

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. MASSIMO MARROCCHESI

Sede Legale: VIA STRADA 10 53018 S.ROCCO A PILLI (SI)

Sede Operativa : VIA F.FERRINI 6 53035 MONTERIGGIONI (SI) – Tel & Fax 0577/319065

Mobile 335-5857790 E.Mail: mgeo@tiscali.it

COMUNE DI RADICONDOLI

Provincia di SIENA

COMMITTENTE: UNIONE DEI COMUNI DELLA VAL DI MERSE

LOCALITA': PODERE PORCIGNANO

DATA: GENNAIO 2026

**RELAZIONE GEOLOGICA PER IL CONSOLIDAMENTO DI UN FABBRICATO
SITO IN AREA SOTTOPOSTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO**

*documento firmato digitalmente
ai sensi del D.Lgs. 82/2005 e s.m.i.*

IL GEOLOGO



PREMESSA

Il presente rapporto riferisce sui risultati dell'indagine geologica effettuata in un'area posta in Comune di Radicondoli (SI) Podere Porcignano, dove è previsto il consolidamento statico/strutturale di una porzione di un fabbricato

I parametri di valutazione sono stati quindi ricavati da una specifica campagna geognostica e geofisica, comprendente prove DPSH e profili sismici e, nel dettaglio, è consistita complessivamente nell'esecuzione di (vedi sotto ed appendice):

- n. 3 Prove DPSH (in rosso)
- n. 1 profilo sismico tipo MASW (in giallo)



Vincolo idrogeologico

L'area risulta inserita nel Vincolo Idrogeologico – vedi carta allegata

Per quanto attiene l'inquadramento dell'intervento all'interno degli strumenti di pianificazione comunale e sovracomunale si evidenzia quanto segue:

Strumenti urbanistici comunali – vedi carta allegata

Carta della Pericolosità geologica da PSC

L'area risulta classificata nel PS come **Classe G3** di pericolosità geologica

Strumenti urbanistici sovracomunali – vedi carte allegate

Carta della Pericolosità geologica da PAI frane

L'area risulta classificata come **Classe P3** di pericolosità geologica (vedi asseverazione compatibilità intervento in appendice)

Carta della Pericolosità idraulica da PGRA

L'area risulta ESCLUSA dalle aree di pericolosità idraulica

GEOLOGIA DELL'AREA

Dai rilievi di superficie effettuati e dalla cartografia geologica allegata, nell'area d'interesse risultano affiorare terreni flyschoidi di età cretacea appartenenti alla Formazione di Canetolo, che viene a contatto ad Ovest con il flysch di M.te Verdi ed ad Est con le Argille a Palombini (anch'esse formazione flyschoidi) e con i Diaspri

La Formazione di Canetolo si presenta come una serie di alternanze di argilliti siltose e marne calcaree, con intercalati strati calcareo silicei a grana finissima, il tutto con un assetto scompaginato e caotico

ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'immobile in oggetto, risulta ubicato su di una superficie semipianeggiante di prevalente natura antropica, ubicata su di tratto di versante, che non mostra sintomi di instabilità significativi

QUADRO IDROGEOLOGICO LOCALE

I termini argilloscistosi sono in genere caratterizzati da un grado di permeabilità basso e/o molto basso, potendo talora risultare pressochè impermeabili; tuttavia la presenza di livelli calcarei fratturati interposti alla massa argilloscistosa, può facilitare locali accumuli idrici

Nell'area non è comunque nota la presenza di una circolazione idrica naturale, che

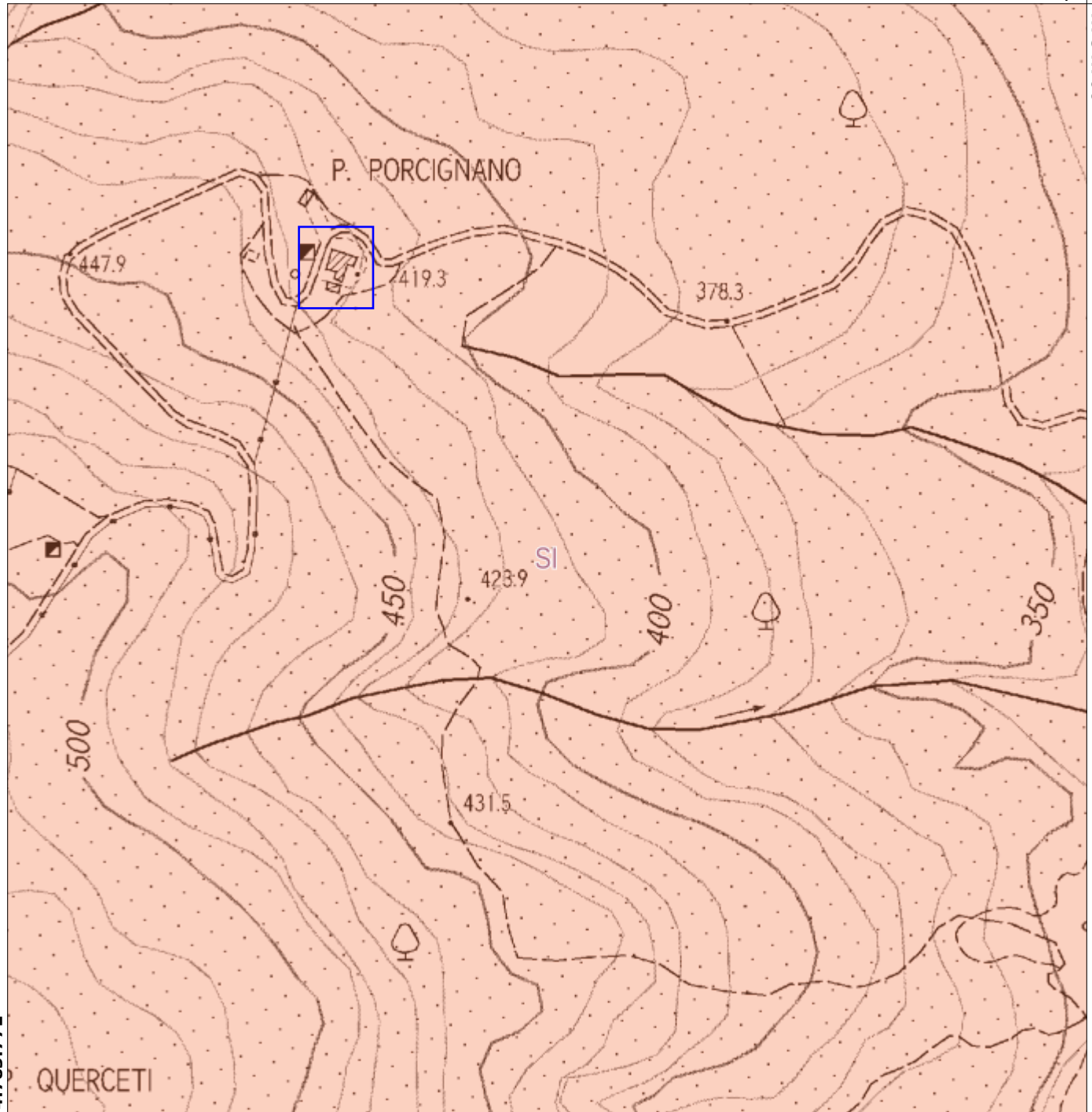


Regione Toscana - SIPT: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 5.000

664.188,7

4.784.706



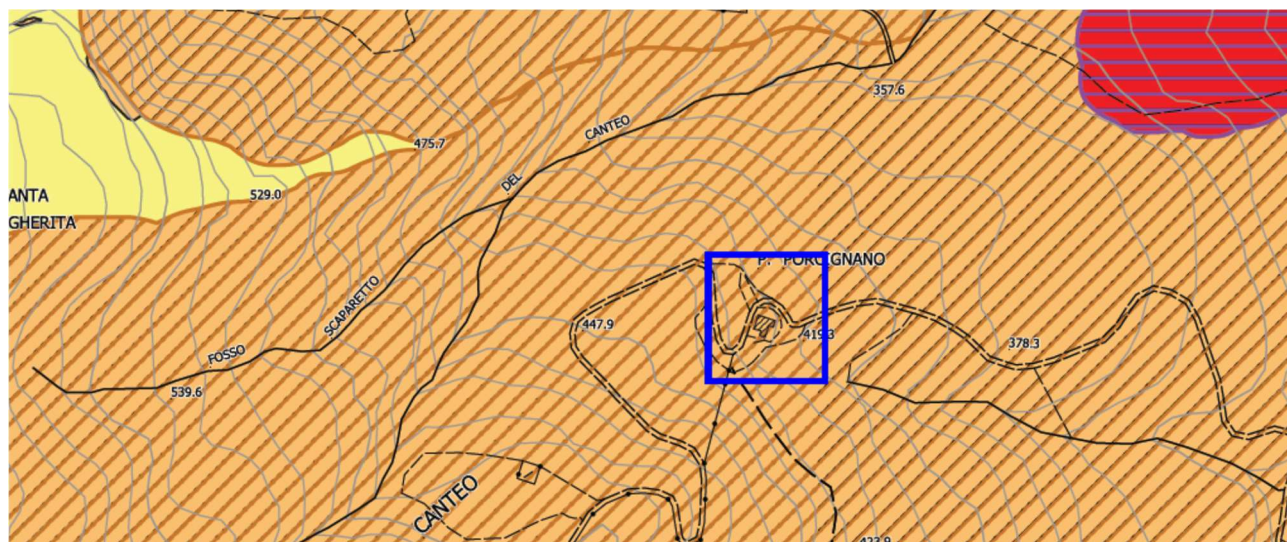
4.783.771

663.279,8

EPSG:25832

TAV Q.G11.5

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA



Aree a pericolosità geologica (D.P.G.R. n. 5R del 30 gennaio 2020)

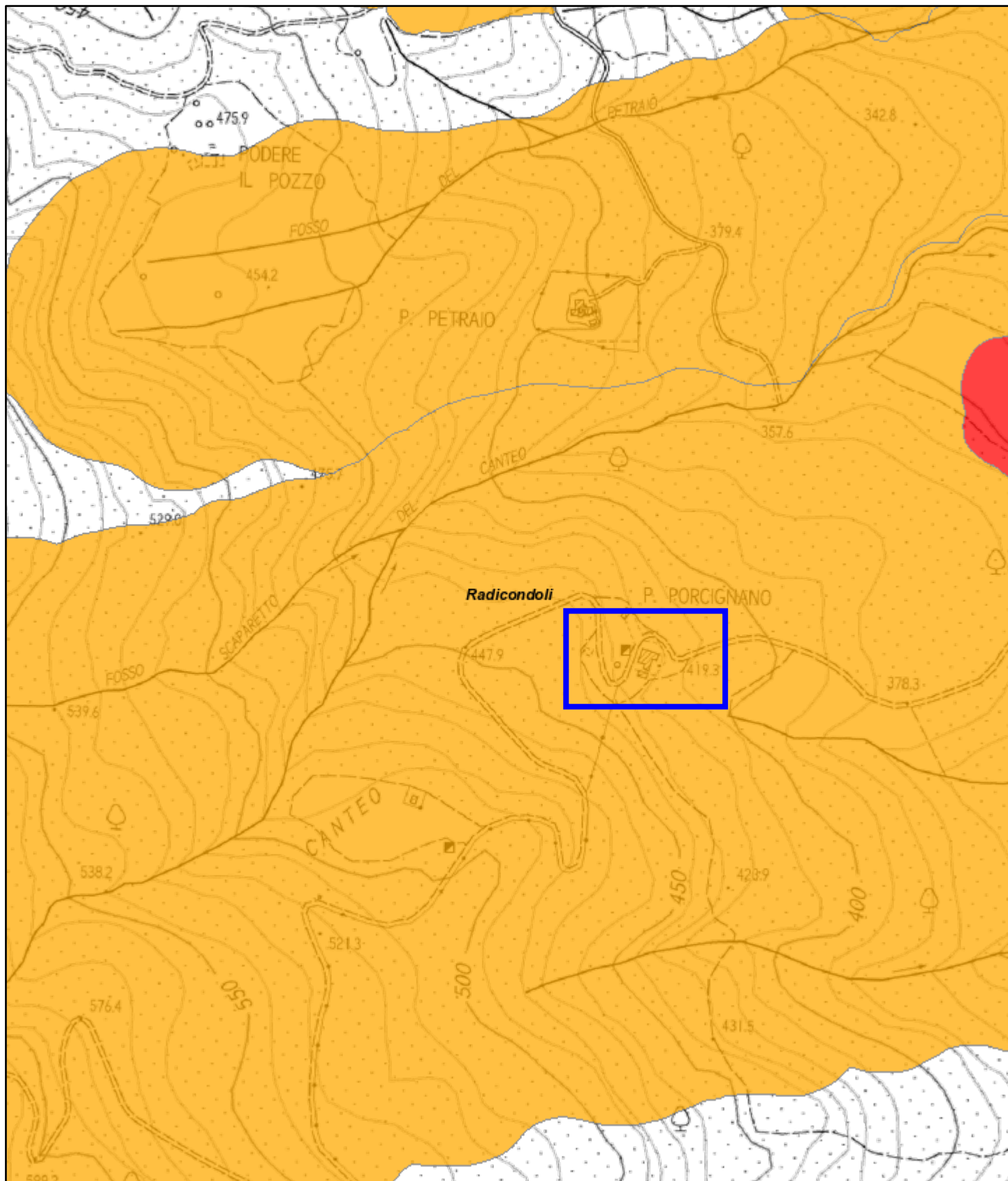
- Pericolosità geologica bassa (G.1)
- Pericolosità geologica media (G.2)
- Pericolosità geologica elevata (G.3)
- Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica (Proposta di adeguamento al PAI Dissesti geomorfologici)

- P3a - Pericolosità elevata (tipo a)
- P4 - Pericolosità molto elevata

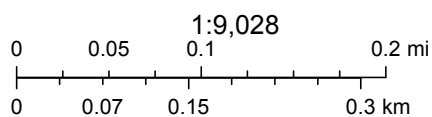
Mappa PAI "Dissesti geomorfologici"

Unione dei comuni della Val di Merse - Protocollo (E) n.0002073/2026 del 30-01-2026



08/01/2026, 11:45:22

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Limiti Comunali | pericolosità Serchio |
| pericolosità Arno | P2a - pericolosità moderata tipo a |
| P2a - pericolosità moderata tipo a | P3a - pericolosità elevata tipo a |
| P3a - pericolosità elevata tipo a | P3b - pericolosità elevata tipo b |
| P3b - pericolosità elevata tipo b | P4 - pericolosità molto elevata |
| P4 - pericolosità molto elevata | UoM Serchio |
| UoM Arno | |

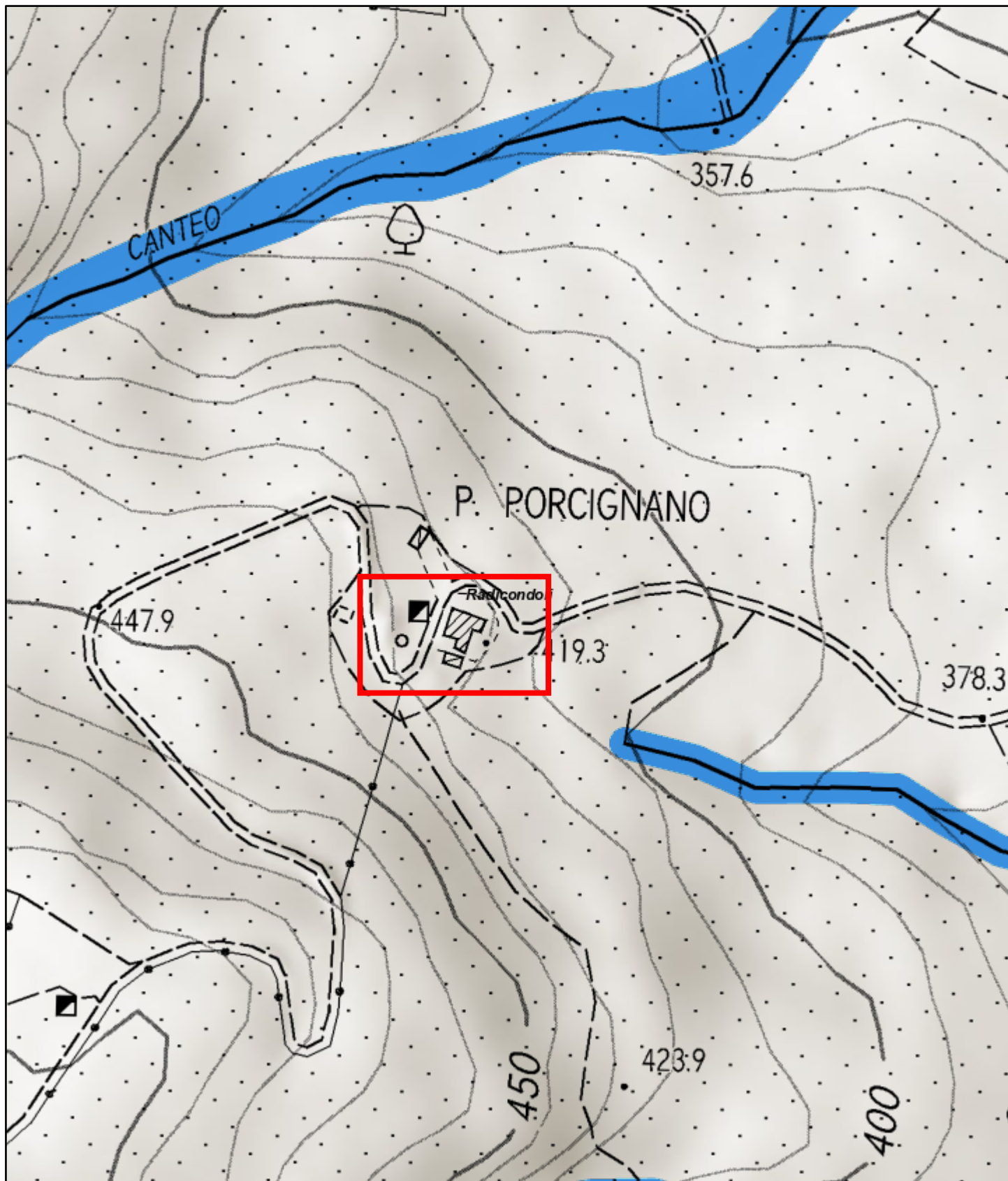


© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Area pianificazione assetto idrogeologico e frane
Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA | Regione Umbria - SIAT |

Mappa della Pericolosità da alluvione

Unione dei comuni della Val di Merse - Protocollo (E) n.0002073/2026 del 30-01-2026



08/01/2026, 11:44:29

Limiti Comunali
CTR 1:10000 - II Edizione

CTR_10K_WGS84

Pericolosità Dominio Fluviale

P1
P2
P3

Pericolosità Dominio Costiero

P2
P3

1:4,514
0 0.03 0.06 0.11 mi
0 0.04 0.09 0.17 km

Sources: Esri, Vantor, Airbus DS, USGS, NGA, NASA, CGIAR, N Robinson, NCEAS, NLS, OS, NMA, Geodatastyrelsen, Rijkswaterstaat, GSA, Geoland, FEMA, Intermap, and the GIS user community, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Setentrionale

AdB Distretto Appennino Setentrionale
Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Setentrionale | Esri, CGIAR, USGS | Esri, TomTom, Garmin, METI/NASA, USGS |

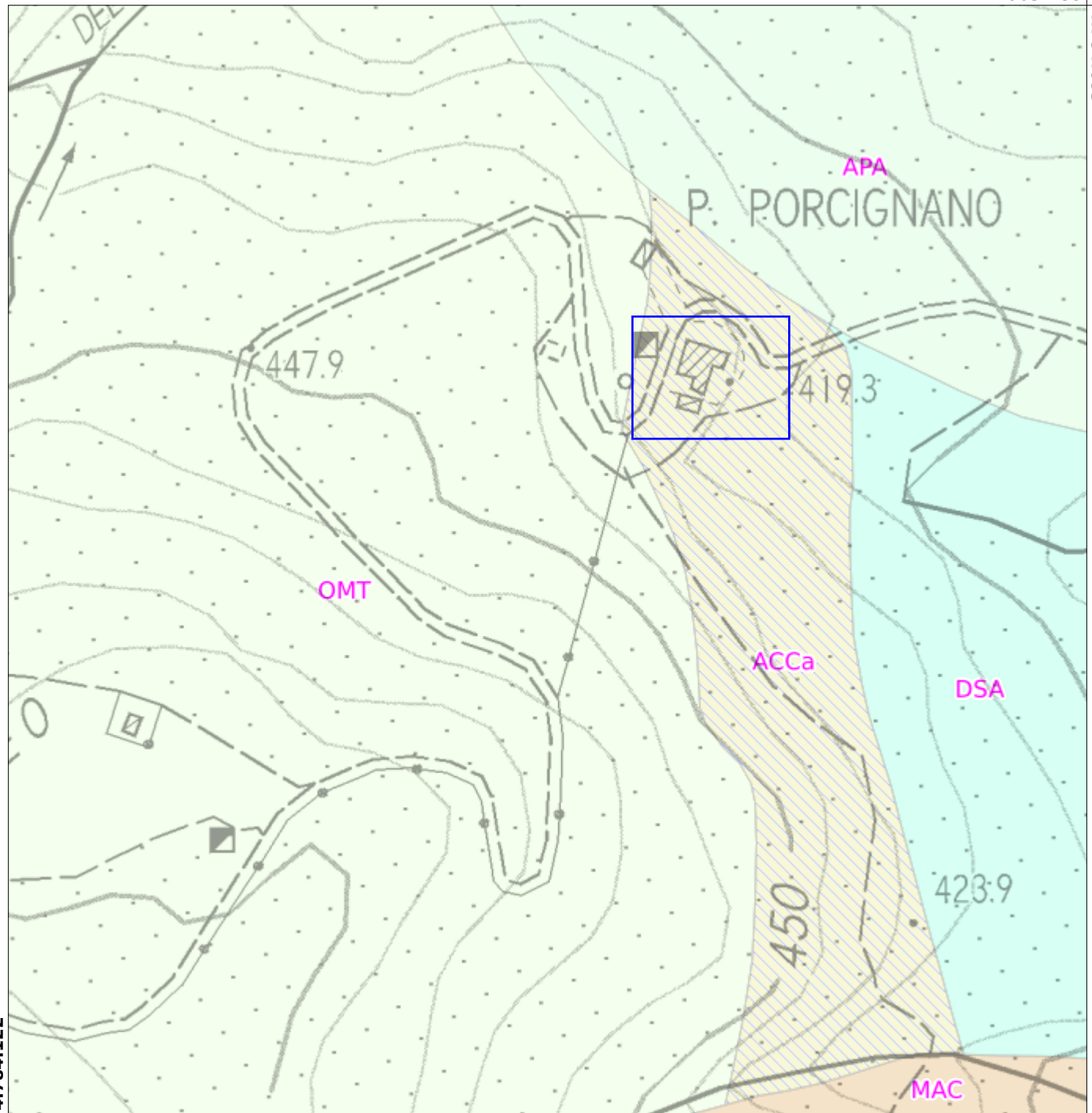


Regione Toscana - DB Geologico

Scala 1 : 3.000

1.663.785

4.784.683

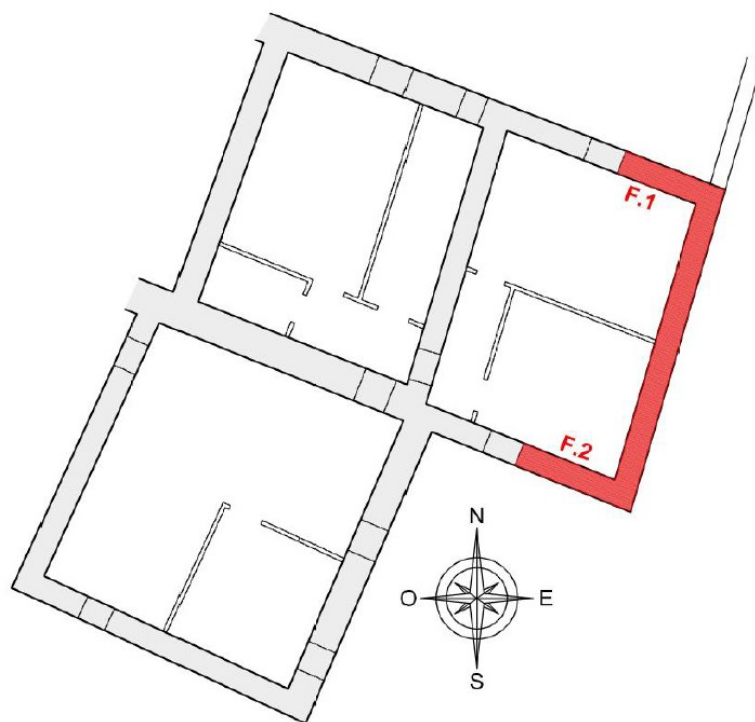


MAC - Arenaria Macigno - EOCENE
ACCa - Formazione di Canetolo - CRETACEO
APA - Argille a Palombini - CRETACEO
OMT - Flysch di M.te Verdi - CRETACEO
DSA - Diaspri - GIURASSICO

permei i livelli calcarei e che possa creare ostacolo o interferenza con quanto in progetto

STATO ATTUALE DELL'IMMOBILE

Il fabbricato mostra nel complesso una buona stabilità, salvo una porzione di fabbricato orientata ad est, sulla quale invece si rileva un significativo quadro fessurativo localizzato ma passante per tutto lo spessore della muratura – vedi sotto area in rosso e foto allegate (Rif. Perizia Ing. Gazzei)



VA SEGNALATO COME QUESTA ZONA SIA DI FATTO COMPRESA TRA LE PROVE DPSH 1 E 2

INOLTRE DAI SAGGI IN FONDAZIONE ESEGUITI, E' INVECE EMERSA LA PRESENZA DI UNA FONDAZIONE IN PIETrame (A FILO MURATURA) DEL TIPO “ A SACCO” CON ALTEZZA DI CIRCA 60-70 CM.

INDAGINI IN SITO

Complessivamente la campagna di indagine è consistita nell'esecuzione di :

- n. 3 prove DPSH
- n. 1 profilo Masw (vedi appendice)

Le 3 prove DPSH (vedi grafici in appendice) hanno mostrato caratteri simili, come meglio sotto descritti.

DPSH 1

Da 0 a 1 m. – Terreno di riporto

Da 1 a 2,6 m. – Alternanze di livelli argillitici plastici ed altri più compatti (va segnalato come le aste strumentali mostrino marcati tratti di umidità)

Da 2.6 a 4 m. – Argilliti a media compattezza

Da 4 a – 4,2 – Livello calcareo (prova a rifiuto)

DPSH 2

Da 0 a 0.8 m. – Terreno di riporto

Da 0.8 a 2,6 m. – Alternanze di livelli argillitici plastici ed altri più compatti (va segnalato come le aste strumentali mostrino marcati tratti di umidità)

Da 2.6 a 3,4 m. – Argilliti a media compattezza

DPSH 3

Da 0 a 0.6 m. – Terreno di riporto

Da 0.6 a 3,4 - Argilliti a media compattezza

ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'insieme dei dati ottenuti, peraltro ben correlabili, ha permesso di ricostruire nel dettaglio l'assetto litostratigrafico e stratigrafico-meccanico dell'area, precisando che mentre le prove 1 e 2 hanno trovato dei tratti saturi sommitali, la prova 3, più lontana dalla porzione di immobile oggetto di lesioni, NON ha rilevato detti tratti

Le litologie incontrate possono complessivamente ricondursi alle seguenti unità litostratigrafiche aventi diverso comportamento geotecnico :

Aa - ALTERNANZE DI ARGILLITI PLASTICHE E A MEDIA COMPATTEZZA

Am - ARGILLITI A MEDIA COMPATTEZZA

PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

In riferimento alle prove eseguite, unitamente ai dati bibliografici in ns possesso, è stato possibile caratterizzare le unità A e B, con i seguenti parametri medi:

[Aa] ALTERNANZE DI ARGILLITI PLASTICHE E A MEDIA COMPATTEZZA

Dalle prove SPT e dalle analisi eseguite, si ritengono adottabili in via cautelativa i seguenti parametri geotecnici CARATTERISTICI:

- *Peso di volume:* $\gamma = 2 \text{ T/m}^3$
- *Angolo d'attrito:* $\varphi' = 23\text{-}24^\circ$
- *Coesione:* $c' = 0,15 \text{ Kg/cm}^2$
- *Coesione non drenata* $C_u = 0.7 \text{ Kg/cm}^2$

[Am] ARGILLITI A MEDIA COMPATTEZZA

Dalle prove SPT, si ritengono adottabili in via cautelativa i seguenti parametri geotecnici CARATTERISTICI:

- *Peso di volume:* $\gamma = 2.1 \text{ T/m}^3$
- *Angolo d'attrito:* $\varphi' = 27\text{-}28^\circ$
- *Coesione:* $c' = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$
- *Coesione non drenata* $C_u = 1,5 \text{ Kg/cm}^2$

VALUTAZIONI SULLA POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE

Trattandosi di terreni semilapidei aridi con falda posta oltre 30 metri, NON esistono problematiche DI NESSUN GENERE relative alla liquefazione e pertanto detta verifica è

stata omessa, visto che il rischio del fenomeno della liquefazione si riferisce esclusivamente a terreni sabbiosi fini e limo-sabbiosi saturi

INTERVENTI PROPOSTI

OPZIONE 1

OPERE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

Nel caso si propenda per un intervento di natura strutturale, con previsione di eseguire delle opere di sottofondazione in almeno la porzione di fabbricato interessata dalle lesioni, si ritiene opportuno che tali opere (micropali ?) oltrepassino i livelli contenenti le argilliti plasticizzate (circa cautelativamente 3 metri di spessore) per poggiare almeno sulle argilliti a media compattezza, meglio se sul sottostante substrato lapideo

OPZIONE 2

INTERVENTI CONSERVATIVI CON RIPARAZIONI LOCALI

Nel caso in cui si voglia invece operare in maniera più conservativa, possono essere eseguiti dei lavori di riparazioni sui paramenti lesionati, senza intervenire in fondazione

In ogni caso, si consiglia di regimare adeguatamente tutte le acque provenienti dalle aree di monte, ma soprattutto di verificare l'attuale rete scolante dei pluviali, che potrebbe essere stata la causa delle infiltrazioni idriche anomale che hanno generato la plasticizzazione dei livelli argillitici sommitali e, probabilmente, innescato il quadro fessurativo attuale

CONSIDERAZIONI SUL VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'intervento in progetto prevede il consolidamento di un fabbricato, in riferimento quindi al quadro morfologico locale ed in rapporto ai movimenti terra in progetto, NON si ravvedono, da un punto di vista idrogeologico, problematiche di nessuna natura per l'area in oggetto

Alla luce di quanto sopra, si può quindi affermare che le opere in progetto risultano compatibili con la stabilità dei versanti presenti ed in modo tale da non creare ostacoli al deflusso delle acque superficiali, né alterazioni al flusso delle acque sotterranee, secondo

i criteri di cui alla L.R. 39/2000 e Decreto P.G.R.T. n. 48/R del 08.08.2003 e successive modifiche

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nella vigente classificazione dell'intero territorio regionale, il Comune di Radicondoli ricade in zona sismica 3 e di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	$0.15 - 0.25$	0.25
3	$0.05 - 0.15$	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene tuttavia definita mediante un approccio "sitodipendente" e non più tramite un criterio "zonadipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita quindi partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle risultanze dirette ottenute dalle indagini sismiche, si propone di classificare il terreno nella **CATEGORIA DI SUOLO "B"**, secondo i dettami delle NTC 2018

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Nel nostro caso le condizioni sono quelle di un sito con inclinazione media $< 15^\circ$, per cui di **CATEGORIA TOPOGRAFICA "T1"**.

CONCLUSIONI

Esaminate la natura e le caratteristiche dell'area sotto il profilo geologico, geomorfologico ed idrogeologico, considerati gli interventi in progetto e la destinazione d'uso prevista, si esprime parere di fattibilità all'intervento.

Nell'area non si rilevano infatti aspetti negativi o impedimenti di natura tale da non poter essere comunque superati con opportuni accorgimenti tecnici in fase di progettazione definitiva o esecutiva, così come sopra delineati.

Il sottoscritto dovrà comunque essere informato dell'andamento dei lavori, al fine di poter operare opportune verifiche in corso d'opera e controlli sulla corrispondenza tra le assunzioni fatte in fase di indagine e la situazione effettiva del sottosuolo.

A seconda delle esigenze del Committente o della D.L., verranno quindi fornite documentazioni integrative a quelle attuali, compreso ulteriori accertamenti sul terreno e l'assistenza tecnica durante le operazioni di scavo e/o perforazione.

Li 30-01-2026

IL GEOLOGO



DICHIARAZIONE DI ASSEVERAMENTO della relazione geologica ai sensi delle vigenti norme dell'AdB Appennino Settentrionale in materia di frane (Art.8 del. AdB 28-3-24)

UBICAZIONE: Comune di RADICONDOLI (SI) – Podere Porcignano

INTERVENTO: Relazione geologica per consolidamento strutturale porzione del fabbricato

RICHIEDENTE: Unione dei Comuni della Val di Merse

Il sottoscritto Dr Geol. MASSIMO MARROCCHESI, con studio in Sovicille (SI) Via Strada 10, in qualità di redattore della relazione geologica di cui in premessa

DICHIARA ED ASSEVERA CHE:

L'intervento di cui in oggetto è fattibile e compatibile con le norme AdB Appennino Settentrionale, in quanto dalla relazione geologica del 30-01-2026 a mia firma, emerge come quanto in progetto possa essere realizzato senza aggravare le condizioni di instabilità locali ed in un congruo intorno

In particolare in detta relazione si è tenuto conto delle mappe di pericolosità esistenti, sono state valutate compiutamente le criticità del contesto fisico interessato e la NON necessità di opere atte alla mitigazione del presunto dissesto.

In sintesi si può quindi affermare che l'intervento non comporta peggioramento delle condizioni di rischio per le aree contermini e che risulta CONFORME E COMPATIBILE alle norme AdB.

Sovicille 30-01-2026

Dr Geol. MASSIMO MARROCCHESI



**INDAGINI PENETROMETRICHE DI SUPPORTO ALLA
REALIZZAZIONE DI OPERE EDILI DA ESEGUIRE PRESSO
LOC. GALLERAIE, COMUNE DI RADICONOLI (SI)**

Incarico conferito da: *Dott. Geol. Massimo Marrocchesi*

Sovicille, 20 Gennaio 2026

Il Geologo
Dott. Geol. Jacopo Della Fazia



DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA

Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)

P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E30I726Y

della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

CENNI TEORICI E PRATICI

L'indagine penetrometrica dinamica (**DPSH**) consta nell'infissione di una punta conica standardizzata nel terreno che avviene tramite battitura di una colonna di aste con la caduta di un grave di peso standardizzato. Durante l'esecuzione si registra il numero di colpi necessari a far avanzare di 20 cm la punta nel terreno (modalità esecutive del penetrometro GeoDeepDrill). Il numero di colpi ottenuto per ogni 20 cm viene poi moltiplicato per un *coefficiente energetico* β che dipende dal peso del grave e dalle caratteristiche del penetrometro. Si ottiene così il numero N_{spt} che attraverso la correlazione di formule e grafici fornisce le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni attraversati.

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è stato utilizzato un penetrometro super pesante GeoDeepDrill, con caratteristiche tecniche di seguito descritte:

Sigla DPSH73 (avanzamento punta: 0,20m) Nominativo o sigla dello strumento

Beta eff. 1,75 Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro

M(massa) 73 kg Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste

H(maglio) 0,75 m Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)

L(aste) 1,00 m Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a .00m (toll. da 0.1% a 0.2%)

M(aste) 6,30 kg Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)

M(sistema) Massa del complesso asta di guida - testa di battuta

A(punta) 20,00 cm² Area della superficie laterale del cono della punta

Alfa(punta) 90 ° Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°

LOCALIZZAZIONE SITO

Le indagini sono state eseguite in data **15 Gennaio 2026** loc. Le Galleraie, Comune di Radicondoli. Nella foto aerea seguente si riporta la localizzazione dell'area:

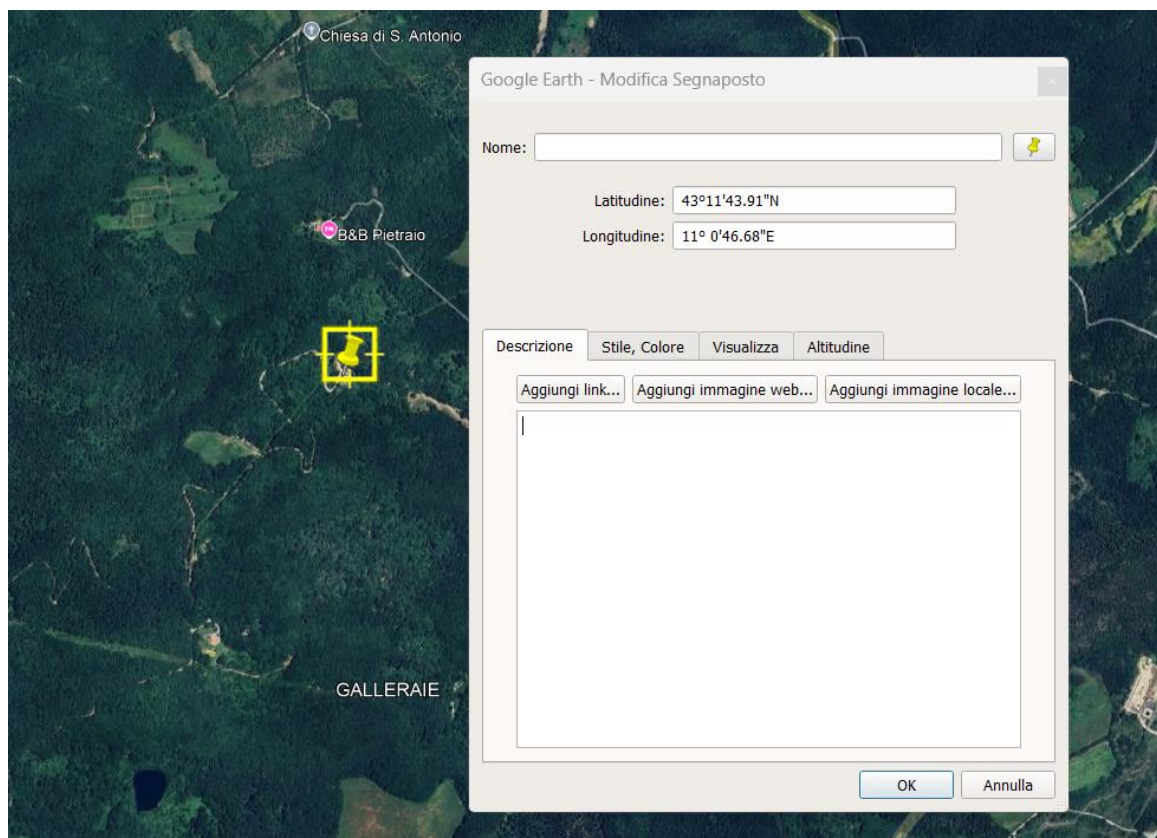


Fig. 1: localizzazione area

Sono state eseguite n.3 indagini penetrometriche dinamiche (DPSH) la cui posizione e caratteristiche sono di seguito illustrate:



Fig. 2: posizionamento indagini

CARATTERISTICHE DELL'INDAGINE ESEGUITA

DATA INDAGINE:	15 Gennaio 2026
DPSH 1	Profondità 4,20m indagine a rifiuto
DPSH 2	Profondità 3,40m
DPSH 3	Profondità 3,40m

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 3: documentazione fotografica DPSH 1



Fig. 4: documentazione fotografica DPSH 2



Fig. 5: documentazione fotografica DPSH 3

Unione dei comuni della Val di Merse - Protocollo (E) n.0002073/2026 del 30-01-2026

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	1
	Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Pagina	1	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Elaborato		Falda

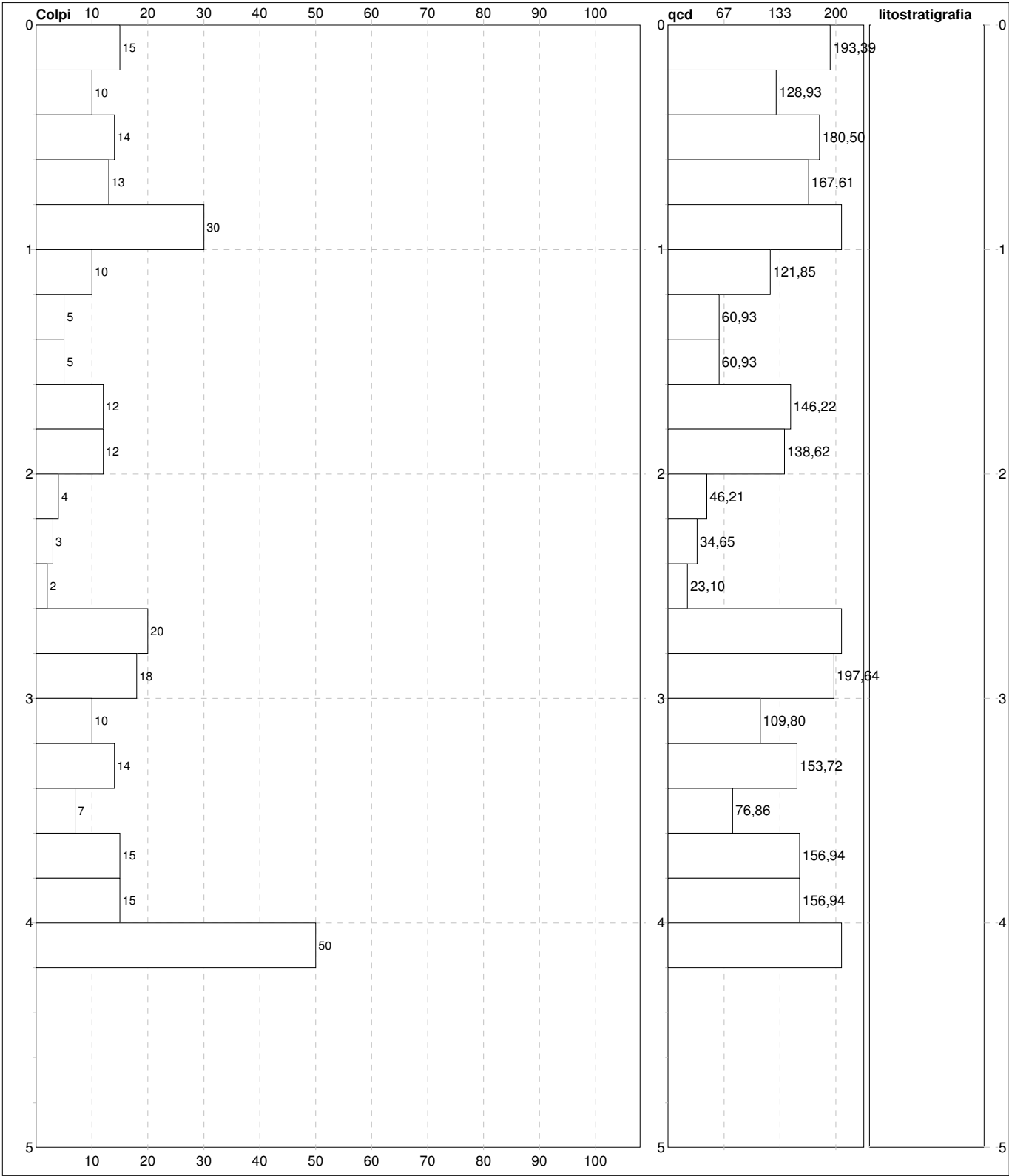
H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	15		193,39					
0,40	1	10		128,93					
0,60	2	14		180,50					
0,80	2	13		167,61					
1,00	2	30		365,56					
1,20	2	10		121,85					
1,40	3	5		60,93					
1,60	3	5		60,93					
1,80	3	12		146,22					
2,00	3	12		138,62					
2,20	3	4		46,21					
2,40	4	3		34,65					
2,60	4	2		23,10					
2,80	4	20		219,60					
3,00	4	18		197,64					
3,20	5	10		109,80					
3,40	5	14		153,72					
3,60	5	7		76,86					
3,80	5	15		156,94					
4,00	5	15		156,94					
4,20	6	50		523,13					

H = profondità	qcd = Collaborazioni
L1 = quota	note = spec.tec.
L2 = Contatto	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	1
Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm ²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Scala: 1:25	Quota inizio: : Falda	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Pagina 1		
		Elaborato		



Penetrometro:	TG73-200	sist.litologico:	Personalizzata	preforo	m
	73,00 kg	Responsabile::	Dott. Geol. Jacopo Della Fazia	Corr.astine: :	kg/ml
	0,75 m	Assistente::		Cod.ISTAT:	0
	0,20 m				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Pagina	1	
Località	Galleria, Radicondoli (SI)	Elaborato		Falda

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	minimo	15	1,75	26	193,39	174,05	84	163	9,67	Coes./Gran.	.....
2	0,20 : 0,40	minimo	10	1,75	18	128,93	116,03	97	121	6,45	Coes./Gran.	.....
3	0,40 : 0,60	minimo	14	1,75	24	180,50	162,45	113	153	9,03	Coes./Gran.	.....
4	0,60 : 0,80	minimo	13	1,75	23	167,61	150,85	120	147	8,38	Coes./Gran.	.....
5	0,80 : 1,00	minimo	30	1,75	52	365,56	348,10	158	283	18,28	Coes./Gran.	.....
6	1,00 : 1,20	minimo	10	1,75	18	121,85	109,67	125	121	6,09	Coes./Gran.	.....
7	1,20 : 1,40	minimo	5	1,75	9	60,93	54,83	115	70	3,05	Coes./Gran.	.....
8	1,40 : 1,60	minimo	5	1,75	9	60,93	54,83	118	70	3,05	Coes./Gran.	.....
9	1,60 : 1,80	minimo	12	1,75	21	146,22	131,60	140	137	7,31	Coes./Gran.	.....
10	1,80 : 2,00	minimo	12	1,75	21	138,62	124,75	143	137	6,93	Coes./Gran.	.....
11	2,00 : 2,20	minimo	4	1,75	7	46,21	41,58	120	57	2,31	Coes./Gran.	.....
12	2,20 : 2,40	minimo	3	1,75	5	34,65	31,19	116	43	1,73	Coes./Gran.	.....
13	2,40 : 2,60	minimo	2	1,75	4	23,10	20,79	113	36	1,16	Coes./Gran.	.....
14	2,60 : 2,80	minimo	20	1,75	35	219,60	207,92	182	206	10,98	Coes./Gran.	.....
15	2,80 : 3,00	minimo	18	1,75	32	197,64	177,88	182	192	9,88	Coes./Gran.	.....
16	3,00 : 3,20	minimo	10	1,75	18	109,80	98,82	153	121	5,49	Coes./Gran.	.....
17	3,20 : 3,40	minimo	14	1,75	24	153,72	138,35	163	153	7,69	Coes./Gran.	.....
18	3,40 : 3,60	minimo	7	1,75	12	76,86	69,17	146	88	3,84	Coes./Gran.	.....
19	3,60 : 3,80	minimo	15	1,75	26	156,94	141,25	169	163	7,85	Coes./Gran.	.....
20	3,80 : 4,00	minimo	15	1,75	26	156,94	141,25	170	163	7,85	Coes./Gran.	.....
21	4,00 : 4,20	minimo	50	1,75	88	523,13	470,82	232	431	26,16	Coes./Gran.	.....

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE				
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -			
1	0,00 : 0,20	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---			
2	0,20 : 0,40	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	31	330	1,98	1,57	275	---			
3	0,40 : 0,60	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	326	---			
4	0,60 : 0,80	23	1,44	2,06	22,58	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	318	---			
5	0,80 : 1,00	52	3,25	2,10	20,20	0,55	134	86	43	592	2,16	1,86	565	---			
6	1,00 : 1,20	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	31	330	1,98	1,57	275	---			
7	1,20 : 1,40	9	0,56	1,89	34,00	0,92	44	32	27	261	1,92	1,48	173	---			
8	1,40 : 1,60	9	0,56	1,89	34,00	0,92	44	32	27	261	1,92	1,48	173	---			
9	1,60 : 1,80	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	---			
10	1,80 : 2,00	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	---			
11	2,00 : 2,20	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	25	245	1,90	1,45	150	---			
12	2,20 : 2,40	5	0,31	1,83	39,28	1,06	33	18	24	230	1,88	1,41	127	---			
13	2,40 : 2,60	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	23	222	1,87	1,39	116	---			
14	2,60 : 2,80	35	2,19	2,10	20,20	0,55	100	70	38	461	2,08	1,73	420	---			
15	2,80 : 3,00	32	2,00	2,10	20,20	0,55	94	67	37	438	2,06	1,71	394	---			
16	3,00 : 3,20	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	31	330	1,98	1,57	275	---			
17	3,20 : 3,40	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	326	---			
18	3,40 : 3,60	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	28	284	1,94	1,52	207	---			
19	3,60 : 3,80	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---			
20	3,80 : 4,00	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---			
21	4,00 : 4,20	88	5,50	2,10	20,20	0,55	207	99	51	870	2,23	1,98	872	---			

FON113

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	2
	Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Pagina	1	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Elaborato		Falda

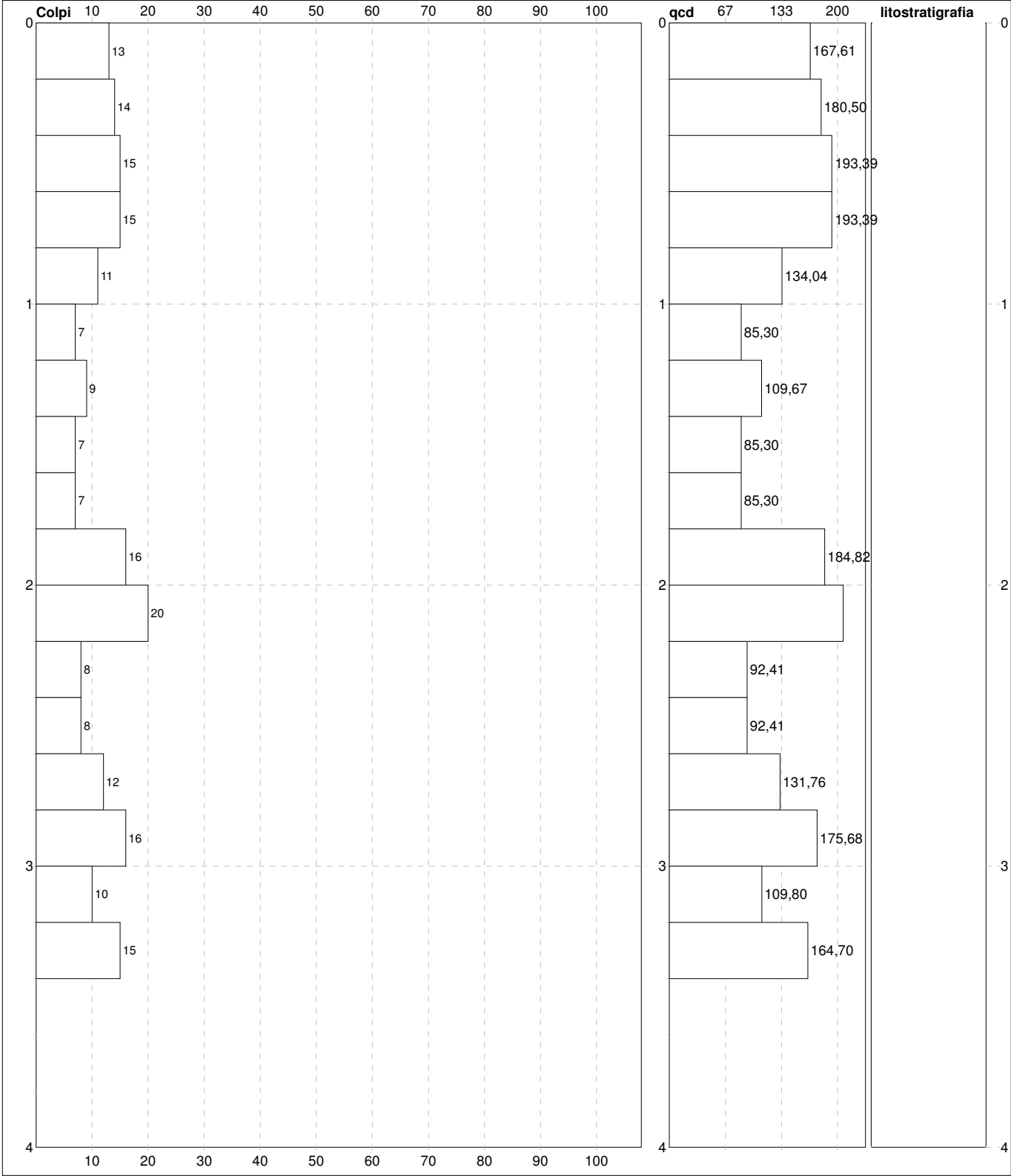
H	note	L1	L2	qcd	H	note	L1	L2	qcd
m	n°	n°	n°	kg/cm²	m	n°	n°	n°	kg/cm²
0,20	1	13		167,61					
0,40	1	14		180,50					
0,60	2	15		193,39					
0,80	2	15		193,39					
1,00	2	11		134,04					
1,20	2	7		85,30					
1,40	3	9		109,67					
1,60	3	7		85,30					
1,80	3	7		85,30					
2,00	3	16		184,82					
2,20	3	20		231,03					
2,40	4	8		92,41					
2,60	4	8		92,41					
2,80	4	12		131,76					
3,00	4	16		175,68					
3,20	5	10		109,80					
3,40	5	15		164,70					

H = profondità	qcd = Collaborazioni
L1 = quota	note = spec.tec.
L2 = Contatto	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	2
Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Scala: 1:20	Quota inizio: : Falda	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Pagina 1		
		Elaborato		



Penetrometro:	TG73-200	sist.litologico:	Personalizzata	preforo	m
	73,00 kg	Responsabile::	Dott. Geol. Jacopo Della Fazia	Corr.astine: :	kg/ml
	0,75 m	Assistente::		Cod.ISTAT:	0
	0,20 m				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN

2

Riferimento

007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi
-------------	--

Cantiere	Opere edili
----------	-------------

Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)
----------	------------------------------

U.M.:	kg/cm ²
-------	--------------------

Data esec.	15/01/2026
------------	------------

Pagina	1
Elaborato	

	Falda
--	-------

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	13	1,75	23	167,61	150,85	82	147	8,38	Coes./Gran.	.....
2	0,20 : 0,40	Media	14	1,75	24	174,06	156,65	102	153	8,70	Coes./Gran.	.....
3	0,40 : 0,60	Media	15	1,75	26	193,39	174,05	115	163	9,67	Coes./Gran.	.....
4	0,60 : 0,80	Media	15	1,75	26	193,39	174,05	122	163	9,67	Coes./Gran.	.....
5	0,80 : 1,00	Media	11	1,75	19	134,04	127,64	122	127	6,70	Coes./Gran.	.....
6	1,00 : 1,20	Media	7	1,75	12	85,30	76,77	117	88	4,27	Coes./Gran.	.....
7	1,20 : 1,40	Media	9	1,75	16	109,67	98,70	127	110	5,48	Coes./Gran.	.....
8	1,40 : 1,60	Media	7	1,75	12	85,30	76,77	124	88	4,27	Coes./Gran.	.....
9	1,60 : 1,80	Media	7	1,75	12	85,30	76,77	127	88	4,27	Coes./Gran.	.....
10	1,80 : 2,00	Media	16	1,75	28	184,82	166,34	164	173	9,24	Coes./Gran.	.....
11	2,00 : 2,20	Media	20	1,75	35	231,03	207,92	174	206	11,55	Coes./Gran.	.....
12	2,20 : 2,40	Media	8	1,75	14	92,41	83,17	138	99	4,62	Coes./Gran.	.....
13	2,40 : 2,60	Media	8	1,75	14	92,41	83,17	140	99	4,62	Coes./Gran.	.....
14	2,60 : 2,80	Media	12	1,75	21	131,76	124,75	153	137	6,59	Coes./Gran.	.....
15	2,80 : 3,00	Media	16	1,75	28	175,68	158,11	178	173	8,78	Coes./Gran.	.....
16	3,00 : 3,20	Media	10	1,75	18	109,80	98,82	153	121	5,49	Coes./Gran.	.....
17	3,20 : 3,40	Media	15	1,75	26	164,70	148,23	165	163	8,24	Coes./Gran.	.....

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,20	23	1,44	2,06	22,58	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	318	---
2	0,20 : 0,40	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	326	---
3	0,40 : 0,60	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---
4	0,60 : 0,80	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---
5	0,80 : 1,00	19	1,19	2,01	25,45	0,69	67	49	32	338	1,98	1,58	284	---
6	1,00 : 1,20	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	28	284	1,94	1,52	207	---
7	1,20 : 1,40	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61	44	30	315	1,97	1,55	252	---
8	1,40 : 1,60	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	28	284	1,94	1,52	207	---
9	1,60 : 1,80	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	28	284	1,94	1,52	207	---
10	1,80 : 2,00	28	1,75	2,10	20,20	0,55	85	62	35	407	2,04	1,67	360	---
11	2,00 : 2,20	35	2,19	2,10	20,20	0,55	100	70	38	461	2,08	1,73	420	---
12	2,20 : 2,40	14	0,88	1,95	29,45	0,80	57	41	29	299	1,96	1,53	230	---
13	2,40 : 2,60	14	0,88	1,95	29,45	0,80	57	41	29	299	1,96	1,53	230	---
14	2,60 : 2,80	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	301	---
15	2,80 : 3,00	28	1,75	2,10	20,20	0,55	85	62	35	407	2,04	1,67	360	---
16	3,00 : 3,20	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	31	330	1,98	1,57	275	---
17	3,20 : 3,40	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81	59	35	392	2,03	1,65	343	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	3
	Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Pagina	1	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Elaborato		Falda

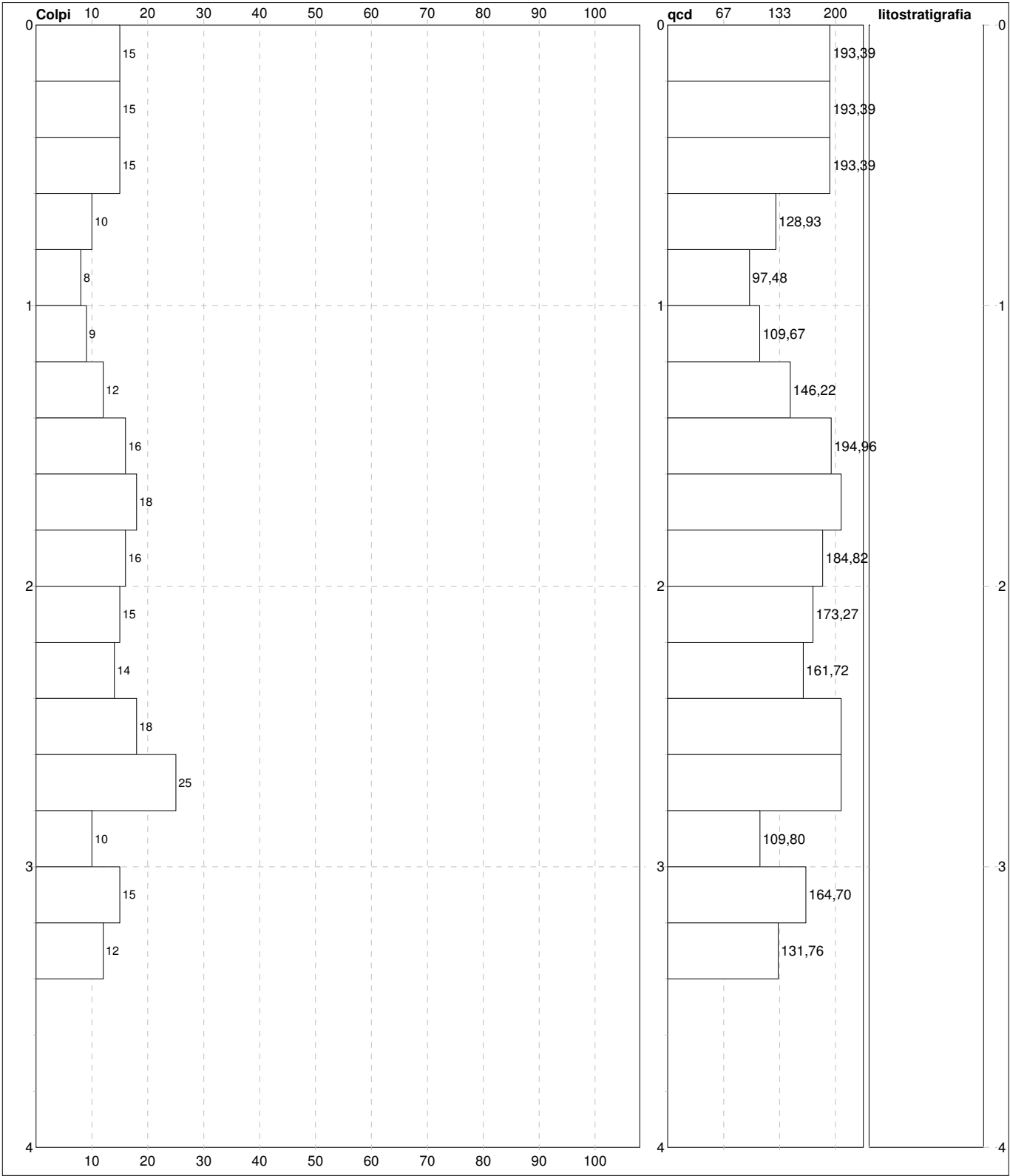
H	note	L1	L2	qcd	H	note	L1	L2	qcd
m	n°	n°	n°	kg/cm²	m	n°	n°	n°	kg/cm²
0,20	1	15		193,39					
0,40	1	15		193,39					
0,60	2	15		193,39					
0,80	2	10		128,93					
1,00	2	8		97,48					
1,20	2	9		109,67					
1,40	3	12		146,22					
1,60	3	16		194,96					
1,80	3	18		219,33					
2,00	3	16		184,82					
2,20	3	15		173,27					
2,40	4	14		161,72					
2,60	4	18		207,92					
2,80	4	25		274,50					
3,00	4	10		109,80					
3,20	5	15		164,70					
3,40	5	12		131,76					

H = profondità	qcd = Collaborazioni
L1 = quota	note = spec.tec.
L2 = Contatto	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	3
Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm ²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Scala: 1:20		
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Pagina 1	Quota inizio: :	
		Elaborato	Falda	



Penetrometro:	TG73-200	sist.litologico:	Personalizzata	preforo	m
	73,00 kg	Responsabile::	Dott. Geol. Jacopo Della Fazia	Corr.astine: :	kg/ml
	0,75 m	Assistente::		Cod.ISTAT:	0
	0,20 m				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	3
	Riferimento	007-2026

Committente	Dott. Geol. Massimo Marrocchesi	U.M.: kg/cm²	Data esec.	15/01/2026
Cantiere	Opere edili	Pagina	1	
Località	Galleriaie, Radicondoli (SI)	Elaborato		Falda

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0,00 : 0,20	Media	15	1,75	26	193,39	174,05	84	163	9,67	Coes./Gran.	.....	
2	0,20 : 0,40	Media	15	1,75	26	193,39	174,05	104	163	9,67	Coes./Gran.	.....	
3	0,40 : 0,60	Media	15	1,75	26	193,39	174,05	115	163	9,67	Coes./Gran.	.....	
4	0,60 : 0,80	Media	10	1,75	18	128,93	116,03	115	121	6,45	Coes./Gran.	.....	
5	0,80 : 1,00	Media	8	1,75	14	97,48	92,83	115	99	4,87	Coes./Gran.	.....	
6	1,00 : 1,20	Media	9	1,75	16	109,67	98,70	123	110	5,48	Coes./Gran.	.....	
7	1,20 : 1,40	Media	12	1,75	21	146,22	131,60	133	137	7,31	Coes./Gran.	.....	
8	1,40 : 1,60	Media	16	1,75	28	194,96	175,47	157	173	9,75	Coes./Gran.	.....	
9	1,60 : 1,80	Media	18	1,75	32	219,33	197,40	164	192	10,97	Coes./Gran.	.....	
10	1,80 : 2,00	Media	16	1,75	28	184,82	166,34	164	173	9,24	Coes./Gran.	.....	
11	2,00 : 2,20	Media	15	1,75	26	173,27	155,94	151	163	8,66	Coes./Gran.	.....	
12	2,20 : 2,40	Media	14	1,75	24	161,72	145,55	152	153	8,09	Coes./Gran.	.....	
13	2,40 : 2,60	Media	18	1,75	32	207,92	187,13	177	192	10,40	Coes./Gran.	.....	
14	2,60 : 2,80	Media	25	1,75	44	274,50	259,90	190	248	13,73	Coes./Gran.	.....	
15	2,80 : 3,00	Media	10	1,75	18	109,80	98,82	151	121	5,49	Coes./Gran.	.....	
16	3,00 : 3,20	Media	15	1,75	26	164,70	148,23	163	163	8,24	Coes./Gran.	.....	
17	3,20 : 3,40	Media	12	1,75	21	131,76	118,58	159	137	6,59	Coes./Gran.	.....	

NATURA COESIVA							
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²
1	0,00 : 0,20	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81
2	0,20 : 0,40	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81
3	0,40 : 0,60	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81
4	0,60 : 0,80	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65
5	0,80 : 1,00	14	0,88	1,95	29,45	0,80	57
6	1,00 : 1,20	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61
7	1,20 : 1,40	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71
8	1,40 : 1,60	28	1,75	2,10	20,20	0,55	85
9	1,60 : 1,80	32	2,00	2,10	20,20	0,55	94
10	1,80 : 2,00	28	1,75	2,10	20,20	0,55	85
11	2,00 : 2,20	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81
12	2,20 : 2,40	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77
13	2,40 : 2,60	32	2,00	2,10	20,20	0,55	94
14	2,60 : 2,80	44	2,75	2,10	20,20	0,55	118
15	2,80 : 3,00	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65
16	3,00 : 3,20	26	1,63	2,09	20,60	0,56	81
17	3,20 : 3,40	21	1,31	2,03	23,98	0,65	71

NATURA GRANULARE							
Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -	
59	35	392	2,03	1,65	343	---	
59	35	392	2,03	1,65	343	---	
59	35	392	2,03	1,65	343	---	
47	31	330	1,98	1,57	275	---	
41	29	299	1,96	1,53	230	---	
44	30	315	1,97	1,55	252	---	
52	33	353	2,00	1,60	301	---	
62	35	407	2,04	1,67	360	---	
67	37	438	2,06	1,71	394	---	
62	35	407	2,04	1,67	360	---	
59	35	392	2,03	1,65	343	---	
56	34	376	2,01	1,63	326	---	
67	37	438	2,06	1,71	394	---	
79	41	530	2,12	1,80	497	---	
47	31	330	1,98	1,57	275	---	
59	35	392	2,03	1,65	343	---	
52	33	353	2,00	1,60	301	---	

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previa definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$
media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β_t fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]
e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,
ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),
dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta_t N ,$$

ove il rapporto $\beta_t = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,
relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,
 $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA
Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)
P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E30I726Y
della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

**RELAZIONE SISMICA DI SUPPORTO ALLA REALIZZAZIONE DI
OPERE EDILI DA ESEGUIRE PRESSO LOC. GALLERAIE, COMUNE
DI RADICONOLI (SI)**

Incarico conferito da: **Dott. Geol. Massimo Marrocchesi**

Sovicille, 19 Gennaio 2026

Il Geologo
Dott. Geol. Jacopo Della Fazia



L'indagine è stata eseguita in data **15 Gennaio 2026** loc. Le Galleraie, Comune di Radicondoli. Nella foto aerea seguente si riporta la localizzazione dell'area:

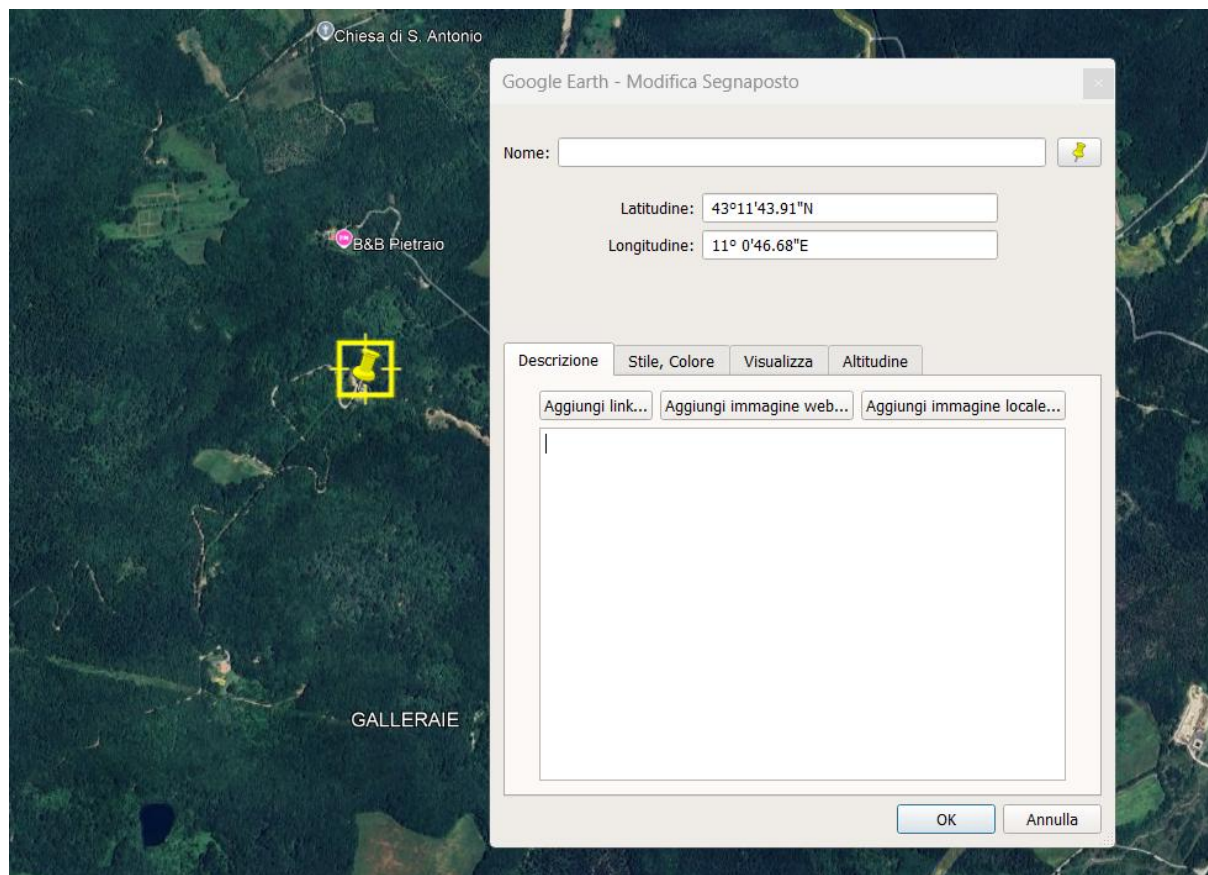


Fig. 1: localizzazione sito

Le indagini eseguite constano in:

-N. 1 profilo (Stendimento 1) per l'acquisizione di onde di superficie tipo Rayleigh (indagine tipo M.A.S.W.) per l'individuazione della classe sismica di sottosuolo

Nella foto aerea che segue è mostrato il posizionamento delle indagini realizzate:

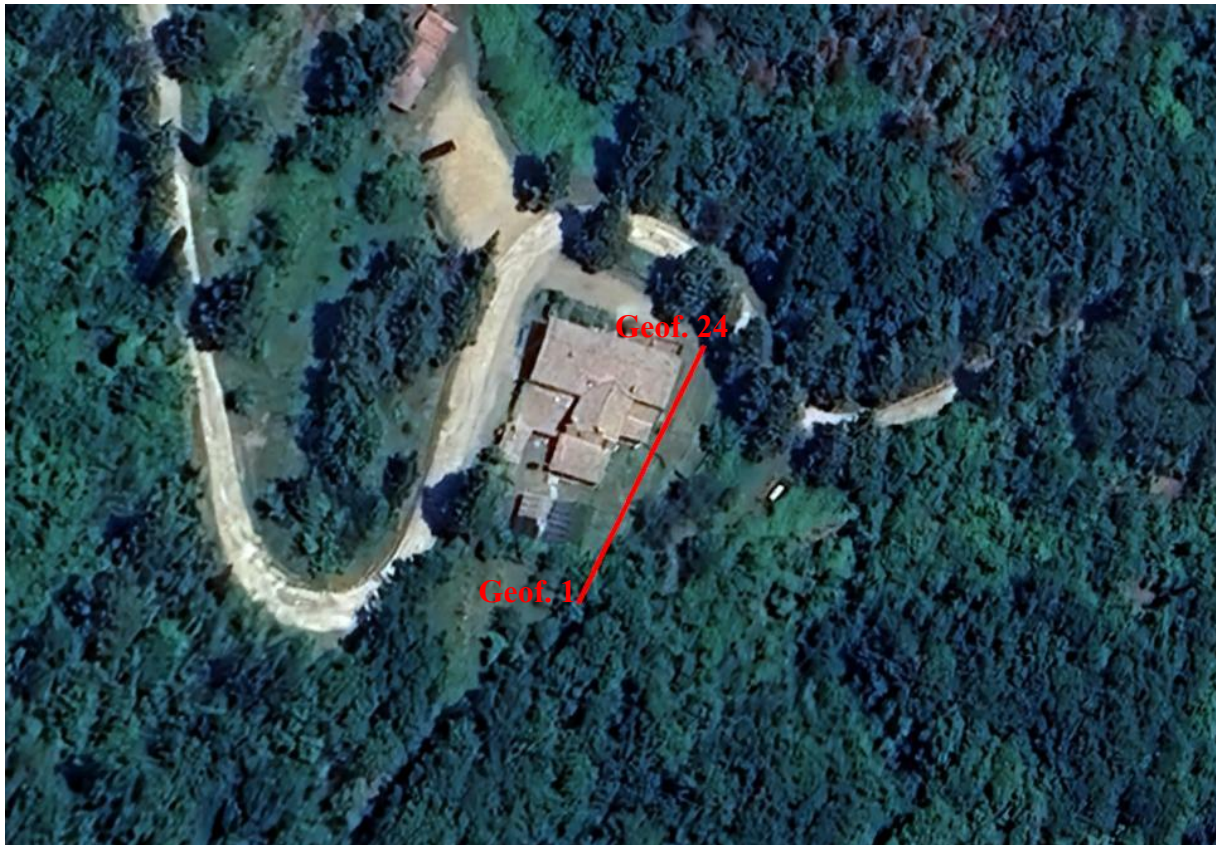


Fig. 2: foto aerea con la direzione dello stendimento sismica indicato dalla linea rossa, con localizzazione dei geofoni esterni

E' stato realizzato uno stendimento sismico con orientazione come in figura 2, con uno spazio tra due geofoni consecutivi pari a 2m e una lunghezza dello stendimento pari a 46m. Su questo è stata eseguita l'acquisizione delle onde di superficie (indagine M.A.S.W.).

Indagine M.A.S.W.

La sismica attiva di tipo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) ha avuto lo scopo di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della $V_{S,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	h_i spessore dell'i-esimo strato; $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.
---	---

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. (NTC, 2018):

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 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.

MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW, attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio).

In un mezzo stratificato le onde di superficie danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30 m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

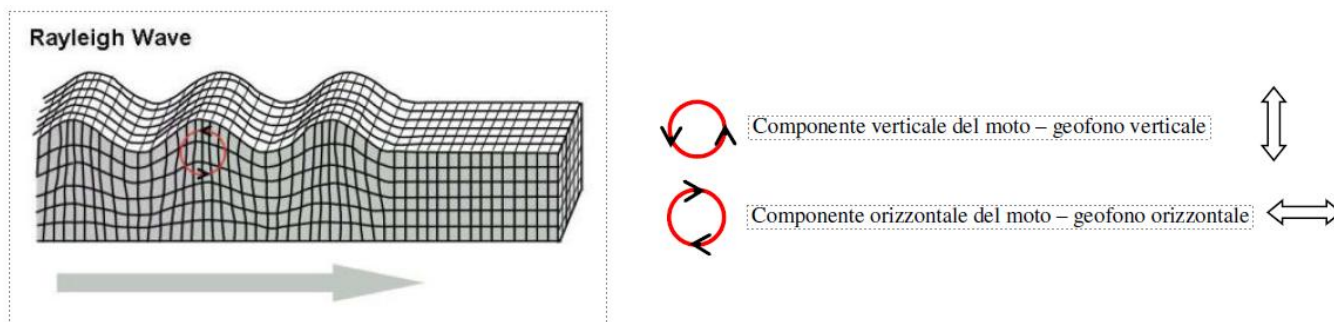


Fig. 3: modello di propagazione delle onde superficiali investigate

Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DoReMi (SARA Instruments - Perugia), con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4,5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 8 kg battente su una piastra di teflon/alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un trigger che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA

Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)

P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E301726Y

della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it**Acquisizione e elaborazione dati:**

le modalità realizzative dello stendimento sismico e della fase di acquisizione dei dati sono dipendenti dalla finalità della ricerca e dalle problematiche del sito, come lo spazio a disposizione.

Sono stati realizzati quindi tre Shots, solo dalla parte del primo geofono a distanza di 2, 6 e 10 m. Di seguito si illustra la geometria dello stendimento con posizione degli Shots:

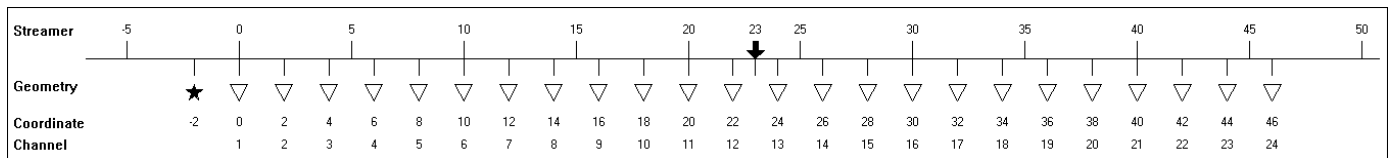
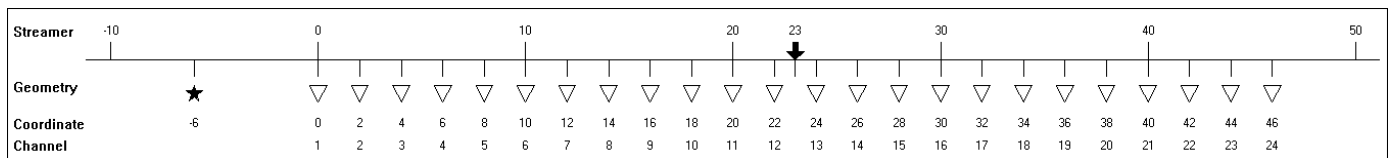
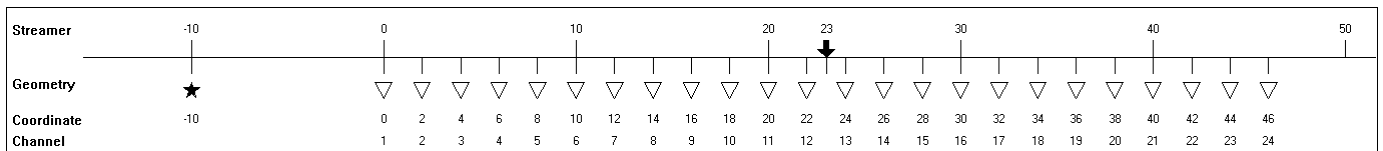
**SHOT 1: 2 m dal geofono 1****SHOT 2: 6 m dal geofono 1****SHOT 3: 10 m dal geofono 1**

Foto 4: geometria dello stendimento e punti di energizzazione

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA

Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)

P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E301726Y

della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

Partendo dal sismogramma di campagna, attraverso l'applicazione di una doppia trasformata di Fourier alle tracce acquisite, si ottiene il grafico frequenza-velocità di fase, prima nel dominio del tempo (tempo di campionamento-frequenza f) e quindi in quello dello spazio (spaziatura dei geofoni-numero d'onda k). Si ottiene così un diagramma, detto spettro f - k , in cui è evidenziato il modo in cui si distribuisce la densità di energia associata al segnale. Poiché già a una piccola distanza dalla sorgente superficiale il contributo delle onde di volume all'energia totale diventa trascurabile, lo spettro f - k consente di far emergere la curva di dispersione delle onde di superficie.

Il passaggio dallo spettro f - k al grafico frequenza-velocità di fase si ottiene trasformando i valori di k in valori di v con la relazione:

$$v = 2 \pi f / k$$

Per quanto riguarda la finestra di frequenze utili per l'interpretazione, di solito si fa riferimento a un intervallo compreso fra 3-4 Hz fino a 50-60 Hz. Il limite inferiore è legato alla frequenza di risonanza dei geofoni normalmente usati nella tecnica MASW che è solitamente di 4,5 Hz. Il limite superiore deriva dalla considerazione che onde di superficie con frequenza superiore a 50-60 Hz di solito interessano solo i primi centimetri di terreno sotto il piano campagna e quindi hanno scarsa utilità pratica.

L'interpretazione della curva di dispersione avviene fissando un modello stratigrafico iniziale, e modificando a tentativi, con un procedimento iterativo, i parametri velocità delle onde S, peso di volume, spessore e coefficiente di Poisson di ogni strato e ricalcolando quindi, a ogni iterazione, la deviazione standard del nuovo modello rispetto al precedente:

Dati relativi agli *Shots* realizzati

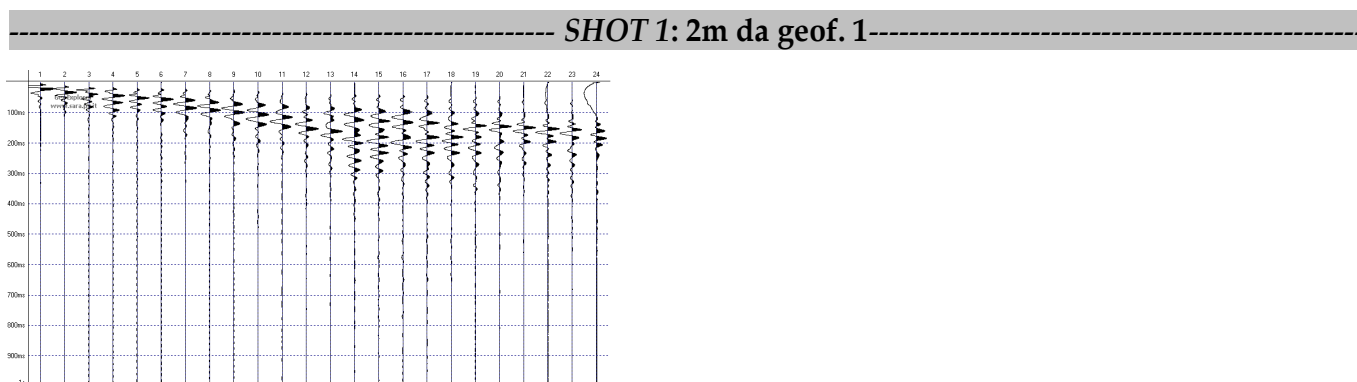


Foto 5: tracce del sismogramma

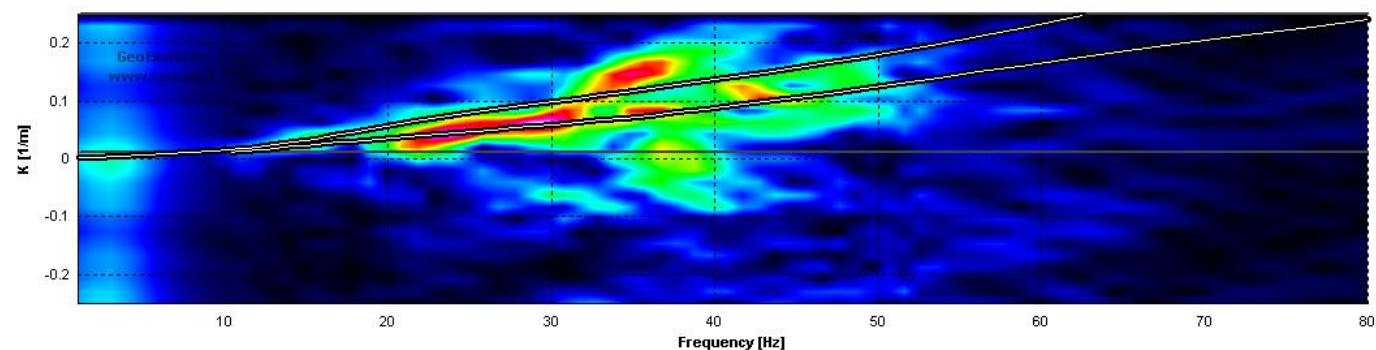


Foto 6: grafico F-K con traccia della densità energetica relativa al segnale

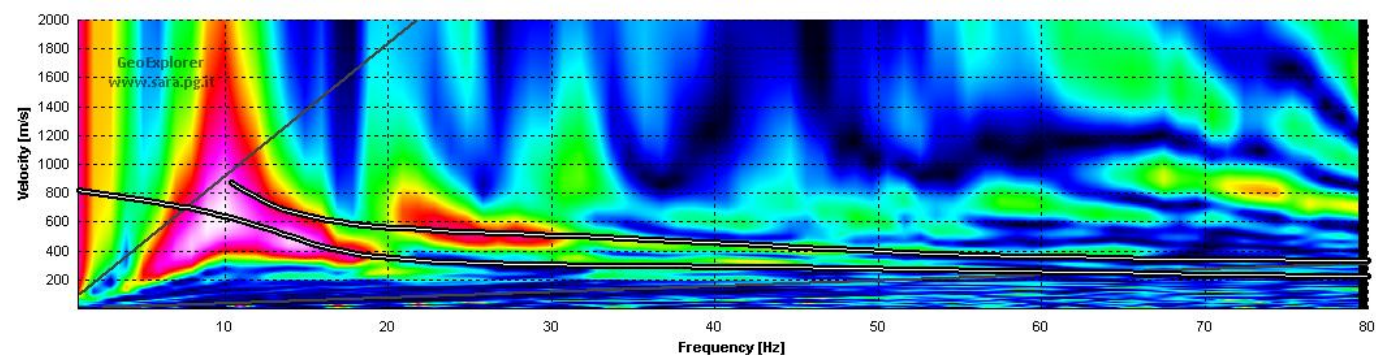


Foto 7: curva di dispersione dell'energia (Velocità - Frequenza)

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA

Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)

P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E301726Y

della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

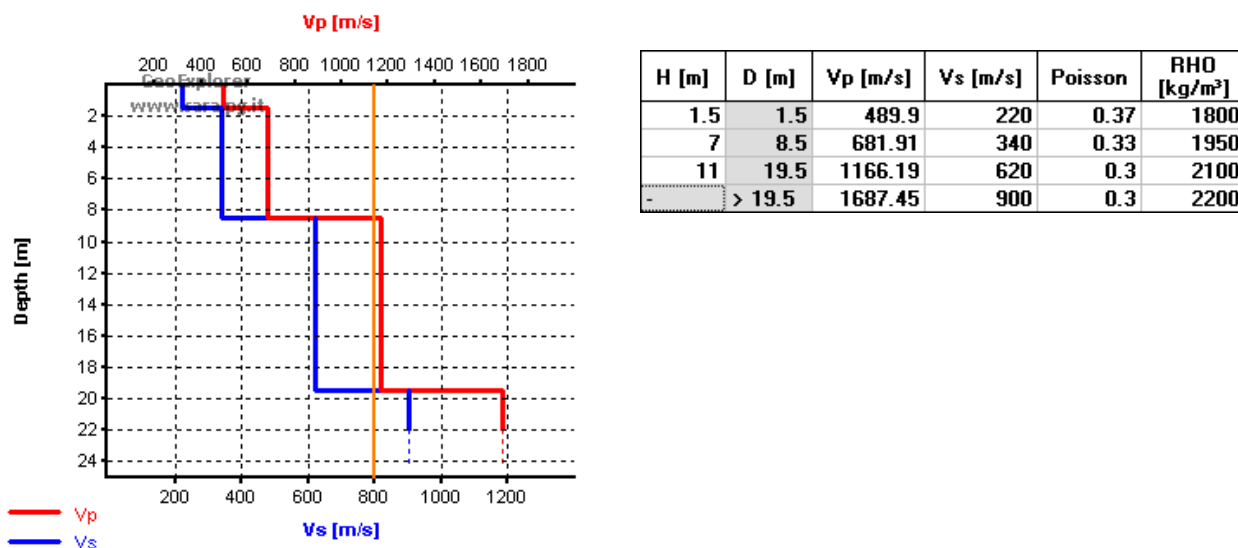


Foto 8: modello sismostratigrafico associato e tabella valori sismici

La $V_{s,eq}$ è la sommatoria dei rapporti tra gli spessori e velocità media delle onde s dei singoli sismostrati che giacciono sul substrato sismico (>800 m/s):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}} = \underline{\underline{432 \text{ m/s}}}$$

Secondo la tabella 3.2 II delle NTC, 2018 la velocità individuerrebbe una **Categoria di Sottosuolo di tipo B**.

----- *SHOT 2: 6m da geof. 1* -----

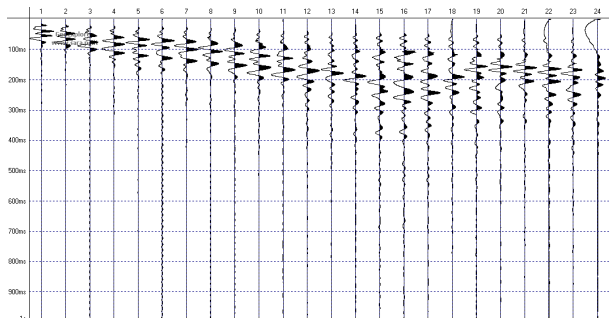


Foto 9: tracce del sismogramma

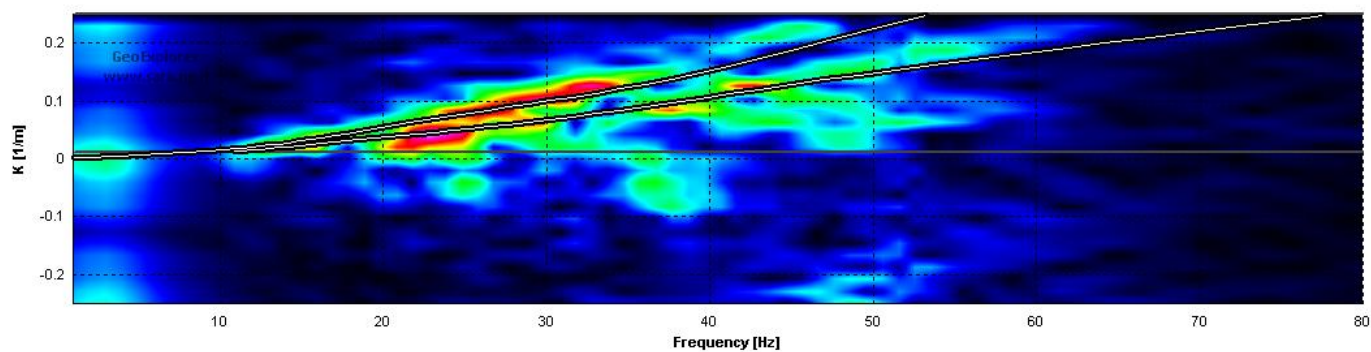


Foto 10: grafico F-K con traccia della densità energetica relativa al segnale

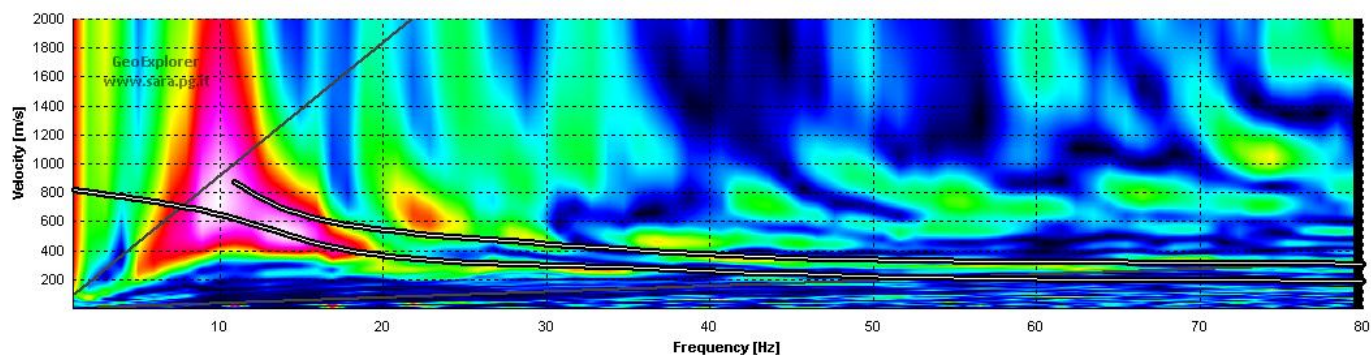


Foto 11: curva di dispersione dell'energia (Velocità - Frequenza)

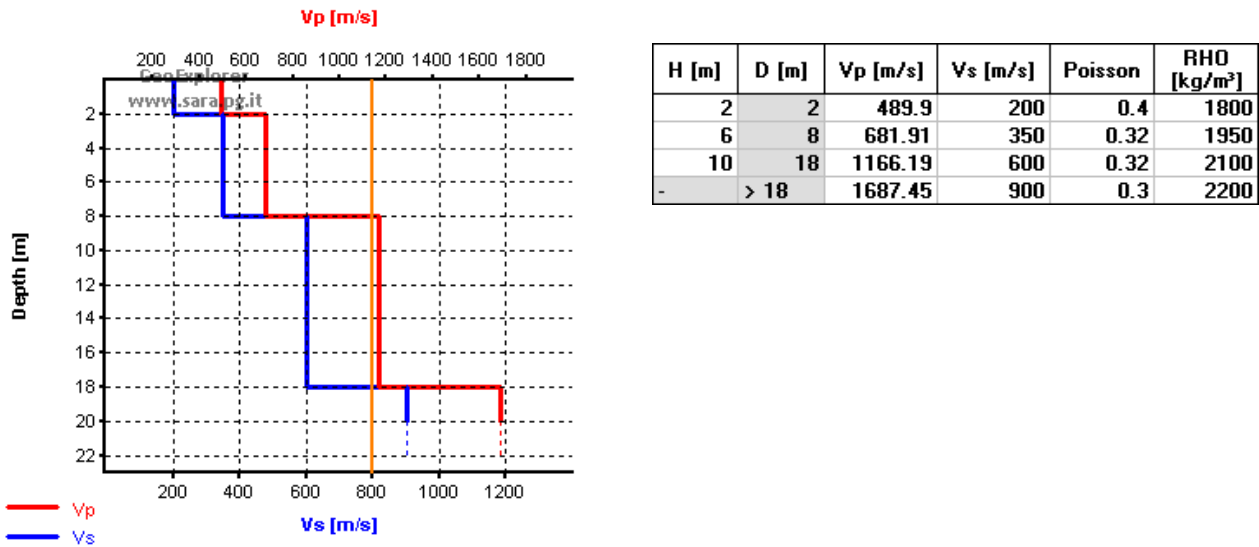


Foto 12: modello sismostratigrafico associato e tabella valori sismici

La $V_{s,eq}$ è la sommatoria dei rapporti tra gli spessori e velocità media delle onde s dei singoli sismostrati che giacciono sul substrato sismico (>800 m/s):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}} = \underline{\underline{411 \text{ m/s}}}$$

Secondo la tabella 3.2 II delle NTC, 2018 la velocità individuerrebbe una **Categoria di Sottosuolo di tipo B**.

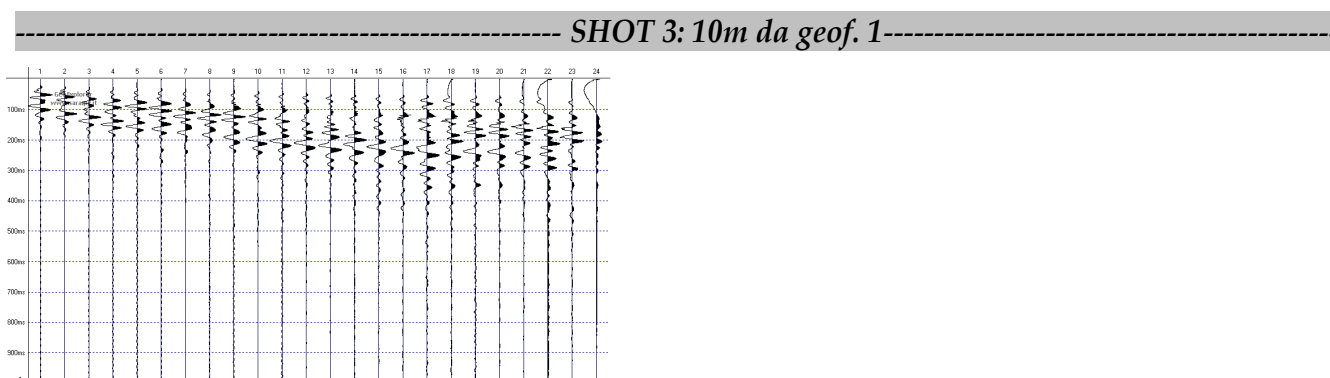


Foto 13: tracce del sismogramma

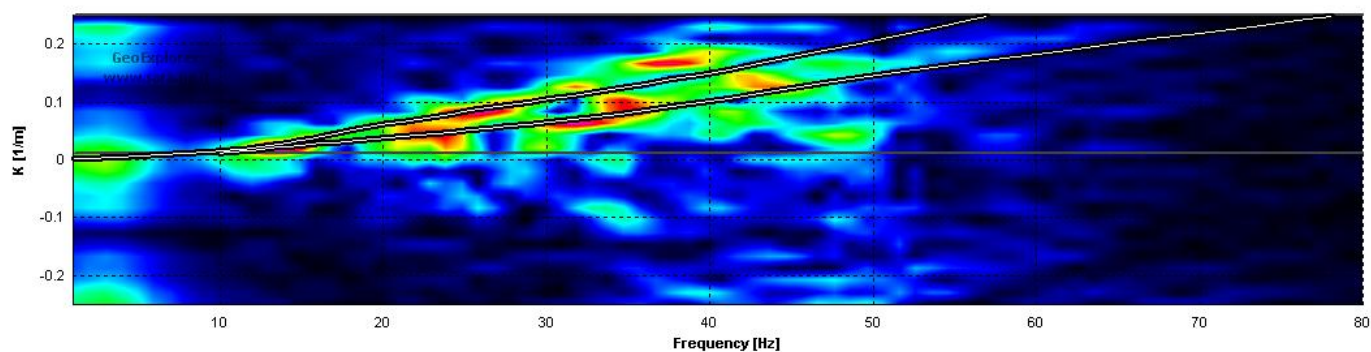


Foto 14: grafico F-K con traccia della densità energetica relativa al segnale

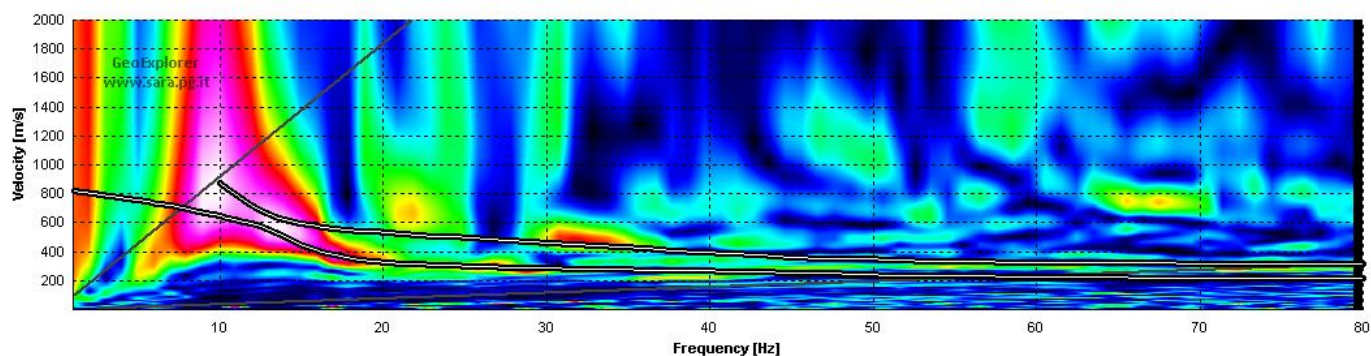


Foto 15: curva di dispersione dell'energia (Velocità - Frequenza)

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA

Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)

P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E301726Y

della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

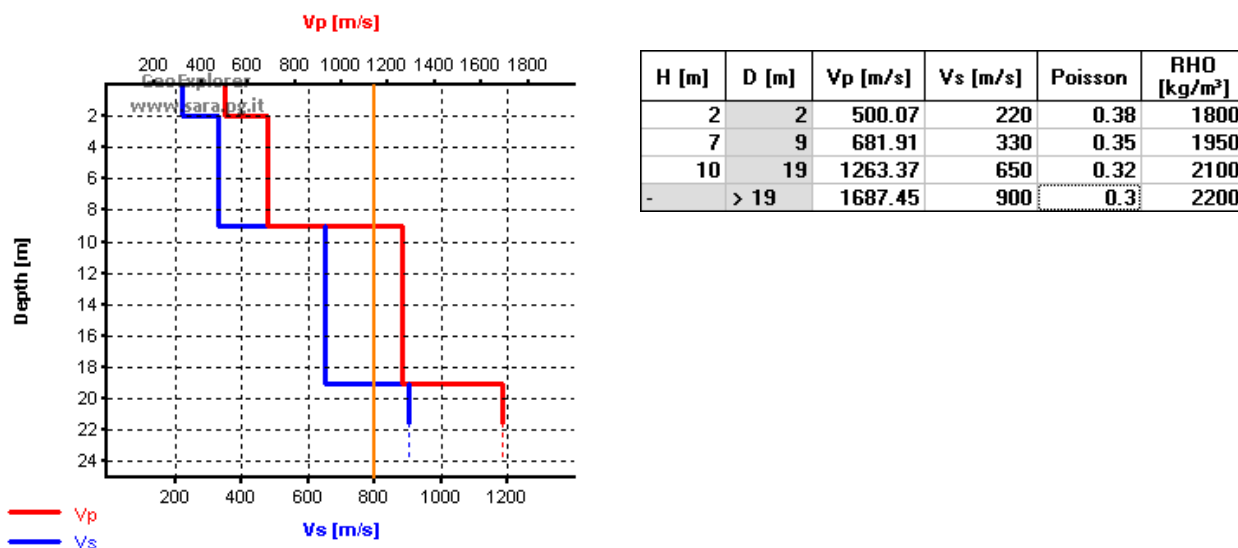


Foto 16: modello sismostratigrafico associato e tabella valori sismici

La $V_{s,eq}$ è la sommatoria dei rapporti tra gli spessori e velocità media delle onde s dei singoli sismostrati che giacciono sul substrato sismico (>800 m/s):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}} = \underline{416 \text{ m/s}}$$

Secondo la tabella 3.2 II delle NTC, 2018 la velocità individuerrebbe una **Categoria di Sottosuolo di tipo B**.

DOTT. GEOL. JACOPO DELLA FAZIA
Sede legale Loc. Lischeto 398, 53018 Sovicille (SI)
P.I.: 01228840524 – C.F.: DLLJCP75E301726Y
della.masw@gmail.com – dellafaziajacopo@legalmail.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto da Geofono 1



Foto da Geofono 4



Foto su stazione di acquisizione



Foto da Geofono 20 verso il geofono 1