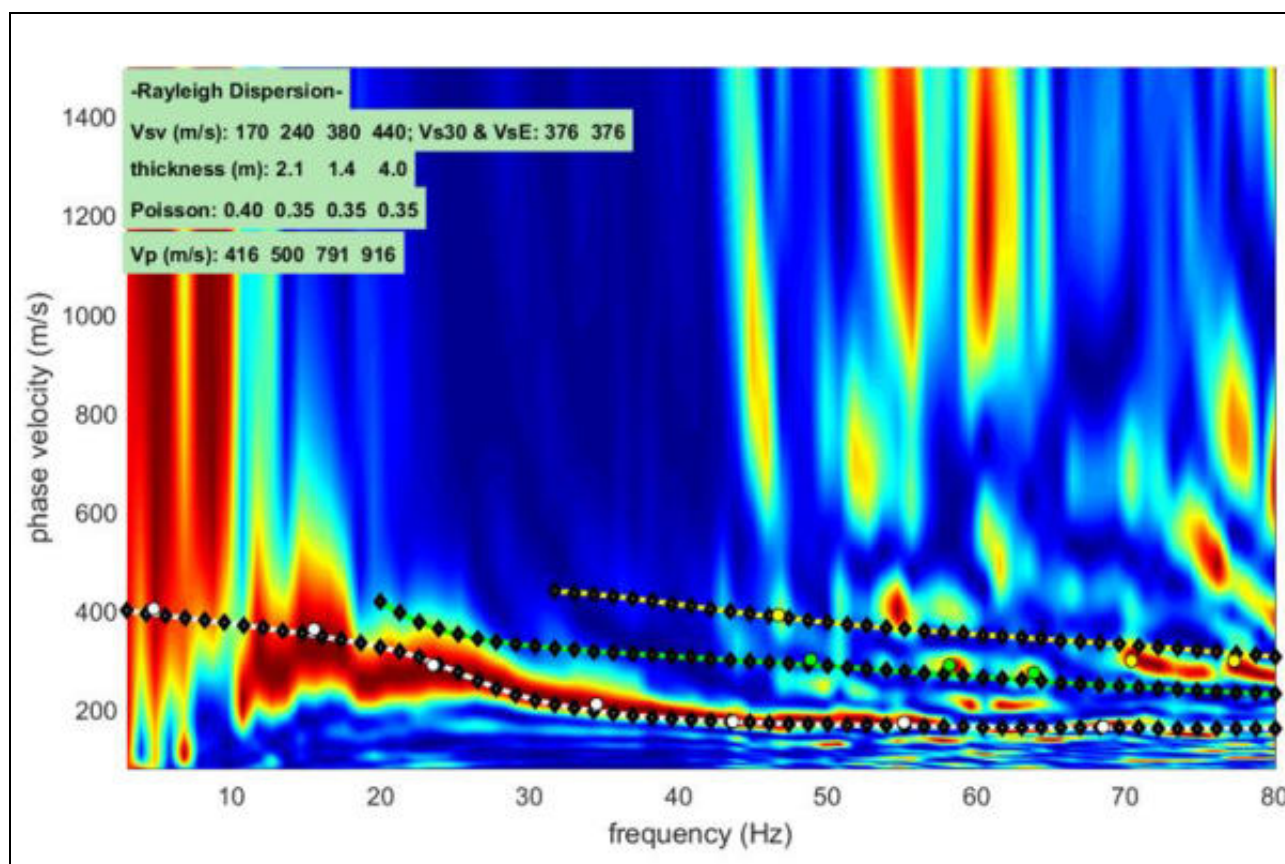


Figura 9 – Spettro di velocità della MASW2.

### Risultati della MASW2

Dallo spettro di velocità (figura 9) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 10 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 450 m/s (figura 9).

Nella figura n. 10 si riportano i profili delle Vs calcolati.



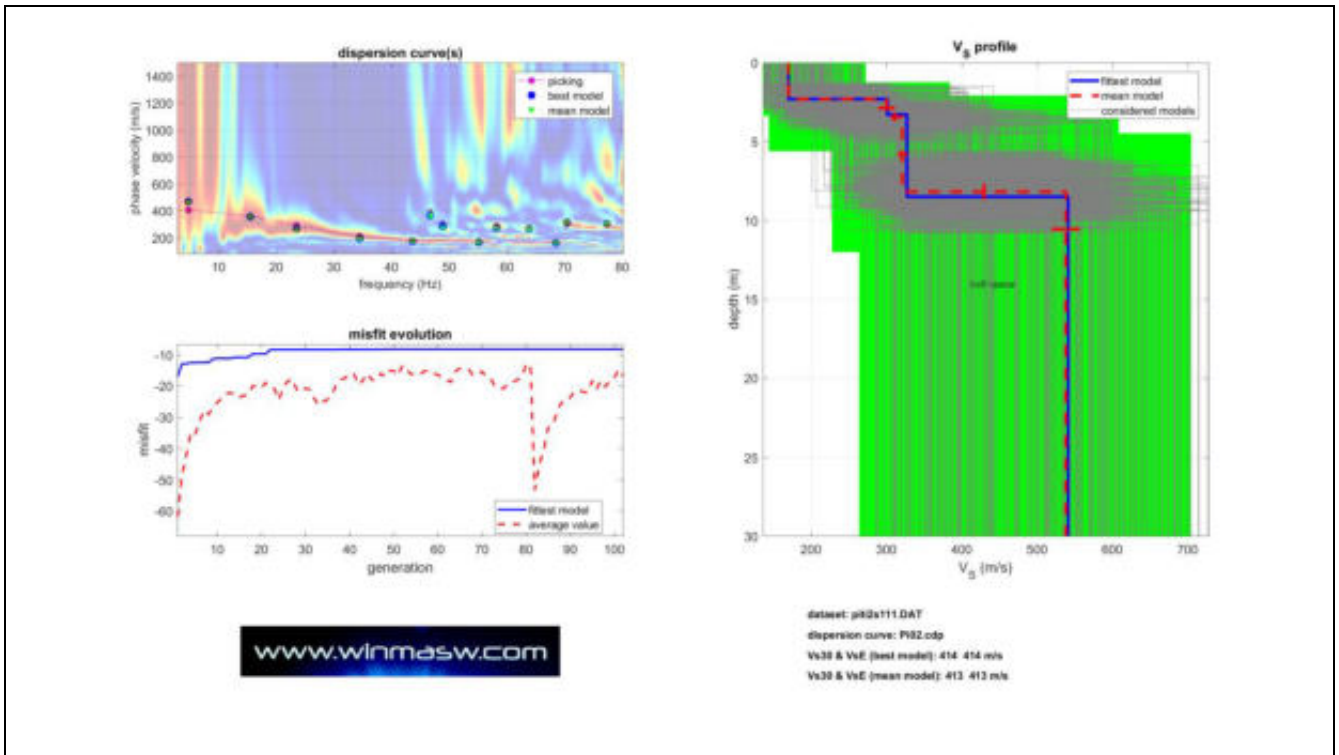


Figura 10 – Modelli di velocità calcolati per la MASW2.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

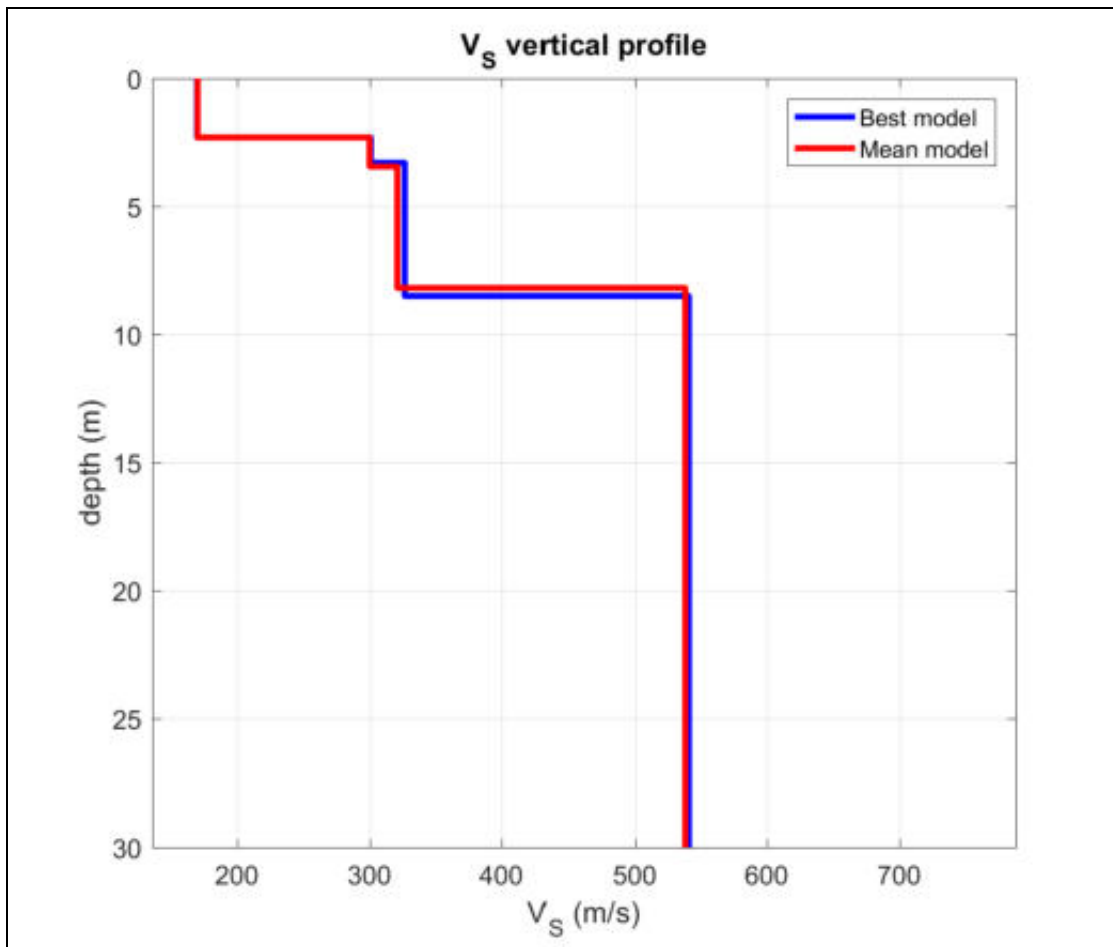


Figura 11 – Modello sismo-stratigrafico della MASW2.

### Elaborazione dei dati della MASW3

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 5 metri di distanza dal primo geofono.

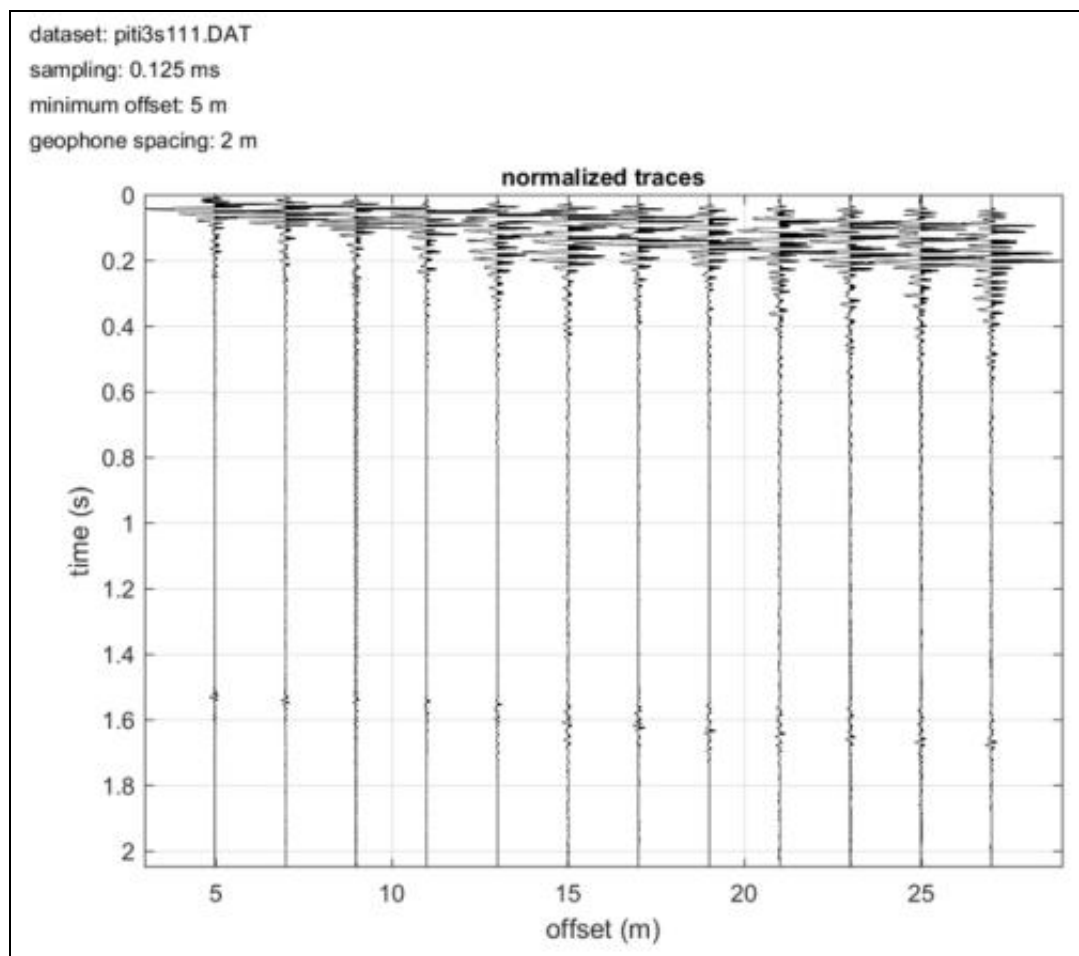


Figura 12 – Sismogramma della MASW3.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

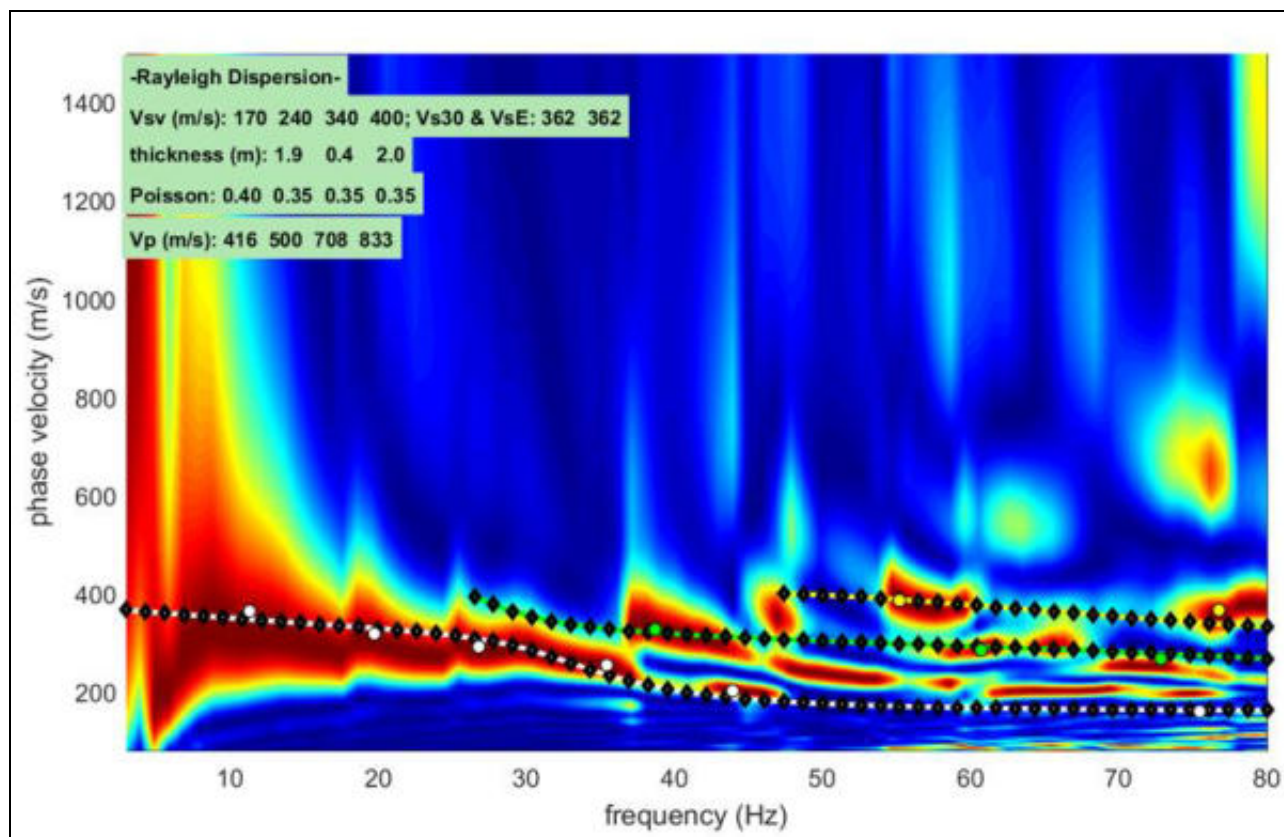


Figura 13 – Spettro di velocità della MASW3.

### Risultati della MASW3

Dallo spettro di velocità (figura 13) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 10 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 450 m/s (figura 13).

Nella figura n. 14 si riportano i profili delle Vs calcolati.

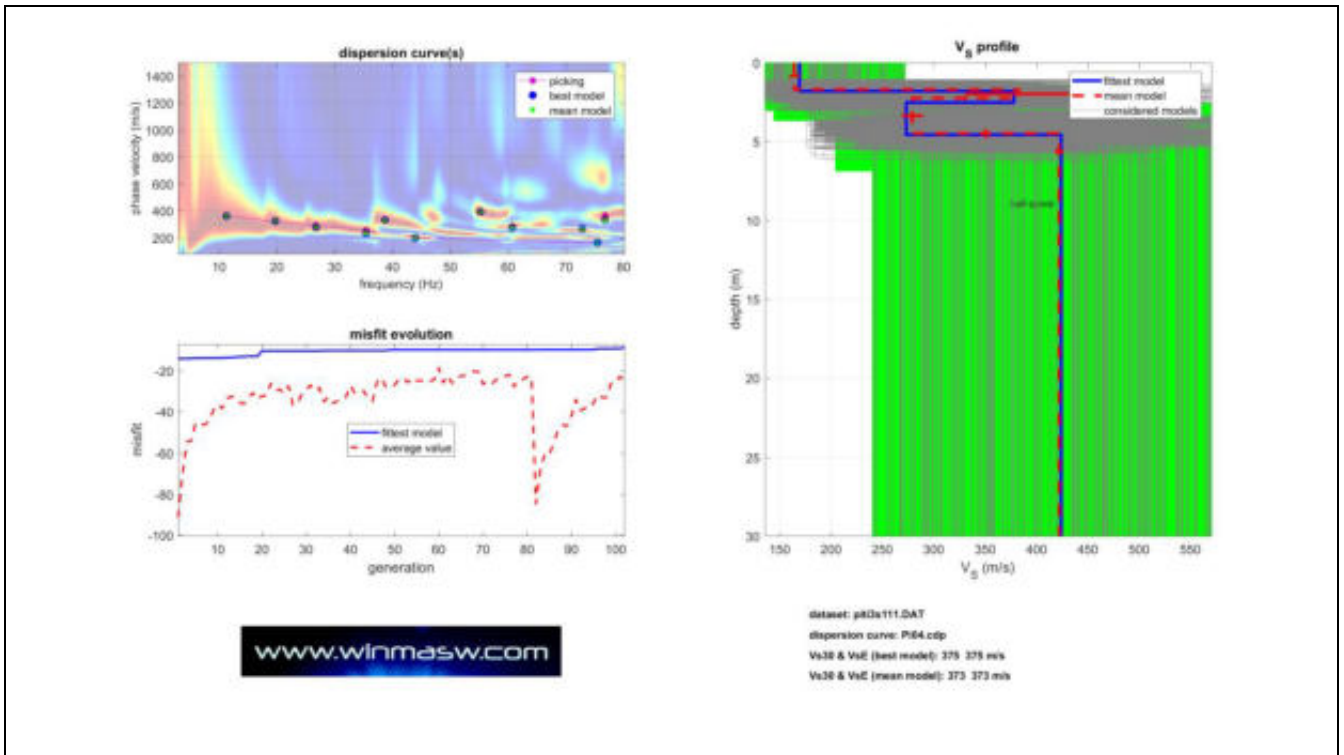


Figura 14 – Modelli di velocità calcolati per la MASW3.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

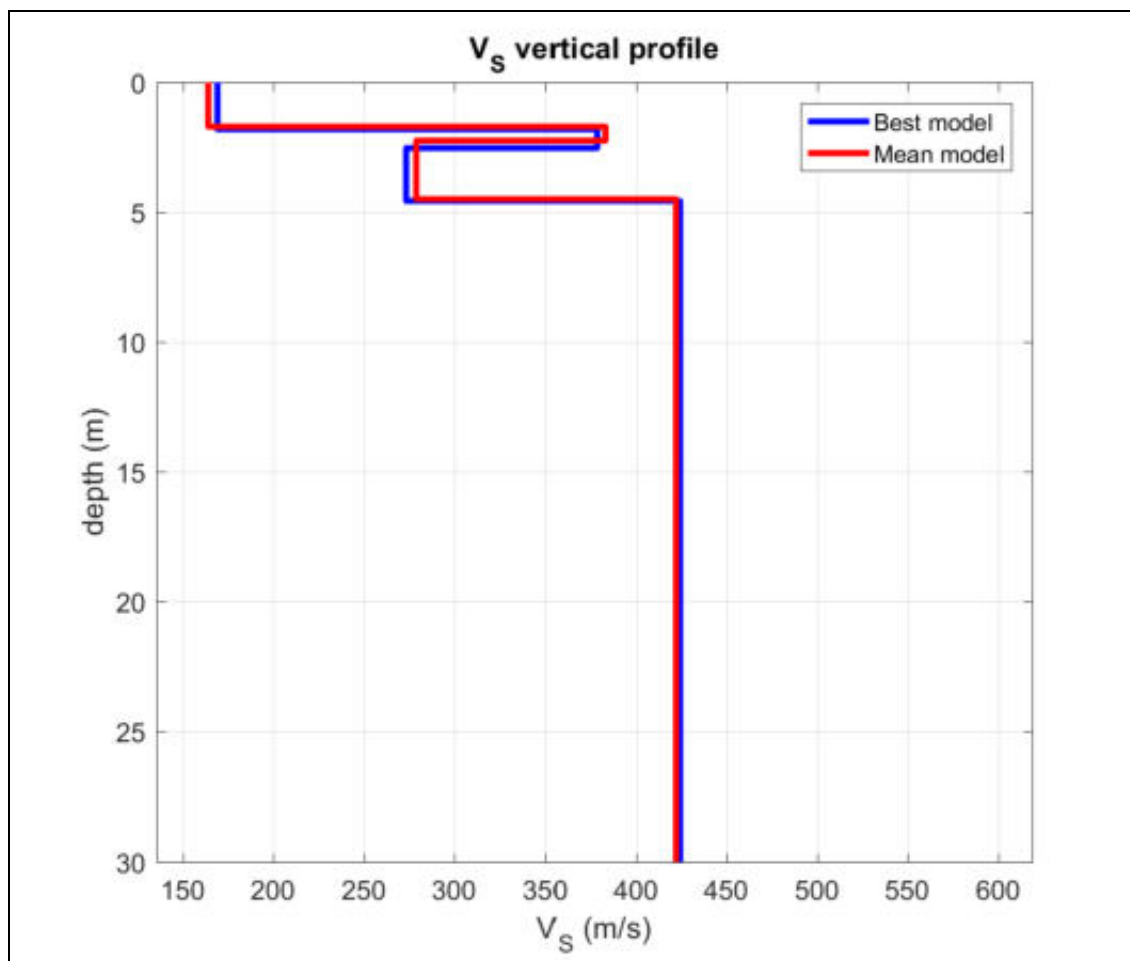


Figura 15 – Modello sismo-stratigrafico della MASW3.

Viterbo, lì 03 agosto 2023

Geol. Marco Orfei



# **ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH**

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM (... scpt ecc.)

#### Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;



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

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

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

### Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### 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  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$	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.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa' / \sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_S$  parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### 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.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

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 delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

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  $\sigma_{N_{spt}}$  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 m ed immersione  $d = 1$  m.

## **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

### **Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m 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 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito  $< 38^\circ$  .
- 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  $< 38^\circ$  ).
- 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  $> 8$  m sopra falda e  $> 15$  m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  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.  $> 8$  m sopra falda e  $> 15$  m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo  $< 5\%$  a profondità  $< 5$  m e con (%) di limo  $> 5\%$  a profondità  $< 3$  m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- 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.

### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

### **Peso di Volume**

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

### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### **Velocità onde di taglio Vs (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### **Modulo di reazione (Ko)**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson (1983) - Qc

## 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  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (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, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata  $C_u$  (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.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- 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  $Qc/Nspt=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $Nspt < 30$ ) medie e molli ( $Nspt < 4$ ) e argille sabbiose ( $Nspt = 6-12$ ).

#### **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.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### **Peso di Volume**

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

#### **Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.



**PROVA P1 - PI03**

Strumento utilizzato **DPSH TG 63-200 PAGANI**  
 Prova eseguita in data **27/07/2023**  
 Profondità prova **4,40 mt**  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	10	0,851	8,77	10,30	438,32	515,21
0,60	8	0,847	6,41	7,57	320,40	378,28
0,80	7	0,843	5,58	6,62	279,14	330,99
1,00	7	0,840	5,56	6,62	277,95	330,99
1,20	3	0,836	2,37	2,84	118,63	141,85
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	2	0,823	1,44	1,75	71,93	87,39
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	3	0,817	2,14	2,62	107,11	131,08
2,60	3	0,814	1,98	2,44	99,19	121,82
2,80	2	0,811	1,32	1,62	65,90	81,22
3,00	4	0,809	2,63	3,25	131,35	162,43
3,20	17	0,756	10,44	13,81	521,89	690,33
3,40	8	0,803	5,22	6,50	261,00	324,86
3,60	6	0,801	3,65	4,55	182,26	227,58
3,80	8	0,798	4,85	6,07	242,27	303,44
4,00	12	0,796	7,25	9,10	362,32	455,16
4,20	20	0,744	11,28	15,17	564,16	758,59
4,40	50	0,591	22,43	37,93	1121,65	1896,49

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	8	7,78	Incoerente	0	17,55	18,93	8,78	1,47	11,76	
3	2,5	2,17	Incoerente	0	14,51	18,44	32,06	1,47	3,68	
4	10,2	8,01	Incoerente	0	18,44	19,12	55,79	1,47	14,99	
4,4	35	26,55	Incoerente	0	21,97	21,08	69,4	1,47	51,45	

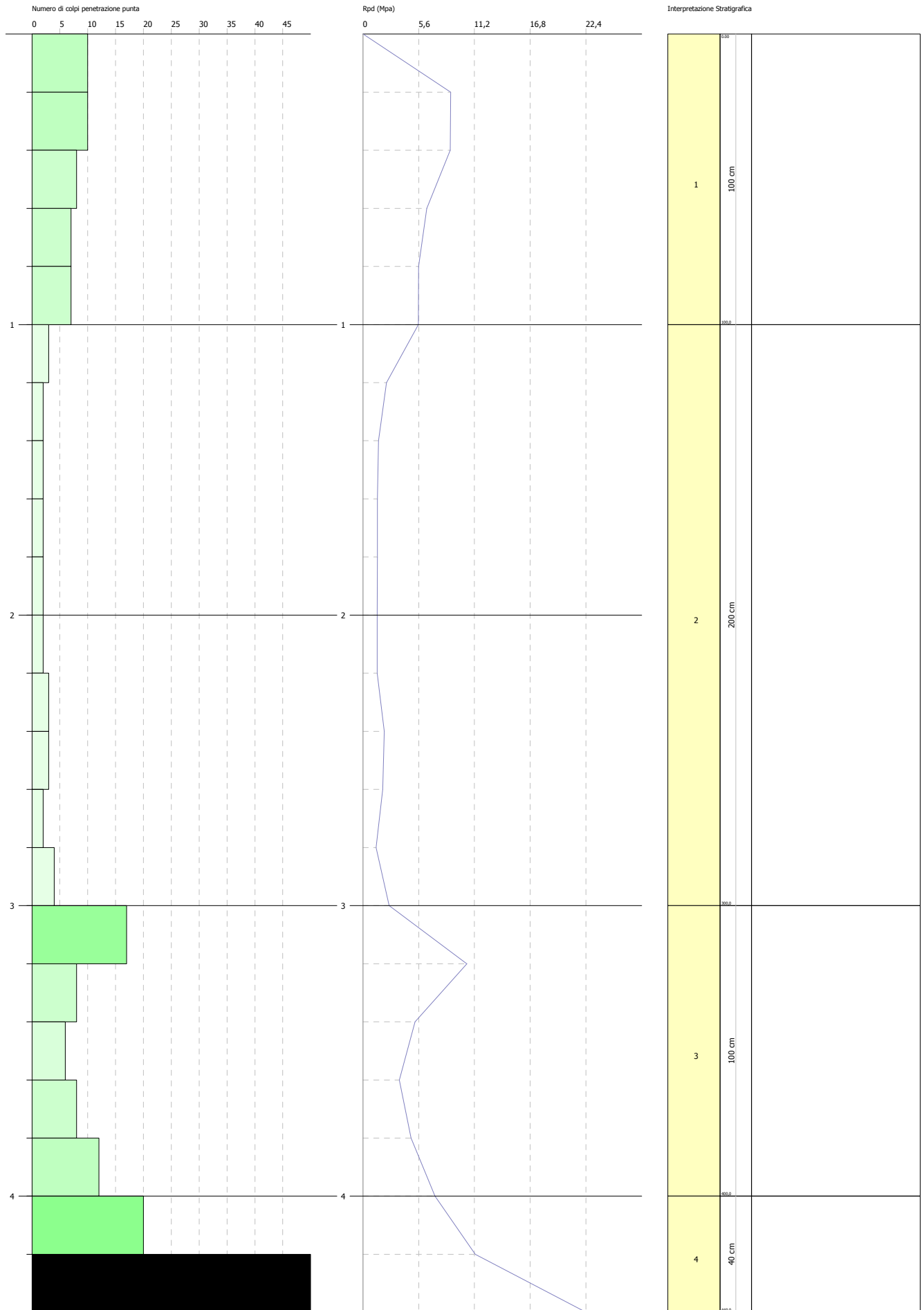
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1 - PI03

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 27/07/2023

Scala 1:18



**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	11,76	1,00	42,9	81,05	100	36,75
[2] -	3,68	3,00	15,51	39,75	42,76	17,23
[3] -	14,99	4,00	38,78	72,18	72,38	43
[4] -	51,45	4,40	67,09	100	100	81,6

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	11,76	1,00	11,76	30,36	23,36	31,29	34,23	34,33	39,35	<30	28,28	30,53	40,18	30,34
[2] -	3,68	3,00	3,68	28,05	21,05	29,03	29,54	31,11	0	<30	22,43	28,1	29,13	23,58
[3] -	14,99	4,00	14,99	31,28	24,28	32,2	30,61	35,47	38,11	30-32	29,99	31,5	40,47	32,31
[4] -	51,45	4,40	51,45	41,7	34,7	42,41	32,13	42,55	42	>38	42,78	42,44	50,71	47,08

**Modulo di Young (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	11,76	1,00	11,76	24,00	9,23	13,68	26,30	13,12
[2] -	3,68	3,00	3,68	---	2,89	---	---	---
[3] -	14,99	4,00	14,99	27,10	11,76	17,41	28,68	14,71
[4] -	51,45	4,40	51,45	50,21	40,36	59,61	55,49	32,58

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	11,76	1,00	11,76	6,92	5,06	8,19	8,87
[2] -	3,68	3,00	3,68	---	3,43	2,56	5,34
[3] -	14,99	4,00	14,99	8,82	5,71	10,44	10,28
[4] -	51,45	4,40	51,45	30,27	13,06	35,82	26,23

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Terzaghi-Peck 1948	14,71
[2] -	3,68	3,00	3,68	Terzaghi-Peck 1948	13,67
[3] -	14,99	4,00	14,99	Terzaghi-Peck 1948	15,09
[4] -	51,45	4,40	51,45	Terzaghi-Peck 1948	18,26

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Terzaghi-Peck 1948	18,96
[2] -	3,68	3,00	3,68	Terzaghi-Peck 1948	18,32
[3] -	14,99	4,00	14,99	Terzaghi-Peck 1948	19,20
[4] -	51,45	4,40	51,45	Terzaghi-Peck 1948	21,15

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	11,76	1,00	11,76	(A.G.I.)	0,33
[2] -	3,68	3,00	3,68	(A.G.I.)	0,35
[3] -	14,99	4,00	14,99	(A.G.I.)	0,32
[4] -	51,45	4,40	51,45	(A.G.I.)	0,25

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	11,76	1,00	11,76	64,66	55,27
[2] -	3,68	3,00	3,68	21,69	27,17
[3] -	14,99	4,00	14,99	81,22	64,10
[4] -	51,45	4,40	51,45	258,90	136,17

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Ohta & Goto (1978) Limi	91,66
[2] -	3,68	3,00	3,68	Ohta & Goto (1978) Limi	97,97
[3] -	14,99	4,00	14,99	Ohta & Goto (1978) Limi	139,17
[4] -	51,45	4,40	51,45	Ohta & Goto (1978) Limi	178,43

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	11,76	1,00	11,76	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	3,68	3,00	3,68	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	14,99	4,00	14,99	Seed e Idriss (1971)	--
[4] -	51,45	4,40	51,45	Seed e Idriss (1971)	--

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	11,76	1,00	11,76		---
[2] -	3,68	3,00	3,68		---
[3] -	14,99	4,00	14,99		---
[4] -	51,45	4,40	51,45		---

## PROVA P2 - PI02

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI  
Prova eseguita in data 27/07/2023  
Profondità prova 4,00 mt  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	2	0,843	1,60	1,89	79,75	94,57
1,00	3	0,840	2,38	2,84	119,12	141,85
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	7	0,830	5,07	6,12	253,72	305,85
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	5	0,820	3,58	4,37	179,17	218,46
2,40	4	0,817	2,86	3,50	142,81	174,77
2,60	12	0,814	7,94	9,75	396,78	487,29
2,80	11	0,811	7,25	8,93	362,45	446,69
3,00	12	0,809	7,88	9,75	394,06	487,29
3,20	10	0,806	6,55	8,12	327,30	406,08
3,40	12	0,803	7,83	9,75	391,49	487,29
3,60	13	0,751	7,40	9,86	370,25	493,09
3,80	24	0,698	12,72	18,21	635,78	910,31
4,00	50	0,596	22,61	37,93	1130,35	1896,49

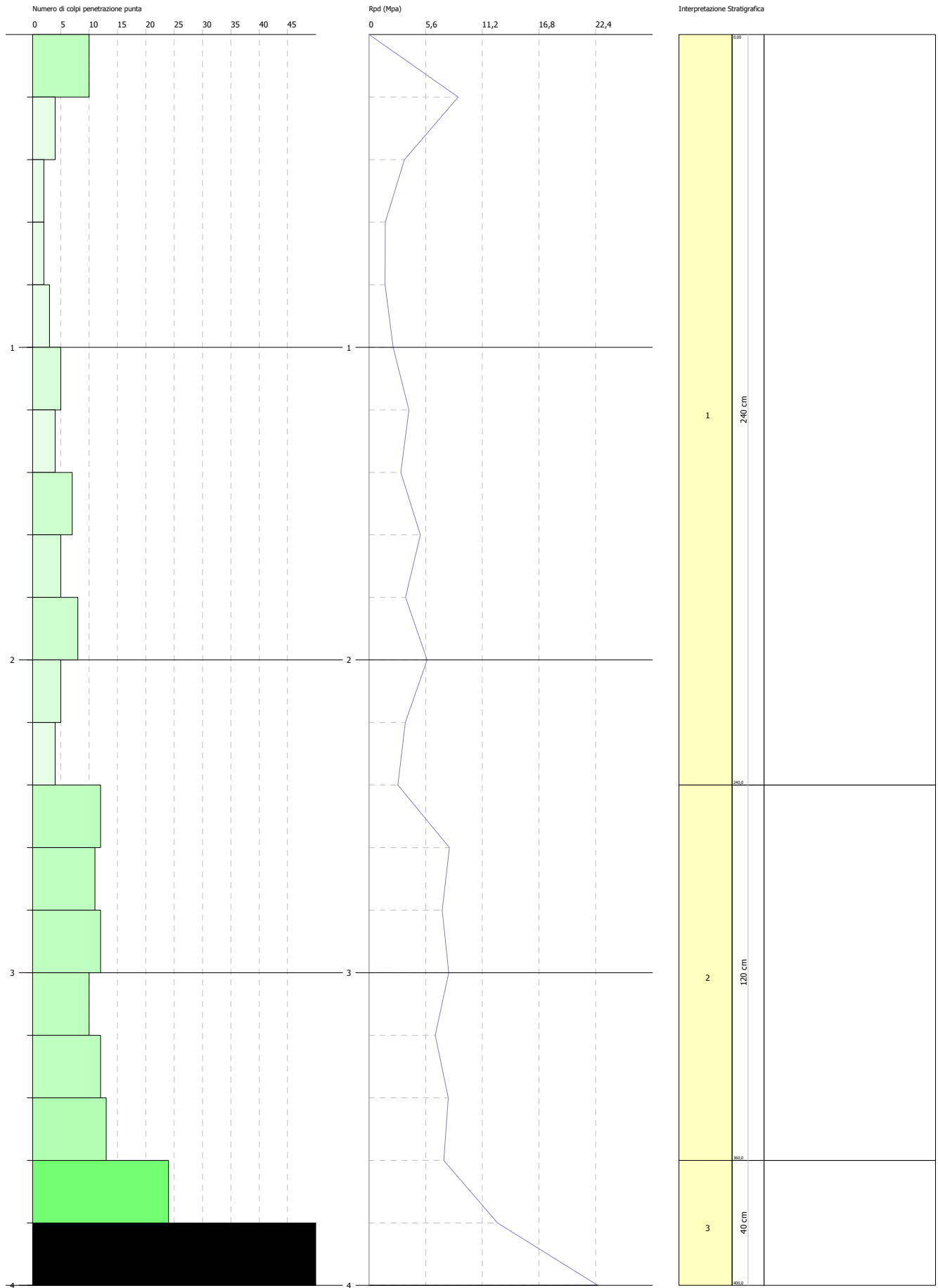
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,4	4,45	4,05	Incoerente	0	15,69	18,63	18,83	1,47	6,54	
3,6	11,67	9,36	Incoerente	0	18,93	19,22	49,01	1,47	17,15	
4	37	28,07	Incoerente	0	22,16	21,18	64,8	1,47	54,39	

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2 - PI02**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 27/07/2023

Scala 1:17



**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	6,54	2,40	28,22	56,86	64,72	24,82
[2] -	17,15	3,60	42,96	79,4	79,85	46,75
[3] -	54,39	4,00	69,59	100	100	84,26

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	6,54	2,40	6,54	28,87	21,87	29,83	31,63	32,31	0	<30	24,9	28,96	34,66	26,44
[2] -	17,15	3,60	17,15	31,9	24,9	32,8	31,11	36,18	39,12	30-32	31,04	32,15	41,91	33,52
[3] -	54,39	4,00	54,39	42,54	35,54	43,23	32,37	42,66	42	>38	43,56	43,32	51,38	47,98

**Modulo di Young (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	6,54	2,40	6,54	---	5,13	---	---	---
[2] -	17,15	3,60	17,15	28,99	13,45	19,91	30,27	15,76
[3] -	54,39	4,00	54,39	51,62	42,67	63,01	57,66	34,02

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	6,54	2,40	6,54	---	4,01	4,55	6,59
[2] -	17,15	3,60	17,15	10,09	6,15	11,94	11,23
[3] -	54,39	4,00	54,39	32,00	13,65	37,87	27,52

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	6,54	2,40	6,54	Terzaghi-Peck 1948	14,05
[2] -	17,15	3,60	17,15	Terzaghi-Peck 1948	15,34
[3] -	54,39	4,00	54,39	Terzaghi-Peck 1948	18,42

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	6,54	2,40	6,54	Terzaghi-Peck 1948	18,56
[2] -	17,15	3,60	17,15	Terzaghi-Peck 1948	19,35
[3] -	54,39	4,00	54,39	Terzaghi-Peck 1948	21,25

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	6,54	2,40	6,54	(A.G.I.)	0,34
[2] -	17,15	3,60	17,15	(A.G.I.)	0,32
[3] -	54,39	4,00	54,39	(A.G.I.)	0,24

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	6,54	2,40	6,54	37,25	38,61
[2] -	17,15	3,60	17,15	92,18	69,59
[3] -	54,39	4,00	54,39	272,79	140,87

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	6,54	2,40	6,54	Ohta & Goto (1978) Limi	98,06
[2] -	17,15	3,60	17,15	Ohta & Goto (1978) Limi	138,27
[3] -	54,39	4,00	54,39	Ohta & Goto (1978) Limi	176,71

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	6,54	2,40	6,54	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	17,15	3,60	17,15	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	54,39	4,00	54,39	Seed e Idriss (1971)	--

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	6,54	2,40	6,54		---
[2] -	17,15	3,60	17,15		---
[3] -	54,39	4,00	54,39		---



## PROVA P3 - PI04

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI  
Prova eseguita in data 27/07/2023  
Profondità prova 2,40 mt  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	7	0,855	6,16	7,21	308,22	360,64
0,40	5	0,851	4,38	5,15	219,16	257,60
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	2	0,843	1,60	1,89	79,75	94,57
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	2	0,836	1,58	1,89	79,09	94,57
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	18	0,773	12,16	15,73	608,09	786,47
2,20	35	0,670	20,50	30,58	1024,78	1529,25
2,40	50	0,617	26,96	43,69	1348,24	2184,64

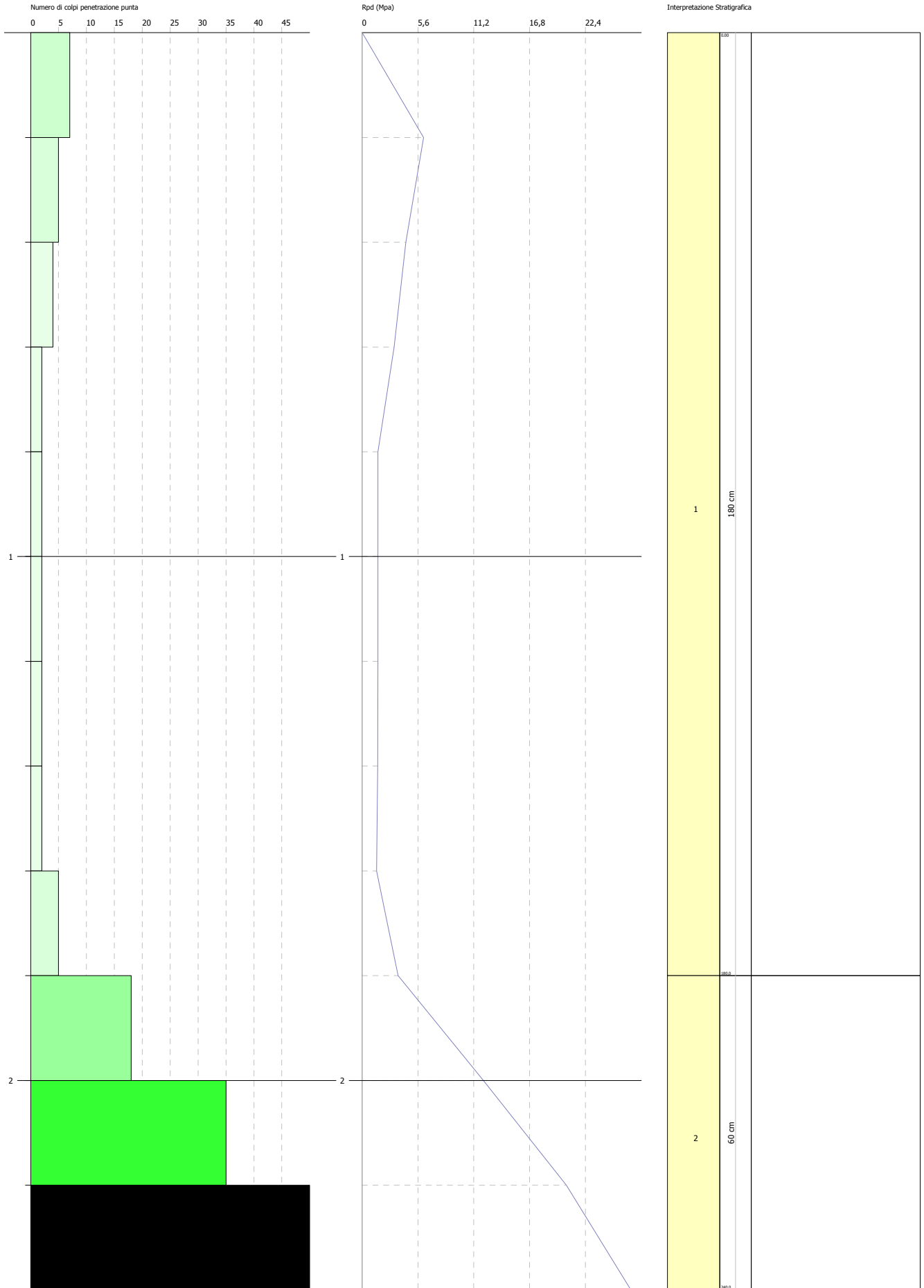
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,8	3,44	3,31	Incoerente	0	15,1	18,53	13,59	1,47	5,06	
2,4	34,33	30	Incoerente	0	21,97	21,08	33,77	1,47	50,47	

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3 - PI04**  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Comittente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 27/07/2023

Scala 1:10



**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	5,06	1,80	24,35	51,58	62,35	20,99
[2] -	50,47	2,40	74,59	100	100	80,76

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	5,06	1,80	5,06	28,45	21,45	29,42	31,92	31,7	0	<30	23,71	28,52	32,63	25,06
[2] -	50,47	2,40	50,47	41,42	34,42	42,13	33,67	42,5	42	>38	42,51	42,14	51,93	46,77

**Modulo di Young (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	5,06	1,80	5,06	---	3,97	---	---	---
[2] -	50,47	2,40	50,47	49,73	39,60	58,47	54,77	32,10

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	5,06	1,80	5,06	---	3,71	3,52	5,94
[2] -	50,47	2,40	50,47	29,70	12,86	35,14	25,80

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	5,06	1,80	5,06	Terzaghi-Peck 1948	13,86
[2] -	50,47	2,40	50,47	Terzaghi-Peck 1948	18,20

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	5,06	1,80	5,06	Terzaghi-Peck 1948	18,44
[2] -	50,47	2,40	50,47	Terzaghi-Peck 1948	21,12

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	5,06	1,80	5,06	(A.G.I.)	0,34
[2] -	50,47	2,40	50,47	(A.G.I.)	0,25

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	5,06	1,80	5,06	29,26	33,01
[2] -	50,47	2,40	50,47	254,26	134,58

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	5,06	1,80	5,06	Ohta & Goto (1978) Limi	88,74
[2] -	50,47	2,40	50,47	Ohta & Goto (1978) Limi	155,57

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	5,06	1,80	5,06	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	50,47	2,40	50,47	Seed e Idriss (1971)	--

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	5,06	1,80	5,06		---
[2] -	50,47	2,40	50,47		---

# ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW

REPORTO MASW1 - SITO PI03

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: pit1s111.DAT  
minimum offset (m): 5  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.125  
Dispersion curve: pi03.cdp  
Number of individuals: 80  
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	102	1.68	144
0.72	228	2.4	264
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	272	4.48	384
1.92	608	6.4	704
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO  
STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PI03

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Starting parallel pool (parpool) using the 'local' profile ...  
connected to 40 workers.

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -70.033  
-28.2648  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -58.6385  
-26.5034  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -52.3932  
-26.5034  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -49.7065  
-26.5034  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -50.7444  
-26.5034  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -49.255  
-26.5034  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -44.6362  
-26.4967  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -44.9687  
-25.9276  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -42.3682  
-25.9276  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -48.8681

-25.9276  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -52.3815  
-25.9149  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -43.6403  
-25.9149  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -41.8935  
-25.9149  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -38.8205  
-25.9149  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -39.1705  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -37.7886  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -36.0169  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -36.2326  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -40.0097  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -36.75  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -36.0909  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -35.4056  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -34.5914  
-25.5658  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -33.7796  
-25.2874  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -34.3362  
-25.2874  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -33.9411  
-25.2874  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -33.0804  
-25.2874  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -33.1727  
-25.2874  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -34.349  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -31.8889  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -32.1046  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -31.2389  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -31.1397  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -32.2949  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -30.2956  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -31.904  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -31.46

-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -32.1224  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -31.5011  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -34.6744  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -30.9129  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -31.345  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -32.9486  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -31.6699  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -32.3354  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -32.9953  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -32.9434  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -31.8729  
-24.7527  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -33.1039  
-24.6512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -30.535  
-24.6512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -32.2172  
-24.6512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -31.1232  
-24.6512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -29.8267  
-24.6512  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -31.5908  
-24.6051  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -30.9174  
-24.6051  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -32.2096  
-24.3412  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -31.5856  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -29.8503  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -28.9005  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -30.3432  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -29.6941  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -28.723  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -30.5318  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -33.7549



-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -33.3582  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -32.6261  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -33.6465  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -31.7157  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -33.607  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -30.7243  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -29.8675  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -30.0312  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -31.1251  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -29.9893  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -28.5948  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -28.0765  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -27.7621  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -29.953  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -33.2537  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -36.337  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -34.9224  
-24.0751

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -60.047  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -49.2057  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -46.5392  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -44.0298  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -44.4077  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -41.0197  
-24.0751  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -40.6479

-24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -39.3912  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -42.0581  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -37.7973  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -38.6503  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -38.0489  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -37.7629  
 -24.0751  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -36.9886  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -40.31  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -40.4672  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -39.7796  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -36.2517  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -36.8124  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -35.411  
 -23.416  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -33.9547  
 -23.416

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 147 266 323 596  
 Thickness (m): 2.4 2.1 2.7

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3  
 Number of models considered to calculate the average model: 2047

#####  
 RESULTS  
 #####

Dataset: pit1s111.DAT  
 Analyzed curve: pi03.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====  
 MEAN MODEL

Vs (m/s): 141 235 327 579  
Standard deviations (m/s): 3 13 18 39

Thickness (m): 2.1 1.7 3.2  
Standard deviations (m): 0.1 0.2 0.8

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
Vp (m/s): 294 489 681 1083  
Density (gr/cm3): 1.76 1.88 1.96 2.07  
Vp/Vs ratio: 2.09 2.08 2.08 1.87  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30  
Shear modulus (MPa): 35 104 210 695

Fundamental mode

Mean model  
frequency (Hz) VR(m/s)  
11.8986 416.4675  
21.9958 233.1843  
31.5844 155.3157  
43.9335 137.8142  
49.6722 135.3406

First higher mode

Mean model  
25.2646 280.0906  
33.2552 254.6797  
38.7759 243.6253

Second higher mode

Mean model  
49.0184 303.2637  
55.5561 282.446  
70.8835 246.4506

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 147 266 323 596  
thickness (m): 2.3846 2.1151 2.6592

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
Vp (m/s): 306 554 672 1115  
Density (gr/cm3): 1.77 1.91 1.96 2.08  
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30  
Shear modulus (MPa): 38 135 204 739

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.8986	426.752
21.9958	231.7953
31.5844	158.6226
43.9335	142.5567
49.6722	140.377

First higher mode)

best model

25.2646	288.1846
33.2552	261.5885
38.7759	251.0056

Second higher mode)

best model

49.0184	306.1755
55.5561	286.1096
70.8835	254.8052

Vs5 (mean model): 192 192 m/s

Vs5 (best model): 194 194 m/s

Vs20 (mean model): 365 365 m/s

Vs20 (best model): 371 371 m/s

Vs30 (mean model): 417 417 m/s

Vs30 (best model): 424 424 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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 - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PI03".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

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

Number of models used to define the mean model: 2047

Vs5 for the best model: 194 194

Vs30 for the best model: 424 424

REPORT MASW2 - SITO PI02

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: piti2s111.DAT  
minimum offset (m): 5  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.125  
Dispersion curve: Pi02.cdp  
Number of individuals: 80  
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	102	1.26	144
0.84	228	2.4	264
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	272	3.36	384
2.24	608	6.4	704
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO  
STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PI02

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -61.8808  
-16.9511  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -48.2676  
-12.8708  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -41.9705  
-12.8708  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -34.7464  
-12.5464  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -35.4378  
-12.5464  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -31.3138  
-12.4768  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -27.8455  
-12.4768  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -29.2228  
-12.4768  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -26.9192  
-11.3436  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -25.3026  
-11.1689  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -23.9467

-11.1689  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -22.4328  
-11.1689  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -22.3057  
-11.1689  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -22.43  
-10.7935  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -23.7409  
-10.7935  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -23.0478  
-10.7935  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -22.9461  
-10.7935  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -20.0388  
-9.71365  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -20.0451  
-9.71365  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -20.5938  
-9.71365  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -18.8964  
-9.71365  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -20.4899  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -21.0348  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -24.4956  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -20.0866  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -18.48  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -17.7423  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -21.1838  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -21.9326  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -20.7323  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -21.1757  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -24.0522  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -26.2443  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -25.0283  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -24.3701  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -22.7414  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -19.6258  
-8.37334  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -17.9424

-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -17.4515  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -16.0088  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -16.1727  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -19.7212  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -18.251  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -15.9753  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -18.0248  
-8.31368  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -18.2048  
-8.28671  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -16.0078  
-8.28671  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -16.9937  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -15.0198  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -15.1806  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -16.6603  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -13.4089  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -14.903  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -16.3394  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -16.0265  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -16.2247  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -15.2593  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -15.0907  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -15.9728  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -16.4667  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -17.2619  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -18.2412  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -18.7885  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -15.319  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -14.3826



-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -14.6985  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -14.6929  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -16.6152  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -16.166  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -15.3351  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -17.0863  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -17.5997  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -20.3131  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -20.9168  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -20.7825  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -19.0334  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -18.655  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -18.0931  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -17.2302  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -13.4828  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -13.008  
-8.21129

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -53.2205  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -45.1368  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -40.8  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -33.4462  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -32.7879  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -28.7762  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -25.3465  
-8.21129  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -25.3831

-8.21129  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -23.8015  
 -8.21129  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -21.6299  
 -8.21129  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -21.5198  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -21.8548  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -22.1362  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -18.4043  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -21.0451  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -18.3631  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -20.307  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -18.2783  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -17.6231  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -14.7136  
 -8.20474  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -16.8757  
 -8.20474

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 170 301 327 541  
 Thickness (m): 2.3 0.99 5.2

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 366

#####  
 RESULTS  
 #####

Dataset: piti2s111.DAT  
 Analyzed curve: Pi02.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====  
 MEAN MODEL

Vs (m/s): 170 300 321 538

Standard deviations (m/s): 1 11 6 19

Thickness (m): 2.3 1.1 4.7  
Standard deviations (m): 0.1 0.3 0.5

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	354	624	668	1007
Density (gr/cm3):	1.80	1.94	1.96	2.06
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Shear modulus (MPa):	52	175	202	595

Fundamental mode

Mean model	frequency (Hz)	VR(m/s)
	4.77972	466.0149
	15.5307	357.3537
	23.5212	263.1979
	34.4901	193.3661
	43.6429	171.7218
	55.1203	163.5832
	68.4863	160.611

First higher mode

Mean model	frequency (Hz)	VR(m/s)
	48.8731	278.8798
	58.1712	270.2153
	63.8373	264.249

Second higher mode

Mean model	frequency (Hz)	VR(m/s)
	46.6939	363.7529
	70.375	310.9175
	77.2759	300.6789

==o== SECTION#4

=====  
BEST MODEL

Vs (m/s): 170 301 327 541  
thickness (m): 2.31 0.98678 5.2061

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	354	627	681	1012
Density (gr/cm3):	1.80	1.94	1.96	2.06
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Shear modulus (MPa):	52	176	210	602

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.77972	468.3475
15.5307	355.5737
23.5212	266.9132
34.4901	194.2503
43.6429	171.8759
55.1203	163.6222
68.4863	160.6251

First higher mode)

best model

48.8731	281.2402
58.1712	272.5633
63.8373	266.3674

Second higher mode)

best model

46.6939	364.5178
70.375	313.6968
77.2759	303.6939

Vs5 (mean model): 225 225 m/s

Vs5 (best model): 226 226 m/s

Vs20 (mean model): 370 370 m/s

Vs20 (best model): 370 370 m/s

Vs30 (mean model): 413 413 m/s

Vs30 (best model): 414 414 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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 - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m,

caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PIO2".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

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

Number of models used to define the mean model: 366

Vs5 for the best model: 226 226

Vs30 for the best model: 414 414

REPORT MASW3 -SITO PI04

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: piti3s111.DAT  
minimum offset (m): 5  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.125  
Dispersion curve: Pi04.cdp  
Number of individuals: 80  
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	102	1.14	144
0.24	204	1.2	240
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	272	3.04	384
0.64	544	3.2	640
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO  
STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PI04

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -91.2525  
-14.159  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -70.3256  
-14.159  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -54.618  
-14.159  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -54.1555  
-14.159  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -45.4559  
-13.9242  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -46.1023  
-13.9242  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -46.4036  
-13.9242  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -44.6991  
-13.9242  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -39.3312  
-13.884  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -36.3907  
-13.884  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -38.4281

-13.884  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -33.6927  
-13.6109  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -32.6427  
-13.6109  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -33.0978  
-13.4214  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -35.5642  
-13.2674  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -36.1475  
-13.2674  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -32.5142  
-13.0194  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -30.8939  
-13.0194  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -34.0412  
-13.0194  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -32.3353  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -32.0649  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -26.2581  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -29.6068  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -29.1255  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -31.0158  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -27.5264  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -36.6347  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -36.3384  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -31.3229  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -29.3667  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -27.1255  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -29.8699  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -28.3387  
-10.3583  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -35.1146  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -32.9056  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -35.9394  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -34.9263  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -33.3316

-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -32.9834  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -27.318  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -31.0354  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -30.1246  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -29.8451  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -33.3393  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -34.9648  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -25.6493  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -23.4617  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -27.7985  
-10.2008  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -28.3118  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -26.9998  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -24.1672  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -23.7428  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -25.8055  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -23.524  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -24.8935  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -24.7739  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -25.704  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -25.2902  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -24.2998  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -18.5832  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -25.9193  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -22.3753  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -26.1415  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -23.3257  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -22.5901



-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -22.4247  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -21.2022  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -20.2663  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -20.6574  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -26.5509  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -25.5162  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -26.6964  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -24.3541  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -22.8014  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -22.7099  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -21.9703  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -27.8896  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -24.6381  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -24.2458  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -22.9197  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -23.009  
-9.90952

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -84.6519  
-9.90952  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -68.0488  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -60.1882  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -60.7658  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -55.1721  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -49.1014  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -46.4441  
-9.85341  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -47.0017

-9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -42.2512  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -34.0636  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -39.5008  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -38.3018  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -38.6511  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -35.725  
 -9.85341  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -31.7478  
 -9.27022  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -33.0553  
 -9.27022  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -33.1468  
 -9.27022  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -26.1528  
 -9.27022  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -25.9842  
 -9.2332  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -22.7693  
 -9.2332  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -24.9982  
 -8.84619

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 169 378 273 424  
 Thickness (m): 1.8 0.73 2

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 82

#####  
 RESULTS  
 #####

Dataset: piti3s111.DAT  
 Analyzed curve: Pi04.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====  
 MEAN MODEL

Vs (m/s): 164 383 279 422

Standard deviations (m/s): 5 52 11 4

Thickness (m): 1.7 0.5 2.3  
Standard deviations (m): 0.1 0.1 0.3

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
Vp (m/s): 341 797 581 789  
Density (gr/cm3): 1.79 2.00 1.92 2.00  
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30  
Shear modulus (MPa): 48 293 150 356

Fundamental mode

Mean model  
frequency (Hz) VR(m/s)  
11.3175 359.3793  
19.7439 326.0891  
26.7901 278.2293  
35.4344 231.544  
43.9335 196.4326  
75.4599 157.495

First higher mode

Mean model  
38.7033 326.1378  
60.7137 269.4016  
72.8448 261.7931

Second higher mode

Mean model  
55.1929 390.2544  
76.7675 327.4803

==o== SECTION#4

=====  
BEST MODEL

Vs (m/s): 169 378 273 424  
thickness (m): 1.8083 0.72524 2.0396

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
Vp (m/s): 352 787 568 793  
Density (gr/cm3): 1.80 2.00 1.92 2.00  
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30  
Shear modulus (MPa): 51 285 143 359

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.3175	360.497
19.7439	324.4569
26.7901	274.9377
35.4344	230.5632
43.9335	197.2838
75.4599	161.7457

First higher mode)

best model

38.7033	329.2469
60.7137	273.0233
72.8448	266.6522

Second higher mode)

best model

55.1929	392.1469
76.7675	330.3694

Vs5 (mean model): 237 237 m/s

Vs5 (best model): 237 237 m/s

Vs20 (mean model): 353 353 m/s

Vs20 (best model): 354 354 m/s

Vs30 (mean model): 373 373 m/s

Vs30 (best model): 375 375 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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 - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30

m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.  
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Desktop\GEOVIT TEMP\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\GEOFISICA PITIGLIANO STEAM\PI04".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

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

Number of models used to define the mean model: 82

Vs5 for the best model: 237 237

Vs30 for the best model: 375 375

# **ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE**

## **FOTOGRAFICA**



Foto 1: Esecuzione prova penetrometrica DPSH1 – Sito PI03



Foto 2: Esecuzione prova geofisica MASW1 – Sito PI03



Foto 3: Esecuzione prova penetrometrica DPSH2 – Sito PI02



Foto 4: Esecuzione prova geofisica MASW2 – Sito PI02





Foto 5: Esecuzione prova penetrometrica DPSH3 – Sito PI04

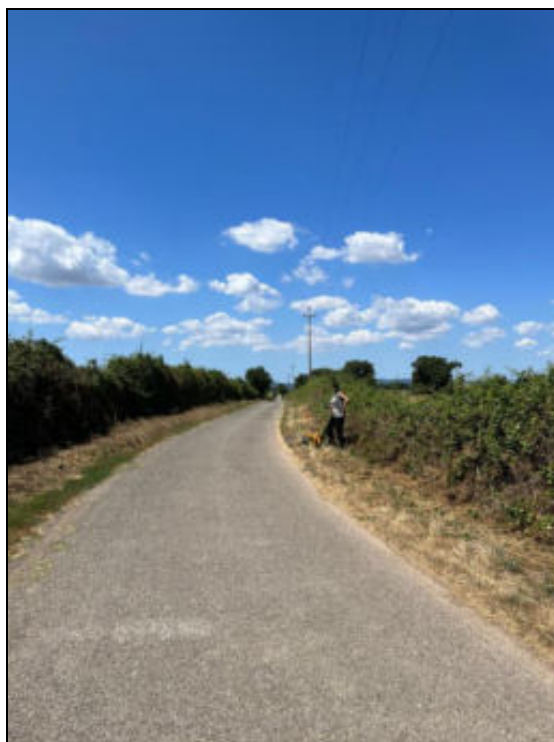


Foto 6: Esecuzione prova geofisica MASW3 – Sito PI04