

Mirco BERNARDONI



STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Viale Europa 64 - 58100 Grosseto

loc. Ama - Gaiole in Chianti - 53013 (SI)

338 54 22 70 - geomirco @ blu.it

Regione: TOSCANA
Provincia: GROSSETO
Comune: CIVITELLA PAGANICO
Frazione: MONTE ANTICO
Località: PIATINA

Titolo: REPORT GEOGNOSTICO

Procedura Esecutiva: 155/2016 r.g.e.i.

Debitore Esecutato: [REDACTED]
Giudice Esecuzione: CRISTINA NICOLÒ
Ctu MATTEO PASTORELLI

Indagini Geognostiche: CPT - DPSH
SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
PROVE DI LABORATORIO
RIFRAZIONE
MASW - REMI

Data: AGOSTO 2025



CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Premessa	Il seguente report riassume la campagna geognostica eseguita dalla ditta TECNA nell'anno 2025, di cui si riporta in allegato: • le certificazioni delle indagini eseguite (analisi di laboratorio, rifrazione onde P, Masw, Hvsr, Cpt, Dpsh), • le elaborazioni attestanti l'indagine eseguita (sondaggi a carotaggio continuo), • tavola del modello geologico e geotecnico di una sezione topografica (lungo la massima pendenza), • estratti cartografici di pianificazione (Distretto Appennino Settentrionale, Regione Toscana, Comune Civitella Paganico).
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE SITO SPECIFICHE	Al fine di ottenere informazioni sulle caratteristiche fisico-tecniche del terreno in oggetto sono state eseguite 5 Prove Penetrometriche, di cui 2 statiche, 2 dinamiche e una con entrambe le tipologie nel medesimo foro di indagine. Le prove Cpt1+Dpsh1, Cpt3 e Cpt5 sono state effettuate lungo la linea di massima pendenza limitrofa al settore Sud-Ovest del fabbricato e della piscina, la prova Dpsh2 è stata effettuata nella porzione settentrionale dell'area di studio e infine la prova Dpsh4 nel settore meridionale. <u>L'analisi delle verticali ha messo in risalto la presenza di un sedimento caotico non omogeneo nei primi 2 metri di spessore dal piano campagna (indicato come terreno di riporto e/o rimaneggiato). Al di sotto di questo, i valori geotecnici risultano di media-bassa entità con una prevalenza di materiale coesivo (ma non franco) del sedimento. All'interno di questo spessore (con una competenza media di circa 5-6 metri) è possibile rilevare un aumento dei valori geotecnici con la profondità tali da poter individuare (non nettamente, né uniformemente) 2 spessori geotecnici: denominati Coesivo 1 e Coesivo 2. Per eventuali calcoli fondali si consiglia di considerare i parametri geotecnici del solo Coesivo 1, anche in funzione della parametrizzazione drenata da laboratorio di questo livello). Più in profondità è emersa prima una granulometria a prevalenza incoerente e quindi successivamente un ritorno a termini coesivi.</u>
SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	Il sondaggio è un metodo di indagine che consente l'ispezione diretta del terreno mediante una perforazione effettuata con un'attrezzatura denominata "sonda". Viene utilizzato in primis per la ricostruzione del profilo stratigrafico del terreno attraversato, l'eventuale prelievo di campioni rappresentativi da



	sottoporre a successive indagini di laboratorio, l'eventuale esecuzione di indagini sismiche o altre prove dirette come ad esempio la SPT. La perforazione per eseguire il sondaggio può avvenire in tre modi: a elica, a percussione, a rotazione. Per le limitazioni dei primi due tipi, la maggior parte dei sondaggi viene eseguita per rotazione; l'utensile di perforazione è costituito da un tubo carotiere (semplice, doppio o triplo) che presenta un'estremità munita di una corona dentata (tagliente). L'avanzamento avviene applicando all'utensile, tramite una batteria di aste che lo collega alla superficie, una contemporanea azione di spinta e rotazione; i diametri impiegati normalmente variano tra 75-150 mm. Nel sondaggio a carotaggio continuo la perforazione è eseguita a rotazione tramite carotieri semplici, doppi o tripli a seconda della natura dei terreni attraversati. Tali strumenti rendono minimo il disturbo dei materiali attraversati e consentono il prelievo di campioni rappresentativi (carote), che una volta estratti dai carotieri vengono sistemati in apposite cassette catalogatrici, atte alla loro conservazione, sulle quali viene riportato in modo indelebile il numero del sondaggio e la profondità di riferimento. Con l'aumentare della profondità da raggiungere, può rendersi utile la stabilizzazione del foro di sondaggio, che avviene attraverso uno dei seguenti metodi: - infissione di una batteria di tubi di rivestimento; - stabilizzazione tramite fango. Il secondo metodo ovviamente non consente l'esecuzione di prove di permeabilità e di misure piezometriche. Durante il sondaggio è possibile fare dei campionamenti indisturbati o a disturbo limitato, previa: stabilizzazione del foro, controllo della profondità dopo l'inserimento del campionatore, di ulteriori manovre di pulizia del fondo foro (se sono presenti detriti). Le apparecchiature da utilizzare per tale manovra sono fondamentalmente suddivise in tre categorie, connesse alle modalità di infissione nel terreno: - a percussione, - a pressione, - a rotazione. In genere, come in questo particolare caso, si utilizzano campionatori a pressione, che trovano il loro campo di impiego in terreni di limitata consistenza e a grana fine. Per l'avanzamento si impiegano campionatori a "parete sottile" costituiti da un tubo di infissione in acciaio di qualità, che funge anche da contenitore e pertanto deve essere internamente levigato e con scarpa di base tagliente (angolo di taglio alla scarpa= 4°-15°). I campionatori a pareti sottili sono: - di tipo aperto, -di tipo a pistone "libero" o "fisso o stazionario". Il campionatore più diffuso, ed utilizzato anche in questa occasione, quello aperto (campionatore "shelby"), risulta composto da una testa con valvola a sfera (e relativi sfiati) collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno (fustella). Il campione deve essere conservato nello stesso tubo (fustella) di prelievo, ripulito alle estremità, sigillato ermeticamente con paraffina fusa o tappi a tenuta e munito di etichetta identificativa. I campioni indisturbati devono essere protetti di raggi del sole dal gelo e da fonti di calore e da vibrazioni che possono essere trasmesse durante il trasporto dal cantiere al laboratorio. Nel caso in studio sono stati effettuati due sondaggi a carotaggio continuo, uno in prossimità del fabbricato (S1) e uno nella porzione adiacente alla piscina (S2). I report grafici e descrittivi dei 2 sondaggi sono allegati alla presente.
ANALISI DI	Si ritiene importante sottolineare la complementarità delle prove di



LABORATORIO	laboratorio in relazione alle prove in sito, in quanto non possono essere considerate alternative le une rispetto alle altre. Le prove penetrometriche continue in sito infatti, nonostante la numerosità ed estensione delle misurazioni che forniscono, non permettono di “vedere il terreno” del quale si registra solo una risposta ad una sollecitazione indotta; in questo senso i sondaggi e le prove geotecniche di laboratorio permettono una loro migliore valorizzazione. In questo caso bisogna comunque considerare che normalmente le prove di laboratorio, qualora nel progetto delle indagini non venga differentemente specificato, vengono eseguite in condizioni di saturazione, mentre le prove in sito potrebbero registrare un contributo, a volte importante, dipendente dalla non saturazione dei terreni. Più in generale la prova in sito fornisce, spesso con buona accuratezza e continuità, una sorta di “istantanea” delle condizioni geostatiche. Di contro prove di laboratorio ben contestualizzate sono spesso il miglior mezzo per simulare oltre che le condizioni a breve termine, soprattutto quelle a lungo termine (tensioni efficaci). Le prove di laboratorio risultano strettamente in relazione con le indagini in sito, anche perché l’attendibilità ed il peso che le prime assumono dipende non solo dalla buona regola d’arte applicata alla fase di realizzazione dei provini e di esecuzione delle prove secondo standard di riferimento, ma anche dal “grado di disturbo” del campione. Questo aspetto inizia la sua storia in sito, in relazione al tipo di perforazione, al campionatore adottato, alle modalità di esecuzione, ecc., ma viene completato in laboratorio dove è possibile raccogliere ulteriori informazioni (zone allentate o essiccate, presenza di discontinuità di varia natura, problematiche nell’esecuzione delle prove, ecc.). Nello specifico la progettazione delle indagini di laboratorio deve tenere in conto che i parametri geotecnici dipendono più in generale da 2 tipi di proprietà. 1. Proprietà dipendenti dalla storia geologica: - caratteristiche intrinseche; - parametri di stato; - storia tensionale (variabile all’interno di uno strato). 2. Proprietà legate alle opere: - percorso di carico; - condizioni di sollecitazione; - livello delle deformazioni; - velocità di deformazione. Lo studio geotecnico come sopra definito, di cui l’indagine in laboratorio è elemento costitutivo imprescindibile, permette di definire il Modello Geotecnico specifico di ciascun sito in funzione dell’opera da realizzare. La progettazione su terre in campo statico e/o dinamico, ed in prima ipotesi utilizzando un meccanismo di rottura tipo Mohr – Coulomb, dipende dal modello geotecnico di comportamento del terreno specifico, che quindi dovrà essere individuato caso per caso dal progettista. <u>Durante i sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati 2 campioni indisturbati mediante campionatore Shelby con fustelle in acciaio. Di seguito sono riportate gli estratti delle tabelle riassuntive del report del laboratorio certificato LABOTER.</u>
-------------	---



	COMMITTENTE: TECNA srl				
	RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
	SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.0-3.5
	CARATTERISTICHE FISICHE		ANALISI GRANULOMETRICA		COMPRESSIONE
	Umidità naturale	14,1 %	Ghiaia	9,6 %	σ 242 kPa
	Peso di volume	20,0 kN/m³	Sabbia	25,7 %	c_u 121 kPa
	Peso di volume secco	17,6 kN/m³	Limo	45,9 %	σ_{Rim} kPa
	Peso di volume saturo	20,8 kN/m³	Argilla	18,8 %	$c_u Rim$ kPa
	Peso specifico	26,2 kN/m³	D 10	0,000709 mm	
	Indice dei vuoti	0,491	D 50	0,017882 mm	
Porosità	32,9 %	D 60	0,040502 mm		
Grado di saturazione	76,7 %	D 90	1,845872 mm		
Limite di liquidità	35,8 %	Passante set. 10	90,4 %		
Limite di plasticità	21,5 %	Passante set. 42	81,6 %		
Indice di plasticità	14,3 %	Passante set. 200	67,3 %		
Indice di consistenza	1,52				
Passante al set. n° 42	SI				
Limite di ritiro	%	PERMEABILITA'			
CNR-UNI 10006/00	A6 I.G. = 8	Coefficiente k	cm/sec		
COMMITTENTE: TECNA srl					
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)					
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.0-2.5	
CARATTERISTICHE FISICHE		ANALISI GRANULOMETRICA		COMPRESSIONE	
Umidità naturale	12,0 %	Ghiaia	5,9 %	σ 406 kPa	
Peso di volume	18,5 kN/m³	Sabbia	18,8 %	c_u 203 kPa	
Peso di volume secco	16,5 kN/m³	Limo	45,3 %	σ_{Rim} kPa	
Peso di volume saturo	20,1 kN/m³	Argilla	30,0 %	$c_u Rim$ kPa	
Peso specifico	26,2 kN/m³	D 10	0,000411 mm		
Indice dei vuoti	0,585	D 50	0,008228 mm		
Porosità	36,9 %	D 60	0,017163 mm		
Grado di saturazione	54,9 %	D 90	0,928071 mm		
Limite di liquidità	35,6 %	Passante set. 10	94,1 %		
Limite di plasticità	20,2 %	Passante set. 42	86,6 %		
Indice di plasticità	15,4 %	Passante set. 200	78,0 %		
Indice di consistenza	1,53				
Passante al set. n° 42	SI				
Limite di ritiro	%	PERMEABILITA'			
CNR-UNI 10006/00	A6 I.G. = 10	Coefficiente k	cm/sec		

MASW-HVSR	Il <u>metodo MASW</u> (Multichannel Analysis of Surface Waves), è una tecnica di indagine non invasiva, che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi geofoni (in questa prospezione sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità è strettamente correlata con la rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. La natura dispersiva delle onde superficiali implica che onde ad alta frequenza, quindi con lunghezza d'onda ridotta, si propagano negli strati più superficiali e danno di conseguenza informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo; viceversa onde con bassa frequenza, si propagano in strati a maggior profondità di cui forniranno le relative informazioni sulle velocità di propagazione a tali profondità. L'elaborazione dei dati è stata implementata attraverso l'analisi delle onde di Rayleigh con l'ausilio del programma win MASW Academy 2018. Il metodo d'interpretazione si sviluppa in due fasi: - Determinazione degli spettri di velocità sui quali valutare un modello di riferimento attraverso la modellazione diretta per la generazione ed il calcolo dei sismogrammi sintetici; - Inversione dello spettro di velocità attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici. Per ulteriori dettagli si veda l'apposito allegato.
-----------	---



	Le indagini mostrano un primo spessore di circa 4 metri con valori di velocità delle onde S inferiori ai 250 m/s, quindi uno spessore importante (fino a 24 metri) con velocità poste entro i 400 m/s. Infine, l'ultimo tratto profondo esaminato presenta velocità sismiche poco oltre i 400 m/s. Il <u>metodo HVSR</u> si basa sul concetto di "microtremore sismico ambientale". Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato appositamente. Al microtremore di fondo si sovrappongono le sorgenti locali, naturali e antropiche (traffico, industrie, ecc.), che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. Le informazioni relative al sottosuolo sono ricavate dai rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V). La curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi (bedrock) sotto le coperture sedimentarie. Nel caso in cui sia disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, tanto che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico. In allegato le risultanze di misura dell'indagine Hvsr.
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,



$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione: con: h_i spessore dell' i -esimo strato; V_{Si} 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, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro VS_{30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 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>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'indagine geofisica condotta ha permesso di stabilire la velocità delle onde sismiche, che vengono qui di seguito espresse come V_s equivalente (non avendo individuato il bedrock sismico equivalenti alle V_{s30}).

$V_s eq$	310-340 m/s	Categoria C
----------	-------------	-------------

SISMICA A RIFRAZIONE

La sismica a rifrazione è lo studio di propagazione delle onde P generate nel terreno in modo artificiale, e consente la determinazione delle caratteristiche meccaniche del terreno sulla base della modalità di propagazione delle onde elastiche, in particolare è possibile effettuare una zonazione del sottosuolo sulla base delle velocità delle onde rilevate. **Onde P**: onde longitudinali o onde di compressione dove gli elementi di volume, deformati per compressione e dilatazione, oscillano secondo la direzione di propagazione dell'onda. **La relativa elaborazione, effettuata tramite il modello**



	tomografico, individua una prima fascia molto superficiale di materiale con bassa velocità di propagazione (< a 600 m/s) corrispondente a quanto individuato in fase di indagine penetrometrica. I metri sottostanti vedono un progressivo aumento delle velocità delle Onde P che non superano i 1200 m/s nella porzione indagata con le prove dirette, per poi raggiungere i 2000 m/s in profondità. <u>L'indagine è ampiamente correlabile con le altre indagini geognostiche e ne conferma le relative tesi stratigrafiche e geotecniche.</u> Si ricorda che per le onde P l'incertezza associata alle stime di profondità rimane generalmente all'interno del 10-20% dello spessore.																																								
MODELLO GEOTECNICO	Per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo del terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico. <table><tr><th></th><th>Cu (Kg/cm²)</th><th>Mod. Edom. (Kg/cm²)</th><th>Phi (°)</th><th>Dr (%)</th><th>Peso volume (g/cm²)</th><th>C' (Kg/cm²) <i>Laboratorio</i></th><th>Phi' (°) <i>laboratorio</i></th></tr><tr><td>Rip./Rim.</td><td>0.87</td><td>69</td><td>29</td><td>43</td><td>1.9</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>Coesivo 1</td><td>0.93</td><td>78</td><td>-</td><td>-</td><td>1.9</td><td>0.24</td><td>18</td></tr><tr><td>Coesivo 2</td><td>1.50</td><td>135</td><td>-</td><td>-</td><td>1.9</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>Granulare</td><td>-</td><td>627</td><td>28</td><td>41</td><td>2.0</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>		Cu (Kg/cm²)	Mod. Edom. (Kg/cm²)	Phi (°)	Dr (%)	Peso volume (g/cm²)	C' (Kg/cm²) <i>Laboratorio</i>	Phi' (°) <i>laboratorio</i>	Rip./Rim.	0.87	69	29	43	1.9	-	-	Coesivo 1	0.93	78	-	-	1.9	0.24	18	Coesivo 2	1.50	135	-	-	1.9	-	-	Granulare	-	627	28	41	2.0	-	-
	Cu (Kg/cm²)	Mod. Edom. (Kg/cm²)	Phi (°)	Dr (%)	Peso volume (g/cm²)	C' (Kg/cm²) <i>Laboratorio</i>	Phi' (°) <i>laboratorio</i>																																		
Rip./Rim.	0.87	69	29	43	1.9	-	-																																		
Coesivo 1	0.93	78	-	-	1.9	0.24	18																																		
Coesivo 2	1.50	135	-	-	1.9	-	-																																		
Granulare	-	627	28	41	2.0	-	-																																		

Geologo **Mirco BERNARDONI**



Planimetria Ubicativa

Nord

Mirco BERNARDONI

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
Viale Europa 64 - 58100 Grosseto
loc. Ama - Gaiole in Chianti - 53013 (SI)
338 54 22 70 - geomirco @ blu.it

Sito	Piatina
Comune	Civitella Paganico
Indagini	Tecna
Data	Agosto 2025

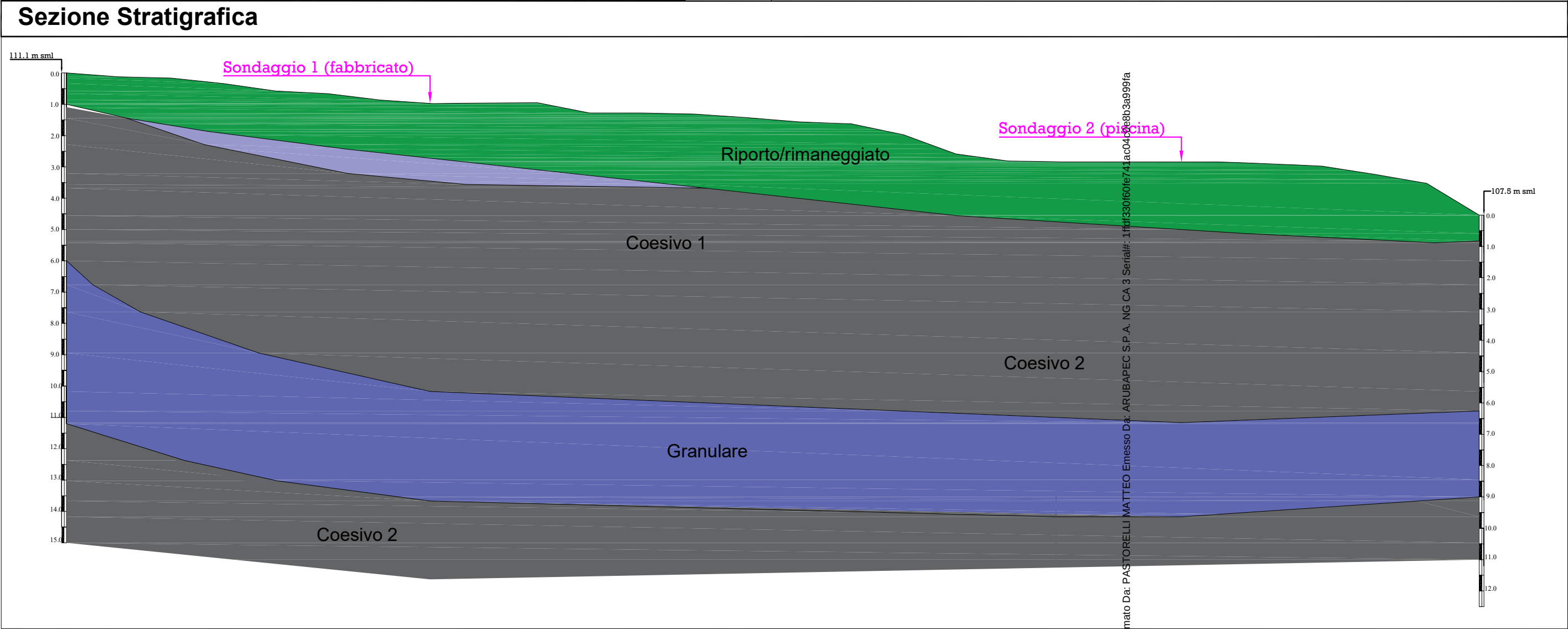
R - Riporto, terreno rimaneggiato

C - Coesivo (1 e 2)

G - Granulare

Modello Geotecnico

	Cu (Kg/cm²)	Mod. Edom. (Kg/cm²)	Phi	Dr (%)	Peso volume (g/cm³)	C' (Kg/cm²) da laboratorio	Phi' da laboratorio
Riporto	0.87	69	29	43	1.9		
Coesivo 1	0.93	78	-	-	1.9	0.24	18
Coesivo 2	1.5	135	-	-	1.9		
Granulare	-	627	28	41	2.0		



CAMPAGNA GEOGNOSTICA DIRETTA



- sondaggio
- Penetrometrica



Nord

SONDAGGIO
1
Fabricato

The aerial photograph shows a rural landscape with a dirt road, several buildings, and a green rectangular pond. A red dot is placed on the road, with a red line extending from it to the label 'SONDAGGIO 1 Fabricato'.

The image consists of two parts. The top part is an aerial map of a residential area with a compass rose in the upper left corner pointing North. Two red dots mark the locations of 'SONDAGGIO 1 Fabbricato' (Drilling 1 Factory) and 'SONDAGGIO 2 Piscina' (Drilling 2 Pool). The bottom part is a ground-level photograph of a drilling rig operating in a grassy area next to a stone wall and a swimming pool. A large tree is in the foreground, and a long metal pipe lies on the ground.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027A/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Pagina	1	Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Elaborato		Falda	Non rilevata

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0,0	0,0		0,0	0,40	0									
0,40	49,0	55,0		49,0	1,33	37	2,7								
0,60	21,0	41,0		21,0	1,40	15	6,7								
0,80	26,0	47,0		26,0	1,07	24	4,1								
1,00	46,0	62,0		46,0	2,93	16	6,4								
1,20	36,0	80,0		36,0	2,53	14	7,0								
1,40	43,0	81,0		43,0	5,93	7	13,8								
1,60	226,0	315,0		226,0	7,07	32	3,1								
1,80	115,0	221,0		115,0	2,80	41	2,4								
2,00	122,0	164,0		122,0	8,93	14	7,3								
2,20	383,0	517,0		383,0											

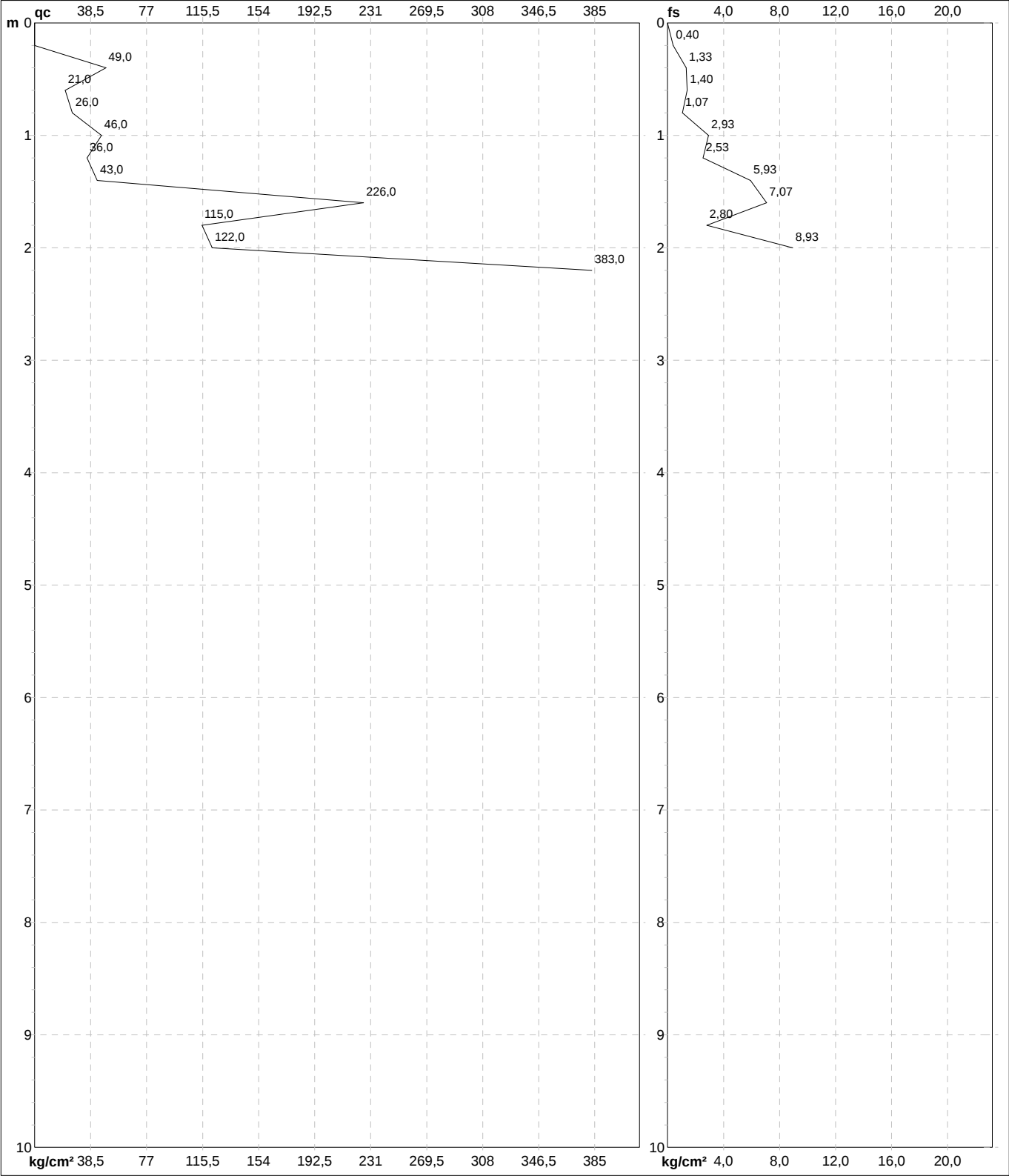
H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100

nota:	FON049
-------	--------



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	1
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027A/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala: 1:50	Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Quota inizio: Piano campagna	
		Elaborato	Falda	Non rilevata

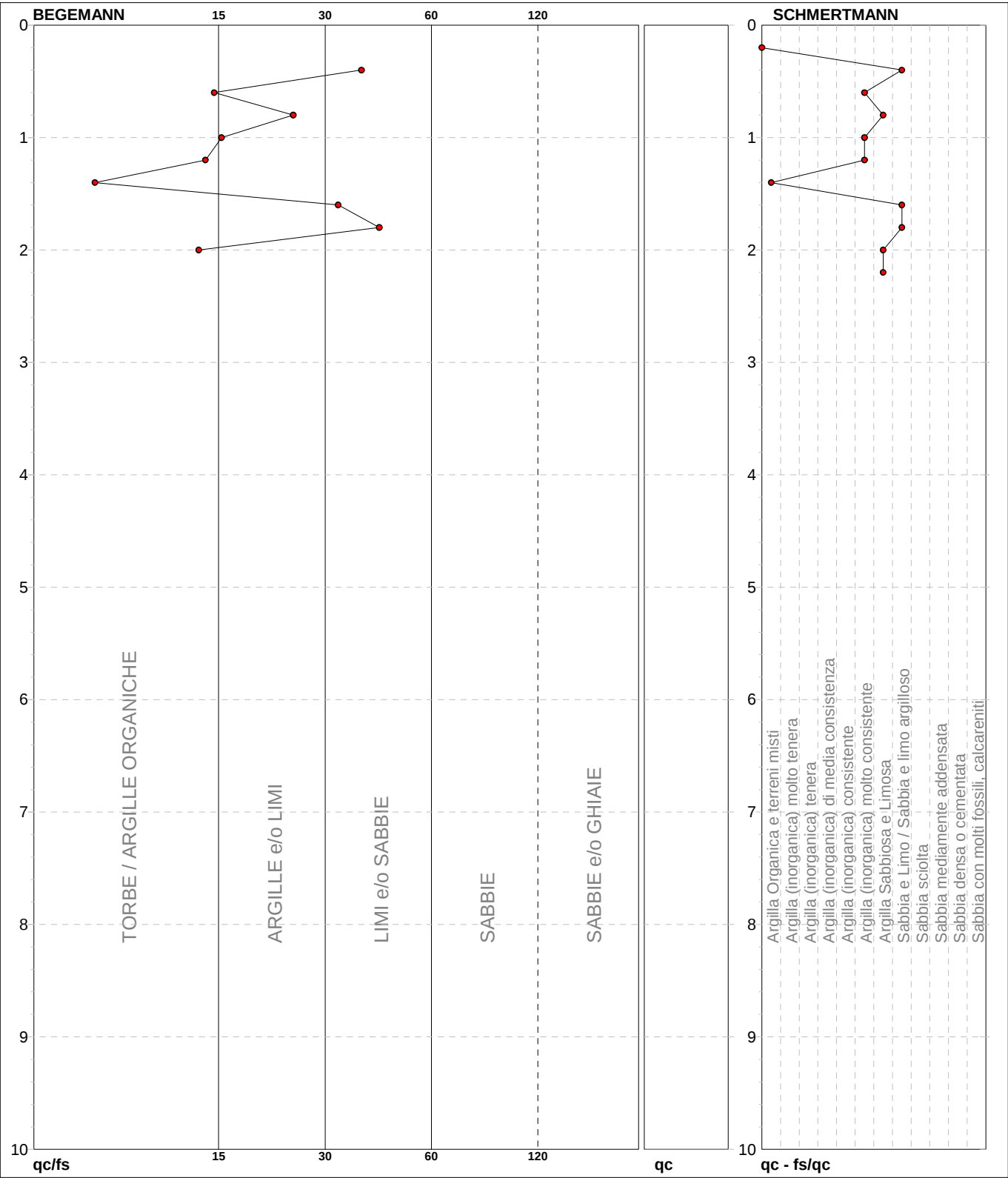


	Penetrometro: TG63-200	preforo m
	Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
	Assistente:	Cod.ISTAT: 053008
		Cod. tip:

note: F0N049



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA			CPT	1
			Riferimento	071-2025
			Certificato	027A/2025
			n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente Geom. Pastorelli Matteo Cantiere Indagini geognostiche Località Civitella Paganico (GR)			U.M.: kg/cm² Scala: 1:50 Pagina 1 Elaborato	Data eseg. 04/06/2025 Data certificato 04/06/2025 Falda Non rilevata



• 071-2025 [1] : 2,20 m



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI			CPT	1
			Riferimento	071-2025
			Certificato	027A/2025
			n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente	Geom. Pastorelli Matteo		U.M.: kg/cm²	Data esec. 04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche		Pagina 1	Data certificato 04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)		Elaborato	Falda Non rilevata

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	49,0	36,8	3	1,85	0,07	240	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	31	81,7	122,5	147,0	--	--
0,60	21,0	15,0	4	1,85	0,11	174	0,82	76,9	140,0	210,0	63,0	72	40	36	33	31	40	27	35,0	52,5	63,0	--	--
0,80	26,0	24,3	4	1,85	0,15	189	0,93	62,3	157,9	236,8	78,0	72	40	35	33	31	40	28	43,3	65,0	78,0	--	--
1,00	46,0	15,7	4	1,85	0,19	234	1,53	88,3	260,7	391,0	138,0	86	42	37	34	32	41	31	76,7	115,0	138,0	--	--
1,20	36,0	14,2	4	1,85	0,22	214	1,20	51,7	204,0	306,0	108,0	74	40	35	32	30	39	30	60,0	90,0	108,0	--	--
1,40	43,0	7,3	4	1,85	0,26	228	1,43	53,3	243,7	365,5	129,0	76	40	35	32	30	39	30	71,7	107,5	129,0	--	--
1,60	226,0	32,0	3	1,85	0,30	427	--	--	--	--	--	100	43	43	40	37	45	39	376,7	565,0	678,0	--	--
1,80	115,0	41,1	3	1,85	0,33	331	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	35	191,7	287,5	345,0	--	--
2,00	122,0	13,7	4	1,85	0,37	338	4,07	99,9	691,3	1037,0	366,0	100	43	39	36	33	42	35	203,3	305,0	366,0	--	--
2,20	383,0	--	3	1,85	0,41	521	--	--	--	--	--	100	43	44	41	38	45	40	638,3	957,5	1149,0	--	--



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI		DIN	1
		Riferimento	071-2025
		Certificato	027B/2025
		n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec. 04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Pagina 1	Data certificato 06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Elaborato	Falda Non rilevata

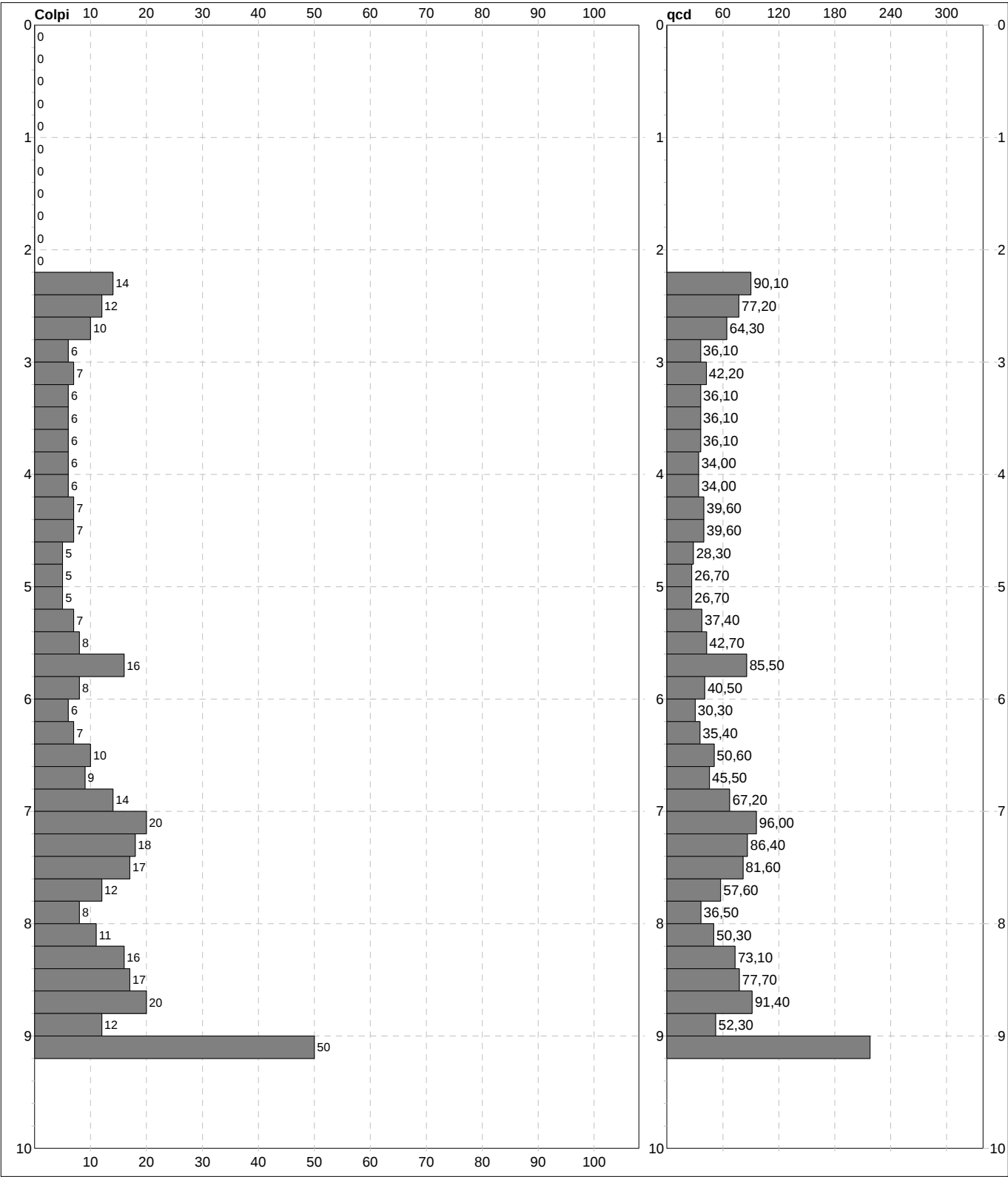
H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	0		0,0					
0,40	1	0		0,0					
0,60	2	0		0,0					
0,80	2	0		0,0					
1,00	2	0		0,0					
1,20	2	0		0,0					
1,40	2	0		0,0					
1,60	3	0		0,0					
1,80	3	0		0,0					
2,00	3	0		0,0					
2,20	3	0		0,0					
2,40	3	14		90,1					
2,60	4	12		77,2					
2,80	4	10		64,3					
3,00	4	6		36,1					
3,20	4	7		42,2					
3,40	4	6		36,1					
3,60	5	6		36,1					
3,80	5	6		36,1					
4,00	5	6		34,0					
4,20	5	6		34,0					
4,40	5	7		39,6					
4,60	6	7		39,6					
4,80	6	5		28,3					
5,00	6	5		26,7					
5,20	6	5		26,7					
5,40	6	7		37,4					
5,60	7	8		42,7					
5,80	7	16		85,5					
6,00	7	8		40,5					
6,20	7	6		30,3					
6,40	7	7		35,4					
6,60	8	10		50,6					
6,80	8	9		45,5					
7,00	8	14		67,2					
7,20	8	20		96,0					
7,40	8	18		86,4					
7,60	9	17		81,6					
7,80	9	12		57,6					
8,00	9	8		36,5					
8,20	9	11		50,3					
8,40	9	16		73,1					
8,60	10	17		77,7					
8,80	10	20		91,4					
9,00	10	12		52,3					
9,20	10	50		217,9					

H = profondità	qcd = punta
L1	
L1 = L2	
L2 = asta	



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	DIN	1
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027B/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala: 1:50	Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Quota inizio: : Piano campagna	
		Elaborato	Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	Responsabile:: Assistente::	preforo m Corr.astine: : kg/ml Cod.ISTAT: 053008
--	--	---

note: FON049

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	2,20 : 2,80	Media	12	1,52	18	77	70	147	121	3,86	Coes./Gran.	
2	2,80 : 6,80	Media	7	1,52	11	39	36	153	82	1,96	Coes./Gran.	
3	6,80 : 9,20	Media	18	1,52	27	82	74	215	168	4,12	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	2,20 : 2,80	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	32	330	1,98	1,57	275	- - -
2	2,80 : 6,80	11	0,69	1,91	32,11	0,87	50	37	30	276	1,94	1,51	196	- - -
3	6,80 : 9,20	27	1,69	2,10	20,20	0,55	83	61	35	399	2,03	1,66	352	- - -

FON049



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	2
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027C/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche		Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Falda Non rilevata	
		Elaborato		

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	12		89,4					
0,40	1	2		14,9					
0,60	2	3		22,3					
0,80	2	3		22,3					
1,00	2	3		20,7					
1,20	2	3		20,7					
1,40	2	5		34,5					
1,60	3	10		69,0					
1,80	3	7		48,3					
2,00	3	5		32,2					
2,20	3	5		32,2					
2,40	3	4		25,7					
2,60	4	4		25,7					
2,80	4	5		32,2					
3,00	4	14		84,3					
3,20	4	9		54,2					
3,40	4	5		30,1					
3,60	5	6		36,1					
3,80	5	6		36,1					
4,00	5	8		45,3					
4,20	5	15		84,9					
4,40	5	8		45,3					
4,60	6	6		34,0					
4,80	6	7		39,6					
5,00	6	10		53,4					
5,20	6	9		48,1					
5,40	6	8		42,7					
5,60	7	8		42,7					
5,80	7	8		42,7					
6,00	7	10		50,6					
6,20	7	9		45,5					
6,40	7	9		45,5					
6,60	8	10		50,6					
6,80	8	12		60,7					
7,00	8	11		52,8					
7,20	8	10		48,0					
7,40	8	10		48,0					
7,60	9	13		62,4					
7,80	9	11		52,8					
8,00	9	10		45,7					
8,20	9	10		45,7					
8,40	9	14		64,0					
8,60	10	14		64,0					
8,80	10	14		64,0					
9,00	10	16		69,7					
9,20	10	14		61,0					
9,40	10	15		65,4					
9,60	11	15		65,4					
9,80	11	16		69,7					
10,00	11	17		70,8					

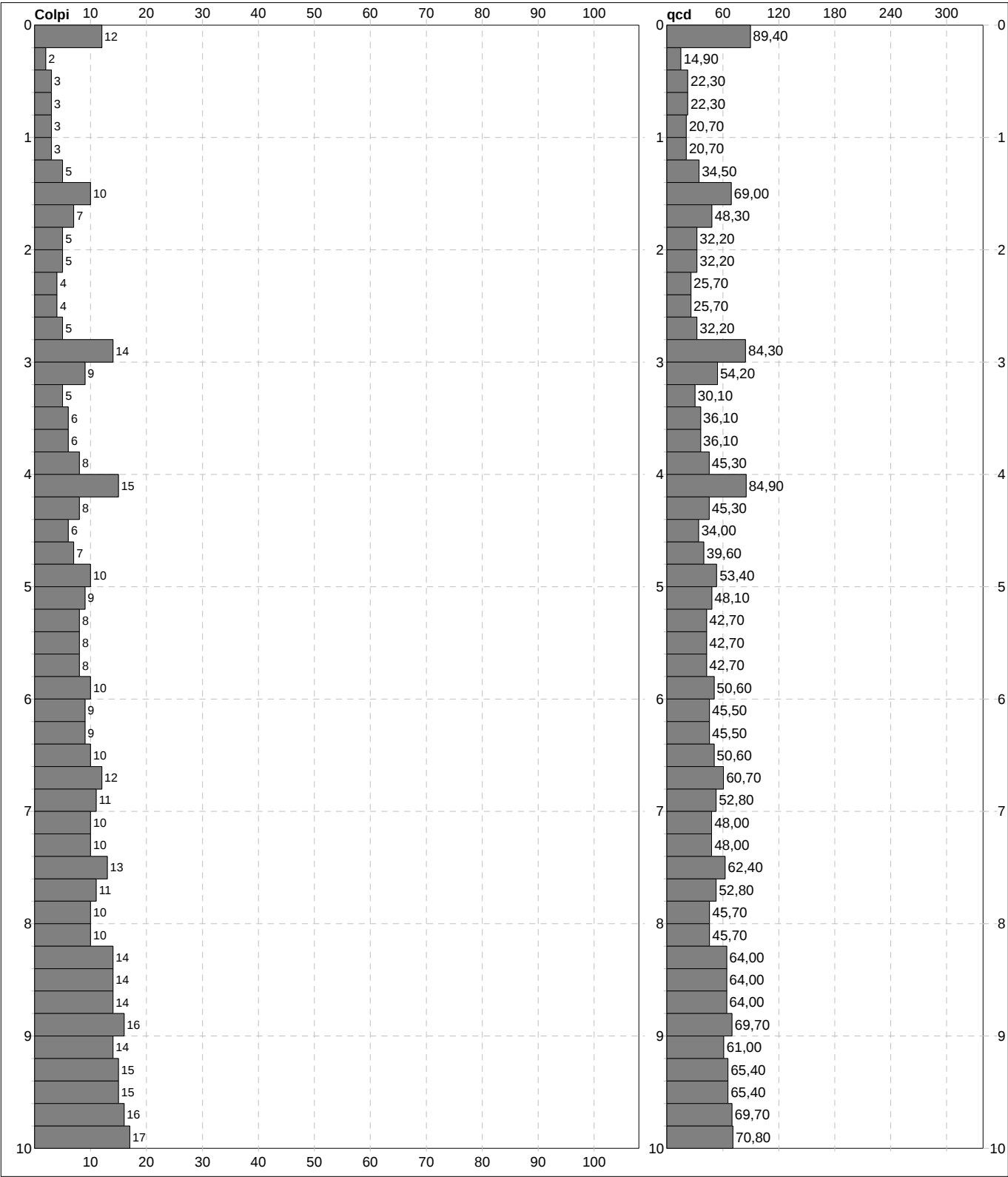
H = profondità	qcd = punta
L1	
L1 = L2	
L2 = asta	

note:	FON049
-------	--------



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	DIN	2
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027C/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala:	1:50	Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina	1	Quota inizio: : Piano campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	Responsabile:: Assistente::	preforo m Corr.astine: : kg/ml Cod.ISTAT: 053008
--	--	---



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA			DIN	2	
			Riferimento	071-2025	
			Certificato	027C/2025	
			n verb. acct.	027 del 17/01/25	
Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Pagina Elaborato	1	Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)			Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	12	1,52	18	89	80	79	121	4,47	Coes./Gran.	
2	0,20 : 1,20	Media	4	1,52	7	32	29	97	57	1,59	Coes./Gran.	
3	1,20 : 6,40	Media	8	1,52	12	45	42	148	88	2,23	Coes./Gran.	
4	6,40 : 10,00	Media	13	1,52	20	59	53	188	132	2,95	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	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	32	330	1,98	1,57	275	---
2	0,20 : 1,20	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	150	---
3	1,20 : 6,40	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
4	6,40 : 10,00	20	1,25	2,02	24,71	0,67	69	50	33	345	1,99	1,59	292	---

<

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI			CPT	3
			Riferimento	071-2025
			Certificato	027D/2025
			n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente	Geom. Pastorelli Matteo		U.M.: kg/cm²	Data esec. 04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche		Pagina 1	Data certificato 04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)		Elaborato	Falda Non rilevata

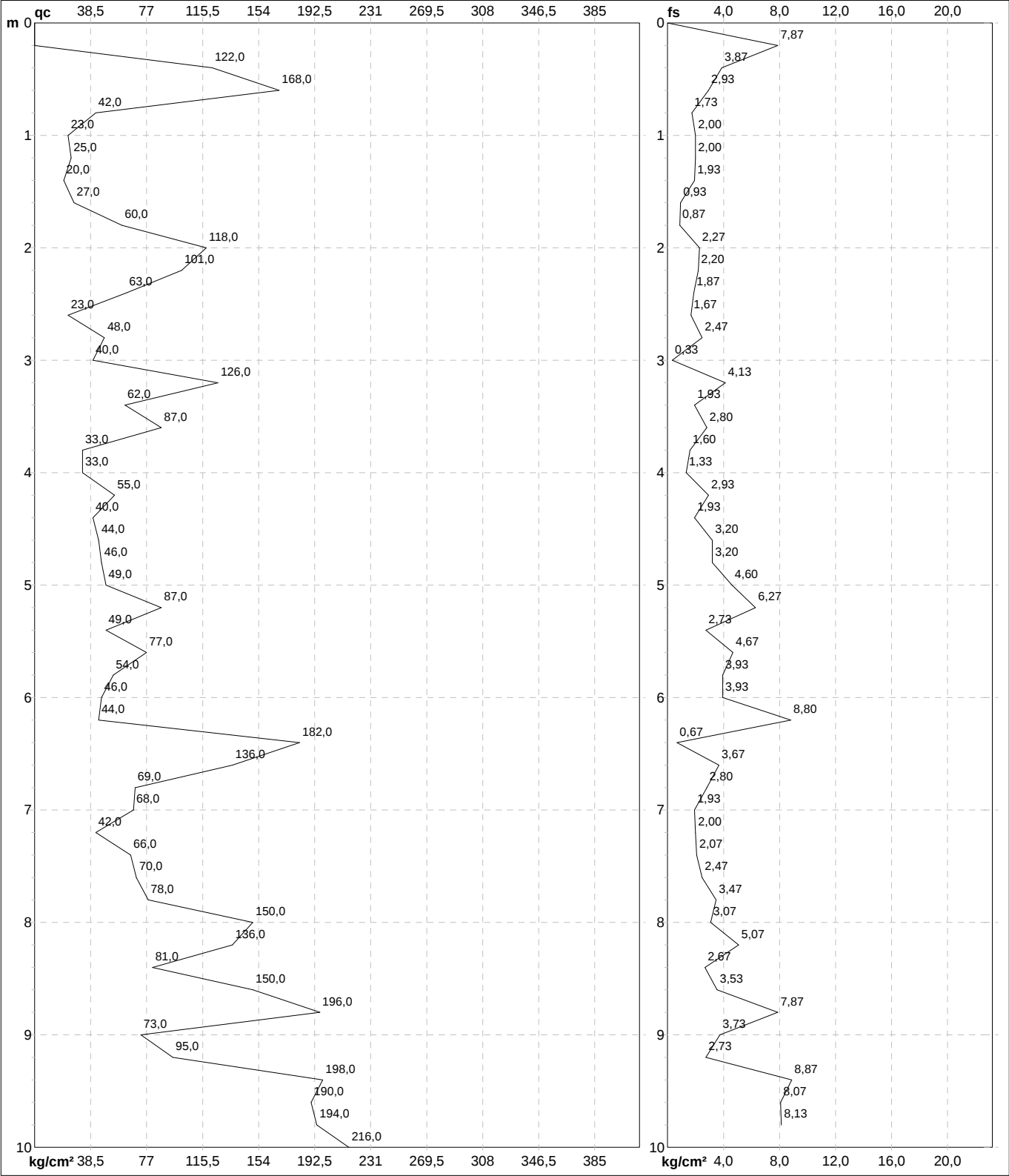
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	7,87	0									
0,40	122,0	240,0		122,0	3,87	32	3,2								
0,60	168,0	226,0		168,0	2,93	57	1,7								
0,80	42,0	86,0		42,0	1,73	24	4,1								
1,00	23,0	49,0		23,0	2,00	12	8,7								
1,20	25,0	55,0		25,0	2,00	13	8,0								
1,40	20,0	50,0		20,0	1,93	10	9,7								
1,60	27,0	56,0		27,0	0,93	29	3,4								
1,80	60,0	74,0		60,0	0,87	69	1,5								
2,00	118,0	131,0		118,0	2,27	52	1,9								
2,20	101,0	135,0		101,0	2,20	46	2,2								
2,40	63,0	96,0		63,0	1,87	34	3,0								
2,60	23,0	51,0		23,0	1,67	14	7,3								
2,80	48,0	73,0		48,0	2,47	19	5,1								
3,00	40,0	77,0		40,0	0,33	121	0,8								
3,20	126,0	131,0		126,0	4,13	31	3,3								
3,40	62,0	124,0		62,0	1,93	32	3,1								
3,60	87,0	116,0		87,0	2,80	31	3,2								
3,80	33,0	75,0		33,0	1,60	21	4,8								
4,00	33,0	57,0		33,0	1,33	25	4,0								
4,20	55,0	75,0		55,0	2,93	19	5,3								
4,40	40,0	84,0		40,0	1,93	21	4,8								
4,60	44,0	73,0		44,0	3,20	14	7,3								
4,80	46,0	94,0		46,0	3,20	14	7,0								
5,00	49,0	97,0		49,0	4,60	11	9,4								
5,20	87,0	156,0		87,0	6,27	14	7,2								
5,40	49,0	143,0		49,0	2,73	18	5,6								
5,60	77,0	118,0		77,0	4,67	16	6,1								
5,80	54,0	124,0		54,0	3,93	14	7,3								
6,00	46,0	105,0		46,0	3,93	12	8,5								
6,20	44,0	103,0		44,0	8,80	5	20,0								
6,40	182,0	314,0		182,0	0,67	272	0,4								
6,60	136,0	146,0		136,0	3,67	37	2,7								
6,80	69,0	124,0		69,0	2,80	25	4,1								
7,00	68,0	110,0		68,0	1,93	35	2,8								
7,20	42,0	71,0		42,0	2,00	21	4,8								
7,40	66,0	96,0		66,0	2,07	32	3,1								
7,60	70,0	101,0		70,0	2,47	28	3,5								
7,80	78,0	115,0		78,0	3,47	22	4,4								
8,00	150,0	202,0		150,0	3,07	49	2,0								
8,20	136,0	182,0		136,0	5,07	27	3,7								
8,40	81,0	157,0		81,0	2,67	30	3,3								
8,60	150,0	190,0		150,0	3,53	42	2,4								
8,80	196,0	249,0		196,0	7,87	25	4,0								
9,00	73,0	191,0		73,0	3,73	20	5,1								
9,20	95,0	151,0		95,0	2,73	35	2,9								
9,40	198,0	239,0		198,0	8,87	22	4,5								
9,60	190,0	323,0		190,0	8,07	24	4,2								
9,80	194,0	315,0		194,0	8,13	24	4,2								
10,00	216,0	338,0		216,0											

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	3
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027D/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala: 1:50	Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Quota inizio: Piano campagna	
		Elaborato	Falda	Non rilevata

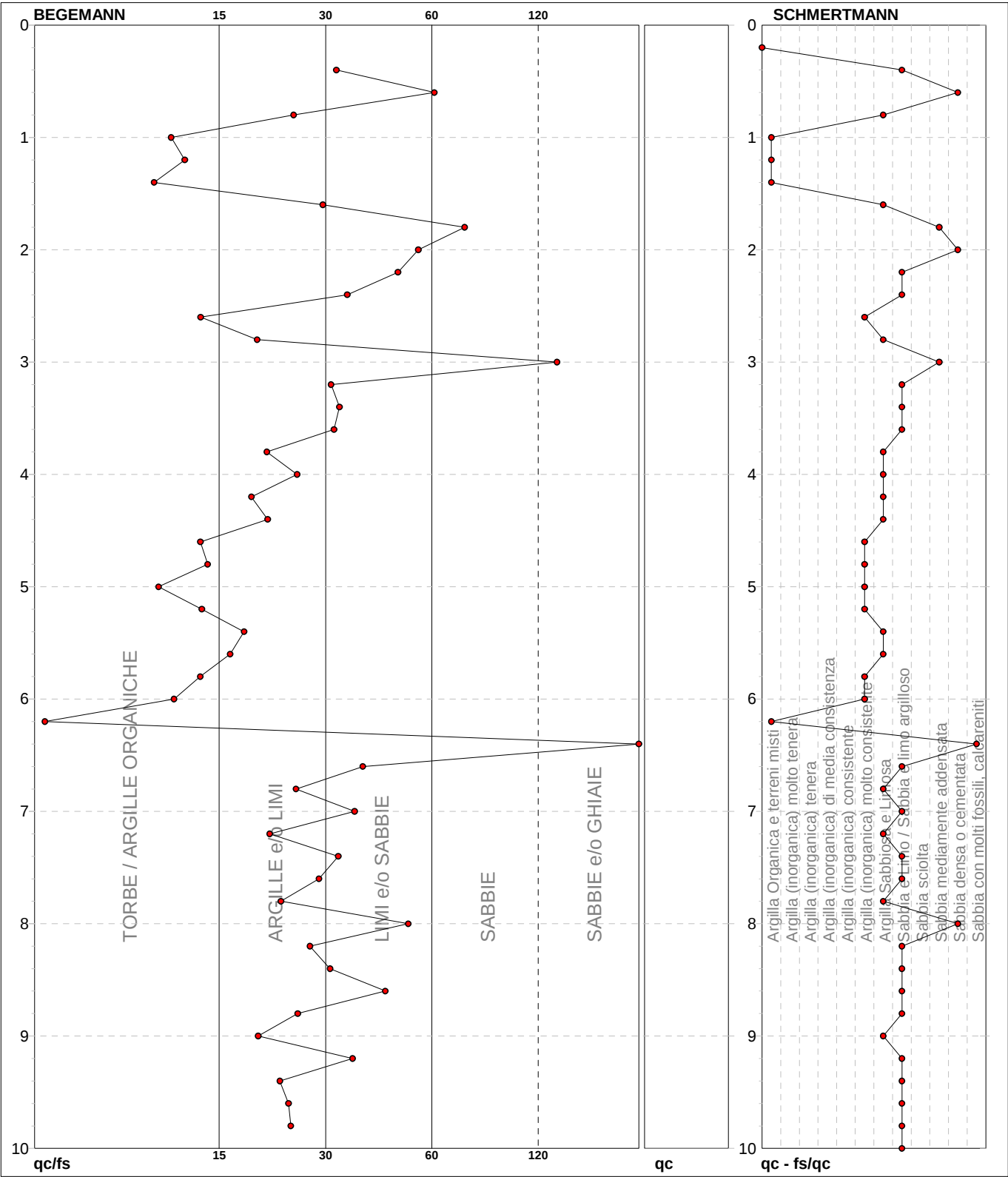


	Penetrometro: TG63-200	preforo m
	Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
	Assistente:	Cod.ISTAT: 053008
		Cod. tip:

note: F0N049



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA			CPT	3
			Riferimento	071-2025
			Certificato	027/D/2025
			n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente Geom. Pastorelli Matteo			U.M.: kg/cm²	Data esec. 04/06/2025
Cantiere Indagini geognostiche			Scala: 1:50	Data certificato 04/06/2025
Località Civitella Paganico (GR)			Pagina 1	
			Elaborato	Falda Non rilevata



note:			FON049
-------	--	--	--------



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI				CPT		3	
				Riferimento		071-2025	
				Certificato		027D/2025	
				n verb. acct.		027 del 17/01/25	
Committente	Geom. Pastorelli Matteo			U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche			Pagina 1 Elaborato		Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)					Falda	Non rilevata

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	122,0	31,5	3	1,85	0,07	338	--	--	--	--	--	100	43	47	44	41	45	35	203,3	305,0	366,0	--	--
0,60	168,0	57,3	3	1,85	0,11	382	--	--	--	--	--	100	43	46	44	41	45	37	280,0	420,0	504,0	--	--
0,80	42,0	24,3	4	1,85	0,15	226	1,40	99,9	238,0	357,0	126,0	89	42	38	35	33	42	30	70,0	105,0	126,0	--	--
1,00	23,0	11,5	4	1,85	0,19	180	0,87	43,3	147,5	221,3	69,0	63	39	34	31	29	38	28	38,3	57,5	69,0	--	--
1,20	25,0	12,5	4	1,85	0,22	186	0,91	36,6	154,5	231,8	75,0	61	39	33	30	28	38	28	41,7	62,5	75,0	--	--
1,40	20,0	10,4	4	1,85	0,26	171	0,80	25,7	136,0	204,0	60,0	50	37	31	28	27	36	27	33,3	50,0	60,0	--	--
1,60	27,0	29,0	4	1,85	0,30	192	0,95	26,9	161,1	241,6	81,0	57	38	32	29	27	36	28	45,0	67,5	81,0	--	--
1,80	60,0	69,0	3	1,85	0,33	259	--	--	--	--	--	81	41	36	33	31	40	32	100,0	150,0	180,0	--	--
2,00	118,0	52,0	3	1,85	0,37	334	--	--	--	--	--	100	43	38	36	33	42	35	196,7	295,0	354,0	--	--
2,20	101,0	45,9	3	1,85	0,41	315	--	--	--	--	--	94	43	37	34	32	41	34	168,3	252,5	303,0	--	--
2,40	63,0	33,7	3	1,85	0,44	264	--	--	--	--	--	76	40	34	32	29	39	32	105,0	157,5	189,0	--	--
2,60	23,0	13,8	4	1,85	0,48	180	0,87	13,1	147,5	221,3	69,0	39	36	29	26	24	33	28	38,3	57,5	69,0	--	--
2,80	48,0	19,4	4	1,85	0,52	238	1,60	25,7	272,0	408,0	144,0	63	39	32	29	27	37	31	80,0	120,0	144,0	--	--
3,00	40,0	121,2	3	1,85	0,56	222	--	--	--	--	--	55	38	31	28	26	35	30	66,7	100,0	120,0	--	--
3,20	126,0	30,5	3	1,85	0,59	342	--	--	--	--	--	93	42	36	34	31	40	35	210,0	315,0	378,0	--	--
3,40	62,0	32,1	3	1,85	0,63	262	--	--	--	--	--	67	39	33	30	28	37	32	103,3	155,0	186,0	--	--
3,60	87,0	31,1	3	1,85	0,67	298	--	--	--	--	--	77	41	34	31	29	38	33	145,0	217,5	261,0	--	--
3,80	33,0	20,6	4	1,85	0,70	207	1,10	11,0	187,0	280,5	99,0	42	36	29	26	24	33	29	55,0	82,5	99,0	--	--
4,00	33,0	24,8	4	1,85	0,74	207	1,10	10,3	187,0	280,5	99,0	41	36	29	26	24	32	29	55,0	82,5	99,0	--	--
4,20	55,0	18,8	4	1,85	0,78	251	1,83	18,4	311,7	467,5	165,0	58	38	31	28	26	35	31	91,7	137,5	165,0	--	--
4,40	40,0	20,7	4	1,85	0,81	222	1,33	11,6	226,7	340,0	120,0	46	37	29	26	24	33	30	66,7	100,0	120,0	--	--
4,60	44,0	13,8	4	1,85	0,85	230	1,47	12,4	249,3	374,0	132,0	48	37	29	26	25	33	31	73,3	110,0	132,0	--	--
4,80	46,0	14,4	4	1,85	0,89	234	1,53	12,4	260,7	391,0	138,0	48	37	29	26	25	33	31	76,7	115,0	138,0	--	--
5,00	49,0	10,7	4	1,85	0,93	240	1,63	12,8	277,7	416,5	147,0	49	37	29	26	25	33	31	81,7	122,5	147,0	--	--
5,20	87,0	13,9	4	1,85	0,96	298	2,90	24,9	493,0	739,5	261,0	68	39	32	29	27	36	33	145,0	217,5	261,0	--	--
5,40	49,0	17,9	4	1,85	1,00	240	1,63	11,6	277,7	416,5	147,0	47	37	29	26	24	33	31	81,7	122,5	147,0	--	--
5,60	77,0	16,5	4	1,85	1,04	284	2,57	19,5	436,3	654,5	231,0	62	39	31	28	26	35	33	128,3	192,5	231,0	--	--
5,80	54,0	13,7	4	1,85	1,07	249	1,80	12,0	306,0	459,0	162,0	49	37	29	26	25	33	31	90,0	135,0	162,0	--	--
6,00	46,0	11,7	4	1,85	1,11	234	1,53	9,4	265,5	398,3	138,0	43	36	28	25	24	32	31	76,7	115,0	138,0	--	--
6,20	44,0	5,0	4	1,85	1,15	230	1,47	8,5	272,1	408,1	132,0	40	36	28	25	23	32	31	73,3	110,0	132,0	--	--
6,40	182,0	271,6	3	1,85	1,18	393	--	--	--	--	--	88	42	35	32	30	39	37	303,3	455,0	546,0	--	--
6,60	136,0	37,1	3	1,85	1,22	352	--	--	--	--	--	78	41	33	30	28	38	35	226,7	340,0	408,0	--	--
6,80	69,0	24,6	4	1,85	1,26	273	2,30	13,3	391,0	586,5	207,0	54	38	30	27	25	34	32	115,0	172,5	207,0	--	--
7,00	68,0	35,2	3	1,85	1,30	271	--	--	--	--	--	52	38	29	26	25	33	32	113,3	170,0	204,0	--	--
7,20	42,0	21,0	4	1,85	1,33	226	1,40	6,7	340,0	509,9	126,0	35	35	27	24	22	31	30	70,0	105,0	126,0	--	--
7,40	66,0	31,9	3	1,85	1,37	268	--	--	--	--	--	50	37	29	26	24	33	32	110,0	165,0	198,0	--	--
7,60	70,0	28,3	4	1,85	1,41	274	2,33	11,8	396,7	595,0	210,0	51	37	29	26	25	33	32	116,7	175,0	210,0	--	--
7,80	78,0	22,5	4	1,85	1,44	286	2,60	13,1	442,0	663,0	234,0	54	38	30	27	25	34	33	130,0	195,0	234,0	--	--
8,00	150,0	48,9	3	1,85	1,48	366	--	--	--	--	--	76	40	33	30	28	37	36	250,0	375,0	450,0	--	--
8,20	136,0	26,8	4	1,85	1,52	352	4,53	24,7	770,7	1156,0	408,0	72	40	32	29	27	36	35	226,7	340,0	408,0	--	--
8,40	81,0	30,3	3	1,85	1,55	290	--	--	--	--	--	54	38	29	26	25	33	33	135,0	202,5	243,0	--	--
8,60	150,0	42,5	3	1,85	1,59	366	--	--	--	--	--	75	40	32	29	28	37	36	250,0	375,0	450,0	--	--
8,80	196,0	24,9	4	1,85	1,63	404	6,53	35,7	1110,7	1666,0	588,0	83	41	34	31	29	38	38	326,7	490,0	588,0	--	--
9,00	73,0	19,6	4	1,85	1,67	279	2,43	10,1	413,7	620,5	219,0	49	37	29	25	24	32	32	121,7	182,5	219,0	--	--
9,20	95,0	34,8	3	1,85	1,70	308	--	--	--	--	--	57	38	30	27	25	34	34	158,3	237,5	285,0	--	--
9,40	198,0	22,3	4	1,85	1,74	406	6,60	33,3	1122,0	1683,0	594,0	82	41	33	30	28	38	38	330,0	495,0	594,0	--	--
9,60	190,0	23,5	4	1,85	1,78	400	6,33	30,8	1076,7	1615,0	570,0	80	41	33	30	28	37	37	316,7	475,0	570,0	--	--
9,80	194,0	23,9	4	1,85	1,81	403	6,47	30,8	1099,3	1649,0	582,0	80	41	33	30	28	37	38	323,3	485,0	582,0	--	--
10,00	216,0	--	3	1,85	1,85	420	--	--	--	--	--	83	41	33	31	29	38	38	360,0	540,0	648,0	--	--

FON049



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	4
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027E/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche		Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Falda Non rilevata	
		Elaborato		

H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	L1 n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	14		104,3					
0,40	1	17		126,6					
0,60	2	3		22,3					
0,80	2	4		29,8					
1,00	2	4		27,6					
1,20	2	4		27,6					
1,40	2	9		62,1					
1,60	3	12		82,9					
1,80	3	20		138,1					
2,00	3	18		115,8					
2,20	3	13		83,6					
2,40	3	12		77,2					
2,60	4	11		70,8					
2,80	4	11		70,8					
3,00	4	10		60,2					
3,20	4	9		54,2					
3,40	4	7		42,2					
3,60	5	7		42,2					
3,80	5	6		36,1					
4,00	5	7		39,6					
4,20	5	7		39,6					
4,40	5	9		51,0					
4,60	6	6		34,0					
4,80	6	5		28,3					
5,00	6	8		42,7					
5,20	6	5		26,7					
5,40	6	8		42,7					
5,60	7	11		58,8					
5,80	7	17		90,8					
6,00	7	18		91,0					
6,20	7	22		111,3					
6,40	7	20		101,1					
6,60	8	18		91,0					
6,80	8	16		80,9					
7,00	8	13		62,4					
7,20	8	14		67,2					
7,40	8	16		76,8					
7,60	9	13		62,4					
7,80	9	12		57,6					
8,00	9	18		82,2					
8,20	9	19		86,8					
8,40	9	22		100,5					
8,60	10	31		141,6					
8,80	10	38		173,6					
9,00	10	50		217,9					

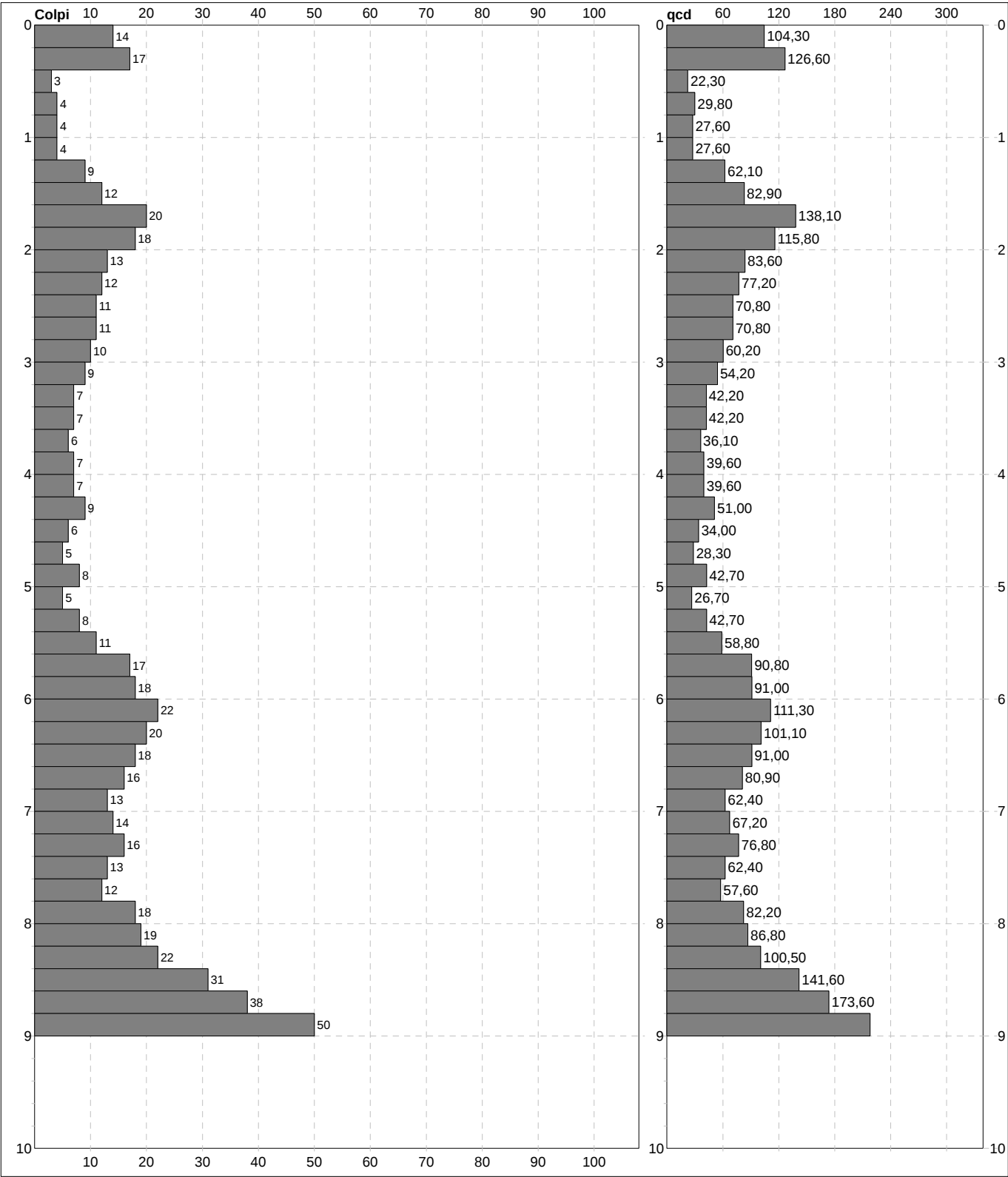
H = profondità	qcd = punta
L1	
L1 = L2	
L2 = asta	

note:	FON049
-------	--------



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	DIN	4
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027E/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala:	1:50	Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina	1	Quota inizio: : Piano campagna	
		Elaborato		Falda	Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Responsabile::	preforo	m
63,50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml	
0,75 m		Cod.ISTAT: 053008	
0,20 m			

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA			DIN	4	
			Riferimento	071-2025	
			Certificato	027E/2025	
			n verb. acct.	027 del 17/01/25	
Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Pagina Elaborato	1	Data certificato	06/04/2025
Località	Civitella Paganico (GR)			Falda	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	16	1,52	24	116	104	95	153	5,77	Coes./Gran.	
2	0,40 : 1,20	Media	4	1,52	6	27	25	97	50	1,34	Coes./Gran.	
3	1,20 : 3,00	Media	13	1,52	20	85	75	144	132	4,23	Coes./Gran.	
4	3,00 : 5,40	Media	7	1,52	11	40	36	149	82	2,00	Coes./Gran.	
5	5,40 : 9,00	Media	20	1,52	31	97	88	216	187	4,87	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 : 0,40	24	1,50	2,07	21,91	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	326	---
2	0,40 : 1,20	6	0,38	1,85	37,04	1,00	36	22	28	238	1,89	1,43	139	---
3	1,20 : 3,00	20	1,25	2,02	24,71	0,67	69	50	33	345	1,99	1,59	292	---
4	3,00 : 5,40	11	0,69	1,91	32,11	0,87	50	37	30	276	1,94	1,51	196	---
5	5,40 : 9,00	31	1,94	2,10	20,20	0,55	92	66	36	430	2,06	1,70	386	---

nota:

FON049



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI				CPT	5
				Riferimento	071-2025
				Certificato	027F/2025
				n verb. acct.	027 del 17/01/25
Committente	Geom. Pastorelli Matteo			U.M.: kg/cm²	Data esec. 04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche			Pagina 1	Data certificato 04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)			Elaborato	Falda Non rilevata

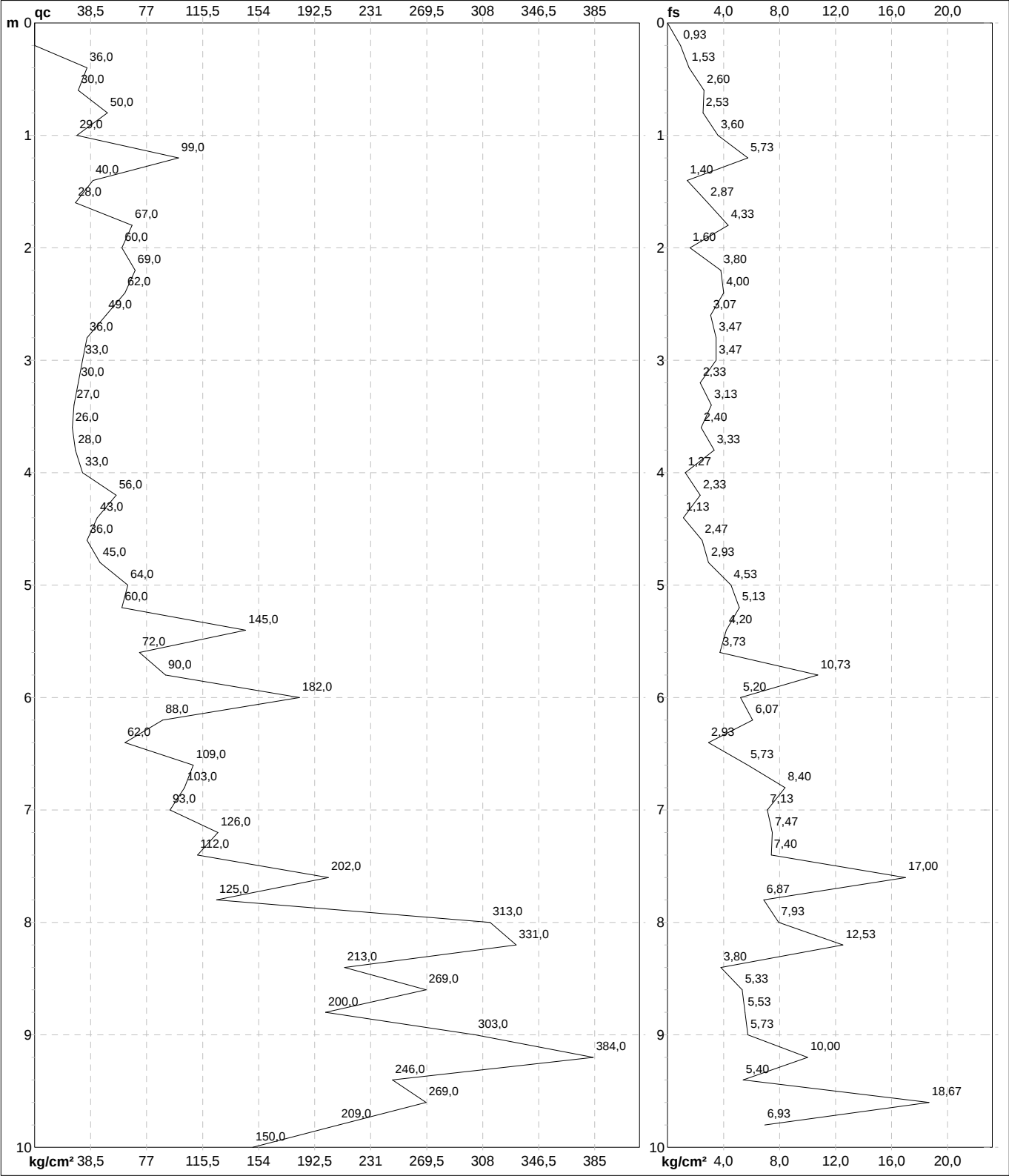
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	0,93	0									
0,40	36,0	50,0		36,0	1,53	24	4,3								
0,60	30,0	53,0		30,0	2,60	12	8,7								
0,80	50,0	89,0		50,0	2,53	20	5,1								
1,00	29,0	67,0		29,0	3,60	8	12,4								
1,20	99,0	153,0		99,0	5,73	17	5,8								
1,40	40,0	126,0		40,0	1,40	29	3,5								
1,60	28,0	49,0		28,0	2,87	10	10,3								
1,80	67,0	110,0		67,0	4,33	15	6,5								
2,00	60,0	125,0		60,0	1,60	38	2,7								
2,20	69,0	93,0		69,0	3,80	18	5,5								
2,40	62,0	119,0		62,0	4,00	16	6,5								
2,60	49,0	109,0		49,0	3,07	16	6,3								
2,80	36,0	82,0		36,0	3,47	10	9,6								
3,00	33,0	85,0		33,0	3,47	10	10,5								
3,20	30,0	82,0		30,0	2,33	13	7,8								
3,40	27,0	62,0		27,0	3,13	9	11,6								
3,60	26,0	73,0		26,0	2,40	11	9,2								
3,80	28,0	64,0		28,0	3,33	8	11,9								
4,00	33,0	83,0		33,0	1,27	26	3,8								
4,20	56,0	75,0		56,0	2,33	24	4,2								
4,40	43,0	78,0		43,0	1,13	38	2,6								
4,60	36,0	53,0		36,0	2,47	15	6,9								
4,80	45,0	82,0		45,0	2,93	15	6,5								
5,00	64,0	108,0		64,0	4,53	14	7,1								
5,20	60,0	128,0		60,0	5,13	12	8,6								
5,40	145,0	222,0		145,0	4,20	35	2,9								
5,60	72,0	135,0		72,0	3,73	19	5,2								
5,80	90,0	146,0		90,0	10,73	8	11,9								
6,00	182,0	343,0		182,0	5,20	35	2,9								
6,20	88,0	166,0		88,0	6,07	14	6,9								
6,40	62,0	153,0		62,0	2,93	21	4,7								
6,60	109,0	153,0		109,0	5,73	19	5,3								
6,80	103,0	189,0		103,0	8,40	12	8,2								
7,00	93,0	219,0		93,0	7,13	13	7,7								
7,20	126,0	233,0		126,0	7,47	17	5,9								
7,40	112,0	224,0		112,0	7,40	15	6,6								
7,60	202,0	313,0		202,0	17,00	12	8,4								
7,80	125,0	380,0		125,0	6,87	18	5,5								
8,00	313,0	416,0		313,0	7,93	39	2,5								
8,20	331,0	450,0		331,0	12,53	26	3,8								
8,40	213,0	401,0		213,0	3,80	56	1,8								
8,60	269,0	326,0		269,0	5,33	50	2,0								
8,80	200,0	280,0		200,0	5,53	36	2,8								
9,00	303,0	386,0		303,0	5,73	53	1,9								
9,20	384,0	470,0		384,0	10,00	38	2,6								
9,40	246,0	396,0		246,0	5,40	46	2,2								
9,60	269,0	350,0		269,0	18,67	14	6,9								
9,80	209,0	489,0		209,0	6,93	30	3,3								
10,00	150,0	254,0		150,0											

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	5
	Riferimento	071-2025
	Certificato	027F/2025
	n verb. acct.	027 del 17/01/25

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala: 1:50	Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina 1	Quota inizio: Piano campagna	
		Elaborato	Falda	Non rilevata

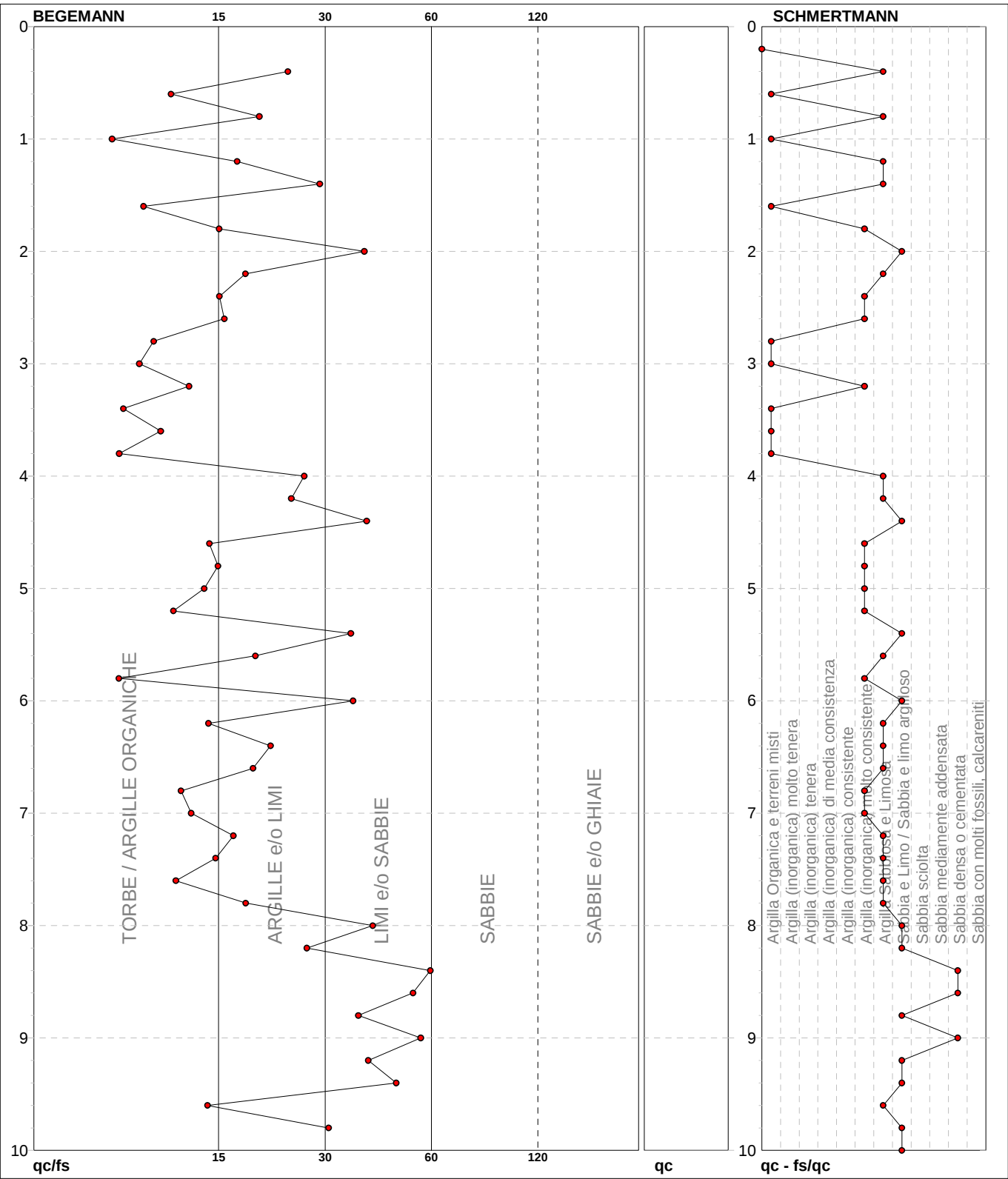


Penetrometro: TG63-200	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod.ISTAT: 053008
	Cod. tip:

note: FON049



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA			CPT		5
			Riferimento		071-2025
			Certificato		027F/2025
			n verb. acct.		027 del 17/01/25
Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche	Scala:	1:50	Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)	Pagina	1	Falda Non rilevata	
		Elaborato			



● 071-2025 [5] : 10,00 m

note: FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI						CPT		5
						Riferimento	071-2025	
						Certificato	027F/2025	
						n verb. acct.	027 del 17/01/25	

Committente	Geom. Pastorelli Matteo	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	04/06/2025
Cantiere	Indagini geognostiche		Data certificato	04/06/2025
Località	Civitella Paganico (GR)		Pagina	1
			Elaborato	Falda Non rilevata

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	36,0	23,5	4	1,85	0,07	214	1,20	99,9	204,0	306,0	108,0	100	43	40	38	35	44	30	60,0	90,0	108,0	--	--
0,60	30,0	11,5	4	1,85	0,11	199	1,00	98,0	170,0	255,0	90,0	84	41	38	35	33	41	29	50,0	75,0	90,0	--	--
0,80	50,0	19,8	4	1,85	0,15	242	1,67	99,9	283,3	425,0	150,0	95	43	39	36	34	42	31	83,3	125,0	150,0	--	--
1,00	29,0	8,1	4	1,85	0,19	197	0,98	50,7	167,1	250,7	87,0	71	40	35	32	30	39	29	48,3	72,5	87,0	--	--
1,20	99,0	17,3	4	1,85	0,22	313	3,30	99,9	561,0	841,5	297,0	100	43	40	38	35	43	34	165,0	247,5	297,0	--	--
1,40	40,0	28,6	4	1,85	0,26	222	1,33	48,7	226,7	340,0	120,0	73	40	35	32	30	39	30	66,7	100,0	120,0	--	--
1,60	28,0	9,8	4	1,85	0,30	194	0,97	27,5	164,1	246,2	84,0	58	38	32	29	28	37	28	46,7	70,0	84,0	--	--
1,80	67,0	15,5	4	1,85	0,33	270	2,23	67,8	379,7	569,5	201,0	85	41	36	33	31	40	32	111,7	167,5	201,0	--	--
2,00	60,0	37,5	3	1,85	0,37	259	--	--	--	--	--	79	41	35	32	30	39	32	100,0	150,0	180,0	--	--
2,20	69,0	18,2	4	1,85	0,41	273	2,30	54,7	391,0	586,5	207,0	81	41	35	32	30	39	32	115,0	172,5	207,0	--	--
2,40	62,0	15,5	4	1,85	0,44	262	2,07	42,9	351,3	527,0	186,0	75	40	34	31	29	39	32	103,3	155,0	186,0	--	--
2,60	49,0	16,0	4	1,85	0,48	240	1,63	28,9	277,7	416,5	147,0	65	39	33	30	28	37	31	81,7	122,5	147,0	--	--
2,80	36,0	10,4	4	1,85	0,52	214	1,20	17,9	204,0	306,0	108,0	53	38	31	28	26	35	30	60,0	90,0	108,0	--	--
3,00	33,0	9,5	4	1,85	0,56	207	1,10	14,8	187,0	280,5	99,0	48	37	30	27	25	34	29	55,0	82,5	99,0	--	--
3,20	30,0	12,9	4	1,85	0,59	199	1,00	12,1	170,0	255,0	90,0	43	36	29	26	25	33	29	50,0	75,0	90,0	--	--
3,40	27,0	8,6	4	1,85	0,63	192	0,95	10,5	161,1	241,6	81,0	38	36	28	25	24	32	28	45,0	67,5	81,0	--	--
3,60	26,0	10,8	4	1,85	0,67	189	0,93	9,5	160,0	239,9	78,0	36	36	28	25	23	32	28	43,3	65,0	78,0	--	--
3,80	28,0	8,4	4	1,85	0,70	194	0,97	9,3	167,8	251,7	84,0	37	36	28	25	23	32	28	46,7	70,0	84,0	--	--
4,00	33,0	26,0	4	1,85	0,74	207	1,10	10,3	187,0	280,5	99,0	41	36	29	26	24	32	29	55,0	82,5	99,0	--	--
4,20	56,0	24,0	4	1,85	0,78	252	1,87	18,8	317,3	476,0	168,0	58	38	31	28	26	35	31	93,3	140,0	168,0	--	--
4,40	43,0	38,1	3	1,85	0,81	228	--	--	--	--	--	48	37	29	26	25	33	30	71,7	107,5	129,0	--	--
4,60	36,0	14,6	4	1,85	0,85	214	1,20	9,6	205,6	308,4	108,0	41	36	28	25	24	32	30	60,0	90,0	108,0	--	--
4,80	45,0	15,4	4	1,85	0,89	232	1,50	12,1	255,0	382,5	135,0	47	37	29	26	25	33	31	75,0	112,5	135,0	--	--
5,00	64,0	14,1	4	1,85	0,93	265	2,13	17,8	362,7	544,0	192,0	59	38	31	28	26	35	32	106,7	160,0	192,0	--	--
5,20	60,0	11,7	4	1,85	0,96	259	2,00	15,7	340,0	510,0	180,0	55	38	30	27	26	34	32	100,0	150,0	180,0	--	--
5,40	145,0	34,5	3	1,85	1,00	361	--	--	--	--	--	85	41	34	32	30	39	36	241,7	362,5	435,0	--	--
5,60	72,0	19,3	4	1,85	1,04	277	2,40	17,9	408,0	612,0	216,0	60	38	31	28	26	35	32	120,0	180,0	216,0	--	--
5,80	90,0	8,4	4	1,85	1,07	302	3,00	22,7	510,0	765,0	270,0	67	39	32	29	27	36	33	150,0	225,0	270,0	--	--
6,00	182,0	35,0	3	1,85	1,11	393	--	--	--	--	--	90	42	35	32	30	39	37	303,3	455,0	546,0	--	--
6,20	88,0	14,5	4	1,85	1,15	299	2,93	20,3	498,7	748,0	264,0	64	39	31	28	27	36	33	146,7	220,0	264,0	--	--
6,40	62,0	21,2	4	1,85	1,18	262	2,07	12,6	351,3	527,0	186,0	51	37	29	26	25	33	32	103,3	155,0	186,0	--	--
6,60	109,0	19,0	4	1,85	1,22	324	3,63	24,5	617,7	926,5	327,0	70	40	32	29	27	36	34	181,7	272,5	327,0	--	--
6,80	103,0	12,3	4	1,85	1,26	317	3,43	22,0	583,7	875,5	309,0	67	39	32	29	27	36	34	171,7	257,5	309,0	--	--
7,00	93,0	13,0	4	1,85	1,30	305	3,10	18,7	527,0	790,5	279,0	63	39	31	28	26	35	33	155,0	232,5	279,0	--	--
7,20	126,0	16,9	4	1,85	1,33	342	4,20	26,4	714,0	1071,0	378,0	73	40	32	29	28	37	35	210,0	315,0	378,0	--	--
7,40	112,0	15,1	4	1,85	1,37	328	3,73	22,0	634,7	952,0	336,0	68	39	32	29	27	36	34	186,7	280,0	336,0	--	--
7,60	202,0	11,9	4	1,85	1,41	409	6,73	44,5	1144,7	1717,0	606,0	88	42	34	32	30	39	38	336,7	505,0	606,0	--	--
7,80	125,0	18,2	4	1,85	1,44	341	4,17	23,6	708,3	1062,5	375,0	71	40	32	29	27	36	35	208,3	312,5	375,0	--	--
8,00	313,0	39,5	3	1,85	1,48	483	--	--	--	--	--	100	43	36	34	31	40	40	521,7	782,5	939,0	--	--
8,20	331,0	26,4	4	1,85	1,52	493	9,99	66,2	1698,3	2547,5	993,0	100	43	37	34	32	40	40	551,7	827,5	993,0	--	--
8,40	213,0	56,1	3	1,85	1,55	417	--	--	--	--	--	87	42	34	31	29	39	38	355,0	532,5	639,0	--	--
8,60	269,0	50,5	3	1,85	1,59	456	--	--	--	--	--	95	43	35	32	30	39	40	448,3	672,5	807,0	--	--
8,80	200,0	36,2	3	1,85	1,63	408	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	38	333,3	500,0	600,0	--	--
9,00	303,0	52,9	3	1,85	1,67	477	--	--	--	--	--	98	43	36	33	31	40	40	505,0	757,5	909,0	--	--
9,20	384,0	38,4	3	1,85	1,70	521	--	--	--	--	--	100	43	37	34	32	41	40	640,0	960,0	1152,0	--	--
9,40	246,0	45,6	3	1,85	1,74	441	--	--	--	--	--	89	42	34	32	29	39	39	410,0	615,0	738,0	--	--
9,60	269,0	14,4	4	1,85	1,78	456	8,97	47,5	1524,3	2286,5	807,0	92	42	35	32	30	39	40	448,3	672,5	807,0	--	--
9,80	209,0	30,2	3	1,85	1,81	414	--	--	--	--	--	83	41	33	30	28	38	38	348,3	522,5	627,0	--	--
10,00	150,0	--	3	1,85	1,85	366	--	--	--	--	--	71	40	32	29	27	36	36	250,0	375,0	450,0	--	--

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE - CPT



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE - DPSHPT





Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl

Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente :	TECNA srl
Cantiere :	Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)
Verbale Accettazione n° :	289 del 03/06/2025
Data Certificazione :	10/07/2025
Campioni n°:	2
Certificati da n° a n° :	03534 a 03547



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	TECNA srl		
RIFERIMENTO:	Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	3.0-3.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14,1	%
Peso di volume	20,0	kN/m³
Peso di volume secco	17,6	kN/m³
Peso di volume saturo	20,8	kN/m³
Peso specifico	26,2	kN/m³
Indice dei vuoti	0,491	
Porosità	32,9	%
Grado di saturazione	76,7	%
Limite di liquidità	35,8	%
Limite di plasticità	21,5	%
Indice di plasticità	14,3	%
Indice di consistenza	1,52	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 8

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	9,6	%
Sabbia	25,7	%
Limo	45,9	%
Argilla	18,8	%
D 10	0,000709	mm
D 50	0,017882	mm
D 60	0,040502	mm
D 90	1,845872	mm
Passante set. 10	90,4	%
Passante set. 42	81,6	%
Passante set. 200	67,3	%

COMPRESSIONE

σ	242	kPa
c_u	121	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	27,6	kPa
ϕ'	24,3	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	CS			
						Limo con sabbia argilloso, con litici eterogenei MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/4 Light olive brown
						Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
						< 24.5 kPa molto molle
						24.5 - 49.1 kPa molle
						49.1 - 98.1 kPa plastico
						98.1 - 196.2 kPa consistente
						196.2 - 392.4 kPa molto consistente
						>392,4 kPa duro
					34	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03538	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 25/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 28/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.0-3.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	90,4	%	Limite di liquidità	35,8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	81,6	%	Limite di plasticità	21,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	67,3	%	Indice di plasticità	14,3	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6 INDICE DI GRUPPO: 8

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03534	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.0-3.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 14,1 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03535	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 24/06/25
COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.5	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,0 kN/m³



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03536	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 25/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 26/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.0-3.5

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-10

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,2 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,2 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 24,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03537 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 30/06/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 01/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 1

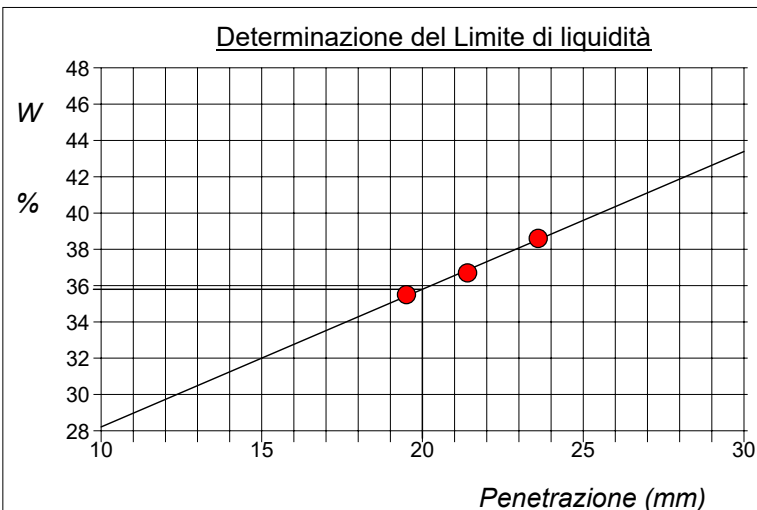
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	35,8	%
Limite di plasticità	21,5	%
Indice di plasticità	14,3	%
Indice di consistenza	1,52	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

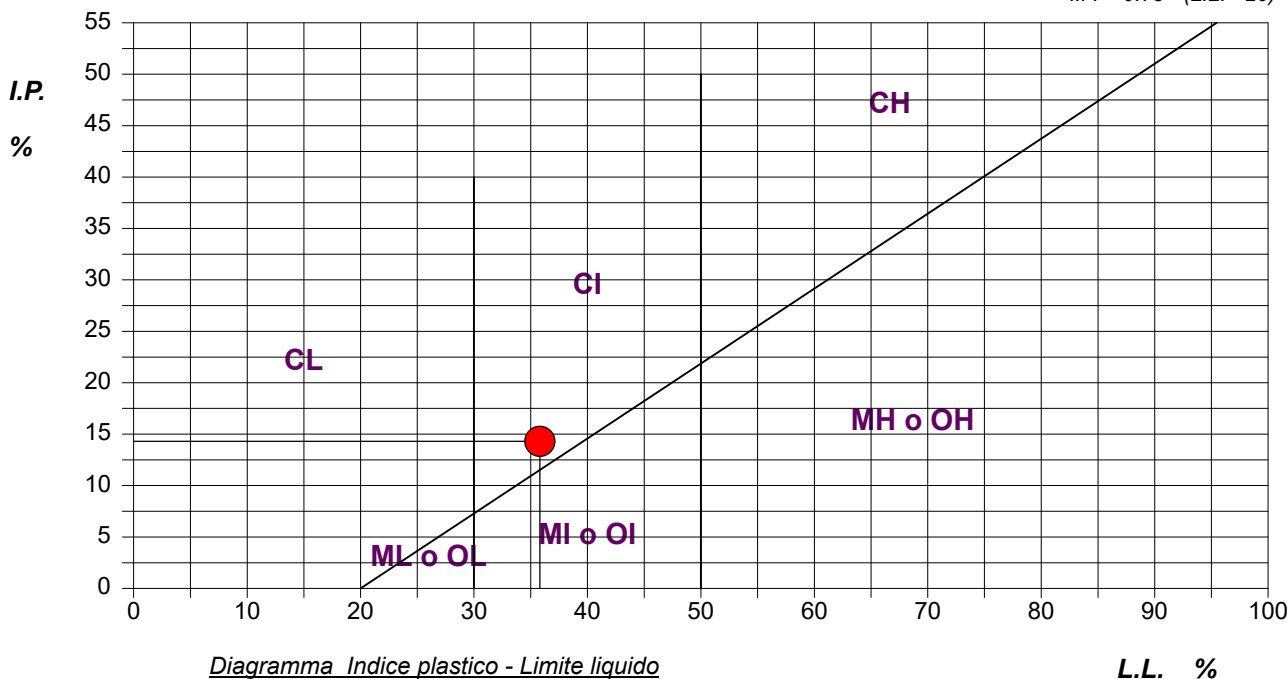
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03538 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 25/06/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 28/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 1

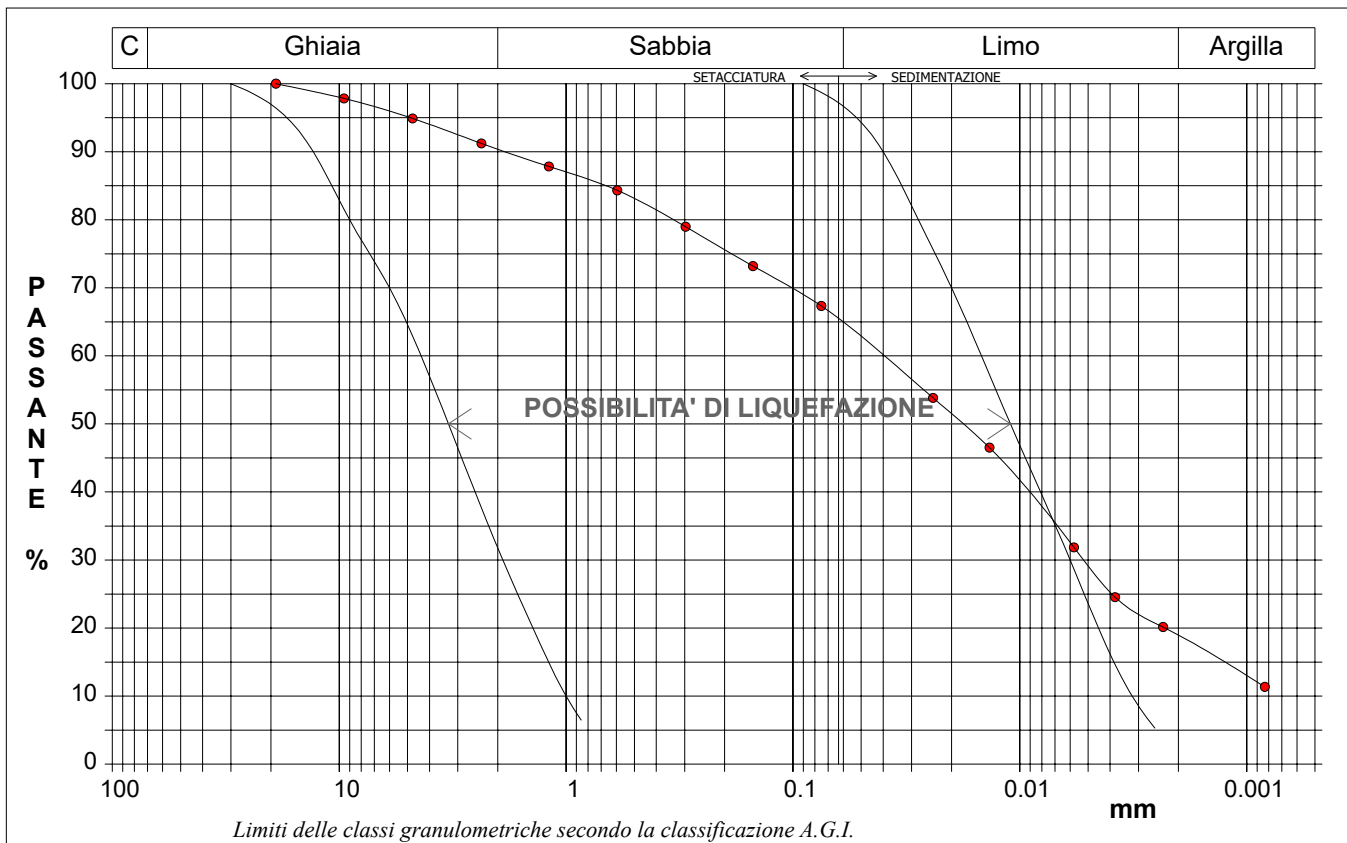
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	9,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90,4 %	D10	0,00071 mm	
Sabbia	25,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	81,6 %	D30	0,00519 mm	
Limo	45,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	67,3 %	D50	0,01788 mm	
Argilla	18,8 %			D60	0,04050 mm	
Coefficiente di uniformità		57,13	Coefficiente di curvatura	0,94	D90	1,84587 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	84,32	0,0136	46,51				
9,5200	97,83	0,2970	78,97	0,0058	31,86				
4,7500	94,89	0,1500	73,20	0,0038	24,54				
2,3600	91,21	0,0750	67,34	0,0023	20,15			Setacci	8
1,1900	87,83	0,0241	53,83	0,0008	11,36			Punti sediment.	6

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Paolo Tognelli

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03539 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 24/06/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 1

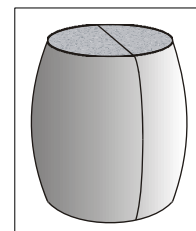
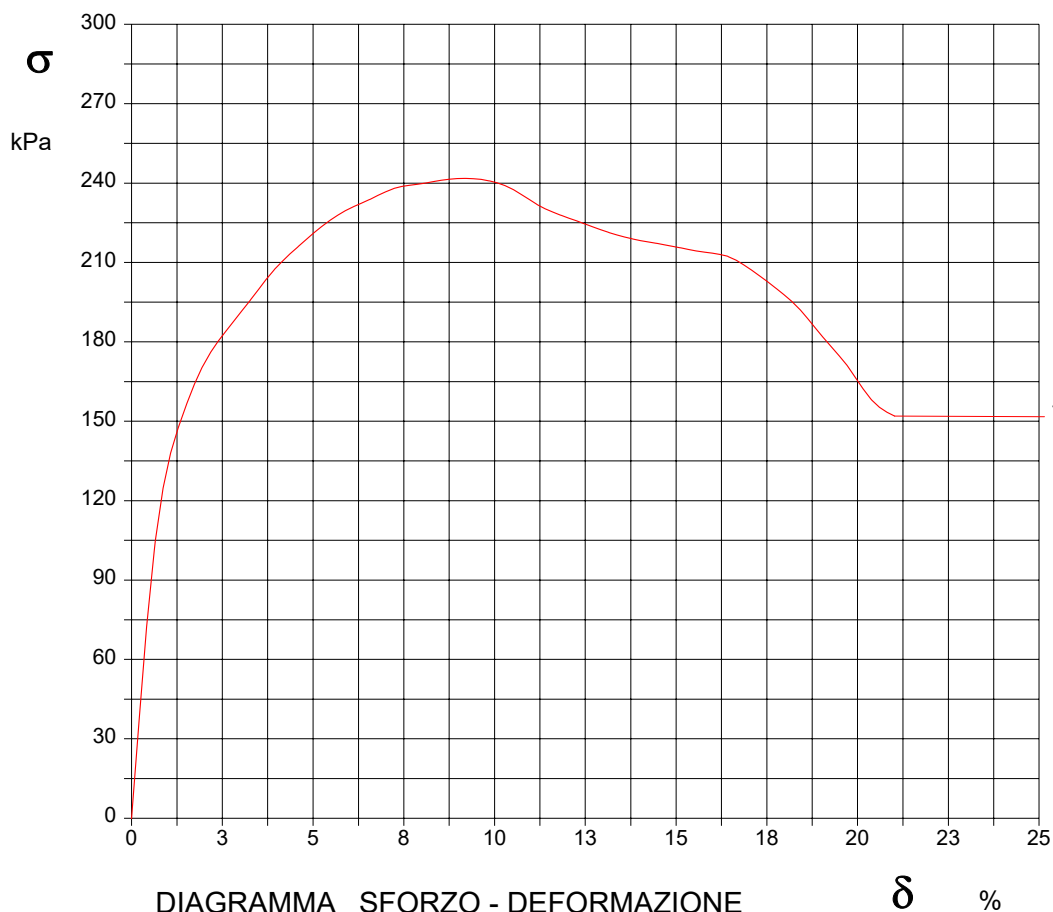
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

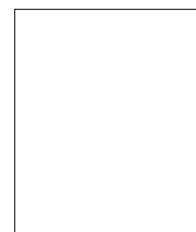
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

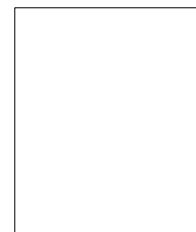
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,270	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,34	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	21,0	-----	-----
Umidità naturale (%):	13,9	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3



CERTIFICATO DI PROVA N°: 03539	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

[illegible]

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03540 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 01/07/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 05/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

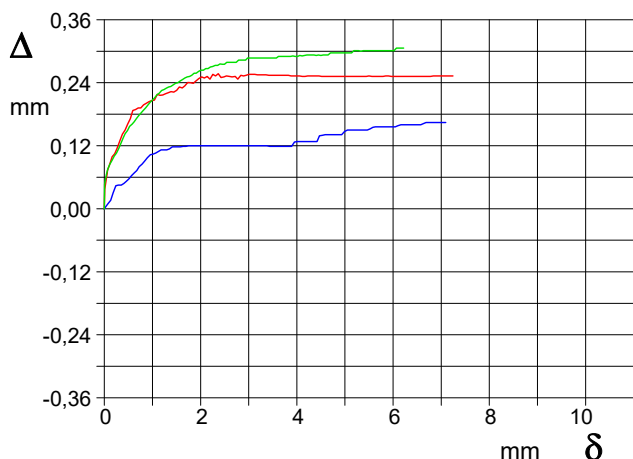
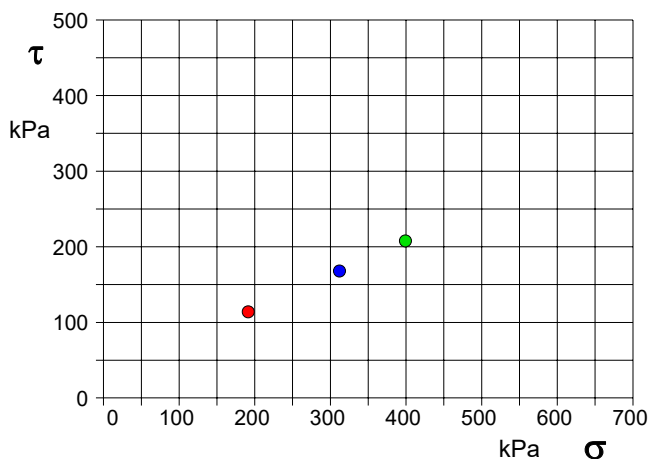
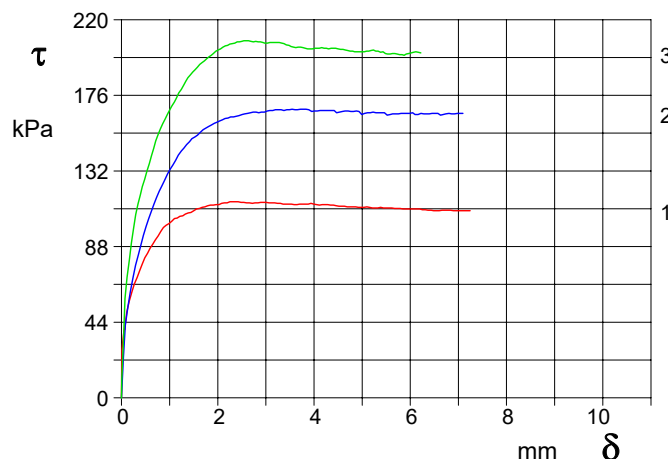
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	191	312	399
Tensione a rottura (kPa):	114	168	208
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,25	3,55	2,54
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,26	0,12	0,28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 16,7	--- 18,6	--- 17,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,5 23,9	19,5 23,1	20,2 23,7

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03540	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 01/07/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 05/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,008	28,0	0,04	0,039	23,3	0,01	0,006	10,5	0,05
0,067	39,8	0,07	0,184	62,0	0,03	0,116	70,2	0,09
0,217	61,6	0,11	0,353	83,3	0,05	0,251	98,8	0,11
0,376	74,0	0,14	0,512	99,7	0,06	0,391	118,1	0,14
0,539	84,1	0,17	0,674	112,7	0,07	0,526	131,9	0,16
0,703	91,9	0,19	0,840	123,4	0,09	0,667	145,0	0,17
0,870	99,1	0,20	1,010	133,0	0,10	0,807	156,5	0,19
1,040	102,7	0,21	1,181	141,2	0,11	0,953	164,9	0,20
1,213	105,6	0,22	1,353	147,4	0,11	1,096	172,0	0,22
1,386	107,5	0,22	1,526	151,8	0,12	1,240	179,4	0,23
1,559	109,8	0,23	1,697	155,9	0,12	1,380	186,2	0,23
1,732	111,1	0,24	1,866	158,7	0,12	1,529	190,9	0,24
1,908	112,1	0,24	2,041	161,1	0,12	1,672	195,0	0,25
2,080	113,1	0,25	2,214	162,8	0,12	1,816	198,3	0,25
2,252	114,1	0,26	2,383	163,8	0,12	1,962	201,7	0,26
2,424	114,1	0,25	2,561	165,2	0,12	2,108	204,1	0,27
2,599	113,4	0,25	2,736	166,2	0,12	2,250	205,8	0,27
2,775	113,4	0,25	2,908	166,2	0,12	2,402	207,1	0,28
2,947	113,7	0,25	3,081	167,2	0,12	2,544	207,8	0,28
3,126	113,4	0,26	3,263	167,6	0,12	2,688	207,4	0,28
3,300	113,1	0,26	3,433	167,6	0,12	2,837	207,1	0,28
3,475	112,8	0,25	3,605	167,6	0,12	2,977	206,4	0,29
3,648	112,4	0,25	3,776	167,9	0,12	3,137	206,8	0,29
3,824	112,8	0,25	3,953	166,6	0,13	3,279	206,8	0,29
3,997	112,8	0,25	4,126	167,2	0,13	3,426	205,4	0,29
4,172	112,4	0,25	4,304	167,2	0,13	3,575	204,1	0,29
4,344	112,1	0,25	4,471	165,9	0,14	3,723	204,1	0,29
4,519	111,5	0,25	4,645	166,9	0,14	3,866	203,1	0,29
4,691	111,1	0,25	4,820	166,6	0,14	4,017	203,4	0,29
4,863	111,1	0,25	4,991	164,8	0,15	4,160	203,7	0,29
5,038	110,8	0,25	5,170	165,9	0,15	4,305	203,1	0,29
5,213	110,5	0,25	5,345	165,9	0,15	4,449	203,4	0,29
5,385	110,8	0,25	5,520	164,5	0,15	4,601	202,7	0,29
5,559	110,5	0,25	5,698	165,2	0,16	4,750	201,7	0,30
5,734	110,1	0,25	5,874	165,5	0,16	4,895	201,4	0,30
5,904	109,8	0,25	6,049	165,9	0,16	5,045	201,4	0,30
6,076	109,8	0,25	6,221	165,5	0,16	5,186	202,0	0,30
6,254	109,5	0,25	6,395	165,2	0,16	5,331	201,7	0,30
6,429	109,2	0,25	6,574	165,5	0,16	5,483	200,4	0,30
6,603	108,8	0,25	6,739	165,2	0,16	5,628	200,4	0,30
6,779	109,2	0,25	6,922	165,2	0,16	5,780	199,7	0,30
6,953	108,8	0,25	7,092	165,5	0,16	5,917	200,0	0,30
7,129	108,8	0,25				6,069	201,0	0,31
						6,219	200,7	0,31

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Paolo Tognelli

Firmato Da: PASTORELLI MATTEO Ennesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 1fdd330f60fe741ac04c0e8b3a999fa



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03540 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25 Inizio analisi: 01/07/25

Apertura campione: 24/06/25 Fine analisi: 05/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,850
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

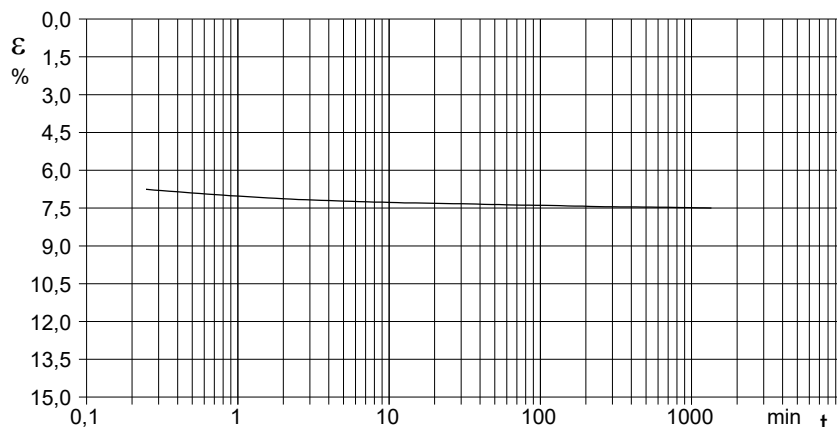


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,957
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

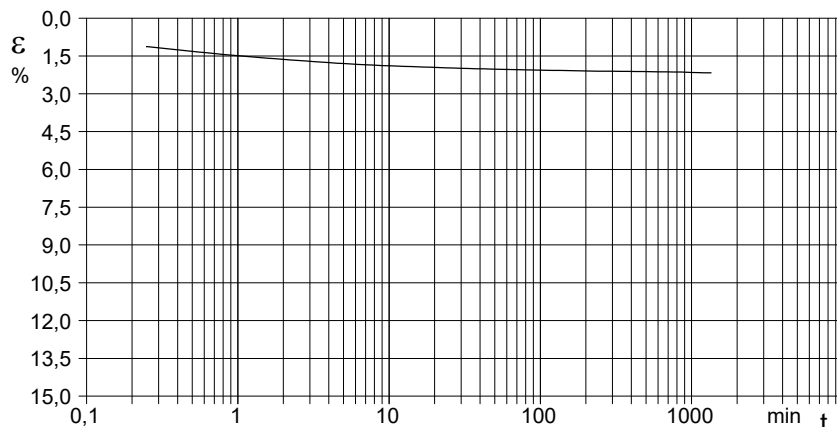
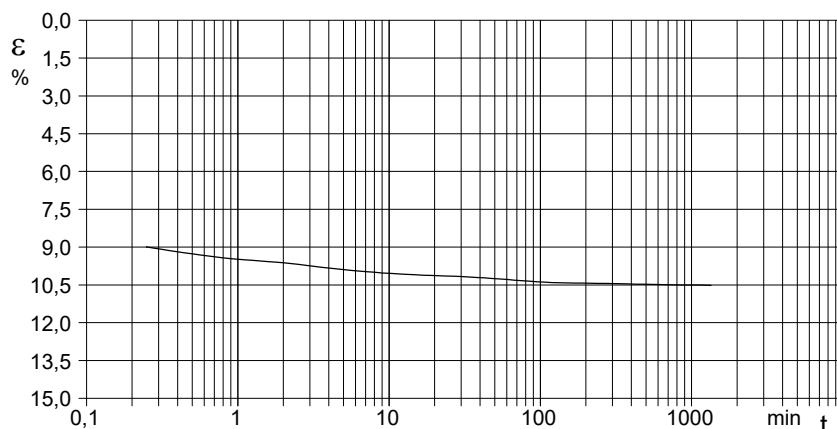


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	399
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,790
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03540	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 01/07/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 05/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli



COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	191		312		399	
Tensione a rottura (kPa):	114		168		208	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,25		3,55		2,54	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,26		0,12		0,28	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	---	16,7	---	18,6	---	17,5
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,5	23,9	19,5	23,1	20,2	23,7

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione: 27,6 kPa
Angolo di attrito interno: 24,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

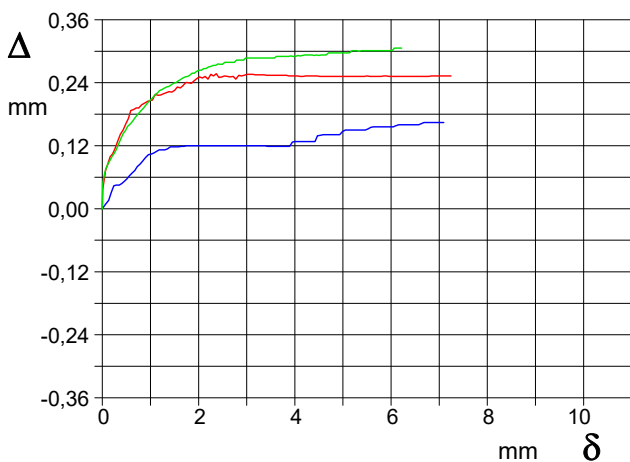
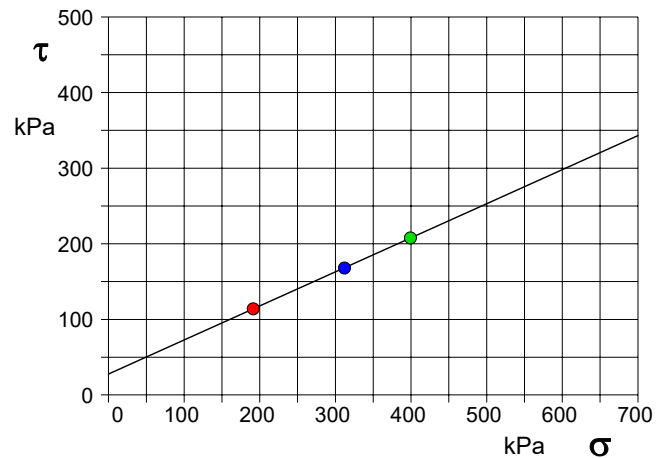


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

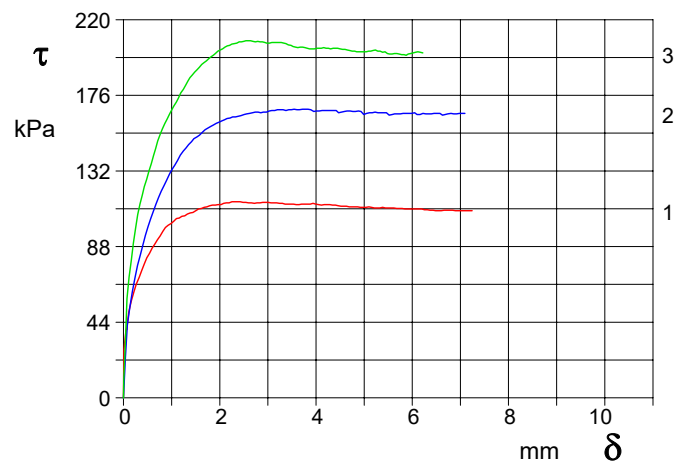


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	TECNA srl			
RIFERIMENTO:	Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.0-2.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	12,0	%
Peso di volume	18,5	kN/m³
Peso di volume secco	16,5	kN/m³
Peso di volume saturo	20,1	kN/m³
Peso specifico	26,2	kN/m³
Indice dei vuoti	0,585	
Porosità	36,9	%
Grado di saturazione	54,9	%
Limite di liquidità	35,6	%
Limite di plasticità	20,2	%
Indice di plasticità	15,4	%
Indice di consistenza	1,53	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 10

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	5,9	%
Sabbia	18,8	%
Limo	45,3	%
Argilla	30,0	%
D 10	0,000411	mm
D 50	0,008228	mm
D 60	0,017163	mm
D 90	0,928071	mm
Passante set. 10	94,1	%
Passante set. 42	86,6	%
Passante set. 200	78,0	%

COMPRESSIONE

σ	406	kPa
c_u	203	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	24,0	kPa
ϕ'	18,7	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove CF GR TD CS	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo con argilla sabbioso, con litici eterogenei MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 6/6 Olive yellow
	5				
	10	>500			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392,4 kPa duro
	15				
	20	>500			
				24	

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03545	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 25/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 28/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO: 2		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.0-2.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	94,1	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,6	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,0	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	35,6	%
Limite di plasticità	20,2	%
Indice di plasticità	15,4	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6 INDICE DI GRUPPO: 10

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03541	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 12,0 %

☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03542	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 24/06/25
COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.0-2.5	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,5 kN/m³



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03543	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 25/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 26/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.0-2.5

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-10

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,2 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,1 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 24,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03544 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25 Inizio analisi: 30/06/25

Apertura campione: 24/06/25 Fine analisi: 01/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 2

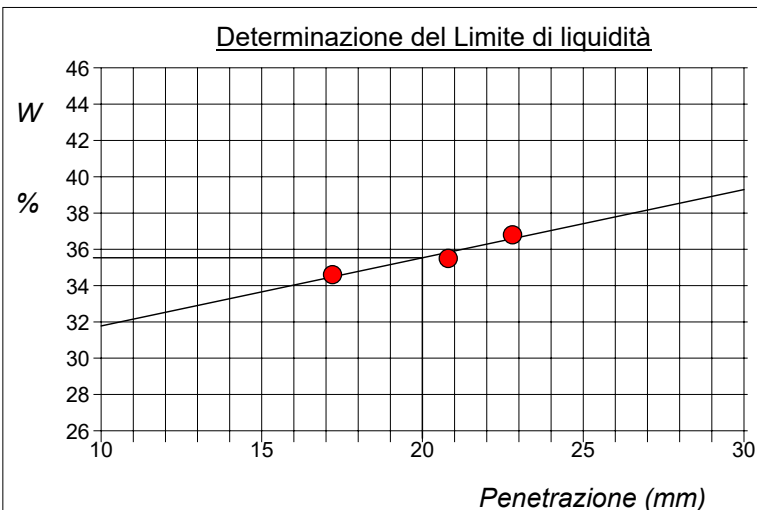
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	35,6	%
Limite di plasticità	20,2	%
Indice di plasticità	15,4	%
Indice di consistenza	1,53	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

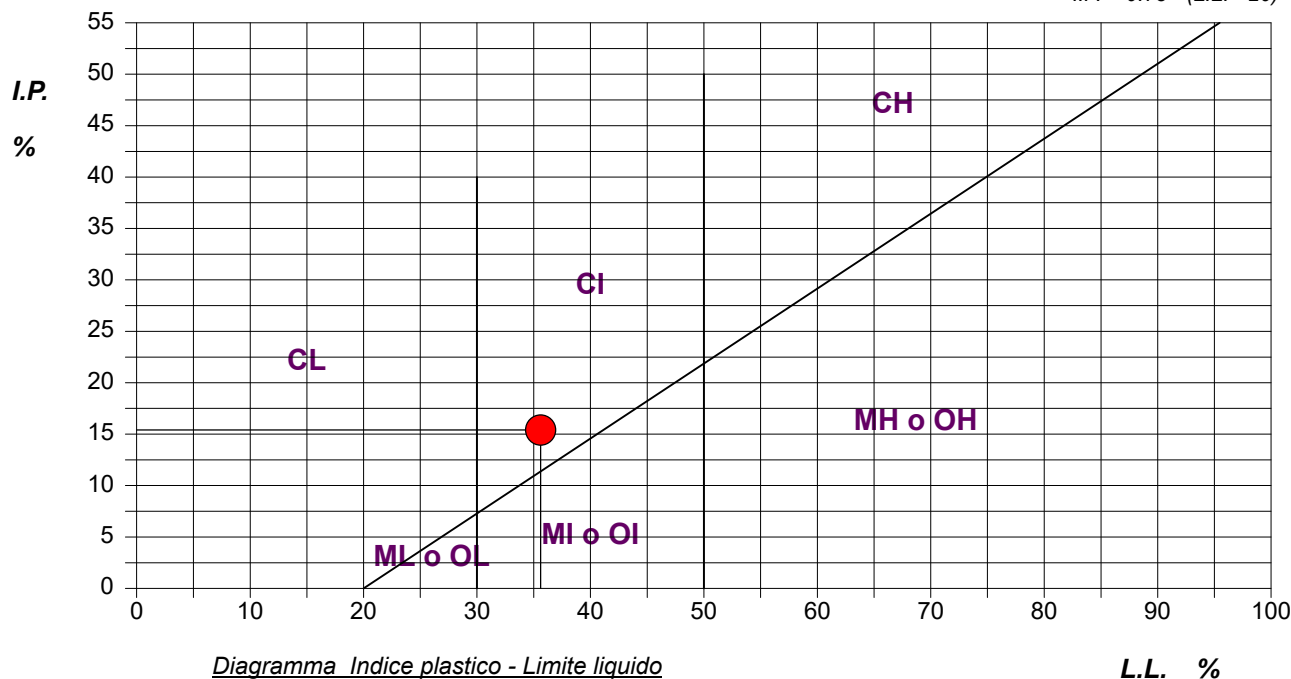
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03545 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 25/06/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 28/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 2

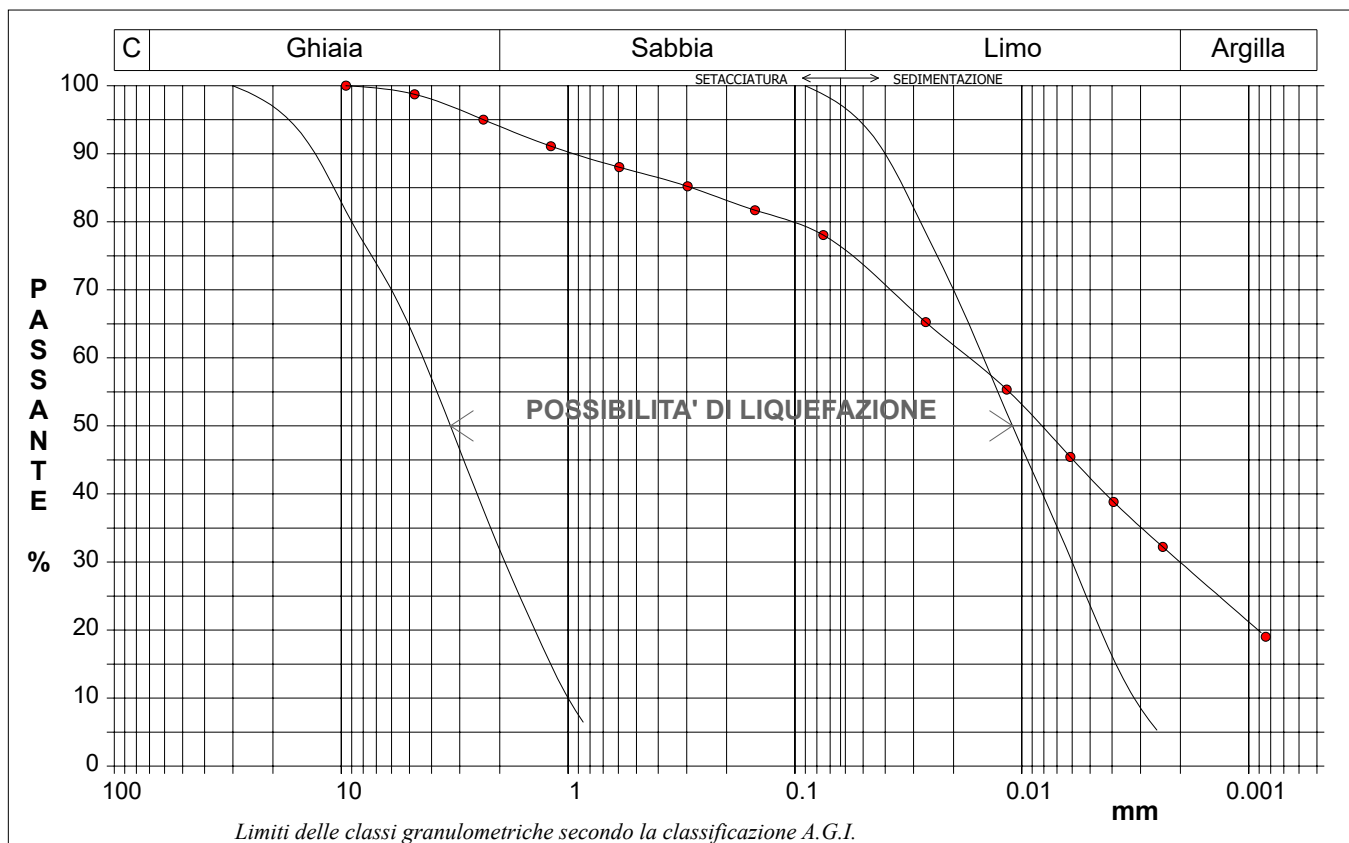
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	5,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,1 %	D10	0,00041 mm	
Sabbia	18,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,6 %	D30	0,00201 mm	
Limo	45,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	78,0 %	D50	0,00823 mm	
Argilla	30,0 %			D60	0,01716 mm	
Coefficiente di uniformità		41,71	Coefficiente di curvatura	0,57	D90	0,92807 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	85,19	0,0061	45,43				
4,7500	98,73	0,1500	81,70	0,0039	38,83				
2,3600	95,00	0,0750	78,05	0,0024	32,23				
1,1900	91,11	0,0265	65,25	0,0008	19,02			Setacci	7
0,5950	88,02	0,0117	55,34					Punti sediment.	6

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Firmato Da: PASTORELLI MATTEO Ennesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 1fdd330f60fe741ac04c0e8b3a999fa

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03546 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 24/06/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 2

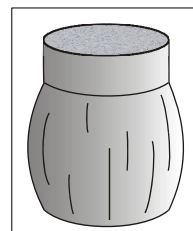
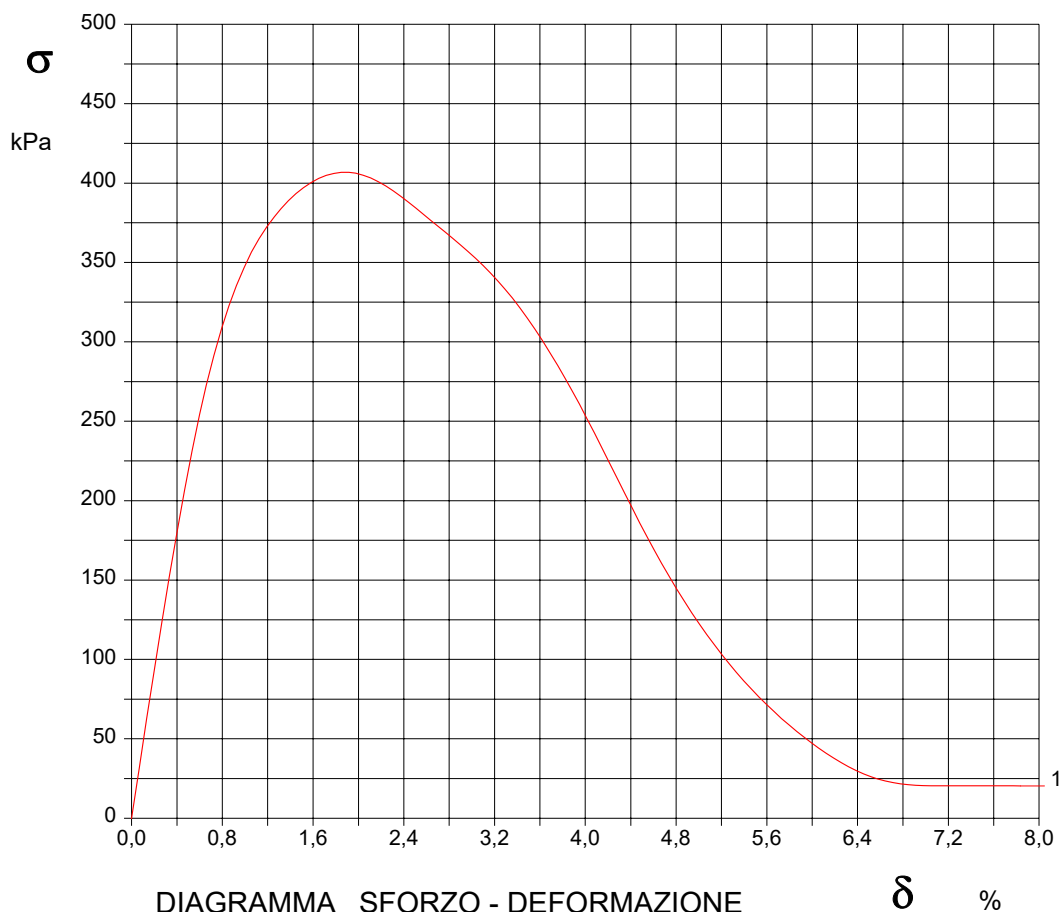
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

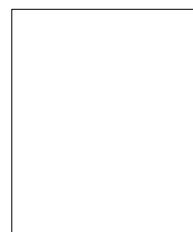
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

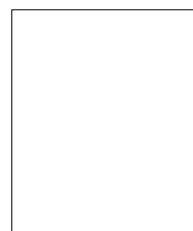
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,270	----	----
Altezza (cm):	7,60	----	----
Sezione (cm²):	11,34	----	----
Peso di volume (kN/m³):	20,2	----	----
Umidità naturale (%):	12,2	----	----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 41408	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03546	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 24/06/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 25/06/25

COMMITTENTE: TECNA srl				
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)				
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.0-2.5

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

[illegible]

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03547 Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25

Inizio analisi: 01/07/25

Apertura campione: 24/06/25

Fine analisi: 04/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

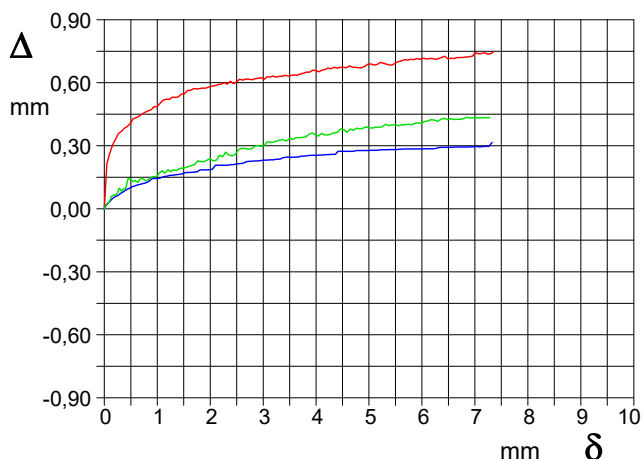
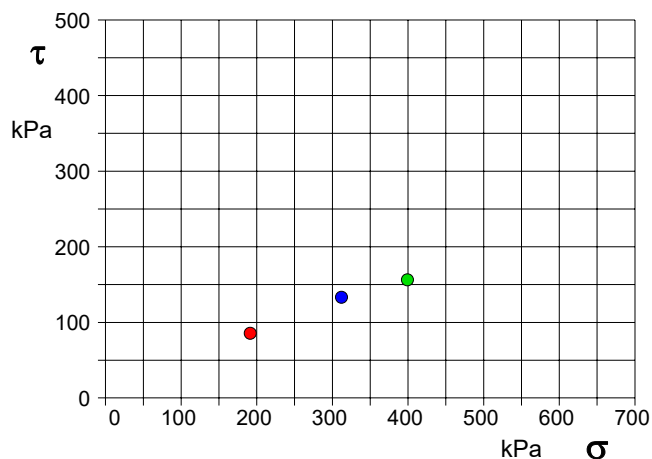
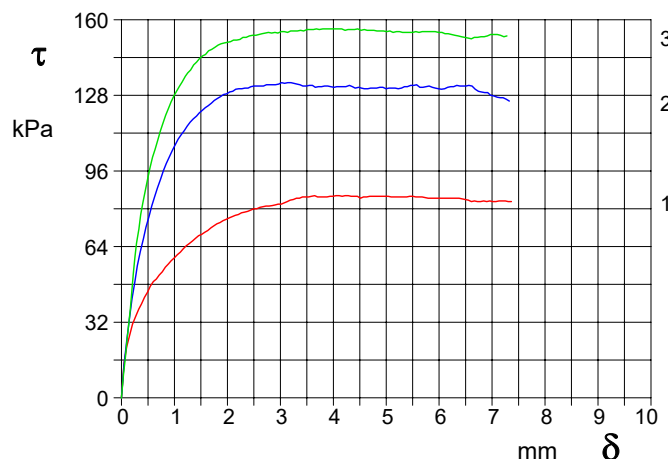
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	191	312	399
Tensione a rottura (kPa):	86	133	156
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,65	3,02	3,68
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,64	0,23	0,34
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 17,9	--- 19,4	--- 17,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,1 21,3	19,4 23,1	18,1 21,3

DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03547	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 01/07/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 04/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)
SONDAGGIO: 2 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.0-2.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,048	14,7	0,21	0,045	13,3	0,02	0,038	10,2	0,02
0,210	31,1	0,33	0,198	41,9	0,06	0,132	30,3	0,06
0,378	39,7	0,38	0,355	61,9	0,08	0,221	52,5	0,06
0,545	47,2	0,43	0,520	76,9	0,10	0,328	71,5	0,08
0,714	51,9	0,45	0,680	88,9	0,12	0,448	87,7	0,14
0,883	56,7	0,47	0,847	99,2	0,13	0,585	101,8	0,13
1,055	60,6	0,50	1,017	107,2	0,14	0,732	112,9	0,14
1,226	64,4	0,52	1,186	113,1	0,16	0,887	122,5	0,15
1,396	67,5	0,53	1,357	118,1	0,16	1,040	129,7	0,17
1,573	70,0	0,56	1,526	121,7	0,17	1,203	136,0	0,19
1,747	72,8	0,57	1,698	124,7	0,18	1,363	140,8	0,18
1,919	75,0	0,57	1,869	127,5	0,19	1,534	144,7	0,20
2,091	76,7	0,59	2,042	129,4	0,19	1,705	147,4	0,21
2,268	78,3	0,60	2,214	130,8	0,21	1,880	149,8	0,22
2,442	79,4	0,60	2,392	131,1	0,21	2,058	150,7	0,23
2,616	80,6	0,61	2,559	131,9	0,22	2,237	151,6	0,25
2,786	81,1	0,61	2,738	132,5	0,23	2,417	153,1	0,25
2,960	81,9	0,62	2,908	132,5	0,23	2,596	153,7	0,29
3,131	83,1	0,63	3,080	133,1	0,23	2,775	154,6	0,28
3,303	84,4	0,63	3,254	133,1	0,24	2,952	154,3	0,30
3,477	85,0	0,63	3,425	131,9	0,25	3,138	154,6	0,32
3,649	85,6	0,64	3,605	132,2	0,25	3,323	155,2	0,33
3,823	85,0	0,65	3,780	131,7	0,25	3,503	155,8	0,33
3,994	85,3	0,66	3,951	131,7	0,25	3,680	156,1	0,34
4,168	85,3	0,66	4,130	131,7	0,26	3,860	156,1	0,35
4,338	85,3	0,67	4,305	132,2	0,26	4,041	156,1	0,35
4,513	84,4	0,67	4,480	131,4	0,27	4,223	155,5	0,35
4,689	85,3	0,67	4,651	130,8	0,27	4,402	155,8	0,36
4,862	85,3	0,67	4,820	131,1	0,28	4,585	155,8	0,36
5,038	85,3	0,69	4,996	130,8	0,28	4,768	155,5	0,38
5,213	85,0	0,70	5,170	131,1	0,28	4,945	155,2	0,39
5,387	85,0	0,68	5,343	131,7	0,28	5,130	154,6	0,39
5,561	85,0	0,70	5,520	132,2	0,28	5,309	154,6	0,40
5,735	84,7	0,71	5,691	131,4	0,29	5,499	154,6	0,40
5,909	84,4	0,72	5,870	131,4	0,29	5,682	154,9	0,40
6,084	84,4	0,71	6,042	130,6	0,29	5,865	154,9	0,41
6,259	84,4	0,71	6,218	131,7	0,29	6,052	154,6	0,42
6,432	84,2	0,73	6,393	131,9	0,29	6,234	153,7	0,42
6,608	83,1	0,72	6,561	132,2	0,29	6,419	152,8	0,43
6,780	83,1	0,72	6,744	129,7	0,29	6,608	151,9	0,43
6,958	83,3	0,73	6,916	129,2	0,30	6,790	152,8	0,43
7,130	83,3	0,74	7,097	127,2	0,30	6,971	153,7	0,43
7,304	83,1	0,74	7,265	126,4	0,30	7,159	153,4	0,43

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Paolo Tognelli

Firmato Da: PASTORELLI MATTEO Ennesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 1fdd330f60fe741ac04c0e8b3a999fa



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03547 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25

DATA DI EMISSIONE: 10/07/25 Inizio analisi: 01/07/25

Apertura campione: 24/06/25 Fine analisi: 04/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl

RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.0-2.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,828
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

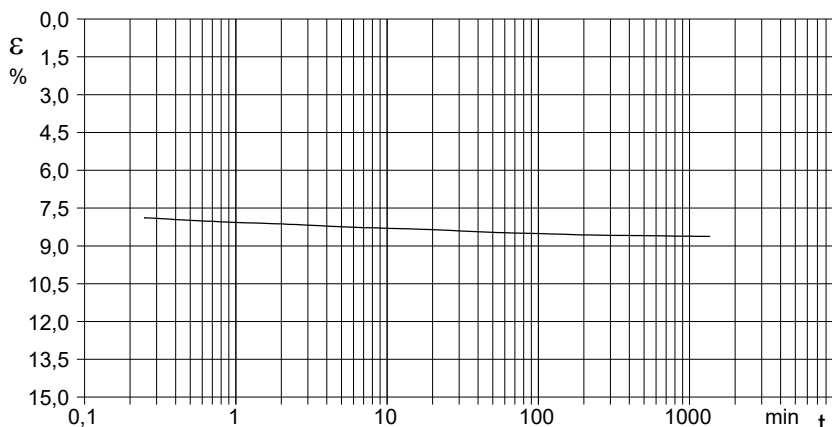


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,811
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

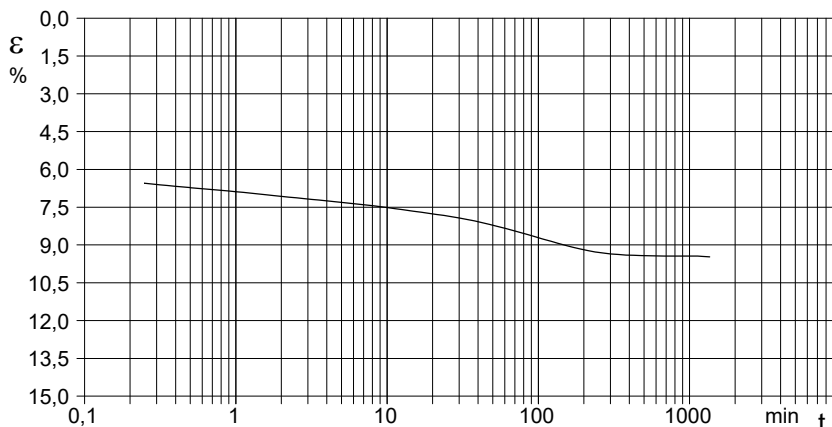
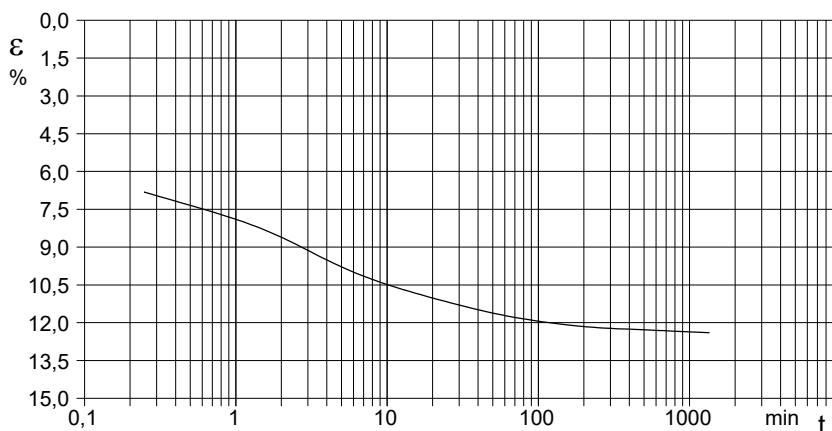


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	399
Altezza iniziale (cm)	2,500
Altezza finale (cm)	2,190
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03547	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 10/07/25	Inizio analisi: 01/07/25
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 289 del 03/06/25		Apertura campione: 24/06/25	Fine analisi: 04/07/25

COMMITTENTE: TECNA srl			
RIFERIMENTO: Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.0-2.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli



COMMITTENTE:	TECNA srl		
RIFERIMENTO:	Geom. Matteo Pastorelli - Civitella Paganico (GR)		
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	2.0-2.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	191		312		399	
Tensione a rottura (kPa):	86		133		156	
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,65		3,02		3,68	
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,64		0,23		0,34	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 17,9		--- 19,4		--- 17,8	
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,1 21,3		19,4 23,1		18,1 21,3	

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 24,0 kPa
Angolo di attrito interno: 18,7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

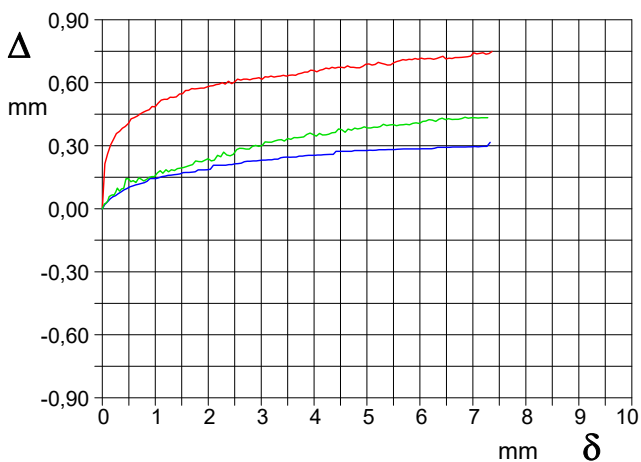
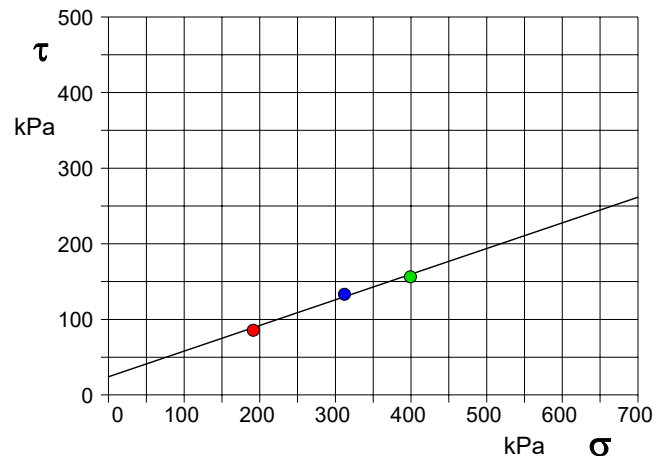


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

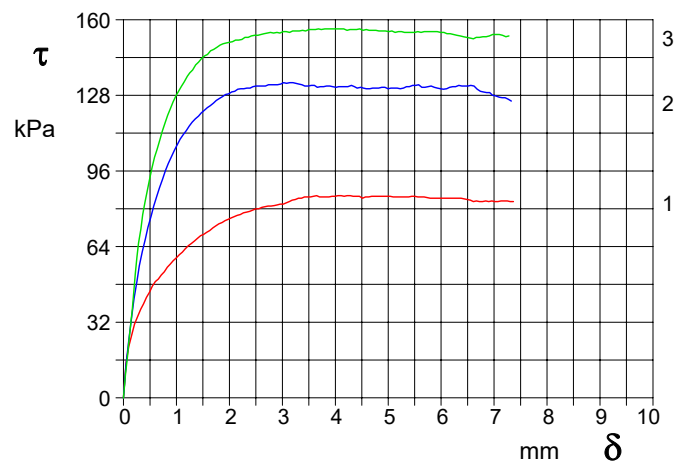


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



PROVINCIA DI GROSSETO
COMUNE DI CIVITELLA PAGANICO



Relazione tecnica inerente alle indagini geofisiche attive-passive in tecnica Sismica a Rifrazione (SR) e MASW-ReMi (MW-ReMi) svolte a Paganico (GR).

Data esecuzione indagini: 06 Giugno 2025
Data stesura relazione tecnica: 13 Giugno 2025

EngeoProgetti Srl
via Pontevecchio 18 Barga
55051 - Lucca
Pec : engeoprogettisrl@pec.it
Mobile Phone: 3496608449 / 3476146353



INDICE RELAZIONE

1 – PREMESSA	2
1.1 UBICAZIONE AREA DI STUDIO	2
1.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE	2
1.3 STRUTTURA DELLA RELAZIONE	2
2 – LE ONDE DI SUPERFICIE	3
2.1 DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE	3
2.2 CENNI TEORICI	4
2.3 PROPRIETA' RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI	7
3 – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	9
3.1 PROCEDURE DI CAMPAGNA	9
3.2 METODI DI ELABORAZIONE DEI DATI SISMICI A RIFRAZIONE	10
4 – INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	12
4.1 ACQUISIZIONE DEI DATI MASW	14
4.1.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI	15
4.1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	18
4.1.3 ESECUZIONE INDAGINE MASW	18
4.2 ELABORAZIONE (PROCESSING) ED INVERSIONE DEI DATI MASW	20
5 – BIBLIOGRAFIA	23

ALLEGATI

- ALLEGATO GRAFICO: REPORT ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN TECNICA TOMOGRAFICA ONDE P E MASW-REMI
- ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI



1 – PREMESSA

Il presente documento riguarda la descrizione, l'elaborazione e i risultati delle indagini geofisiche, di tipo sismico attivo-passivo, condotte a Paganico (GR).

1.1 – UBICAZIONE AREA DI STUDIO

Per la visualizzazione dell'ubicazione di ciascuna indagine geofisica svolta si rimanda alla cartografia tematica realizzata per ciascuna indagine.

1.2 – INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE

La caratterizzazione dal punto vista sismico del terreno è stata condotta mediante la realizzazione delle seguenti tipologie di prove geofisiche sia attive che passive:

n. 1 indagine sismica attiva a rifrazione P, per la determinazione dei profili sismostratigrafici;

n. 2 indagini sismiche attive-passive congiunte MASW-ReMi (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione dei profili di velocità Vs nel sottosuolo;

1.3 – STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione descriverà i metodi di indagine utilizzati, illustrerà la metodologia di acquisizione, la strumentazione utilizzata, le tecniche e modalità di inversione/interpretazione, e verranno mostrati, in allegato, i risultati ottenuti con la campagna di prospezione geofisica sismica integrata, a supporto della caratterizzazione sismica del sottosuolo relativamente alle diverse aree di indagine.

Verranno quindi in un primo momento illustrate e descritte le varie tecniche di acquisizione dei dati geofisiche, successivamente verranno riportate le modalità di elaborazione dei dati ed infine mostrati i risultati ottenuti.



2 – LE ONDE DI SUPERFICIE

2.1 – DESCRIZIONE DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Le onde superficiali si generano ogni qual volta esiste una superficie libera.

Vengono a crearsi quindi a causa dell'interazione delle onde di corpo con una superficie di discontinuità fisica, la più studiata delle quali è la superficie libera della Terra.

Queste onde si propagano solo lungo la superficie o nell'interfaccia tra due strati con proprietà fisiche diverse.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di volume, per cui il loro arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S.

Esistono due tipi di onde di superficie, chiamate coi nomi dei due fisici che per primi le studiarono: Onde di Rayleigh e Onde di Love.

- Onde di Rayleigh

Quando un'onda S (componente SV) assieme ad un'onda P incide sulla superficie libera dalla componente vettoriale delle due si generano onde superficiali che si propagano lungo la superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la loro velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, ossia la sua velocità è anche funzione della sua frequenza).

Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Si dimostra che una particella investita da questo tipo di onda vicina alla superficie, percorre un moto ellittico retrogrado lungo la direzione di propagazione (Fig. 1).

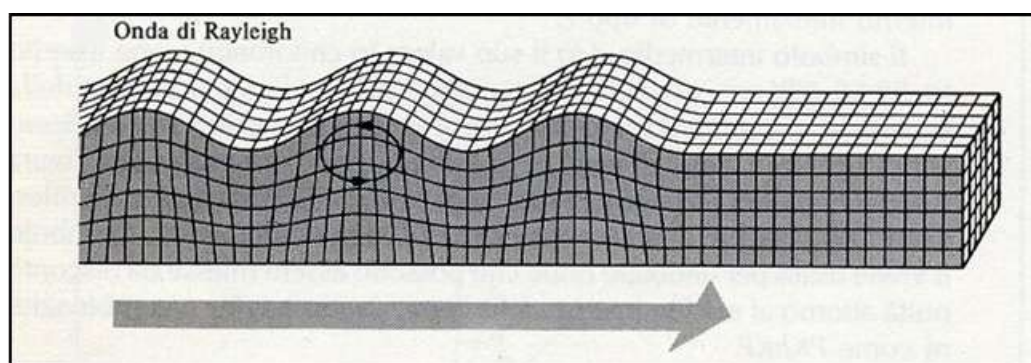


Fig. 1 - Schema di propagazione delle Onde di Rayleigh (fonte immagine www.ingv.it)

- Onde di Love



Le onde di Love sono onde superficiali, anch'esse generate dall'incontro delle Onde S (componente SH) con la superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (un mezzo quindi disomogeneo) di conseguenza sono onde sempre disperse.

Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale in direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda (Fig. 2).

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

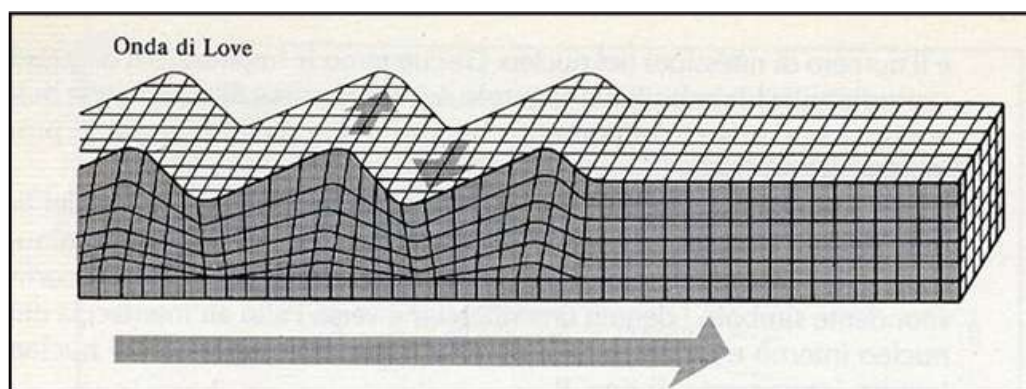


Fig. 2 - Schema di propagazione delle onde di Love (fonte immagine www.ingv.it)

2.2 – CENNI TEORICI

Nella maggior parte delle indagini sismiche di superficie, quando viene utilizzata una sorgente di onde di compressione, oltre due terzi del totale di energia sismica complessivamente generata è trasmessa mediante onde di Rayleigh.

Se consideriamo la variazione di velocità verticale in mezzi eterogenei noteremo che le onde di Rayleigh hanno un comportamento dispersivo, vale a dire che la velocità di gruppo non coincide con la velocità di fase di ciascuna frequenza.

Detto questo all'aumentare della lunghezza d'onda λ aumenta la profondità della parte interessata dalla perturbazione.

Sapendo che la lunghezza d'onda è legata al periodo T dell'onda mediante la relazione:

$$\lambda = V \cdot T$$

se ne deduce che, a parità di velocità (V), la profondità cresce all'aumentare del periodo e al diminuire della frequenza (si ricorda che $T = 1/f$ dove f è la frequenza).

In pratica, al crescere del periodo, aumenta la sensibilità dell'onda a caratteristiche del terreno sempre più profonde.

Il terreno inoltre agisce da filtro passa basso quindi le frequenze più alte possono essere indicative soltanto per gli strati più superficiali.

Nel caso delle onde Rayleigh, lo strato coinvolto nella perturbazione ha uno spessore dell'ordine di circa 0.5λ (Choon B.Park et al, 1997).

L'immagine sottostante (Fig. 3) riassume il concetto per cui considerando due componenti una ad alta frequenza e corta lunghezza d'onda (a sinistra) e una a bassa frequenza e quindi grande lunghezza d'onda (a destra), la velocità di propagazione della prima dipende dal materiale più superficiale (quindi dalle caratteristiche ad esempio del primo strato) mentre la seconda viaggerà ad una velocità che dipende da tutto il materiale fino in profondità (quindi dalle caratteristiche di tutti gli strati che compongono questo ipotetico modello).

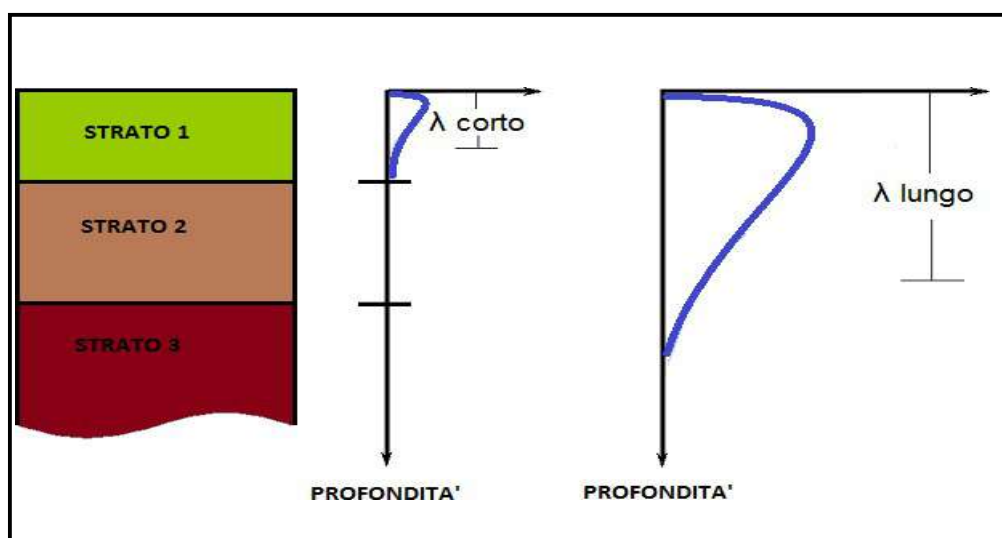


Fig. 3 - Corrispondenza tra lunghezza d'onda e profondità investigata

La distribuzione della velocità di fase in funzione della frequenza prende il nome di curva di dispersione.

E' chiaro quindi che più un modello di terreno è eterogeneo e maggiore sarà il grado di dispersione delle onde superficiali (Fig. 4).

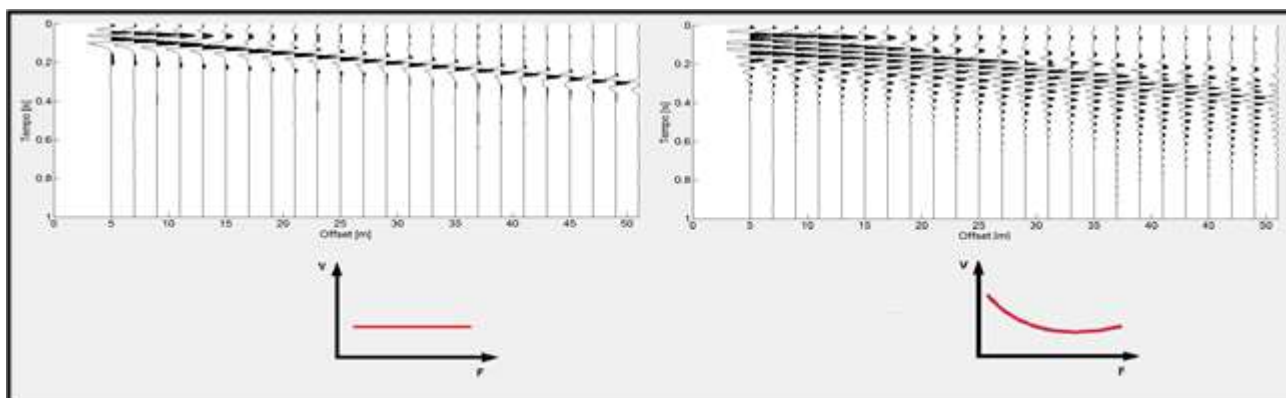


Fig. 4 - A sinistra, sismogramma risultante su terreno non dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione. A destra, sismogramma risultante su terreno dispersivo con sotto relativo andamento della curva di dispersione.

Un altro importante aspetto è connesso con la possibilità che questo tipo di onde, in presenza di eterogeneità verticali, manifestino anche una natura multimodale, vale a dire che la loro propagazione può avvenire, per una data frequenza, solo a determinate velocità (modi di propagazione).

Il modo che presenta la velocità di propagazione più bassa è detto modo fondamentale, mentre i restanti costituiscono i modi superiori.

In caso di strati eterogenei e con velocità crescenti il modo fondamentale è quello più energetico.

E' stato osservato che i modi superiori hanno origine in presenza di inversioni di velocità (Fig. 5) o di contrasti di velocità molto forti tra due strati (Cercato, 2008).

In questo caso i modi superiori sono caratterizzati da energia superiore rispetto al modo fondamentale.

Molto spesso può accadere che ci siano dei “salti di modo” tra il fondamentale e i superiori e viceversa quindi il solo basarsi sul modo fondamentale implica in alcuni casi una scorretta inversione dei dati.

I modi superiori vengono sempre più usati infatti il loro utilizzo nelle elaborazioni unitamente al modo fondamentale, può aiutare a vincolare meglio il modello Vs del sottosuolo, soprattutto in profondità. I più comuni software in commercio ne prevedono l'uso.

La dispersione delle onde superficiali quindi, elemento di disturbo negli altri tipi di indagini (sismica a rifrazione e a riflessione), risulta invece, grazie a questa sua proprietà, estremamente utile per calcolare le proprietà elastiche dei mezzi presenti in superficie.

Dalla curva di dispersione, in particolare dallo studio del modo fondamentale, infatti si può ricavare, attraverso l'operazione di inversione dei dati, il profilo di Velocità Vs e gli spessori degli strati indagati, parametri fondamentali sia in ingegneria sia in geofisica di esplorazione.

La stessa curva di dispersione inoltre può essere calcolata a partire dal sismogramma iniziale $x-t$ (offset-tempi) sia in forma generale in un diagramma $F-V$ (frequenze-velocità), sia in un diagramma $F-L$ (frequenze-lentezze dal momento che $L = 1/V$), sia in un diagramma $F-K$ (frequenze-numeri d'onda dal momento che $f=1/T$ quindi $V = \lambda f = 2\pi f / K$) sia in un diagramma $T-V$ o $T-L$ (tempi-velocità o tempi-lentezze).

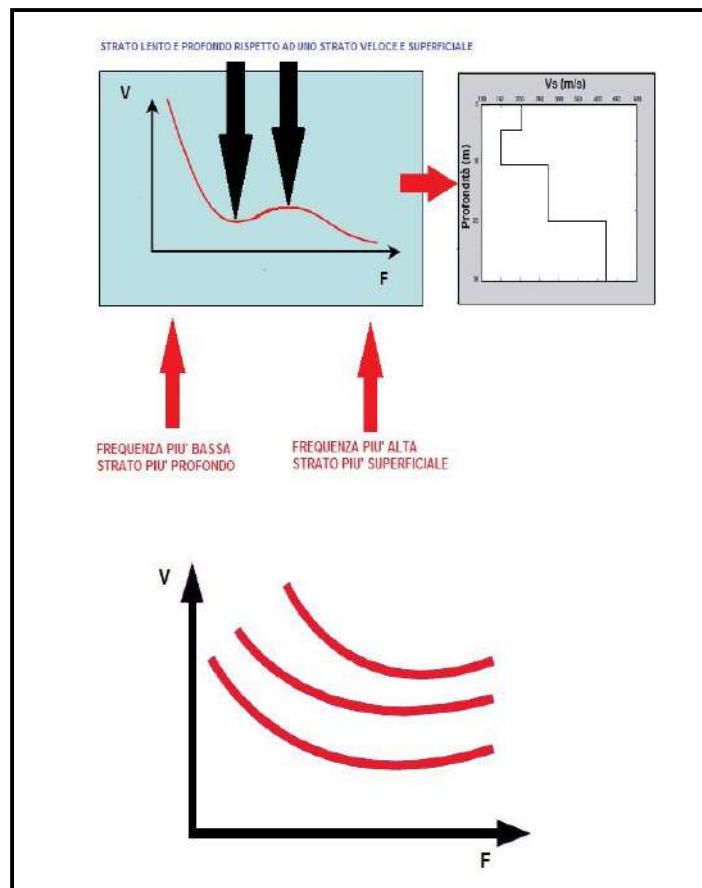


Fig. 5 - In alto, curva di dispersione con la presenza di inversione di velocità. In basso, andamento tipico della curva di dispersione (Modo Fondamentale e Modi Superiori); all'aumentare della frequenza diminuisce la velocità.

2.3 – PROPRIETÀ RIASSUNTIVE DELLE ONDE SUPERFICIALI

1. Circa il 67% dell'energia rilasciata da un qualsiasi tipo di sorgente genera onde di superficie.
2. L'ampiezza delle onde superficiali caratterizzate da un fronte d'onda cilindrico, la cui area risulta $2\pi xz$, è notevolmente maggiore rispetto alle onde di corpo che invece presentano fronte d'onda sferico.

Questo significa che per conservare l'energia (dal momento che l'energia è proporzionale al quadrato dell'ampiezza dell'onda) l'ampiezza dell'onda di superficie alla distanza X deve essere proporzionale a $1/X$. Il fronte d'onda delle onde di corpo invece è sferico (area relativa $4\pi x^2$) quindi



l'ampiezza alla distanza X è proporzionale a X^{-2} il che significa che decade molto più velocemente delle onde superficiali.

3. Lo studio delle onde superficiali non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

4. La propagazione delle onde di Rayleigh è influenzata prevalentemente da V_s e dallo spessore h degli strati mentre le velocità V_p e la densità possono essere trascurate. La velocità delle onde di Rayleigh è circa il 90 % della velocità delle V_s .

5. La proprietà della dispersività permette il calcolo della curva di dispersione dalla quale è possibile ricavare i parametri fondamentali del modello di terreno in superficie. Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente relazione sono state svolte utilizzando un sismografo DOREMI prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.



3 – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente relazione sono state svolte utilizzando un sismografo DOREMI prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Dinamica del sistema Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

3.1 – PROCEDURE DI CAMPAGNA

I cavi sismici sono stati stesi lungo la zona di interesse e ad essi sono stati collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di tipo P è stata effettuata mediante massa battente da 8 Kg: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro posto in prossimità della piastra di battuta (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

Per quanto riguarda invece l'energizzazione delle onde SH è stata utilizzata sempre una mazza da 8 Kg e la battuta è stata eseguita all'interno di buche con pareti a 90° colpendo su ambo i lati in maniera trasversale allo stendimento dei geofoni.



Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points), sono stati disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi, esternamente ed a distanze variabili entro il profilo stesso (in questo caso solo in posizione centrale).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza dei punti di energizzazione esterni e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

3.2 – METODI DI ELABORAZIONE DEI DATI SISMICI A RIFRAZIONE

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (to), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni.

Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (delay time), il Metodo del tempo di intercetta, il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980) ed il Metodo Tomografico.

Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche sul rifrattore stesso.

Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.



Il G.R.M., a differenza del metodo del tempo d'intercetta, permette anche di verificare e di individuare, con metodi di calcoli indiretti, la presenza di eventuali strati nascosti (di limitato spessore e/o basso contrasto di velocità) e strati a bassa velocità nella serie stratigrafica.

Negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza.

L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

Il Metodo tomografico permette di intervenire sui parametri del modello e di “controllare” le iterazioni successive, al fine di ridurre l'errore quadratico medio (indice della differenza tra i percorsi delle onde sismiche calcolati e quelli misurati).

A partire dal modello con parametri predefiniti dall'operatore (numero di iterazioni da effettuare, intervallo delle velocità sismiche di riferimento, posizione delle celle, dimensione delle celle e forma delle celle), i valori iniziali di velocità sismica relativi alle singole celle vengono modificati mediante iterazioni successive allo scopo di “fittare” i segmenti dei percorsi sismici e renderli compatibili con le misure sperimentali.

L'obiettivo è quindi il calcolo del tempo di transito dell'onda attraverso le celle del modello ed il confronto di tale tempo con quello sperimentale.

Attraverso successivi processi iterativi si determina un modello di velocità sismica finale che permette di soddisfare contemporaneamente le caratteristiche dei vari raggi sismici.



4 – INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Per le proprietà descritte precedentemente può risultare quindi conveniente l'utilizzo delle onde superficiali per la caratterizzazione di un determinato sito di indagine per stimare il profilo di Vs dalla velocità delle onde superficiali.

E' stato dimostrato ampiamente che la curva di dispersione delle onde superficiali è influenzata soprattutto dalla velocità delle onde S ma anche dallo spessore di ciascuno strato mentre risultano poco influenti le velocità delle onde P (totalmente nel caso delle onde di Love) e la densità di ciascuno strato.

E' quindi possibile stimare oltre al profilo di velocità delle onde S anche i diversi spessori degli strati.

La registrazione di tali forme d'onda viene effettuata mediante la tecnica MASW, l'acronimo sta per Multichannel Analysis of Surface Waves.

Bisogna precisare subito che la tecnica MASW non si basa solo ed esclusivamente sullo studio delle onde di Rayleigh in quanto anche le onde di Love sono onde superficiali anch'esse soggette al fenomeno della dispersione.

In questa specifica tecnica verranno però prese in considerazione solo le onde di Rayleigh.

Come è stato descritto in precedenza le onde di Rayleigh sono caratterizzate da una polarizzazione sul piano verticale e sono quindi registrabili lungo le due componenti verticale e radiale quindi possono essere registrate sia tramite geofoni verticali (per quanto riguarda la componente verticale) sia tramite geofoni orizzontali posti parallelamente allo stendimento (per quanto riguarda la registrazione della componente radiale).

Il tipo di sorgente dovrà comunque essere di tipo verticale per entrambe le componenti.

Questa precisazione è stata fatta perché molto spesso il solo utilizzo della componente verticale e/o orizzontale delle onde di Rayleigh, come unica tecnica MASW, senza avere dati geologici di base su un determinato sito, può non essere sufficiente per una corretta interpretazione dei diversi modi e la successiva inversione dei dati potrebbe dare qualche problematica.

LIMITAZIONI DEL METODO MASW

In generale è bene precisare che il metodo MASW presenta alcune limitazioni tra le quali:

1. Il modello di terreno deve essere a strati piani e paralleli viceversa la prova MASW perderebbe di attendibilità.
2. In riferimento a quanto previsto al precedente punto 1, non ci devono essere significative variazioni laterali del terreno.
3. La quota topografica dello stendimento dei geofoni non deve avere variazioni consistenti.



4. Le caratteristiche elastiche del terreno possono in alcuni casi attenuare completamente le onde superficiali rendendo quindi il metodo MASW inutilizzabile.

5. La profondità di investigazione è dipendente anche dalla lunghezza dello stendimento.

6. Poiché il profilo V_s finale viene calcolato mediante un processo di inversione, è possibile pervenire ad una curva di dispersione non univoca, ovvero quest'ultima soddisfa più modelli differenti di terreno (vedere seguito).

I metodi di prospezione sismica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) quindi, consentono di ottenere un modello verticale delle VS a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda.

Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità.

Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari.

Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore H dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità ρ dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame.

Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh.



Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi di seguito descritte in maniera semplificata:

Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici “grezzi” contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;

Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza (Spettro FP) e operazione di *Picking* della Curva di dispersione ottenuta;

Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità riconducibile col minor scarto di errore possibile al *Picking* della Curva di dispersione sperimentale ottenuta.

4.1 – ACQUISIZIONE DEI DATI MASW

Le analisi della dispersione delle onde superficiali partono dall'acquisizione dei dati con una geometria di tipo off-end ovvero lo stendimento dei geofoni si trova allineato da una stessa parte rispetto alla sorgente (Fig. 6) oppure split-spread quando invece la sorgente è posta all'interno dello stendimento di geofoni.

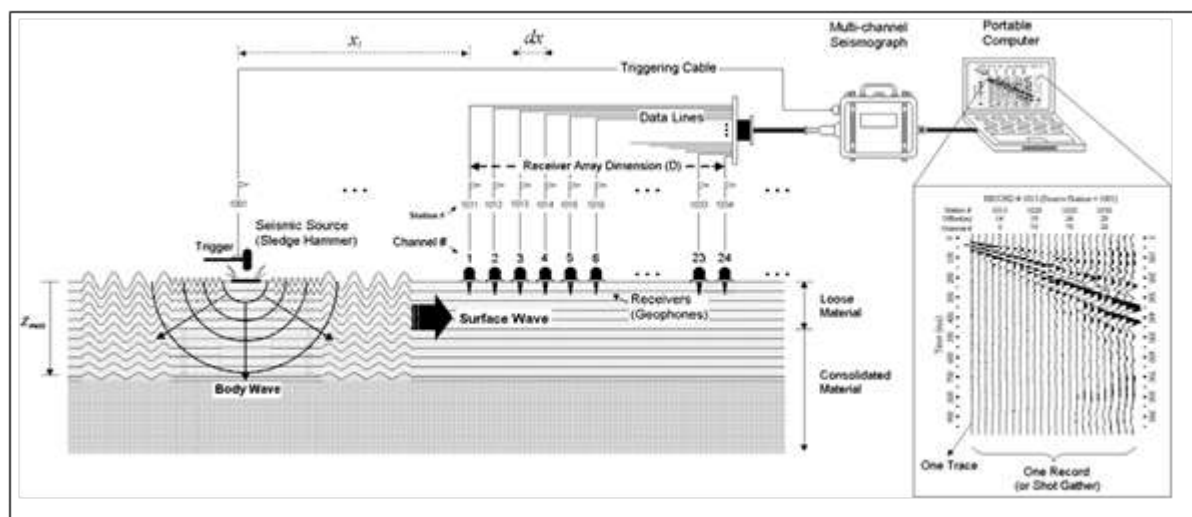


Fig. 6 - Schema di acquisizione delle Onde Superficiali (Fonte immagine www.kgs.ku.edu).

La strumentazione necessaria deve comprendere:

- Sismografo e suoi componenti (Cavi, Trigger, Sistema di acquisizione dati e inversione)
- Geofoni verticali e orizzontali
- Sorgente: martello, grave in caduta libera o fucile sismico
- Piastra per la battuta o traversina
- Appositi supporti per ciascun geofono in caso di presenza di asfalto o roccia

4.1.1 – PARAMETRI DI ACQUISIZIONE TEORICI ED UTILIZZATI

Ecco nel dettaglio i vari parametri necessari per un'acquisizione dati MASW:

1- Sorgente

Il tipo di sorgente utilizzata è stato di tipo verticale (martellata).

Qualora la registrazione fosse risultata problematica a causa della distanza e/o dell'attenuazione intrinseca del terreno è stato aumentato il numero di stack (ovvero il numero di colpi per registrazione). Ciò in generale tende a migliorare il rapporto segnale/rumore, la qualità delle registrazioni e quindi degli spettri di velocità su cui si andrà a fare il picking.

2 - Lunghezza dello stendimento Array Dimension (D)

Lo stendimento, in teoria, deve avere la lunghezza (D) maggiore possibile (in base alla disponibilità di spazio e di geofoni) in quanto dalla sua lunghezza derivano le frequenze più basse registrabili (λ_{max}) e quindi di conseguenza, come descritto in precedenza, una maggiore profondità di investigazione (Z).

La sua lunghezza non deve comunque essere superiore a 46 m (la distanza tra geofoni deve essere pari a 2 m per un array di 24 geofoni). In caso di utilizzo di più geofoni possono essere comunque possibili anche lunghezze superiori.

Dalla lunghezza dello stendimento dipende inoltre la risoluzione dei vari spettri, maggiore è la lunghezza e maggiore è la risoluzione. Di conseguenza sarà più facile effettuare l'operazione di picking.

In prima approssimazione quindi, sempre in via teorica, $D \approx Z \approx \lambda_{max}$ dove λ_{max} è la lunghezza d'onda massima misurata (corrispondente alla minima frequenza).

3 – Distanza tra i geofoni (dx)

Dipende molto dal numero di geofoni (in questo caso 24), dalla lunghezza dello stendimento e quindi dalla disponibilità di spazio. Utilizzando 24 geofoni la dx deve essere massimo di 2 m.

A maggior ragione se venisse utilizzato lo spettro f-k per l'individuazione dei modi delle onde superficiali deve essere comunque sempre utilizzata una dx piccola (2 m massimo).



Questo a causa del problema dell'*aliasing spaziale* ovvero la non sufficientemente ridotta distanza tra geofoni non consente di campionare a sufficienza i segnali a più alta frequenza.

Tale problema si presenta qualsiasi spettro si utilizzi, ma nel caso $f - v$ è più facilmente individuabile e non compromette l'interpretazione del dato rispetto allo spettro $f - k$.

Dalla distanza tra i geofoni dipendono inoltre le frequenze più alte registrabili quindi le informazioni inerenti gli strati più superficiali.

Una dx troppo grande inoltre (utilizzando 24 geofoni) ridurrebbe la "ridondanza", cioè quel fenomeno che permette di registrare la stessa frequenza da più stazioni e consente di avere un migliore rapporto segnale/rumore e quindi una migliore definizione della curva di dispersione ottimale.

In prima approssimazione quindi, in questo caso, la profondità minima di esplorazione $z \approx dx \approx \lambda_{\min}$, dove $\lambda_{\min}$ è la lunghezza d'onda minima (massima frequenza).

4 - Distanza sorgente-primo ricevitore (offset minimo X_1)

Per quanto riguarda l'offset minimo bisogna tenere in considerazione il fatto che una sorgente troppo vicina causa problemi di *near offset* e non si rispetta la condizione di onda piana in quanto l'onda generata ha un fronte sferico.

La teoria prevede che un'onda può considerarsi piana ad una distanza circa la metà della massima lunghezza d'onda desiderata (se vogliamo ad esempio avere un profilo che interessa i primi 30 metri di profondità si deve considerare una lunghezza d'onda di circa 60-70 metri, quindi un offset minimo di 30-40 m).

In pratica molto spesso ciò non è possibile, ma buoni risultati si possono ottenere anche ad offset minimi inferiori.

E' necessario quindi effettuare registrazioni con diversi offset in modo da poter valutare, nella fase di elaborazione dati, diversi spettri di velocità derivanti da diverse configurazioni sorgente-ricevitori ed ottenere dal loro confronto un quadro più completo che agevoli il riconoscimento dei modi delle onde di Rayleigh effettivamente presenti, non essendo possibile stabilire a priori, in campagna, quale sia la migliore configurazione.

In questo modo si può avere inoltre un riscontro sulla conformazione 1D del sottosuolo (presenza o meno di variazioni laterali) ma anche risultati che interessino porzioni di terreno sempre più profonde.

5 - Tipo di geofoni

E' raccomandato per questo tipo di registrazioni l'utilizzo di geofoni in grado di registrare basse frequenze (4.5 Hz o inferiore).



I geofoni verticali vengono utilizzati per la misura della componente verticale delle onde di Rayleigh mentre quelli orizzontali, eventualmente, per la componente radiale delle onde di Rayleigh.

I geofoni vengono posizionati in maniera ben solidale al terreno; in presenza di roccia o di asfalto si utilizzano gli appositi supporti. Il numero di geofoni utilizzati in questa campagna è di 24.

6 – Intervallo di campionamento (dt)

Per quanto riguarda le onde superficiali si parla di onde che hanno un range di frequenze teoricamente <100 Hz per questo motivo è sufficiente utilizzare un passo di campionamento molto ampio (anche 4 ms).

7 – Tempo di registrazione

Il tempo di registrazione dipende molto dal tipo di terreno. Se omogeneo o quasi il fenomeno della dispersione non è molto accentuato, se invece è molto eterogeneo il “ventaglio” della dispersione è molto ampio.

Pertanto la lunghezza della registrazione deve essere di almeno 1-2 secondi.

Nella tabella successiva vengono riassunti i parametri utilizzati appena descritti:

SORGENTE	Onde di Rayleigh: verticale (martellata)
LUNGHEZZA DELLO STENDIMENTO (D)	34.5-69 metri
DISTANZA TRA GEOFONI (dx)	1.5-3 m
OFFSET MINIMO (X ₁)	≈ dx e ≈ D/2
NUMERO DI SCOPPI	3
TIPO DI GEOFONI	4.5 Hz (verticali per la componente verticale delle onde di Rayleigh)
NUMERO DI GEOFONI	24
TEMPO DI REGISTRAZIONE	1-2 secondi
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO (dt)	0.5 – 2 ms
NOTE	Le tracce non sono state filtrate e è stato aggiunto AGC (Automatic Gain Control)



4.1.2 – STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geofisiche nell'ambito della seguente campagna geofisica sono state svolte utilizzando un sismografo *DOREMI* prodotto dall'azienda SARA Electronic Instruments s.r.l.

Di seguito vengono elencate le caratteristiche tecniche:

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto

Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)

Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato

Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Banda passante: 2Hz - 200Hz

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale

Dinamica del sistema Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB

Dinamica di base: 96dB (16 bit) S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc

Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA

4.1.3 – ESECUZIONE INDAGINE MASW

La geometria di acquisizione utilizzata è indicata nello schema sottostante.

E' bene precisare che una geometria di acquisizione "fissa" non esiste, poiché questa dipende dalle singole caratteristiche fisiche di ciascun sito indagato.

La geometria proposta, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, rappresenta il giusto compromesso tra pratica e teoria.



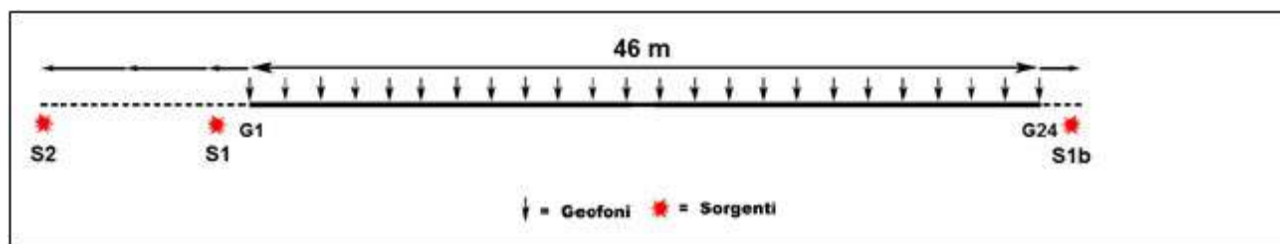


Fig. 7 - Geometria di acquisizione massima per le onde superficiali utilizzando 24 geofoni e $dx=2$.

S1: a distanza adeguata da G1.

S2: a distanza $D/2$ da G1 pari alla semi lunghezza dell'array di geofoni (D).

S1b: a distanza da G24 speculare rispetto a S1

La scelta di utilizzare due scoppi S1 e S2 di cui quest'ultimo a distanza, ove possibile, pari a $D/2$ è stata fatta per i seguenti motivi:

- Scoppi posti a distanza considerevole permettono di mettere in evidenza tutto il range di frequenze ottenibile dalla sorgente utilizzata, dalle più alte (S1) a quelle più basse (S2);
- I modi superiori, se presenti, sono maggiormente individuabili e discriminabili da quello fondamentale, il che in caso contrario porterebbe ad una interpretazione errata a seguito della fase di inversione dei dati;
- La similarità tra i due spettri F-V ricavabili dai due scoppi permette di stabilire se siamo in condizione di piani paralleli e/o assenza di variazioni laterali significative;
- In aggiunta al punto precedente, per verificare il parallelismo e l'omogeneità degli strati, in caso non ci sia lo spazio necessario per lo scoppio S2, eventualmente, ove possibile, è buona norma ricorrere ad uno scoppio (S1b) posto nella parte opposta dello stendimento in posizione geometricamente speculare allo scoppio S1.

Una volta stabilita la geometria di acquisizione si passa alla fase di montaggio della strumentazione in campagna.

I cavi sismici vengono stesi lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di tipo P è stata effettuata mediante massa battente da 8 Kg: l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro posto in prossimità della piastra di battuta (trigger), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La profondità di investigazione è, in linea teorica come descritto precedentemente, direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza dei punti di energizzazione esterni e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

4.2 – ELABORAZIONE (PROCESSING) E INVERSIONE DEI DATI MASW

L'analisi della dispersione delle onde superficiali (qualsiasi tipo esse siano) al fine di determinare il profilo delle Vs di un determinato sito è composta da due fasi fondamentali:

1 – Determinazione dello spettro di velocità (generalmente nel dominio $f - v$) dal quale vengono determinate le caratteristiche delle onde superficiali quindi le curve di dispersione.

2 – l'inversione, ovvero il passaggio dalle curve di inversioni al modello di terreno, dei diversi modi precedentemente individuati (in particolare il modo fondamentale). Una volta registrate le tracce seguendo la metodologia precedentemente descritta si ottiene il dataset dei dati nel dominio $x - t$ ovvero spazio – tempo. E' chiaramente impossibile lavorare in questo dominio quindi si deve passare al dominio $f - k$ (frequenze – numeri d'onda) oppure al dominio $f - v$ (frequenze – velocità) (Fig. 8).

Alcuni punti chiave da tenere in considerazione per il controllo di qualità dei dati sono:

1 – La registrazione corretta ben visibile in tutte le tracce.

2 – Spettro di velocità chiaro ed interpretabile.

3 – Attenzione ai modi superiori se presenti.

4 – Utilizzare come modello iniziale i dati geologici e/o i dati forniti dalla sismica a rifrazione. Trattandosi infatti di un problema inverso, la parametrizzazione del modello di riferimento deve essere adeguata rispetto all'informazione effettivamente disponibile (Foti, 2008).

5 – La corrispondenza tra curva di dispersione sperimentale e curva di dispersione numerica relativa all'ultima iterazione del processo di inversione, minimizzando gli scarti, deve essere adeguata per tutto il campo di frequenza per il quale sono disponibili informazioni sperimentali (Foti, 2008).

6 – In caso di incertezze legate alla NON UNIVOCITA' DELLA SOLUZIONE è necessaria quindi una taratura mediante dati diretti di esplorazione del sottosuolo.



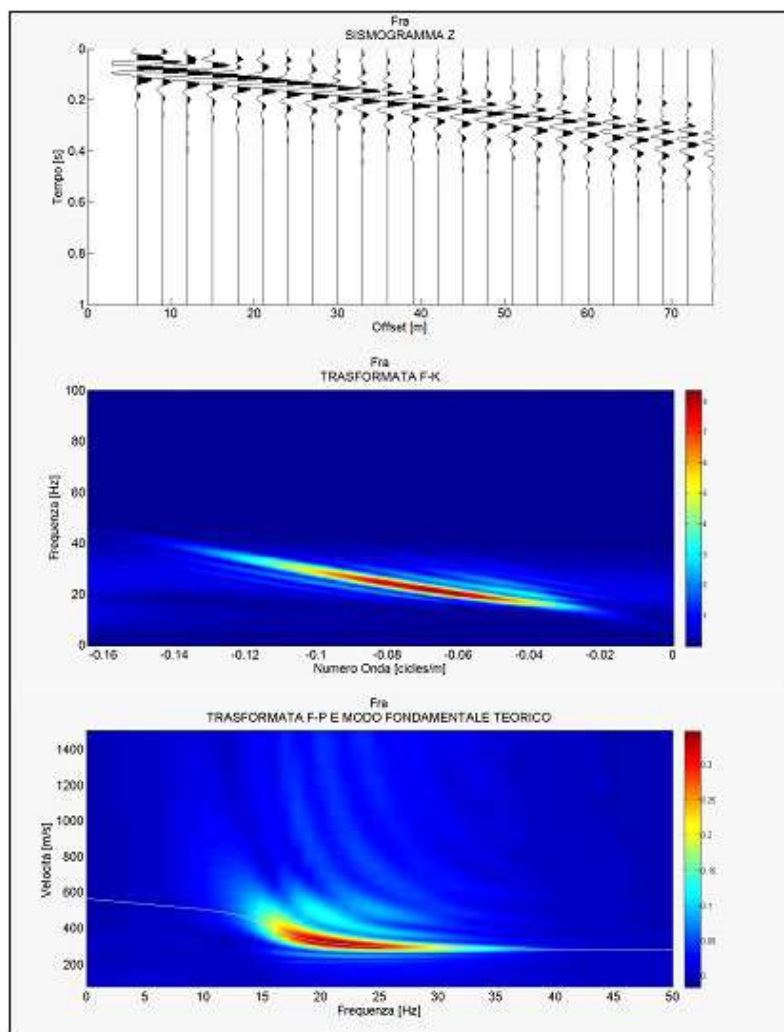


Fig. 8 - Semplice modello preso dalla letteratura composto da due strati a velocità crescente ($V_p = 650$ e 1400 m/s, $V_s = 300$ e 600 m/s, spessore h fino al semispazio di 8 m). Dall'alto al basso si può vedere il sismogramma sintetico (componente verticale), lo spettro f-k e lo spettro f-v (con modo fondamentale teorico).

Una volta calcolato lo spettro $f-v$ è buona norma verificare la profondità massima raggiunta dall'indagine (Fig. 9) in modo da meglio vincolare il modello da utilizzare nella fase di inversione, dopo di che si entra nella parte più delicata, ovvero il picking, l'individuazione cioè dei diversi modi.

La loro individuazione è quindi soggettiva (di contro all'oggettività dello spettro calcolato) e le scelte che si fanno devono essere ponderate con cura per non inficiare in maniera determinante il processo di inversione.

E' di uso comune interpretare il modo fondamentale come quello a più alta energia.

Questo non è sempre vero. In base infatti alla complessità del sito geologico i modi superiori potrebbero essere molto più energetici o addirittura talmente energetici che nello spettro il modo fondamentale non è visibile.

Non bisogna in maniera categorica basarsi sul picking e inversione automatica che molti software consentono di fare.

E' necessario quindi fare riferimento a prove invasive presenti nelle vicinanze (penetrometrie, carotaggi ecc.). Più dati si hanno a disposizione e maggiore è la probabilità di ricostruire, dalla curva di dispersione, il modello di terreno più veritiero che l'ha determinata, riducendo al minimo così i problemi di non univocità.

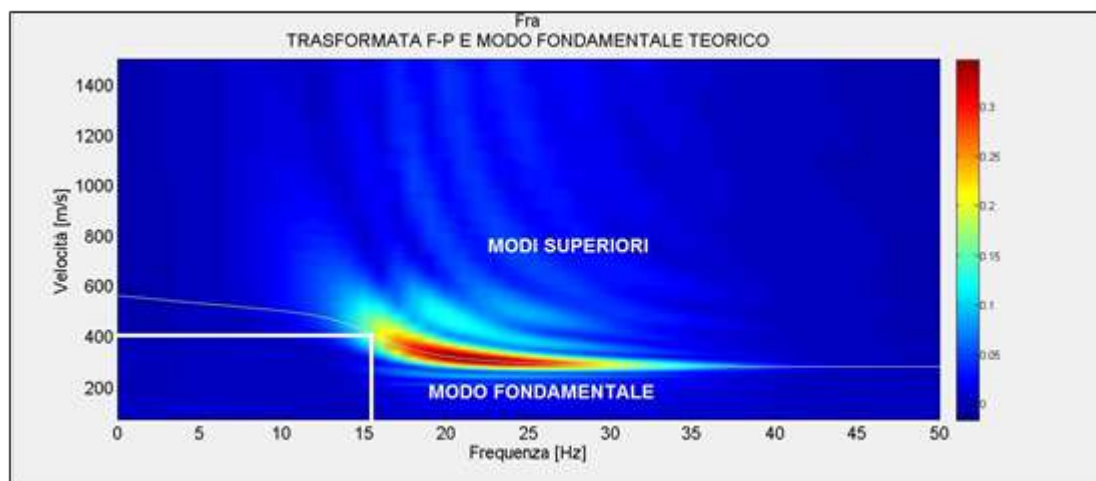


Fig. 9 - Calcolato lo spettro f-v per determinare in maniera approssimata la profondità massima raggiunta dalla prova si prendono le coordinate f-v dell'ultimo punto chiaramente visibile del modo fondamentale e si esegue la seguente formula: $Z = v / 2f$. In questo caso $v = 400$ m/s, $f = 15.5$ Hz quindi $Z = 400 / 31 = 12.9$ m

La geometria dello stendimento **MASW** utilizzata è stata di **24 geofoni** intervallati da una distanza di **1.5-3 m** (Lunghezza stendimento pari quindi a **34.5-69 m**) mentre i parametri di acquisizione sono stati settati in maniera consona a questo tipo di indagine (tempo di registrazione più lungo e bassa frequenza di campionamento).

In base alle indagini sismiche effettuata quindi, è stato possibile ricavare più sequenze sismo-stratigrafiche relativamente all'area d'indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali, nei primi 30 metri di profondità ed oltre (**Vs30/Vseq**).



5 – BIBLIOGRAFIA

C. Park, R. Miller, J. Xia. Multichannel Analysis of Surface Waves, *Geophysics*, 64(3), 800-808, 1999.

C. Park, R. Miller, J. Xia and J. Ivanov. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) – active and passive methods, *The Leading Edge* (January 2007).

M. Cercato. Addressing non-uniqueness in linearized multichannel surface wave inversion, *Geophysical Prospecting*, 00, 1-21, 2008.

S. Foti, F. Santucci de Magistris, F. Silvestri, C. Eva. Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva, 2008.

D. Albarello, S. Castellaro. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola *Ingegneria Sismica Anno XXVIII – n. 2 – 2011*.

M. Bour*, D. Fouissac, P. Dominique & C. Martin. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation (1998).

SESAME European research project. Guidelines for implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations, measurements, processing and interpretation (2004).



ALLEGATI

- **ALLEGATO GRAFICO: REPORT ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN TECNICA TOMOGRAFICA ONDE P E MASW-ReMi**
- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**



- **ALLEGATO GRAFICO: REPORT ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN TECNICA TOMOGRAFICA ONDE P E MASW-REMI**



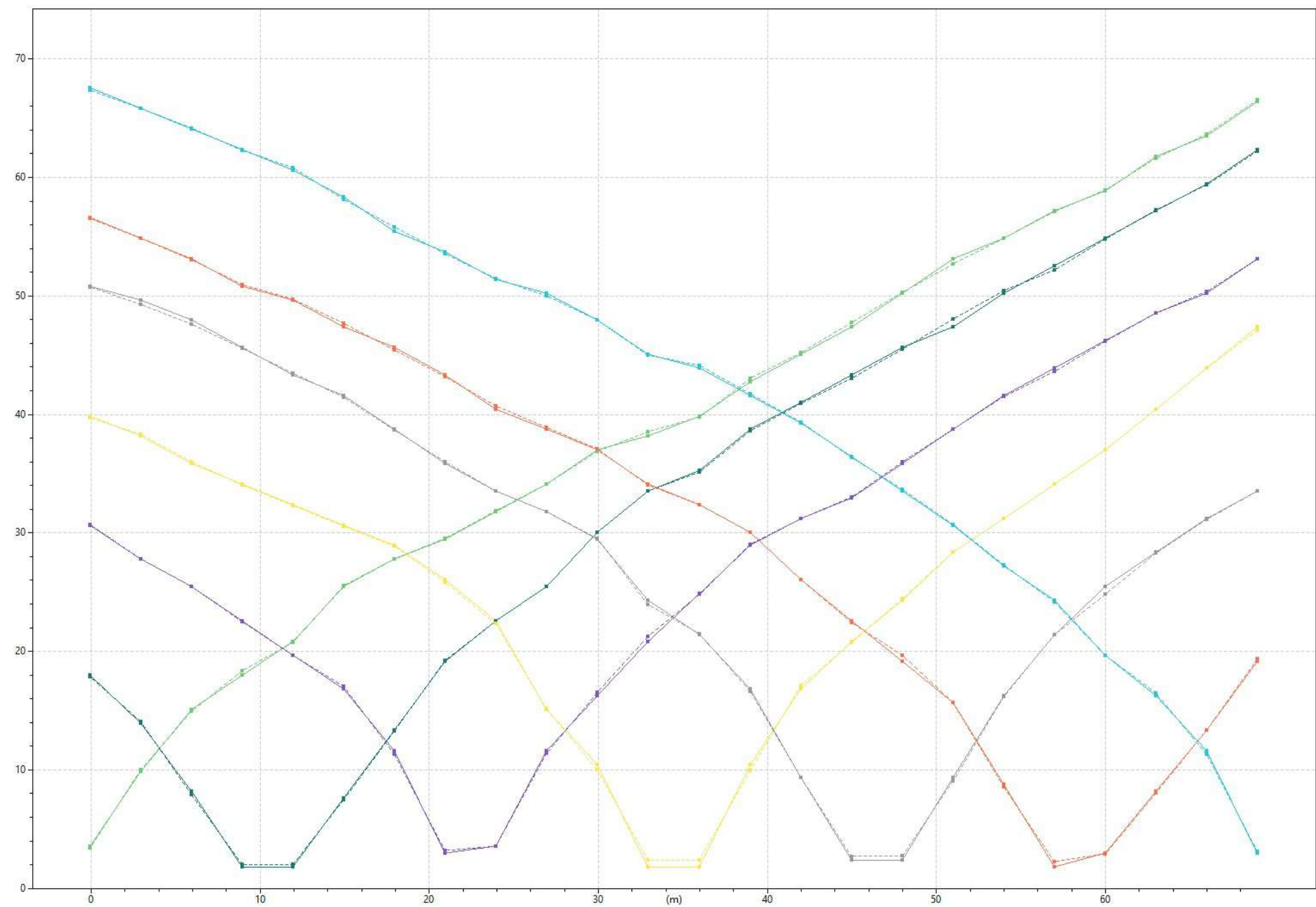
Geometria dello stendimento SR_01_P

Numero Geofoni: 24
Intervallo (m): 3 m
Lunghezza Stendimento (m): 69 m

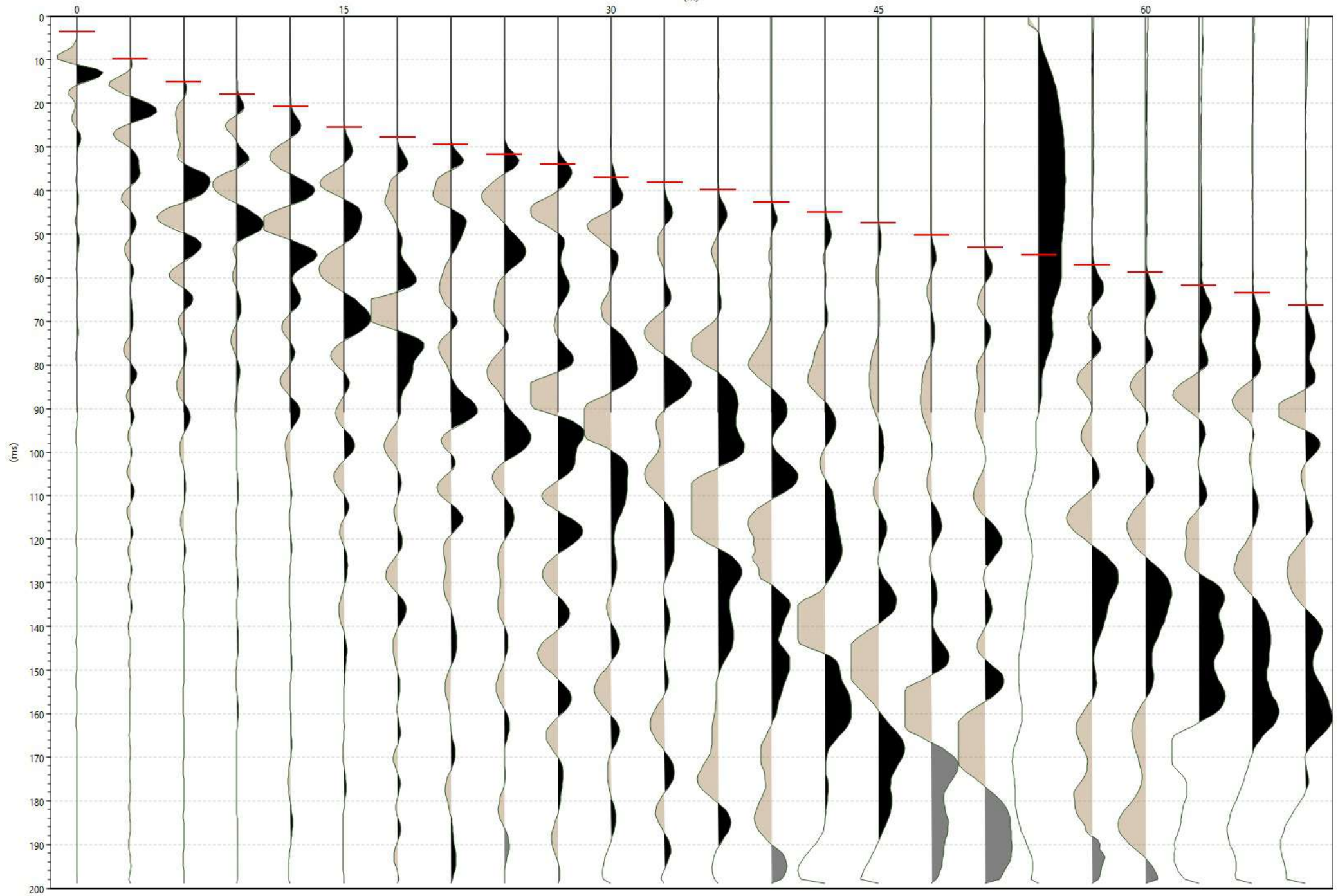
Punti di energizzazione

	A Estremo SX	D1 Intermedio SX	D2 Intermedio SX	C Centrale	D3 Intermedio DX	D4 Intermedio DX	B Estremo DX
Posizione da Geofono G1 (m)	-1.5	10.5	22.5	34.5	46.5	58.5	71.5

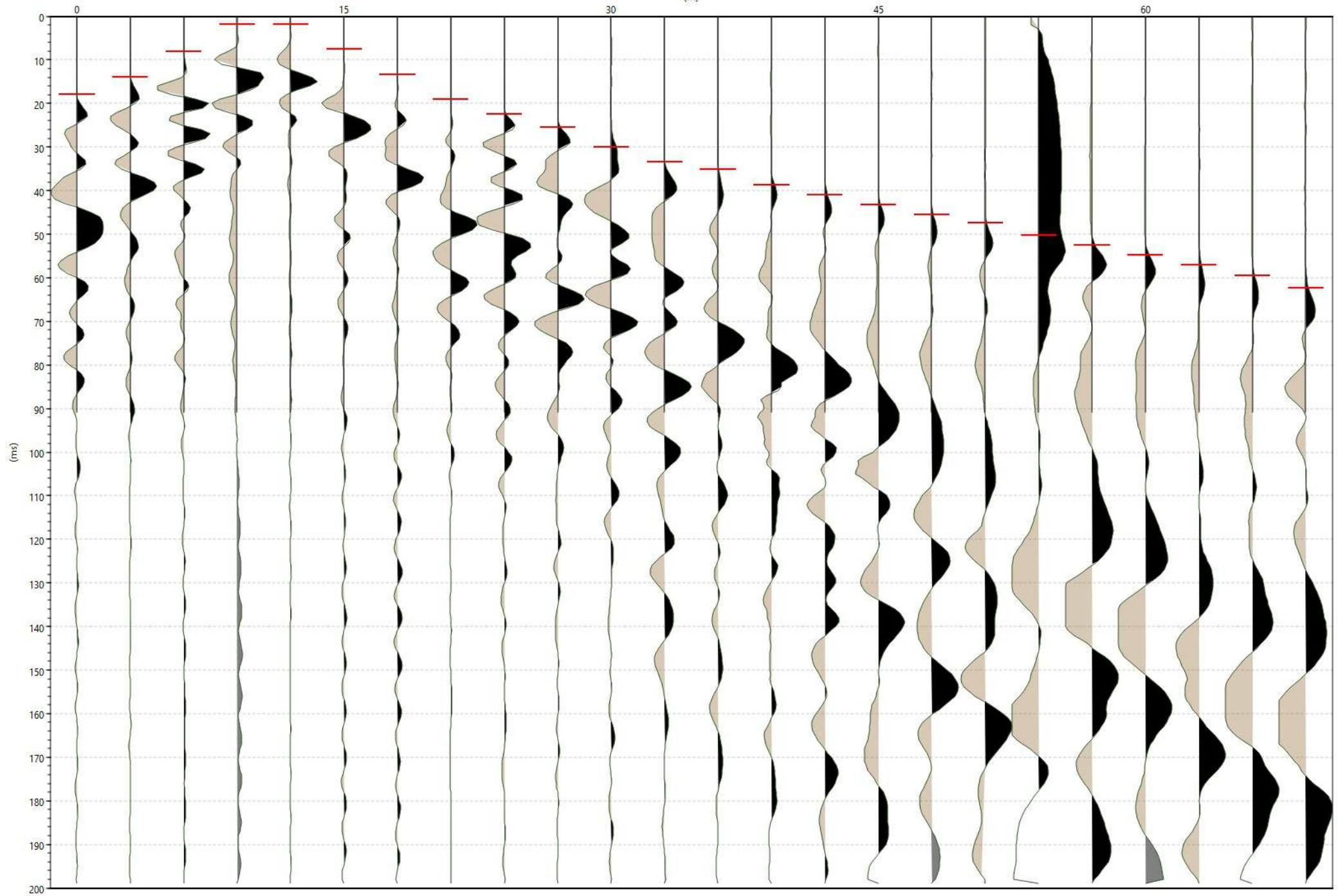




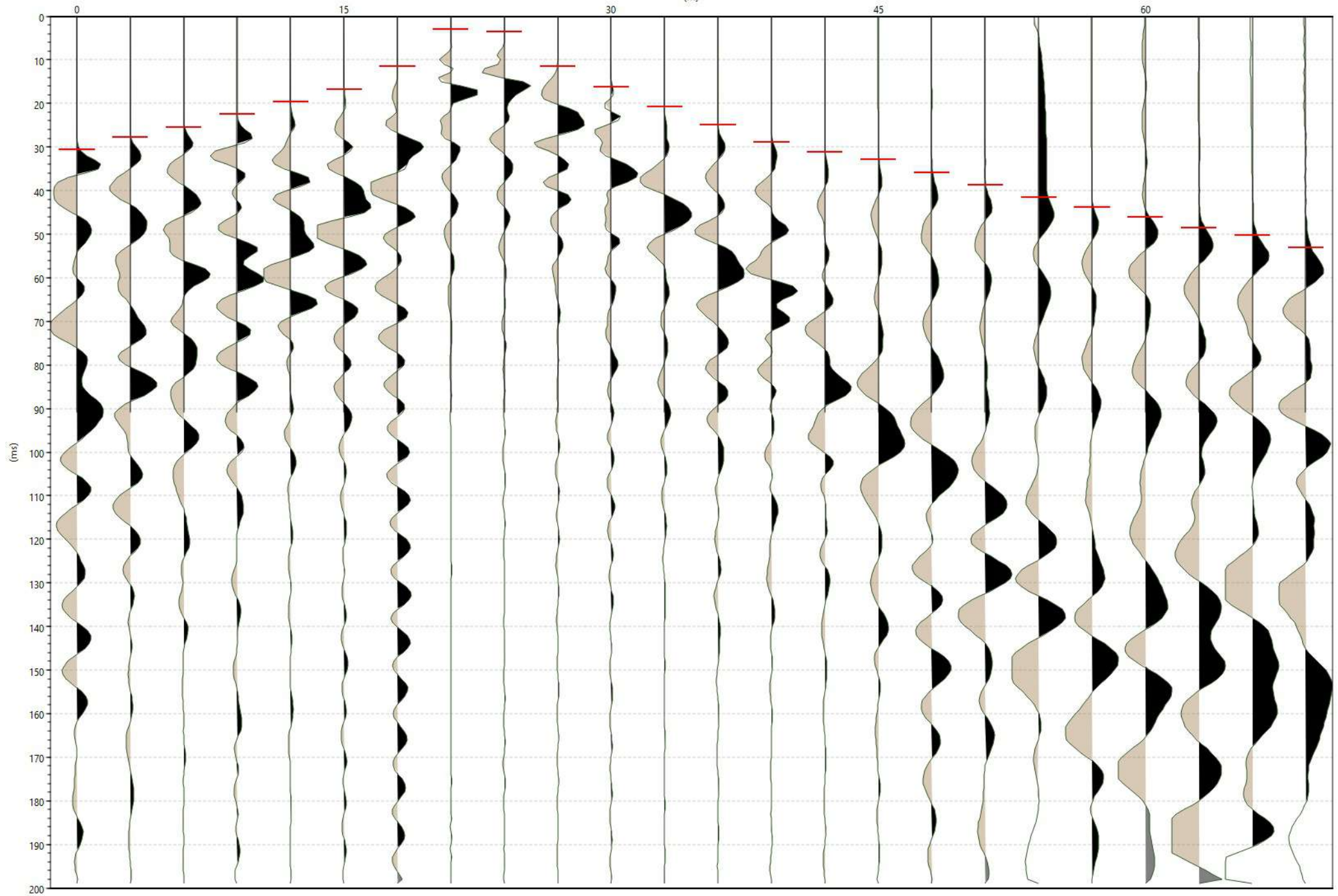
Shot position: -1.5
(m)



Shot position: 10.5
(m)

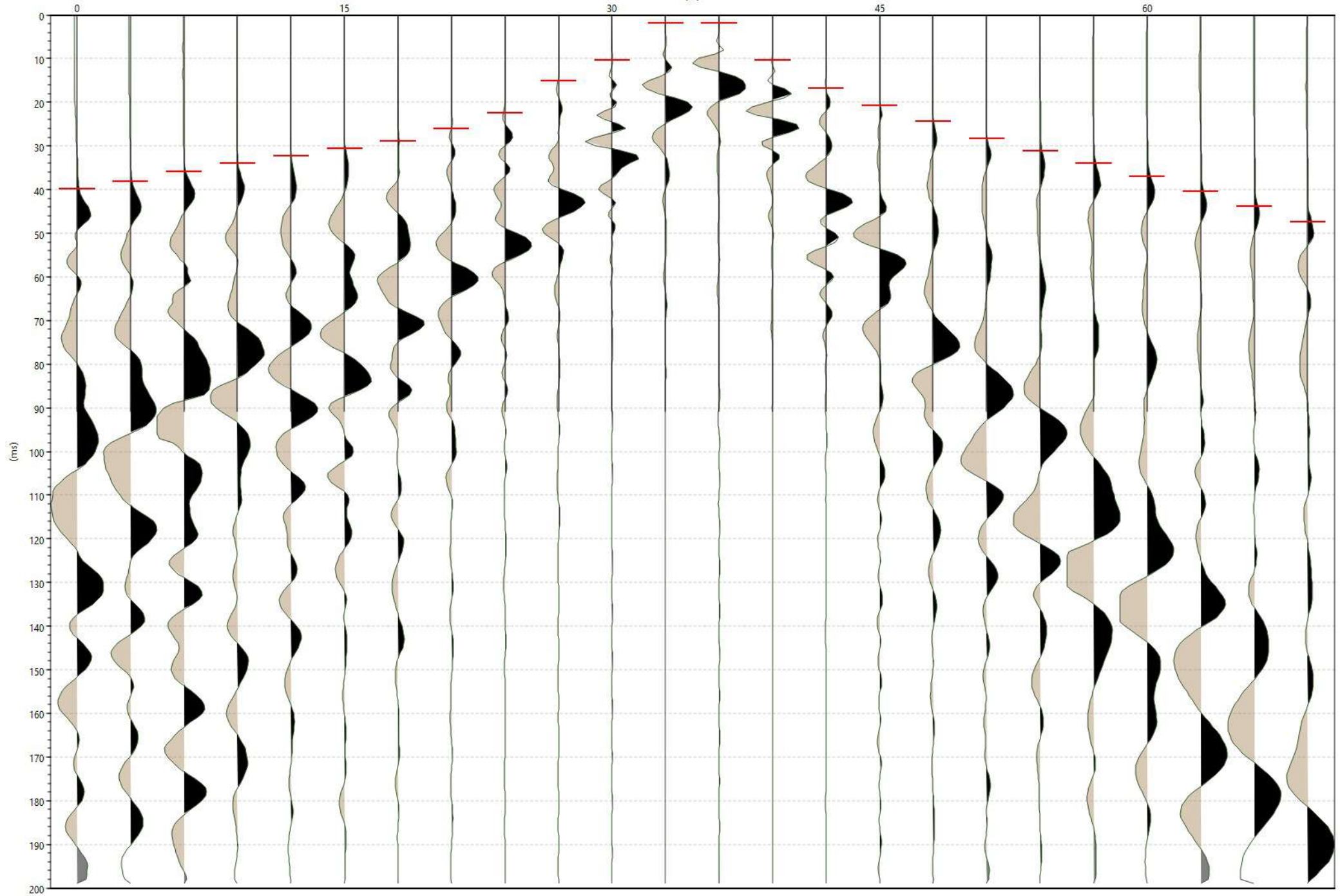


Shot position: 22.5
(m)



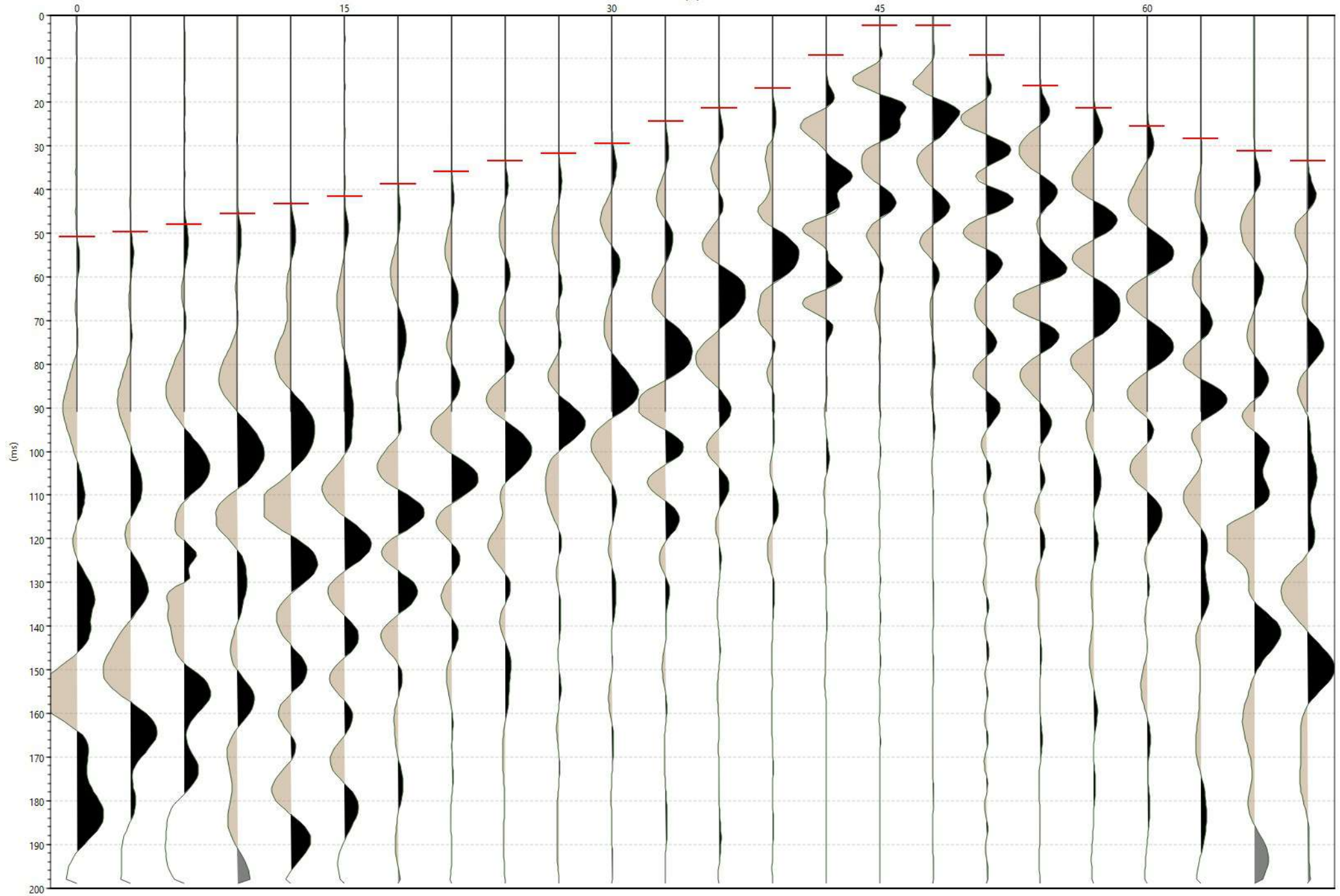
Shot position: 34.5

(m)



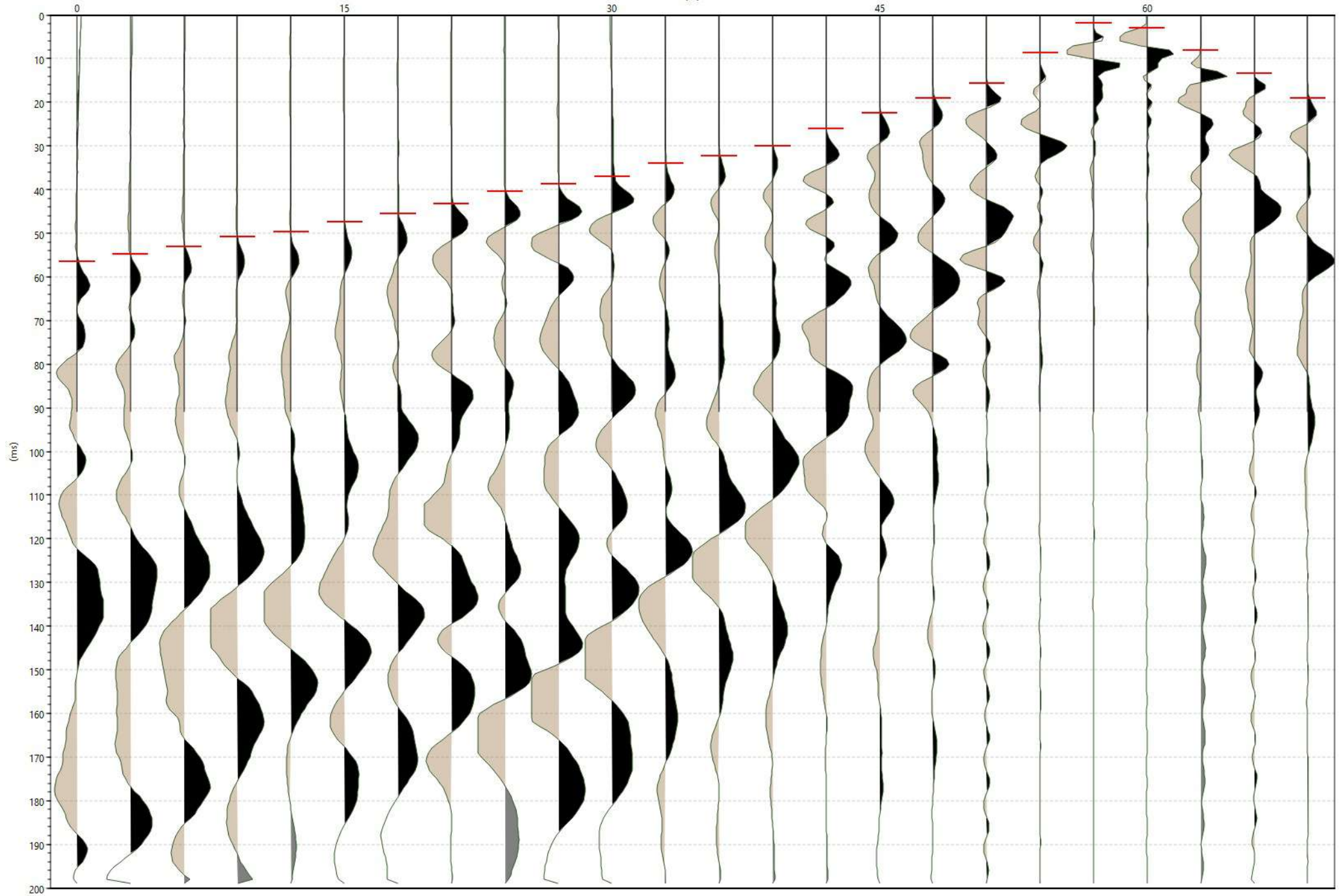
Shot position: 46.5

(m)

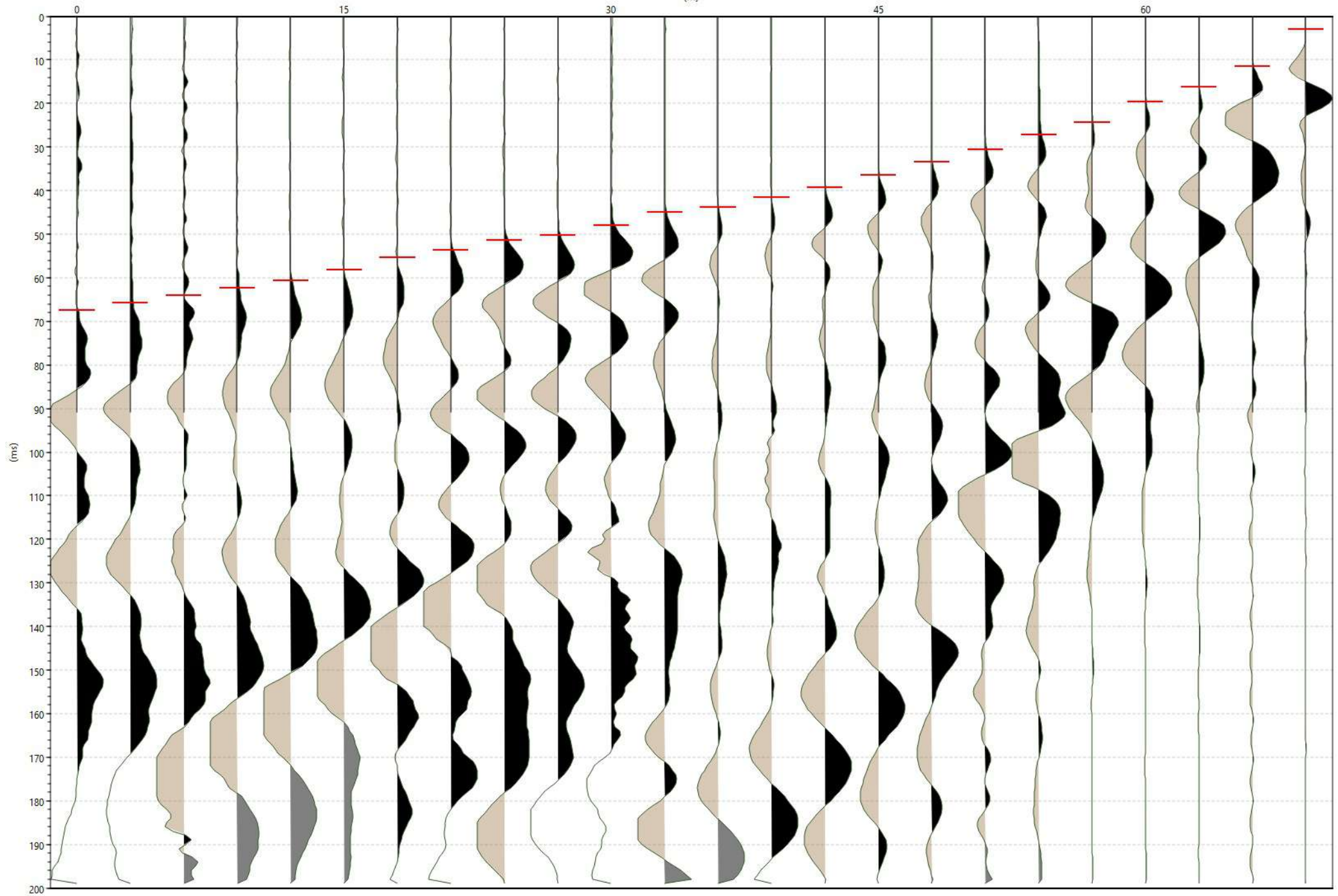


Shot position: 58.5

(m)

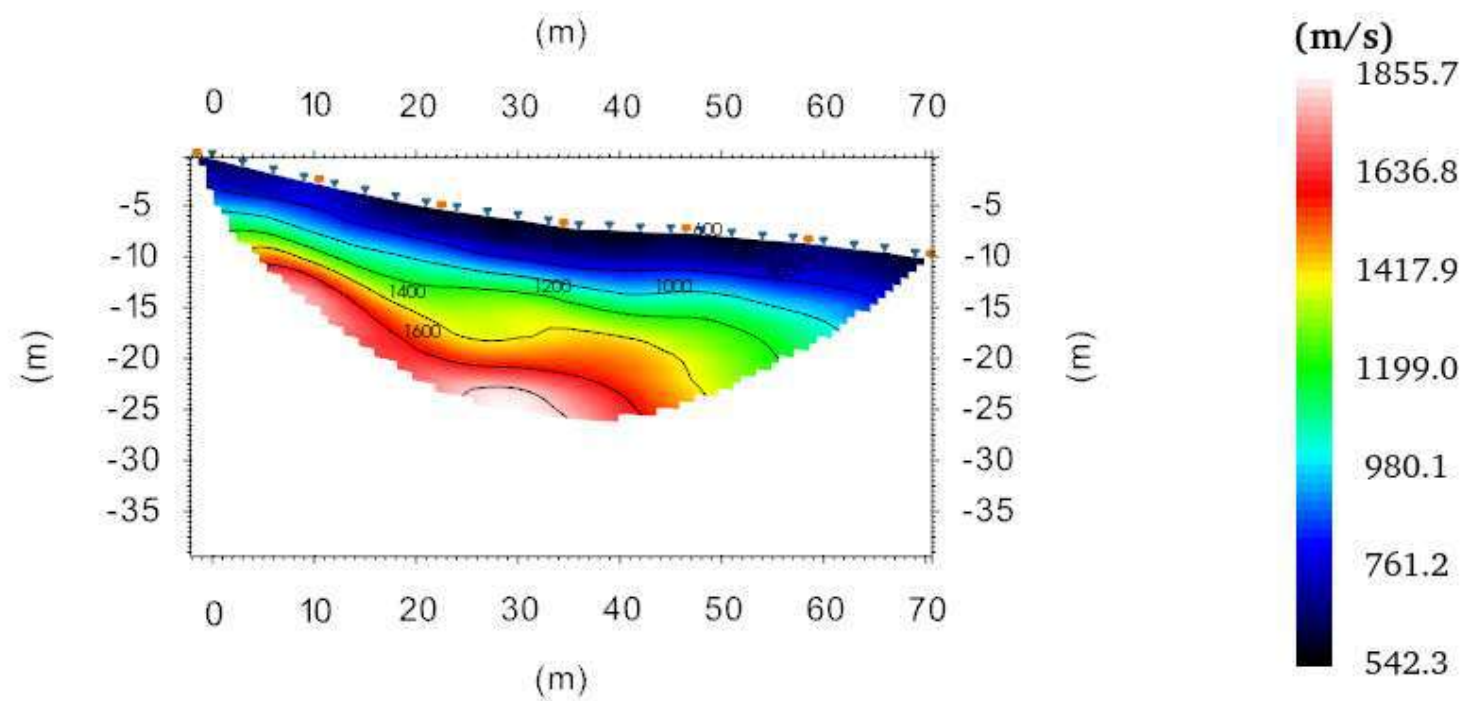


Shot position: 70.5
(m)

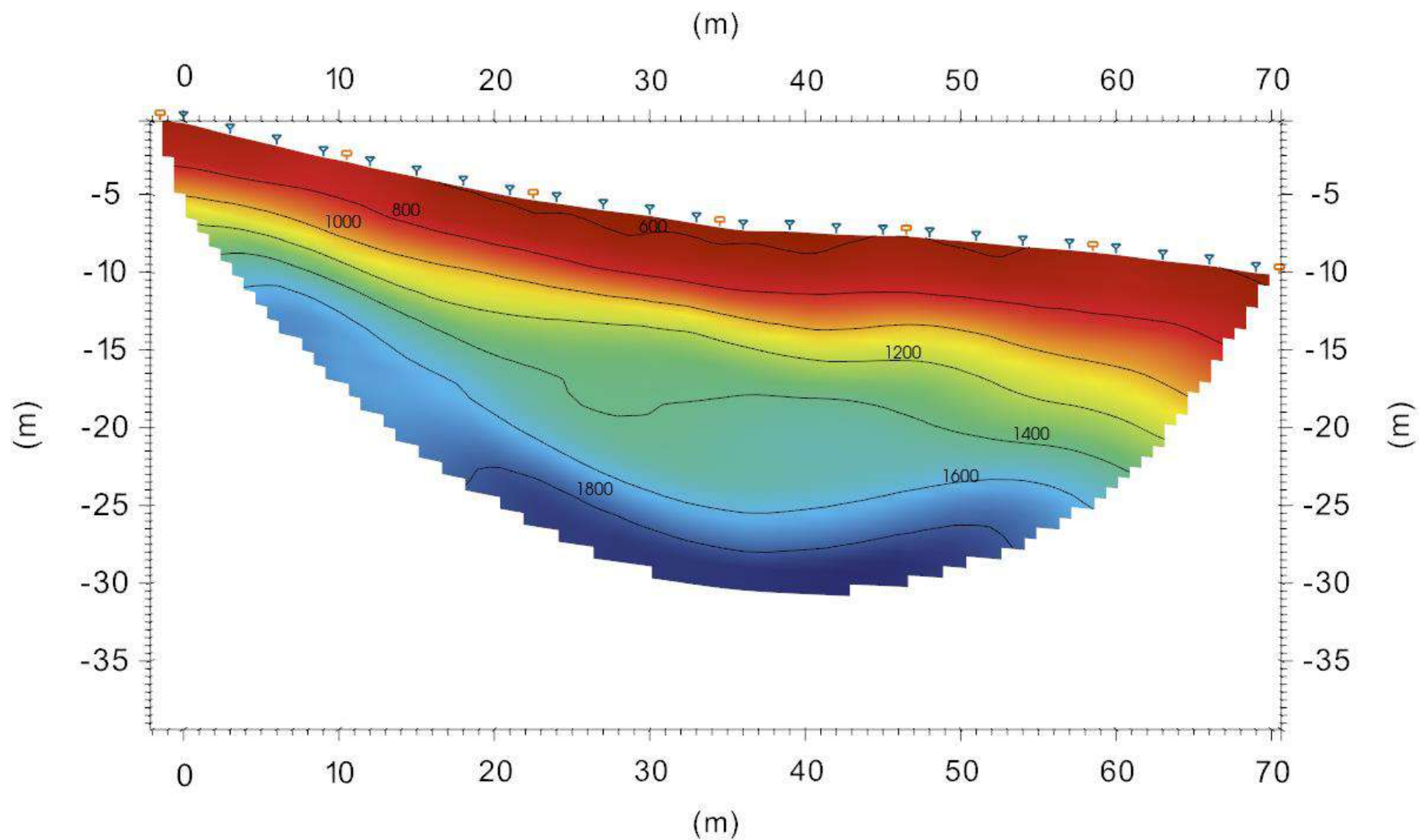


ID:geophone#	X	Y	SHOT_1.dat	SHOT_2.dat	SHOT_3.dat	SHOT_4.dat	SHOT_5.dat	SHOT_6.dat	SHOT_7.dat
0:0	0	0	0.00345821 0.00331684	0.0178674 0.017712	0.0305476 0.0305907	0.0397695 0.0395612	0.0507205 0.0506528	0.0564841 0.0564411	0.0674352 0.0672711
1:0	3	-0.8	0.00979827 0.00987149	0.0138329 0.0139812	0.0276657 0.0276584	0.0380403 0.0382034	0.0495677 0.0491541	0.054755 0.0547386	0.0657061 0.0657283
2:0	6	-1.5	0.0149856 0.0148622	0.00806916 0.00779612	0.0253602 0.0253696	0.0357349 0.0358617	0.0478386 0.0475396	0.0530259 0.0529248	0.0639769 0.0640467
3:0	9	-2.25	0.0178674 0.0182282	0.00172911 0.0019287	0.0224784 0.0223824	0.0340058 0.0339391	0.0455331 0.0454811	0.0507205 0.0508131	0.0622478 0.062141
4:0	12	-2.9	0.0207493 0.0206462	0.00172911 0.00191262	0.0195965 0.0195291	0.0322767 0.032199	0.0432277 0.04338	0.0495677 0.0496389	0.0605187 0.0606917
5:0	15	-3.5	0.0253602 0.0254149	0.0074928 0.0073641	0.0167147 0.016971	0.0305476 0.0304814	0.0414986 0.0413674	0.0472622 0.0475682	0.0582133 0.0580346
6:0	18	-4.15	0.0276657 0.0276668	0.0132565 0.0131439	0.0115274 0.0112184	0.0288184 0.028753	0.0386167 0.0386099	0.0455331 0.0453607	0.0553314 0.0556746
7:0	21	-4.75	0.0293948 0.0294073	0.0190202 0.0191555	0.00288184 0.00310951	0.0259366 0.0257352	0.0357349 0.0359019	0.0432277 0.0430622	0.0536023 0.0534795
8:0	24	-5.2	0.0317003 0.0317576	0.0224784 0.0224741	0.00345821 0.00341367	0.0224784 0.022231	0.0334294 0.0334147	0.0403458 0.0406134	0.0512968 0.0513527
9:0	27	-5.65	0.0340058 0.0340276	0.0253602 0.025339	0.0115274 0.0112535	0.0149856 0.0150437	0.0317003 0.0316522	0.0386167 0.0387898	0.0501441 0.0498704
10:0	30	-6	0.0368876 0.0367647	0.0299712 0.0299416	0.0161383 0.0164389	0.0103746 0.00990094	0.0293948 0.029436	0.0368876 0.0369557	0.0478386 0.0478574
11:0	33	-6.5	0.0380403 0.0384255	0.0334294 0.0334196	0.0207493 0.0211543	0.00172911 0.00229409	0.0242075 0.0238212	0.0340058 0.0339639	0.0449568 0.0448815
12:0	36	-6.97	0.0397695 0.0396884	0.0351585 0.0350327	0.0247839 0.0246954	0.00172911 0.00227415	0.0213256 0.0214066	0.0322767 0.0322669	0.043804 0.0439858
13:0	39	-7	0.0426513 0.0429624	0.0386167 0.0385217	0.0288184 0.0289023	0.0103746 0.00984977	0.0167147 0.0164811	0.0299712 0.0299723	0.0414986 0.0415929
14:0	42	-7.2	0.0449568 0.0450991	0.0409222 0.0408413	0.0311239 0.0311266	0.0167147 0.0170199	0.0092219 0.0092806	0.0259366 0.0259628	0.0391931 0.0392322
15:0	45	-7.3	0.0472622 0.0476336	0.0432277 0.0429075	0.032853 0.0329262	0.0207493 0.0206199	0.00230548 0.00257588	0.0224784 0.0223458	0.0363112 0.0362316
16:0	48	-7.46	0.0501441 0.0501963	0.0455331 0.0454229	0.0357349 0.0358791	0.0242075 0.0243728	0.00230548 0.00263807	0.0190202 0.0195631	0.0334294 0.0336037
17:0	51	-7.7	0.0530259 0.0526215	0.0472622 0.0479193	0.0386167 0.0386265	0.0282421 0.028242	0.0092219 0.00896432	0.015562 0.0155804	0.0305476 0.0305978
18:0	54	-8	0.054755 0.0547422	0.0501441 0.0503569	0.0414986 0.0414342	0.0311239 0.031082	0.0161383 0.0160732	0.00864553 0.00845907	0.0270893 0.0271661
19:0	57	-8.2	0.0570605 0.0570387	0.0524496 0.0520697	0.043804 0.0434985	0.0340058 0.0339811	0.0213256 0.0213234	0.00172911 0.00212887	0.0242075 0.0240757
20:0	60	-8.5	0.0587896 0.0587952	0.054755 0.0546717	0.0461095 0.0460759	0.0368876 0.0368754	0.0253602 0.0246848	0.00288184 0.00282207	0.0195965 0.0195581
21:0	63	-8.9	0.0616715 0.0615073	0.0570605 0.0571922	0.048415 0.0484167	0.0403458 0.0402974	0.0282421 0.0282121	0.00806916 0.00798088	0.0161383 0.0163785
22:0	66	-9.2	0.0634006 0.0635485	0.059366 0.0592335	0.0501441 0.0502688	0.043804 0.0438105	0.0311239 0.0310636	0.0132565 0.0132606	0.0115274 0.0111919
23:0	69	-9.7	0.0662824 0.0664135	0.0622478 0.0620985	0.0530259 0.0530556	0.0472622 0.0469643	0.0334294 0.0334067	0.0190202 0.0192726	0.00288184 0.00302551

Sismica a Rifrazione - Onde P - Paganico - Profilo tomografico - velocità con isolinee - RMSE 4.536276 %



Sismica a Rifrazione – Onde P – Paganico – Profilo Tomografico – Velocità con isolinee – RMSE 4.498888 %



INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW + ReMI_01



Geometria dello stendimento MASW

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 3 m

Lunghezza Stendimento (m): 69 m

Geometria dello stendimento REMI

Geometria Stendimento: Lineare

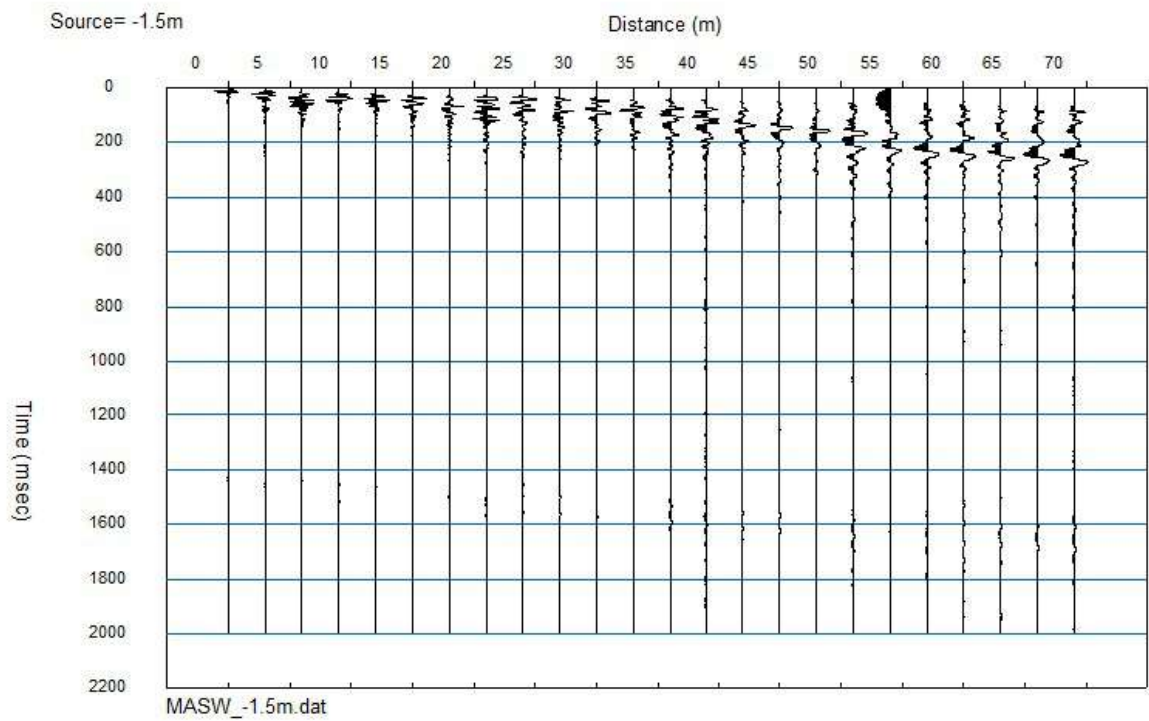
Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 3 m

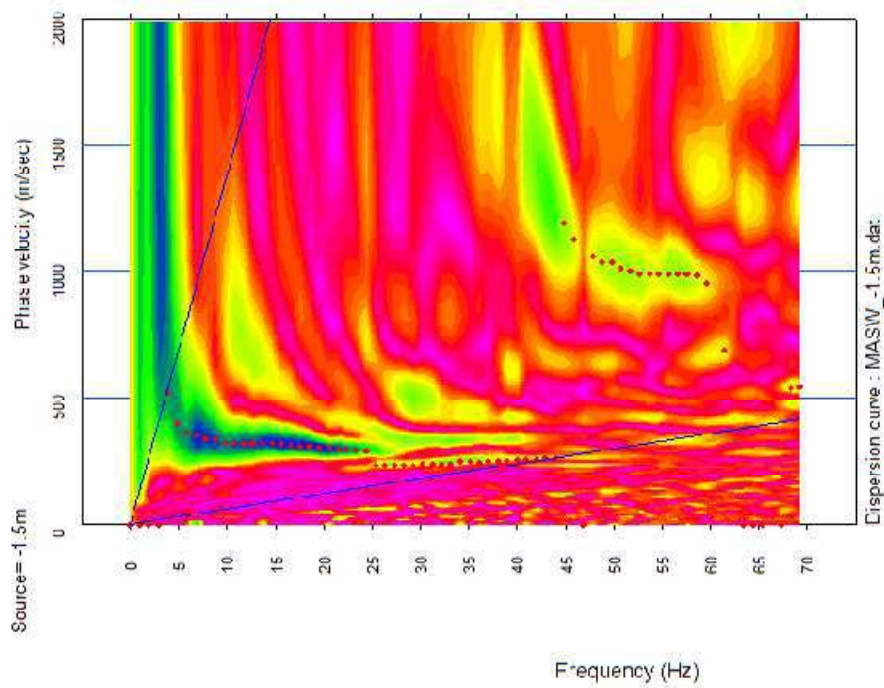
Lunghezza Stendimento (m): 69 m



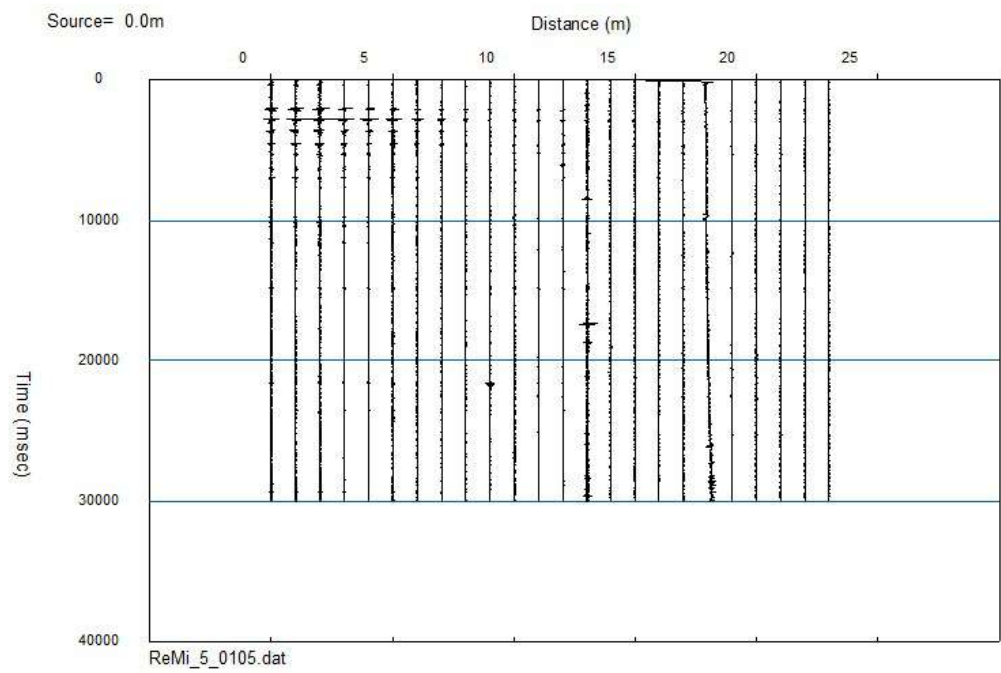
Sismogramma MASW



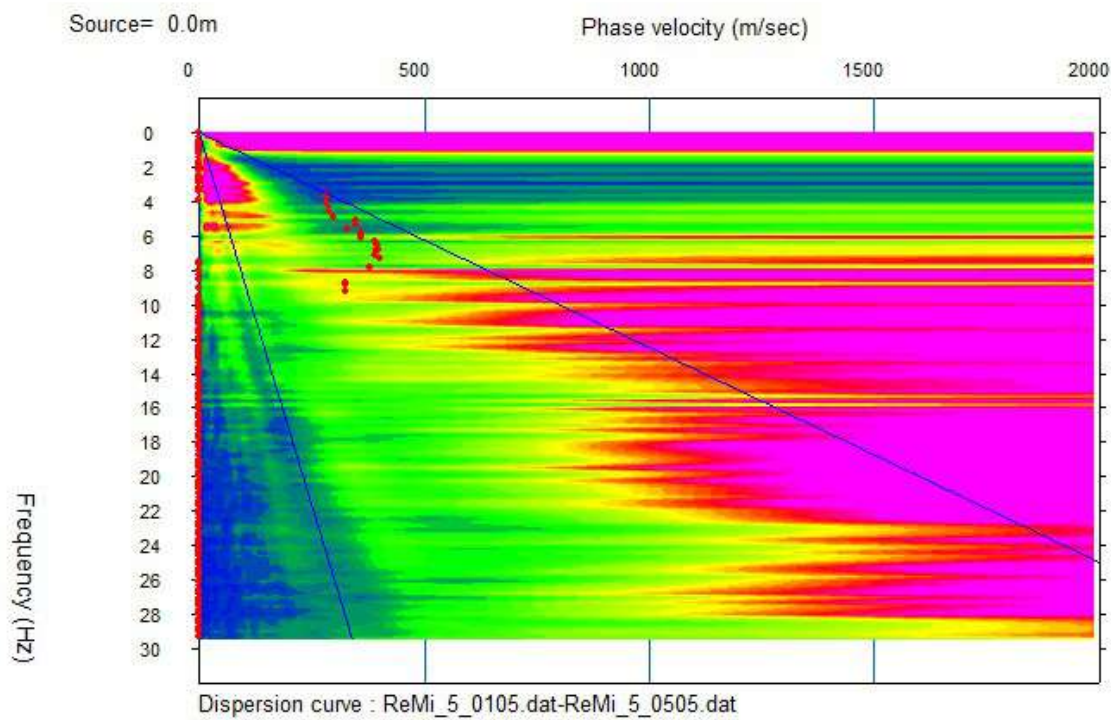
Curva Dispersione MASW



MAM 1D ReMi

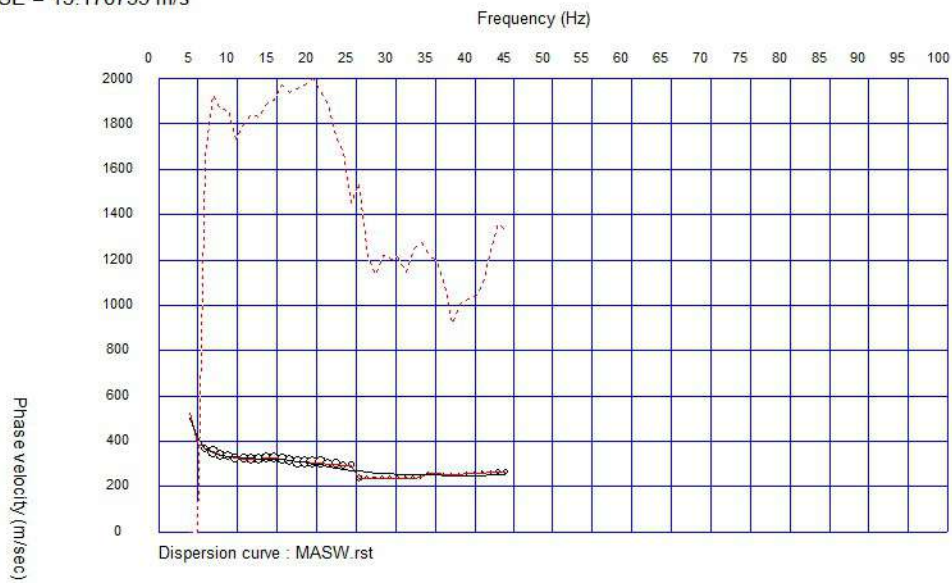


Curva Dispersione ReMi

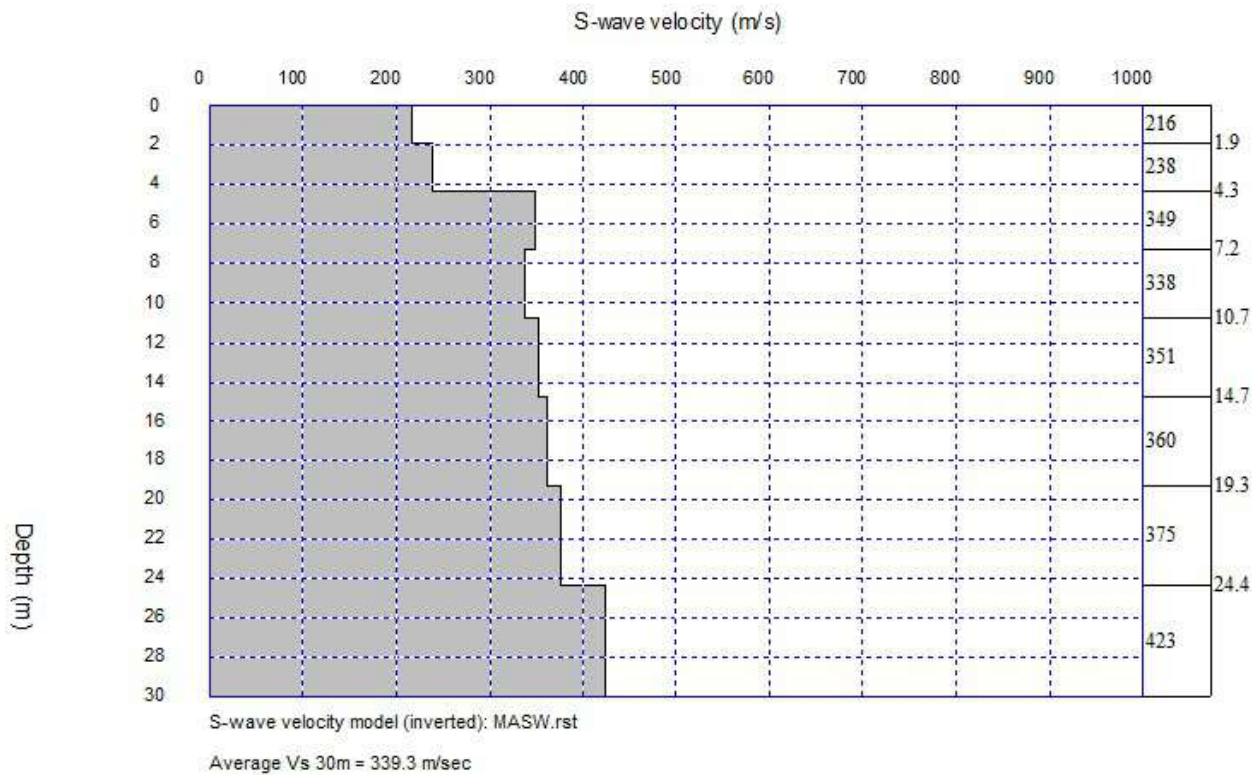


Curva Teorica e Sperimentale MASW + ReMi

RMSE = 13.170755 m/s



Profilo Vs MASW + ReMi



INDAGINE SISMICA CONGIUNTA MASW + ReMI_02



Geometria dello stendimento MASW

Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 1.5 m

Lunghezza Stendimento (m): 34.5 m

Geometria dello stendimento REMI

Geometria Stendimento: Lineare

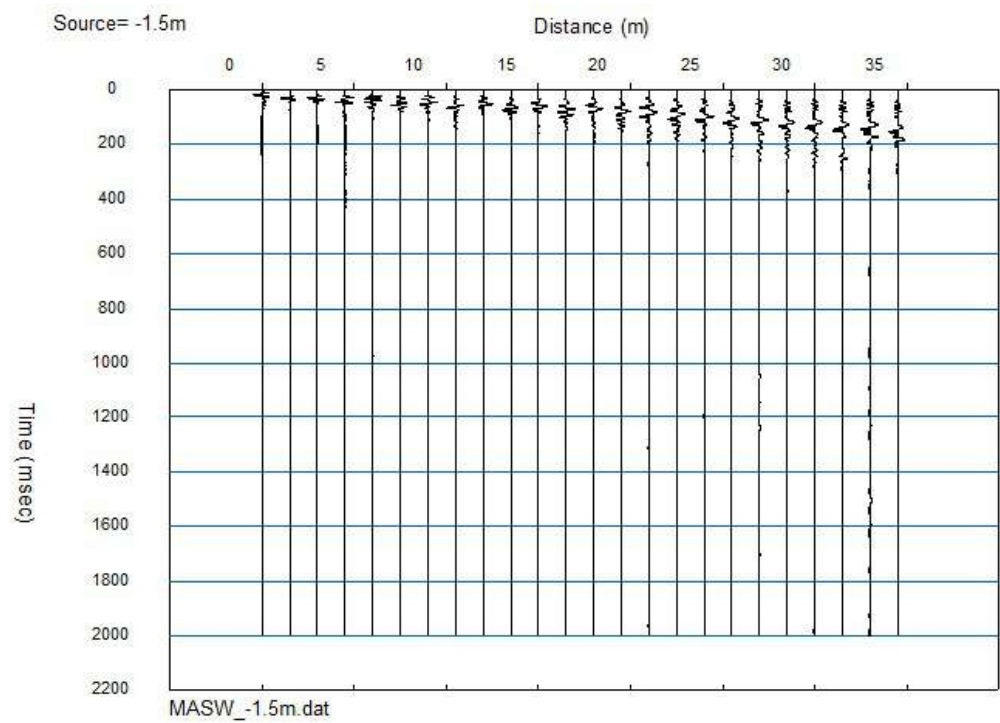
Numero Geofoni: 24

Intervallo (m): 1.5 m

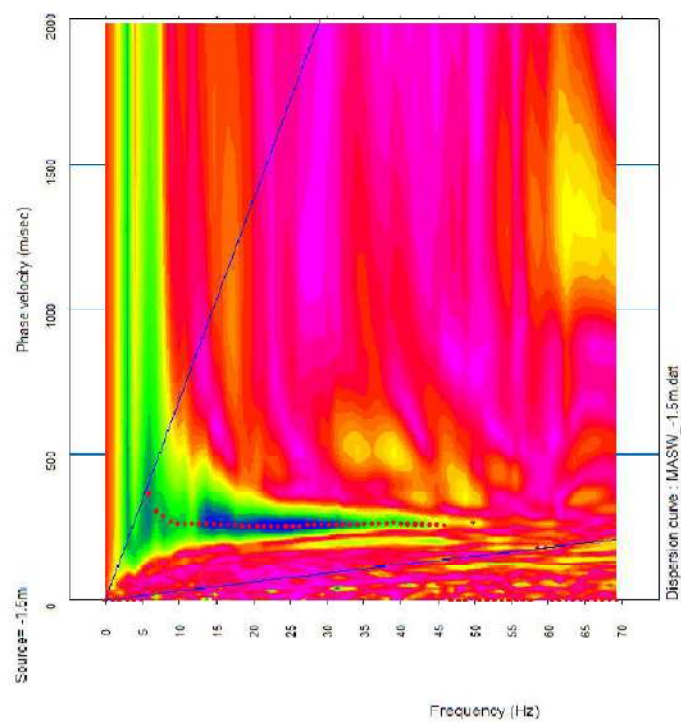
Lunghezza Stendimento (m): 34.5 m



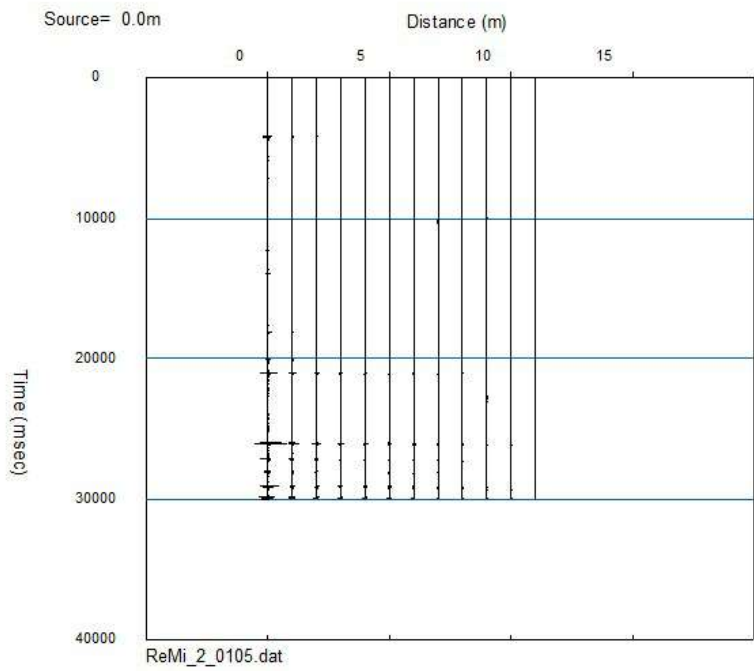
Sismogramma MASW



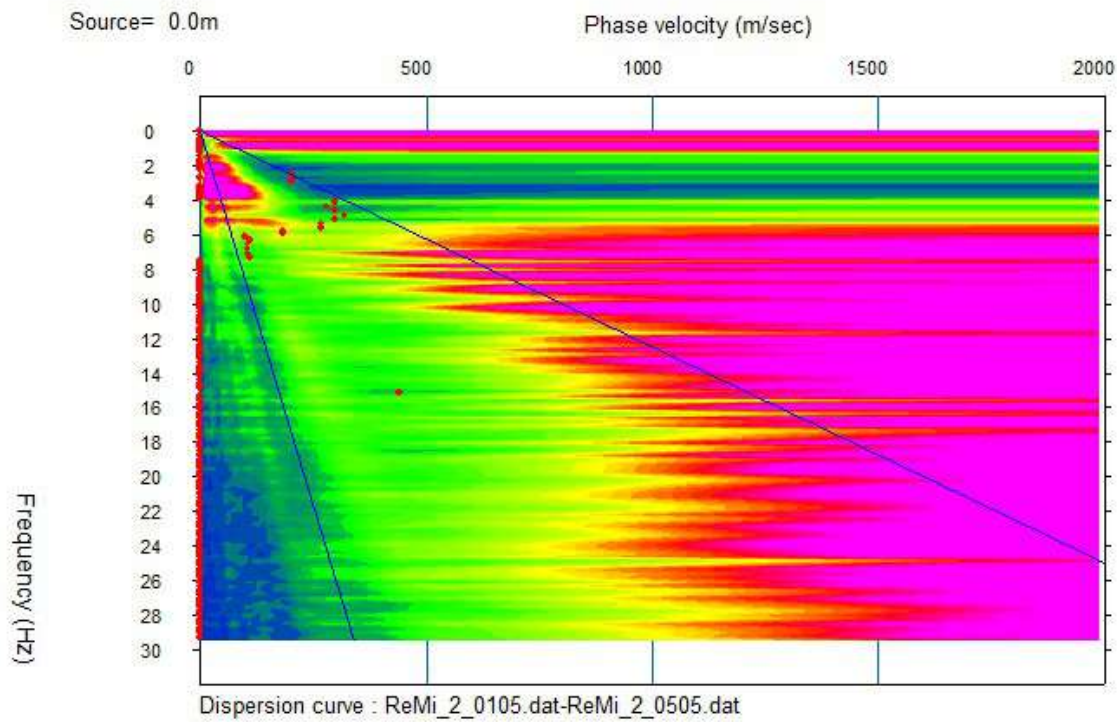
Curva Dispersione MASW



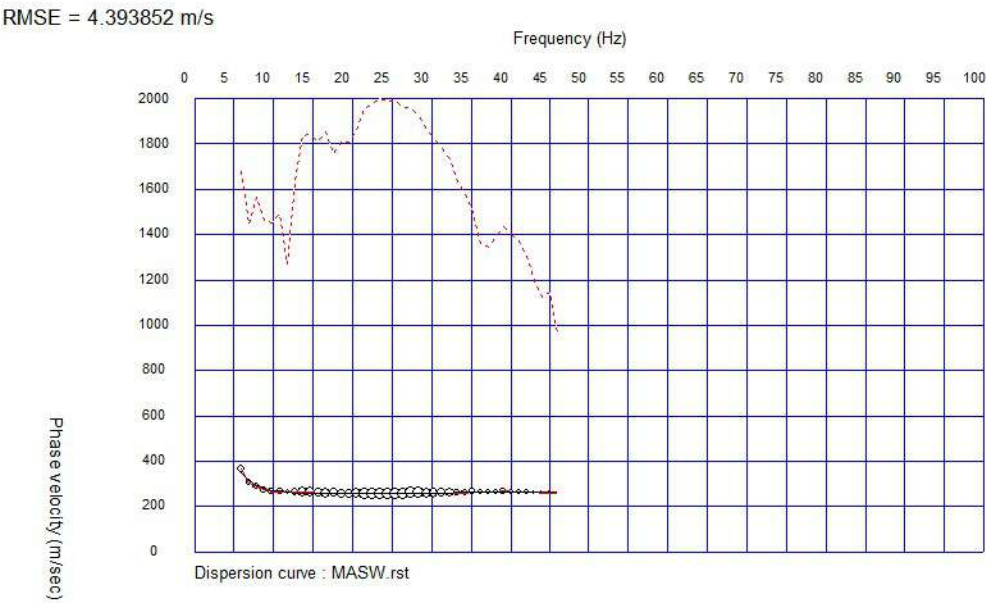
MAM 1D ReMi



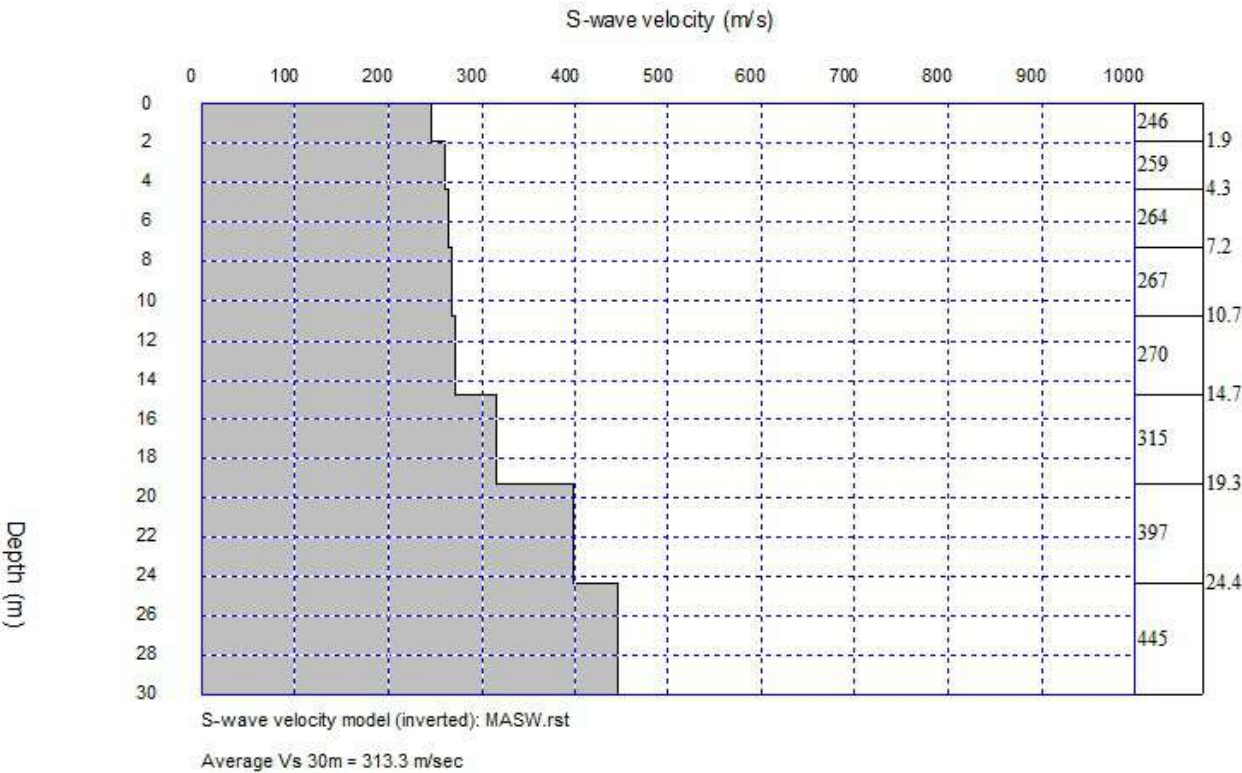
Curva Dispersione ReMi



Curva Teorica e Sperimentale MASW + ReMi



Profilo Vs MASW + ReMi



Documentazione fotografica





Foto – Indagini sismiche attive e passive SR_01 e MASW-ReMi_01_02



- **ALLEGATO GRAFICO: UBICAZIONE DELLE INDAGINI**



TAV.01 - Ubicazione indagini **Legenda**

Scala 1:2.000

TECNA Srl **MORETTI**

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare
e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Sede Legale: Via Bartolomeo di Ser Gorello, 11/a - 52100 - AREZZO
Cell: 3351020000 - Skype : tecna.porta
Cod. fiscale e P. IVA: 01358250510

Numero Verde
800 102000

Sede Operativa: Via Achille Grandi, 51 - 52100 - AREZZO
tel. 0575-323501, fax 0575-1979797 - Skype : tecna.ufficio
e-mail: tecna@geognostica.tecna@micropali.com
PEC: tecna@geognostica.it - SDI: KGVVJ2H

ANISig

Associazione Nazionale
Tecnici Specializzati
in Indagini Geotecniche

CQOP SOA

CONFERMA QUALITÀ OPERAZIONI
OS 23 - 12 OS 20-B - 1
Attestazione: 65213 / 10 / 00

IMQ
CERTIFIED
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001:2015

SR Sismica Attiva Rifrazione Onde P -
MASW- REMI



Esecutori indagini geofisiche:

Dott. Geol. Cristian Pieroni

Dott. Geol. Francesco Puccetti

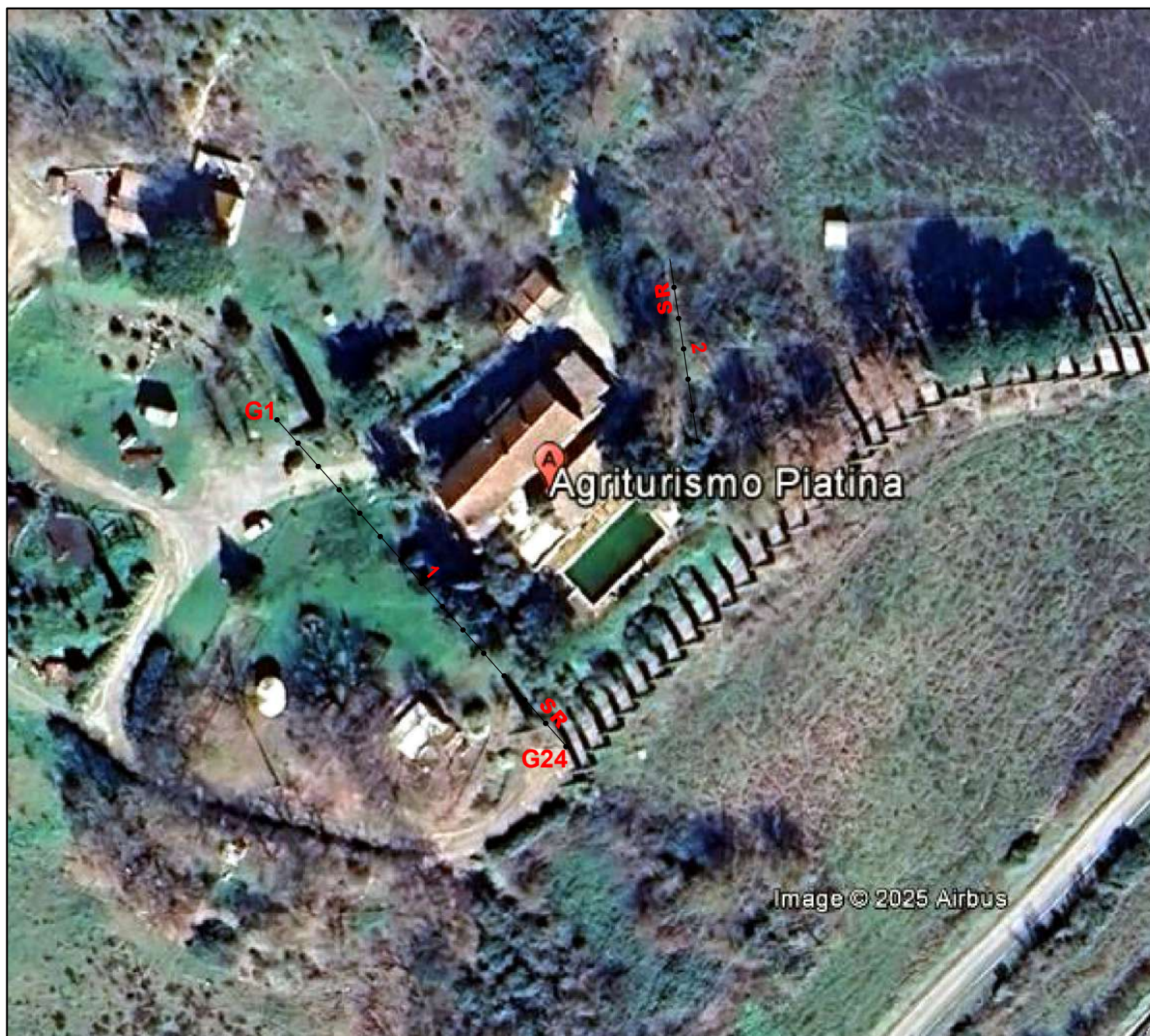


Image © 2025 Airbus

Mirco BERNARDONI



STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Viale Europa 64 - 58100 Grosseto

loc. Ama - Gaiole in Chianti - 53013 (SI)

338 54 22 70 - geomirco @ blu.it

Regione: TOSCANA
Provincia: GROSSETO
Comune: CIVITELLA PAGANICO
Frazione: MONTE ANTICO
Località: PIATINA

Titolo: REPORT CARTOGRAFICO

Procedura Esecutiva: 155/2016 r.g.e.i.

Debitore Esecutato: [REDACTED]
Giudice Esecuzione: CRISTINA NICOLO'
Ctu MATTEO PASTORELLI

Indagini Geognostiche: CPT - DPSH
SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
PROVE DI LABORATORIO
RIFRAZIONE
MASW - REMI

Data: AGOSTO 2025



QUADRO CONOSCITIVO

INQUADRAMENTO	L'area oggetto di studio è cartograficamente rappresentata nel Foglio 320 della Nuova Carta Topografica d'Italia redatta dall'I.G.M. (Istituto Geografico Militare) in scala 1:25000, ed in dettaglio nell'elemento n. 320010 della Nuova Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.
VINCOLO IDROGEOLOGICO	Il sito d'interesse ricade parzialmente all'interno delle aree delimitate a Vincolo Idrogeologico ai sensi del Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani" e regolamento di applicazione Regio Decreto n. 1126 del 1926. La regione Toscana ha regolamentato le zone vincolate con l'emanazione della Legge Regionale 39/2000 "Legge Forestale della Toscana" e regolamento d'attuazione Decreto del Presidente della Giunta Regionale 48/R/2003 - Regolamento forestale della Toscana (e successive modifiche). In dettaglio, la porzione sud-orientale, dell'area oggetto d'interesse, risulta sottoposta a Vincolo Idrogeologico.
PAI	Il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" è stato adottato e approvato, ai sensi degli artt. 65, 66, 67 e 68 del decreto legislativo n. 152/2006, quale piano stralcio del Piano di bacino distrettuale. Esso ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato. Il PAI persegue l'obiettivo generale di garantire livelli di gestione sostenibile del rischio da dissesti di natura geomorfologica, privilegiando la difesa della vita umana, del patrimonio ambientale, culturale, infrastrutturale ed insediativo, da perseguire mediante misure di prevenzione e misure di protezione tali da fronteggiare e mitigare i fenomeni di dissesto in atto o potenziali, senza aggravarli, ferme restando le competenze in materia di protezione civile previste dalle leggi nazionali e regionali. Nelle cartografie del Distretto dell'Appennino Settentrionale l'area non ricade in nessun ambito.
DIRETTIVA ALLUVIONI	Con le delibere del Comitato Istituzionale n. 231 e 232 del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del



	fiume Arno con apposizione delle misure di salvaguardia. Successivamente con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016 il Piano è stato definitivamente approvato. Infine con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 febbraio 2017 è stato approvato il DPCM quindi è avvenuta l'approvazione del Piano di gestione del rischio di Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale. Il PGRA dell'Arno rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto sostituisce a tutti gli effetti per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione (con una nuova cartografia, nuove norme nonché la mappa del rischio da alluvioni redatta ai sensi del D.lgs. 49/2010) il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico). Il lavoro svolto per l'applicazione dei disposti della direttiva nel bacino, ha infatti permesso di aggiornare e modernizzare il quadro conoscitivo esistente, renderlo coerente con i requisiti richiesti dalla Commissione europea e, quindi, di giungere ad una semplificazione delle norme e delle procedure in materia di pericolosità e rischio di alluvioni. La disciplina di PGRA va quindi a subentrare alle disposizioni previste dalle norme di PAI con particolare riguardo ai disposti del "Capo I - Pericolosità Idraulica". Le classi di pericolosità fluviale sono state riviste seguendo le indicazioni della Direttiva, pertanto la rappresentazione della pericolosità avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento dell'evento (pericolosità elevata = maggiore frequenza di accadimento): P1 - Bassa (celeste); P2 - Media (azzurro); P3 - Elevata (blu). Nelle cartografie del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale l'area non rientra in nessuna di queste classi di pericolosità.
GEOMORFOLOGIA	
GEOGRAFIA	L'area in esame è ubicata nel Comune di Civitella Paganico, località Piatina. Alla proprietà della committenza si accede tramite la Strada Provinciale n. 140 "Leopoldina".
MORFOLOGIA	Il sito è ubicato in una porzione collinare al termine di una blanda dorsale direzionata nord-sud e quota altimetrica pari a circa 110 metri sul livello del mare. Alle pendici della zona è posto il fiume Ombrone che ne delimita la geografia e quindi rappresenta l'elemento morfologico predominante della zona. Siamo in presenza quindi di una morfologia collinare degradante verso una ridotta zona pianeggiante costituita dalle alluvioni attuali o recenti del fiume Ombrone.
IDROGRAFIA	L'idrografia dell'area, è costituita da un reticolo idrografico a media densità di tipo subdendritico dove i corsi d'acqua presenti sui rilievi hanno alvei



	mediamente incisi, con fossi secondari che presentano leggere direzioni preferenziali legate ad un debole controllo strutturale, caratterizzati da un deflusso superficiale, un regime semipermanente ed un tracciato debolmente meandriforme. Piccoli fossi e impluvi che si originano dalla dorsale, frastagliano la stessa dando origine ad una serie di modeste elevazioni collinari e crinali perpendicolari alla principale. Le acque del versante vengono drenate dai Fossi Lescone e Dell'Annunziata, che le conducono verso il Fiume Ombrone per sfociare a mare in corrispondenza di Bocca d'Ombrone.
PIANO STRAORDINARIO TELERILEVAMENTO	Il sito è stato analizzato tramite l'analisi sui dati interferometrici da satellite, presenti nell'areale di studio. Il consorzio LaMMA realizza, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, il monitoraggio satellitare delle deformazioni del terreno sul territorio regionale per conto della Regione Toscana. L'obiettivo del monitoraggio è avere un quadro conoscitivo sul rischio idrogeologico e geomorfologico nel territorio regionale aggiornato in modo dinamico e continuo, anche ai fini di protezione civile (come previsto dalla Direttiva 27/02/2004 sul sistema di allertamento nazionale e regionale). Il sistema proposto costituisce uno strumento operativo "in tempo reale", in quanto fornisce l'osservazione diretta, quantitativa e continua, delle deformazioni del terreno: quasi due milioni di punti (bersagli permanenti) di cui si conoscono i movimenti dal 2015 e la cui posizione viene aggiornata ogni 6 giorni. In specifico nell'intorno della zona in oggetto i punti di misura significativi sono tutti di colore verde, con spostamento compreso fra - 1,9 e + 2.0 mm, esprimendo quindi l'assenza di movimenti significativi.
EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO	Durante il rilievo esplorativo, lungo la zona in studio non sono stati rilevati elementi morfologici indici di movimenti gravitativi attuali, si può quindi affermare che: dal punto di vista geomorfologico, data la configurazione morfologica e la litologia dei terreni affioranti e grazie ai dati ottenuti tramite rilievi di campagna, dati bibliografici, analisi cartografiche, prove geognostiche, e consultazione della "Carta Geomorfologica" di Piano, l'area sede dell'intervento non è attualmente interessata da dissesti attivi o potenziali tali da compromettere o limitare l'uso dell'opera, né tanto meno è interessata da processi di carattere erosivo legati al ruscellamento superficiale.
GEOLOGIA	



GEOLOGIA	Le caratteristiche geologiche della zona in studio sono state dedotte dalla documentazione ufficiale del Servizio Geologico d'Italia in scala 1:100.000, dalla nuova cartografia geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000, dalla "Carta Geologica" del Piano Strutturale e da altre pubblicazioni e trattati geologici relativi al comprensorio; le informazioni bibliografiche sono state verificate e approfondite tramite un rilevamento geologico di campagna. Le indagini svolte nel presente rapporto sono estese all'area direttamente interessata dall'intervento e ad un "intorno" comprendente l'unità di territorio individuabile con criteri geologici e geomorfologici, il cui equilibrio possa essere modificato dall'intervento stesso e/o i cui processi evolutivi possano compromettere l'utilizzazione di quanto in oggetto.
AREALE IN STUDIO	Da un punto di vista geologico il territorio in esame è inquadrato nella porzione meridionale della Dorsale Medio-Toscana costituita prevalentemente da un substrato litoide in affioramento, risalente mesozoico (Dominio Toscano, Sub-ligure e ligure), e che costituisce la struttura della dorsale suddetta ad andamento circa N-W/S-E. Al di sopra di esso, localmente si sono venuti a depositare o rimangono residui di sedimenti neogenici sia continentali che marini associati alle variazioni periodiche del livello marino a loro volta associati a variazioni climatiche o a evoluzioni geomorfologiche/tettonico di area vasta. Lungo le valli si riscontrano e si sono infine depositi fluviali quaternari recenti associati all'attività sedimentaria del reticolo idrografico esistente.
FORMAZIONI GEOLOGICHE	<u>Complesso neoautoctono</u> - (Olocene) è costituito dai Depositi Continentali Quaternari, i cui elementi principali sono di seguito riportati: A - Depositi Alluvionali Attuali inattivo: Le valli dei corsi idrici principali, presentano alvei costituiti da depositi alluvionali, lo spessore di tali depositi varia a seconda delle dimensioni del corso d'acqua, ma può raggiungere anche alcune decine di metri. In genere le alluvioni sono costituite prevalentemente da limi più o meno sabbiosi o argillosi con lenti ghiaiose e sabbiose di discrete dimensioni. Si presentano quasi sempre sciolti, talvolta possono mostrare un minimo grado di addensamento che può migliorare con la profondità. Ovviamente la granulometria più grossolane come i ciottoli o addirittura le ghiaie sono presenti corsi di acqua minori specialmente nei tratti a monte. I depositi costituiti da elementi più fini (sabbie e limi) sono invece presenti in maniera predominante nelle rare aree vallive più estese. <u>Depositi continentali rusciniani e villafranchiani</u>



	PLIs – Sabbie e arenarie gialle FAA – Argille azzurre FAAb – Argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose con fossili marini PLIb – Conglomerati marini poligenici
GEOLOGIA	Riassumendo si può concludere che l'assetto geologico dell'area esaminata è riferibile alla formazione delle ARGILLE AZZURRE.
IDROGEOLOGIA	
CARATTERISTICHE	Nell'area esaminata, affiorano terreni costituenti da Unità idrogeologiche caratterizzata da una permeabilità primaria (per porosità), dove i vuoti che consentono il passaggio dell'acqua, si sono formati contemporaneamente al litotipo che li contiene e fanno parte della sua struttura e tessitura e sono funzione delle dimensioni, forma, disposizione e cementazione dei granuli costituenti il sedimento.
PERMEABILITA'	La formazione oggetto di studio per caratteristiche litologiche e granulometriche, può essere correlata ad una permeabilità bassa. Medesima indicazione proviene dalla "Idrogeologia" del Piano Strutturale che individua il sito come " permeabilità bassa ".
VULNERABILITA'	Dal punto di vista della Vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei l'unità geologica cartografata si classifica a vulnerabilità scarsa come evidenziato dalla tavola G11 del Piano Strutturale Intercomunale.
PLUVIOMETRIA	Il regime pluviometrico della zona può definirsi di tipo sublitoraneo appenninico poiché presenta il minimo principale di afflusso in estate ed il secondario in inverno; due sono anche i massimi pluviometrici, con l'autunnale più accentuato rispetto al primaverile. Relativamente all'andamento delle precipitazioni, il fattore di maggiore influenza è l'altitudine; i massimi assoluti sono rappresentati nelle aree di maggiore altitudine, mentre i valori medi più bassi si registrano nella fascia costiera. Concordemente con il regime climatico regionale, le precipitazioni meteoriche sull'area sono caratterizzate da valori medio annuali (A.I. 1951-1980) prossimi a 800 mm, i quali, durante il corso dell'anno idrologico medio si distribuiscono mensilmente in maniera irregolare (secondo le stagioni), con picchi massimi intorno ai 100 mm nel periodo autunnale e solo pochi millimetri di pioggia nel periodo maggiormente siccitoso (Barazzuoli & Salleolini, 1993).



LITOTECNICA	
UNITA' LITOTECNICHE	<u>UNITA' DEL SUBSTRATO LAPIDEO</u> (Rocce pr.d): A) materiale lapideo formato da un unico litotipo di elevata resistenza, non stratificato o in grosse bancate (ad es. graniti, calcari massicci, ecc.); B) materiale lapideo formato da un unico litotipo (ad es. calcari, arenarie, marne, ecc.), stratificato, o da alternanze di livelli lapidei e di livelli pelitici; divisibile in sottounità, a seconda dello spessore degli strati, dei rapporti fra le diverse litologie, del grado di ordine o disordine strutturale (fino ad una struttura "caotica" vera e propria);
	<u>UNITA' DEI MATERIALI A COMPORTAMENTO INTERMEDIO:</u> C) rocce e rocce deboli a tessitura grossolana, formate da materiali granulari debolmente cementati o da rocce degradate per alterazione; divisibile in sottounità, a seconda della composizione granulometrica prevalente (ghiaia o sabbia); D) rocce deboli a tessitura fine e ad elevata consistenza (argilliti, siltiti, marne); divisibile in sottounità, a seconda della frazione fine prevalente (limo o argilla);
	<u>UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA:</u> E) terre granulari, non cementate o debolmente cementate; a sua volta divisibile in sottounità, a seconda della composizione granulometrica prevalente; F) terre coesive a medio-bassa consistenza; divisibile in sottounità, a seconda della frazione fine prevalente (limo o argilla) e della eventuale presenza di frazione organica.
	In base a quanto affermato, la formazione è appartenente al tipo "F".

Geologo **Mirco BERNARDONI**



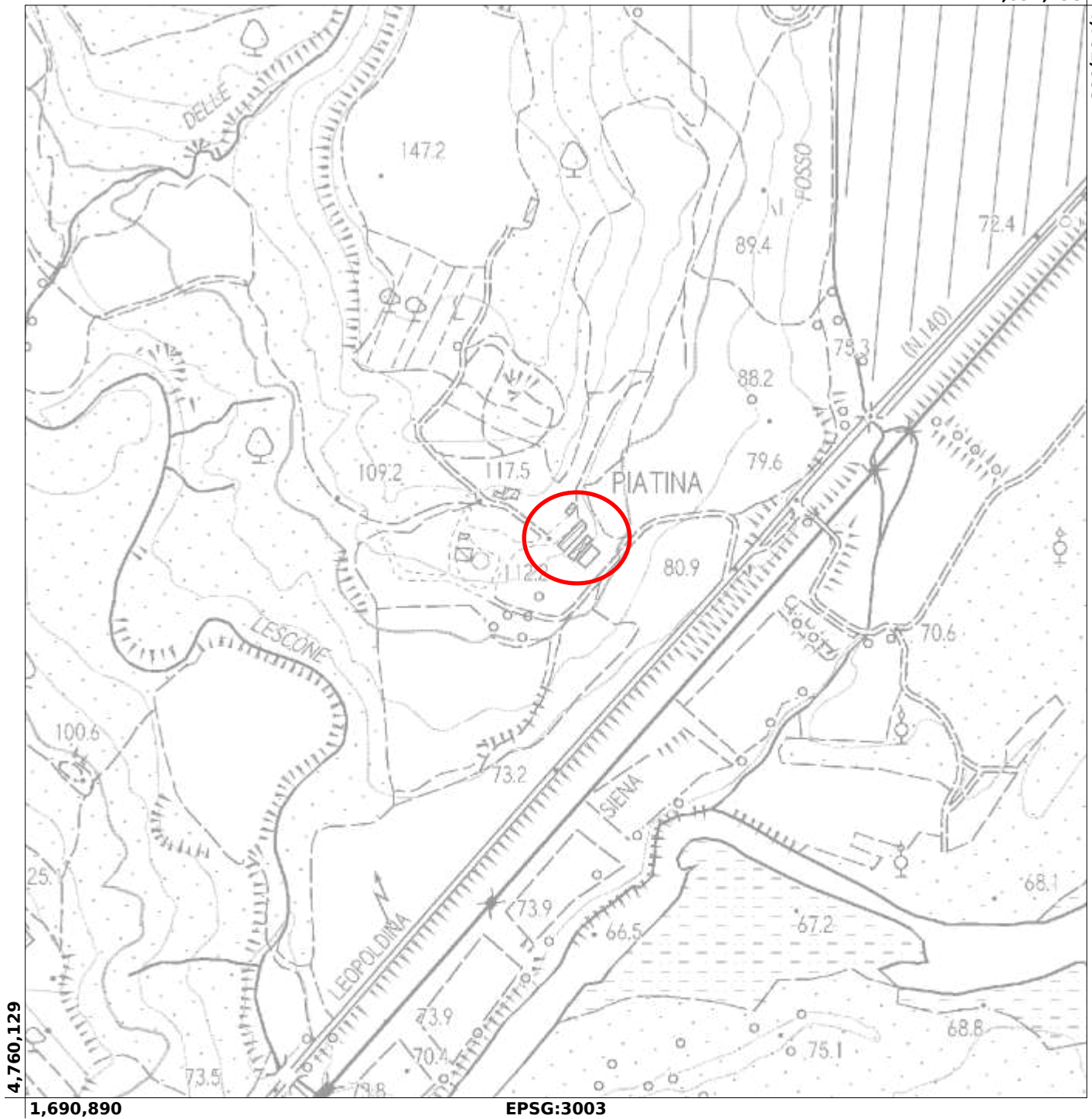


Regione Toscana - DB Geologico

Scala 1 : 5,000

1,691,798

4,761,065



4,760,129

1,690,890

EPSG:3003



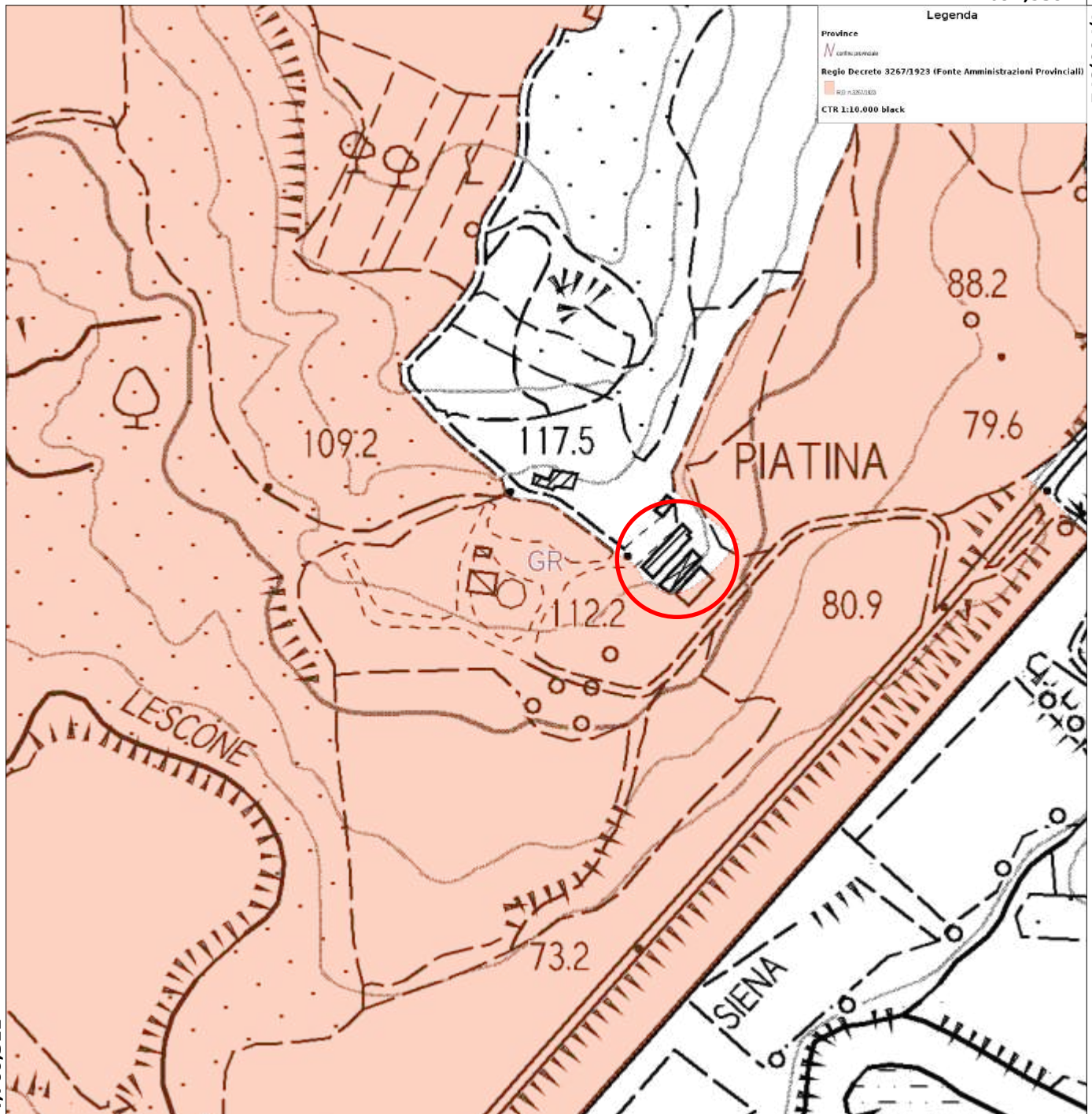


Regione Toscana - SIPT: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 3,000

691,539.1

4,760,872



4,760,311

690,993.8

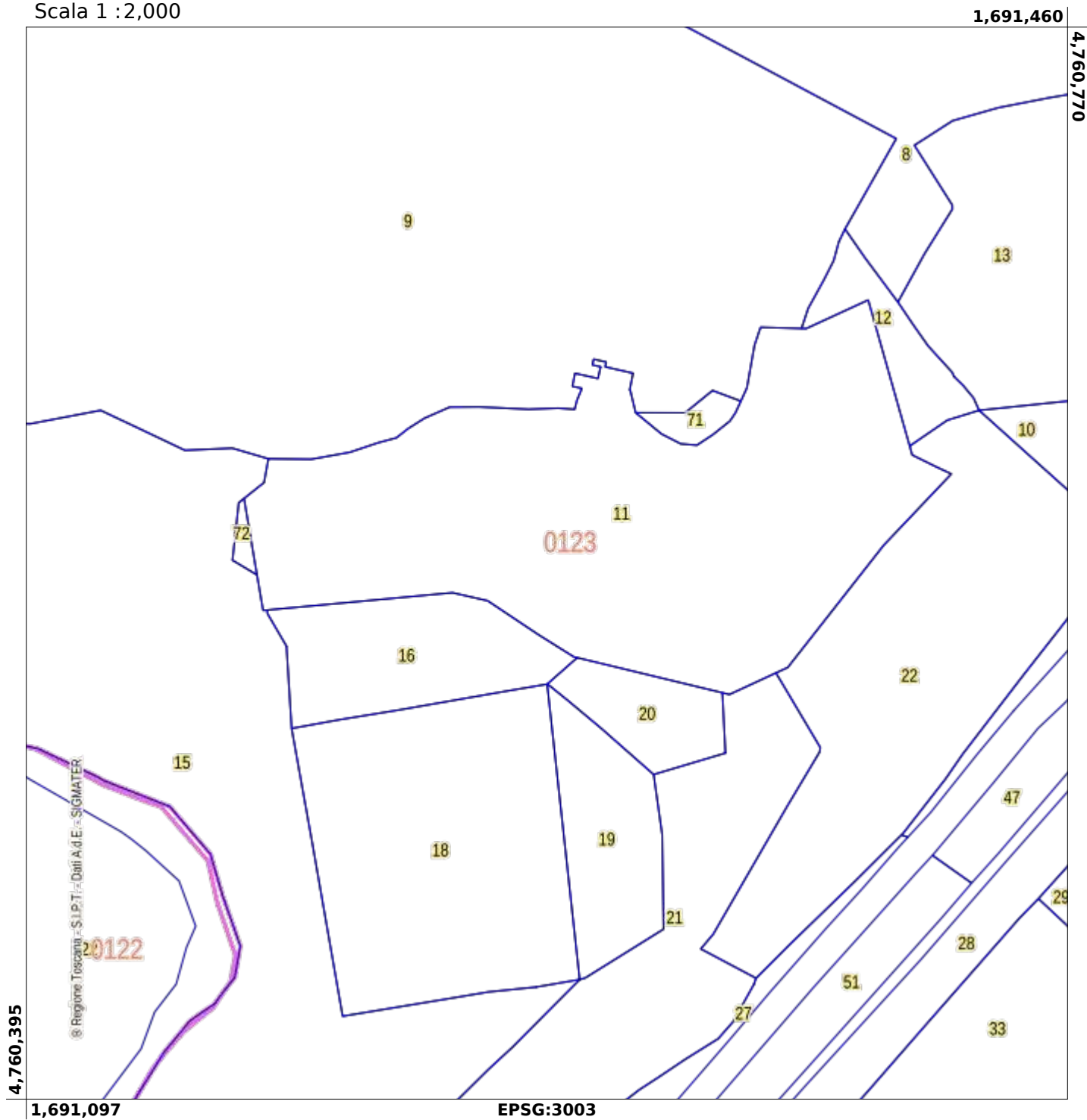
EPSG:25832



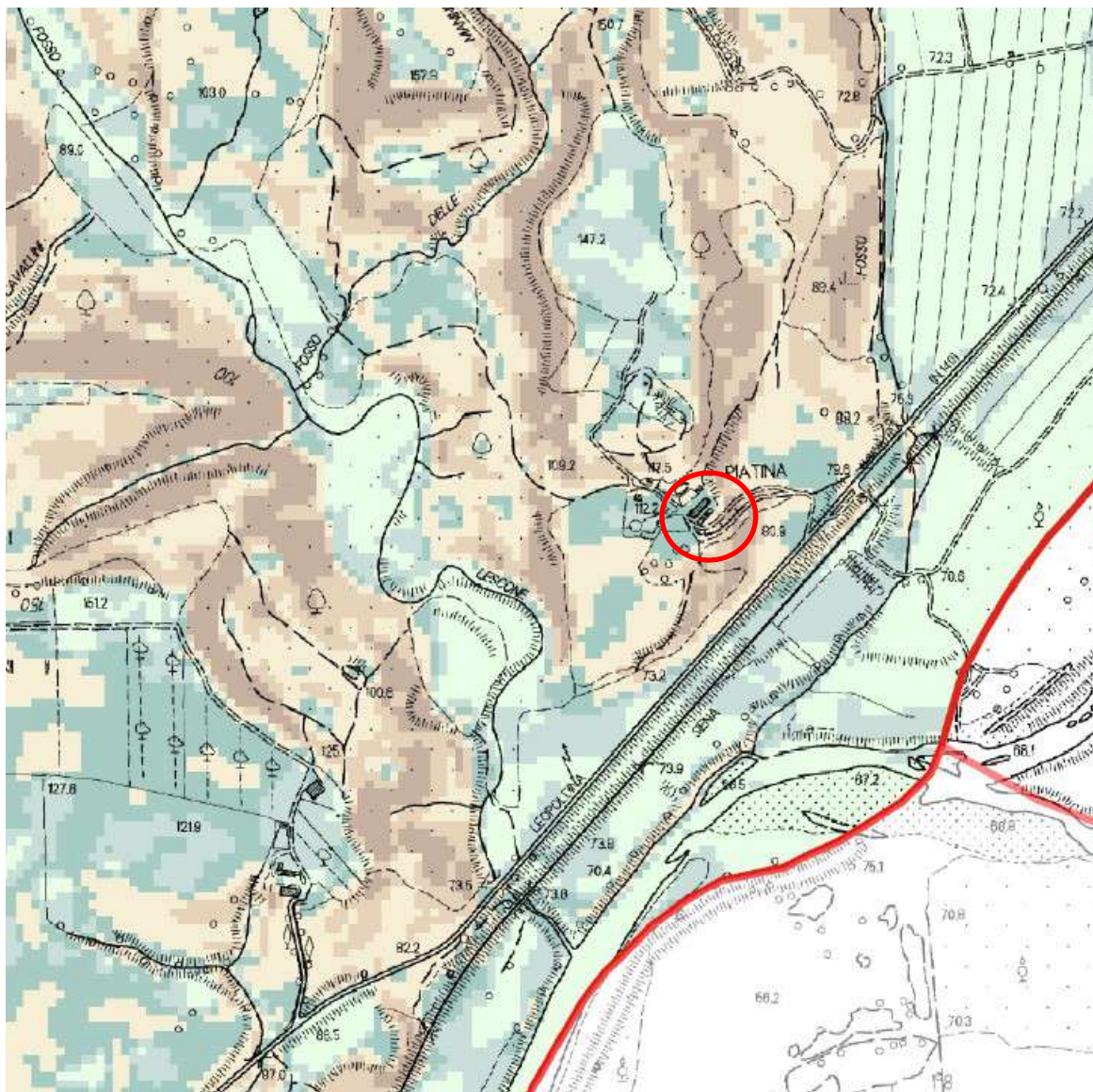


Regione Toscana - DB Geologico

Scala 1 : 2,000



CARTA delle PENDENZE



Comune di Cinigiano Sindaco Romina Sani	Comune di Civitella Paganico Sindaco Alessandra Biondi	Comune di Campagnatico Sindaco Elisio Pennici
Piano Strutturale Intercomunale art. 94 L.R. 65/2014		
UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO RUP e RESPONSABILE U.A.P. Arch. Lara Freni Coordinatrice del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani		
Comune di Cinigiano Arch. Lara Freni Oss. Michele Petricci ITU Incaricata Arch. Silvia Viviani - Gruppo - Progettazione urbanistica Arch. Teresa Arighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Pirello - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Plan. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murru Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Grassi		
Comune di Civitella Paganico Arch. Lara Freni Professionisti incaricati Arch. Silvia Viviani Arch. Teresa Arighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Pirello - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Plan. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murru Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Grassi		
Comune di Campagnatico Arch. Alessio Sani - Progettazione urbanistica Arch. Giovanni Padellani - Progettazione urbanistica Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica Arch. Roberto Bessi - VAS Indagini geologiche - Dott. Geol. Franco Dumanti Indagini idrauliche - Ing. Laura Morici		
Garante dell'informazione e della partecipazione: Dott. Eusebio Longo		
Tavola G.02 Quadro C	Nome Elaborato Carta delle Pendenze	Scala 1:10.000
APPROVAZIONE		
2023		

Legenda

Limiti Amministrativi

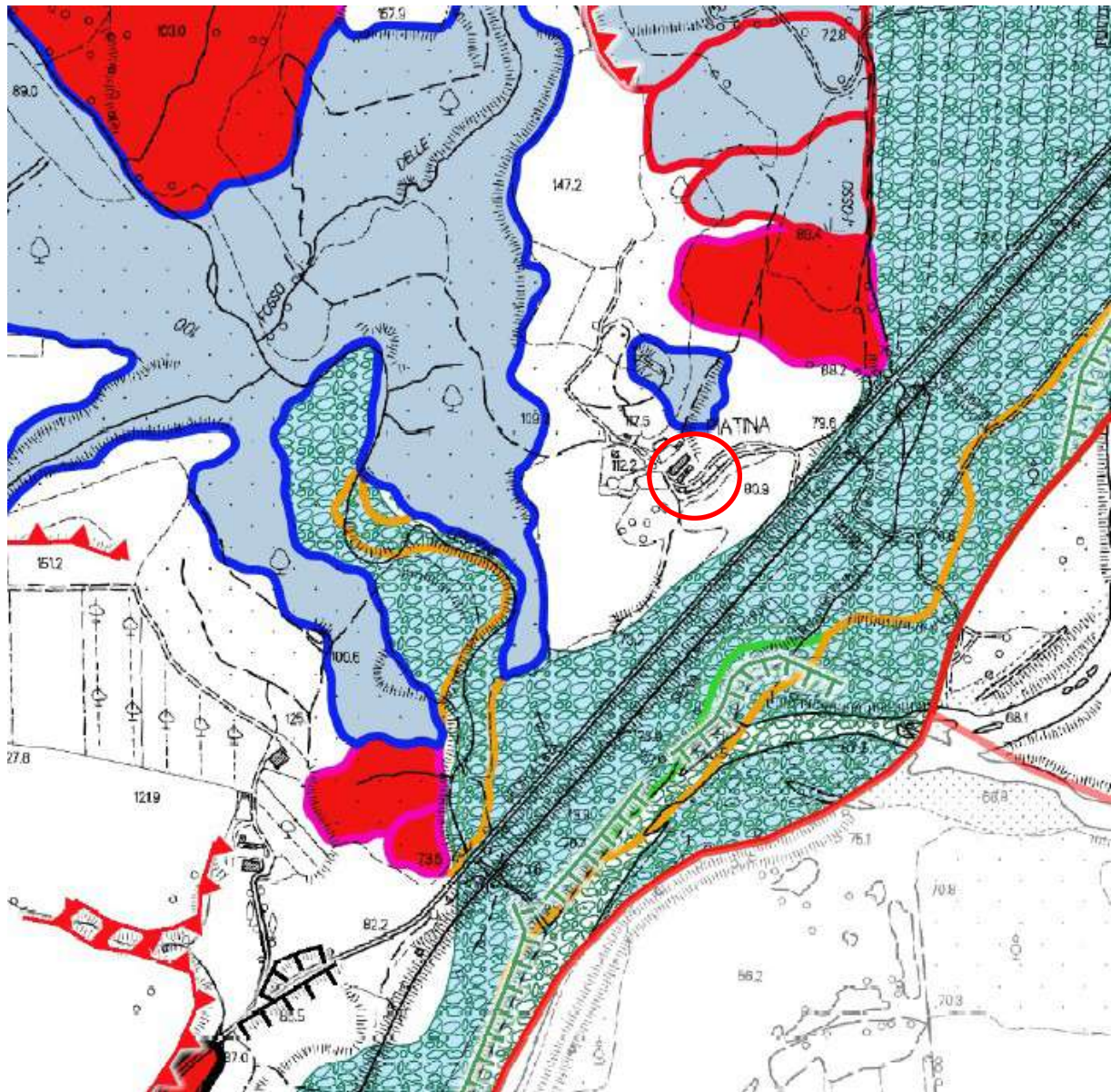
CINIGIANO, CAMPAGNATICO

CIVITELLA PAGANICO

Classi di acclività (fonte: Regione Toscana)

Banda 1 (Gray)

- <= 5%
- 5 - 10%
- 10 - 15%
- 15 - 25%
- 25 - 35%
- > 35%



		
Comune di Cinigiano Sindaco Romina Sani	Comune di Civitella Paganico Sindaco Alessandra Biondi	Comune di Campagnatico Sindaco Elisimo Pasucci
Piano Strutturale Intercomunale art. 94 L.R. 65/2014		
UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO RUP e RESPONSABILE U.A.P. Arch. Lara Pasenzi Coordinatori del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani		
Comune di Cinigiano Arch. Lara Pasenzi Geom. Michele Pasucci RTP Incaricato Arch. Silvia Viviani Capogruppo - Progettazione urbanistica Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Perillo - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Piano Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murrucci Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gazini		
Comune di Civitella Paganico Arch. Lara Pasenzi Professionisti incaricati Arch. Silvia Viviani Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Perillo - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Piano Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murrucci Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gazini		
Comune di Campagnatico Arch. Alessio Bruni - Progettazione urbanistica Arch. Giovanni Ruffini - Progettazione urbanistica Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica Arch. Roberto Rioni - VAS Indagini geologiche - Dott. Geol. Marco Duranti Indagini idrauliche - Ing. Luca Moretti		
Garante dell'informazione e della partecipazione - Dott. Daniele Longo		
Tavola G.03 Quadro C	Nome Elaborato Carta Geomorfologica	Scala 1:10.000
APPROVAZIONE		
2023		

Legenda

Limiti Amministrativi

- CINIGIANO, CAMPAGNATICO
- CIVITELLA PAGANICO

FORME LINEARI

- Orlo di scarpata di degradazione
- Solco erosivo di ruscellamento concentrato
- Orlo di scarpata di erosione fluviale
- Orlo di scarpata antropica

DEPOSITI SUPERFICIALI

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITA'

- Deposito di versante

FORME E PROCESSI DOVUTI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

- Deposito alluvionale Attivo Ghiaie
- Deposito alluvionale Attivo Sabbie
- Deposito alluvionale Inattivo Indeterminata
- Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie
- Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie limose; miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
- Deposito alluvionale Inattivo Sabbie
- Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
- Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici
- Deposito eluvio-colluviale

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE CARSIKA

- Deposito di precipitazione chimica: travertini

FORME DI ORIGINE ANTROPICA

- Discarica di rifiuti
- Discarica di miniera
- Discarica di cava, ravaneto

FORME AREALI

FORME E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

- Conoide alluvionale
- Area soggetta a dilavamento diffuso (sheet erosion)
- FORME, DEPOSITI E ATTIVITA' ANTROPICHE
- Area urbanizzata

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale - Forme Geomorfologiche

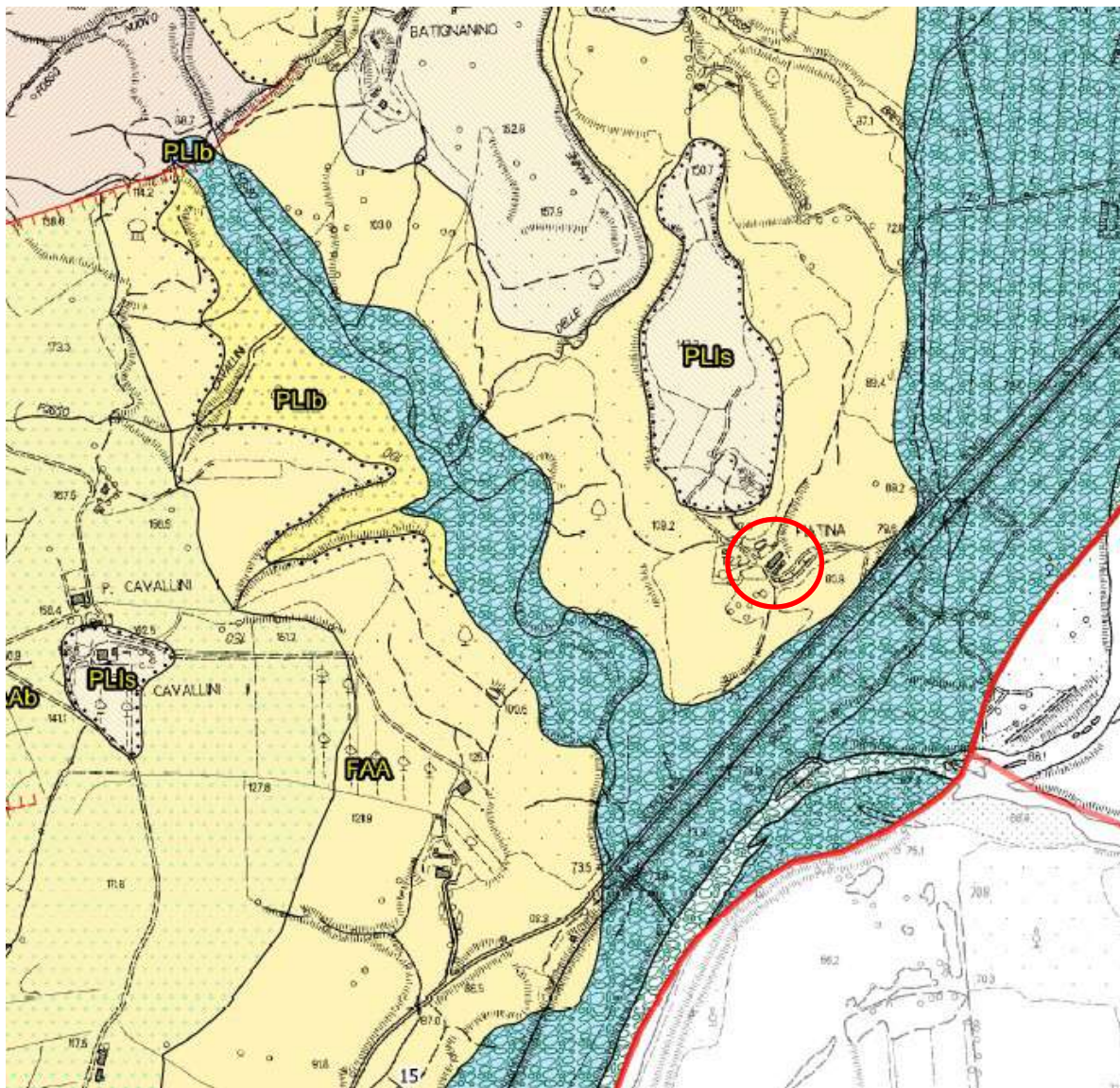
- ES - Erosione spondale attiva
- FD2 - Area potenzialmente instabile per franosità diffusa
- FD3 - Franosità diffusa attiva
- FDF - Fascia di dinamica fluviale
- S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabile
- S3 - Frane di scivolamento e colata lenta - attive
- R3 - Frana di colata rapida attiva
- G2 - Frana di crollo e ribaltamento - inattiva potenzialmente instabile
- DOL2 - Dolina inattiva

Ingresso grotte a sviluppo prevalentemente orizzontale (fonte Geoscopio - RT "Grotte e carsismo")

- Aree carsiche (fonte Geoscopio - RT "Grotte e carsismo")



CARTA GEOLOGICA



		
Comune di Cinigiano	Comune di Civitella Paganico	Comune di Campagnatico
Sindaco Romina Sani	Sindaco Alessandra Biondi	Sindaco Elisio Pesucci
Piano Strutturale Intercomunale		
art. 94 L.R. 65/2014		
UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO RUP e RESPONSABILE U.A.P. Arch. Lara Buzzi Coordinatrice del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani		
Comune di Cinigiano Arch. Lara Buzzi Geom. Michele Petricci RTP Incaricato Arch. Silvia Viviani Capogruppo - Progettazione urbanistica Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Fivello - VAS Arch. Lucia Nimmo - VAS Collaboratrice Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Marrasini Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gazzini		
Comune di Civitella Paganico Arch. Lara Buzzi Professionisti incaricati Arch. Silvia Viviani Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Fivello - VAS Arch. Lucia Nimmo - VAS Collaboratrice Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Marrasini Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gazzini		
Comune di Campagnatico Arch. Alessio Ricini - Progettazione urbanistica Arch. Giovanni Ruffini - Progettazione urbanistica Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica Arch. Roberto Rossi - VAS Indagini geologiche - Dott. Geol. Franco Duranti Indagini idrauliche - Ing. Luca Morotti		
Garante dell'informazione e della partecipazione: Dott. Daniele Longo		
Tavola G.01 Quadro C	Nome Elaborato Carta Geologica	Scala 1:10.000
APPROVAZIONE		
2023		

Legenda

Limiti Amministrativi

-  CINIGIANO, CAMPAGNATICO
-  CIVITELLA PAGANICO

Limiti Geologici

-  contatto stratigrafico e/o litologico - certo
-  contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio
-  contatto stratigrafico e/o litologico - sepolto
-  contatto stratigrafico inconforme - certo
-  contatto stratigrafico inconforme - fittizio
-  contatto stratigrafico inconforme - incerto
-  contatto stratigrafico inconforme - sepolto
-  contatto tettonico - certo
-  contatto tettonico - fittizio
-  contatto tettonico sottrattivo a basso angolo - certo
-  contatto tettonico sottrattivo a basso angolo - fittizio
-  faglia - certo
-  faglia - incerto
-  faglia - sepolto
-  faglia diretta - certo
-  faglia diretta - fittizio
-  faglia diretta - incerto
-  faglia diretta - sepolto
-  faglia con prevalente componente trascorrente (destra) - certo
-  faglia con prevalente componente trascorrente (destra) - incerto
-  faglia con prevalente componente trascorrente (sinistra) - certo
-  faglia con prevalente componente trascorrente (sinistra) - incerto
-  sovrascorrimento principale - certo
-  sovrascorrimento principale - fittizio
-  sovrascorrimento di importanza minore - certo
-  sovrascorrimento di importanza minore - fittizio
-  sovrascorrimento di importanza minore - incerto

Stratificazioni

-  stratificazione a polarità sconosciuta
-  stratificazione orizzontale dritta
-  stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
-  stratificazione verticale a polarità sconosciuta
-  stratificazione dritta

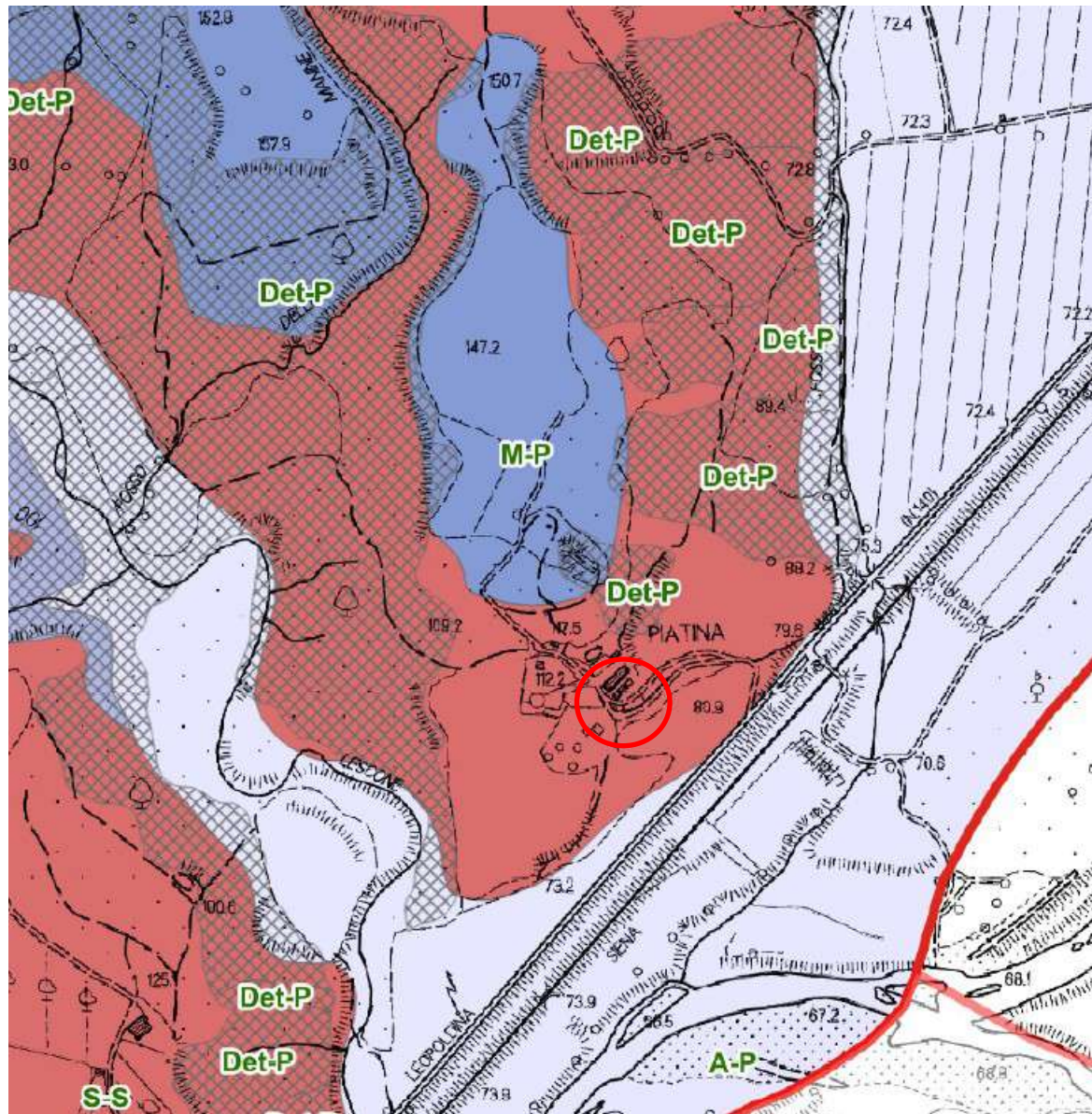
Geologia

Unità geologiche

-  VILc - Sabbie e conglomerati RUSCINIANO-VILAFRANCHIANO
-  VILc - Argille e argille sabbiose lignifere lacustri e fluvio-lacustri RUSCINIANO-VILAFRANCHIANO
-  VILa - Conglomerati e ciottolami poligenici RUSCINIANO-VILAFRANCHIANO
-  PLIs - Sabbie e arenarie gialle. ZANCLEANO - PIACENZIANO
-  FAA - Argille azzurre ZANCLEANO - PIACENZIANO
-  FAAb - Argille azzurre: Altezze di ciottolame, sabbie e limi argillosi ZANCLEANO - PIACENZIANO
-  FAAb - Argille azzurre: Argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose con fossili marini ZANCLEANO - PIACENZIANO
-  PLIb - Conglomerati marini poligenici ZANCLEANO - PIACENZIANO
-  MESa - Breccie e conglomerati ad elementi di Calcare cavernoso TUROLIANO SUPERIORE
-  EMO - Argille e argille marnoso-sabbiose con livelli e lenti di gessi MESSINIANO SUPERIORE (TUROLIANO)
-  EMOC - Argille e argille marnoso-sabbiose con livelli e lenti di gessi: Calcarei MESSINIANO SUPERIORE (TUROLIANO)
-  FOS - Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati TUROLIANO INFERIORE
-  FOSa - Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati: Argille e calcari dolomitici TUROLIANO INFERIORE
-  FOSo - Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati: Olistostromi di materiale proveniente dalle unità liguri TUROLIAI
-  SLEm - Marna sabbioso-siltose TORTONIANO SUPERIORE - MESSINIANO INFERIORE (TUROLIANO)
-  SLEr - Sabbie e arenarie TORTONIANO SUPERIORE - MESSINIANO INFERIORE (TUROLIANO)
-  SLEc - Conglomerati e paraconglomerati eterometrici moderatamente elaborati con ciottoli e matrice arrossati TORTONIANO SUPERIORE - MESSINIANO INFERIORE (TUROLIANO)
-  APA - Argille a Palombini CRETACICO INFERIORE
-  DSA - Diaspri Malm
-  PRN - Peridotiti serpentinizzate con filoni gabbrici e basaltici GIURASSICO
-  SIL - Formazione di Sillano CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE
-  BUR - Formazione anidritica di Burano CARNICO - NORICO
-  CCA - Calcare cavernoso TRIASSICO SUPERIORE
-  CPE - Siltiti scure e filladi con olistoliti carbonatici CARBONIFERO (VISEANO SUPERIORE-NAMURIANO)
-  FNE - Filladi nere e quarziti ANISICO ?
-  FRM - Filladi e metarenarie torbiditiche CARBONIFERO SUPERIORE (MOSCOVIANO)
-  VEU - Formazione della Verruca LADINICO - CARNICO
-  VEUa - Formazione della Verruca: Membro delle Anageniti grossolane LADINICO - CARNICO
-  VINb - Formazione di Vinca: Dolomie grigio-scure e rosate CARNICO - NORICO ?
-  VINc - Formazione di Vinca: Calcarei di Retignano CARNICO - NORICO ?

Depositi Superficiali (DS)

- Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
-  Deposito alluvionale Attivo Ghiaie
-  Deposito alluvionale Attivo Sabbie
-  Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie
-  Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie limose; miscela di ghiaia, sabbia e limo. Frazione fine abbondante. (GM)
-  Deposito alluvionale Inattivo Sabbie
-  Deposito alluvionale Inattivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM)
-  Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici
- Forme e depositi di origine carsica
-  Deposito di precipitazione chimica: travertini



		
Comune di Cinigiano	Comune di Civitella Paganico	Comune di Campagnatico
Sindaco Romina Sani	Sindaco Alessandra Biondi	Sindaco Elisimo Pesucci
Piano Strutturale Intercomunale		
art. 94 L.R. 65/2014		
UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO RUP e RESPONSABILE U.A.P. Arch. Laura Paoletti Coordinatrice del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani		
Comune di Cinigiano Arch. Laura Paoletti Geom. Michele Petricci RTP Incaricato Arch. Silvia Viviani - Capogruppo - Progettazione urbanistica Arch. Teresa Amighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Pirella - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratore Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murrucci Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gaszini		
Comune di Civitella Paganico Arch. Laura Paoletti Prof. s.r.l. Incaricato Arch. Silvia Viviani Arch. Teresa Amighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Pirella - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratore Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Murrucci Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gaszini		
Comune di Campagnatico Arch. Alessio Bruni - Progettazione urbanistica Arch. Giovanni Ruffini - Progettazione urbanistica Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica Arch. Roberto Rossi - VAS Indagini geologiche - Dott. Grad. Franco Duranti Indagini idrauliche - Ing. Luca Moretti		
Garante dell'informazione e della partecipazione - Dott. Daniele Longo		
Tavola	Nome Elaborato	Scala
G.05	Carta Idrogeologica	1:10.000
Quadro C		
APPROVAZIONE		
3023		

Legenda

Limiti Amministrativi

 CINIGIANO, CAMPAGNATICO

 CIVITELLA PAGANICO

Pozzi

 uso non specificato (fonte Comunale e ISPRA)

Classi di permeabilità

Permeabilità Primaria

 Det-P : Permeabilità primaria medio-alta associata a materiale detritico e/o fortemente alterato di modesta continuità laterale

 A-P : Permeabilità elevata

 MA-P : Permeabilità medio-elevata

 M-P : Permeabilità media

 MS-P : Permeabilità medio-bassa

Permeabilità Secondaria

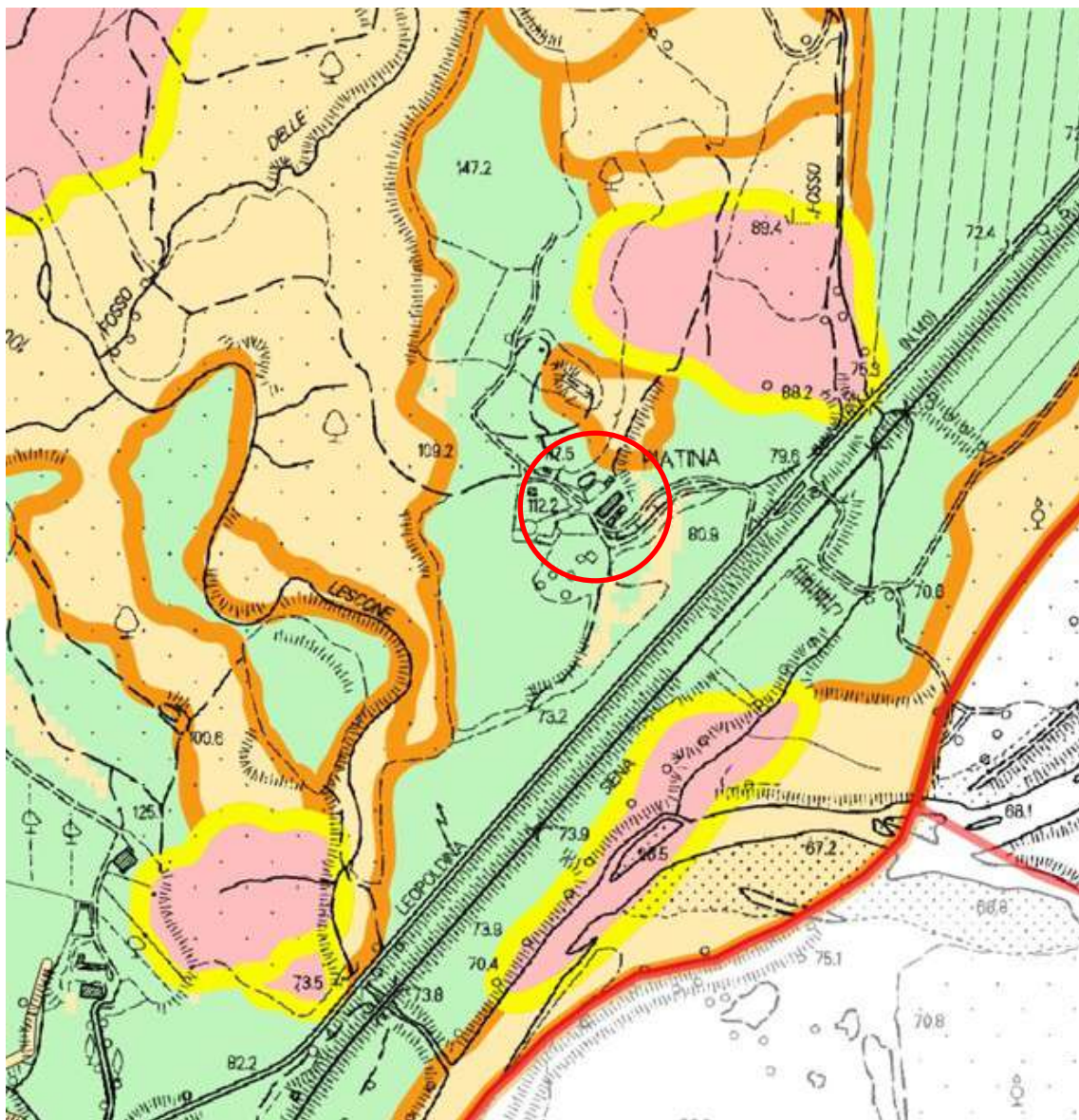
 MA-S : Permeabilità medio-elevata

 M-S : Permeabilità media

 MS-S - Permeabilità medio-bassa

 S-S : Permeabilità bassa





Comune di Cinigiano Sindaco Romina Sani	Comune di Civitella Pagánica Sindaco Alessandra Biondi	Comune di Campagnatico Sindaco Elisio Pisucci
Piano Strutturale Intercomunale art. 84 L.R. 65/2014		
UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO RUP e RESPONSABILI U.A.P. Arch. Lara Pieroni Coordinatore del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani		
Comune di Cinigiano Arch. Lara Pieroni Geom. Michele Petrelli PTT Inarcas Arch. Silvia Viviani Capogruppo - Progettazione urbanistica Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Piccoli - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Muratori Indagini sismiche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Giamini		
Comune di Civitella Pagánica Arch. Lara Pieroni Professionisti incaricati Arch. Silvia Viviani Arch. Teresa Arrighetti - Collaboratrice Arch. Annalisa Piccoli - VAS Arch. Lucia Nino - VAS Collaboratrice Pian. Terr. Lorenzo Zoppi - Collaboratore Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Muratori Indagini sismiche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Giamini		
Comune di Campagnatico Arch. Massimo Bruni - Progettazione urbanistica Arch. Giovanni Buffini - Progettazione urbanistica Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica Arch. Roberto Rossi - VAS Indagini geologiche - Dati Geol. Franco Dainelli Indagini idrauliche - Ing. Luca Moretti		
Caricanti dell'attuazione e della partecipazione: Dott. Daniele Longo		
Tavola G.12 Quadro C	Nome Elaborato Carta della Pericolosità Geologica	Scala 1:10.000
APPROVAZIONE		
2023		

Legenda

Limiti Amministrativi

CINIGIANO, CAMPAGNATICO

CIVITELLA PAGANICO

Classi di Pericolosità Geologica (ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011)

G.4 - Pericolosità Geologica molto elevata

G.3 - Pericolosità Geologica elevata

G.3 - Pericolosità Geologica elevata (associata a tratti di versante con pendenze superiori al 35%)

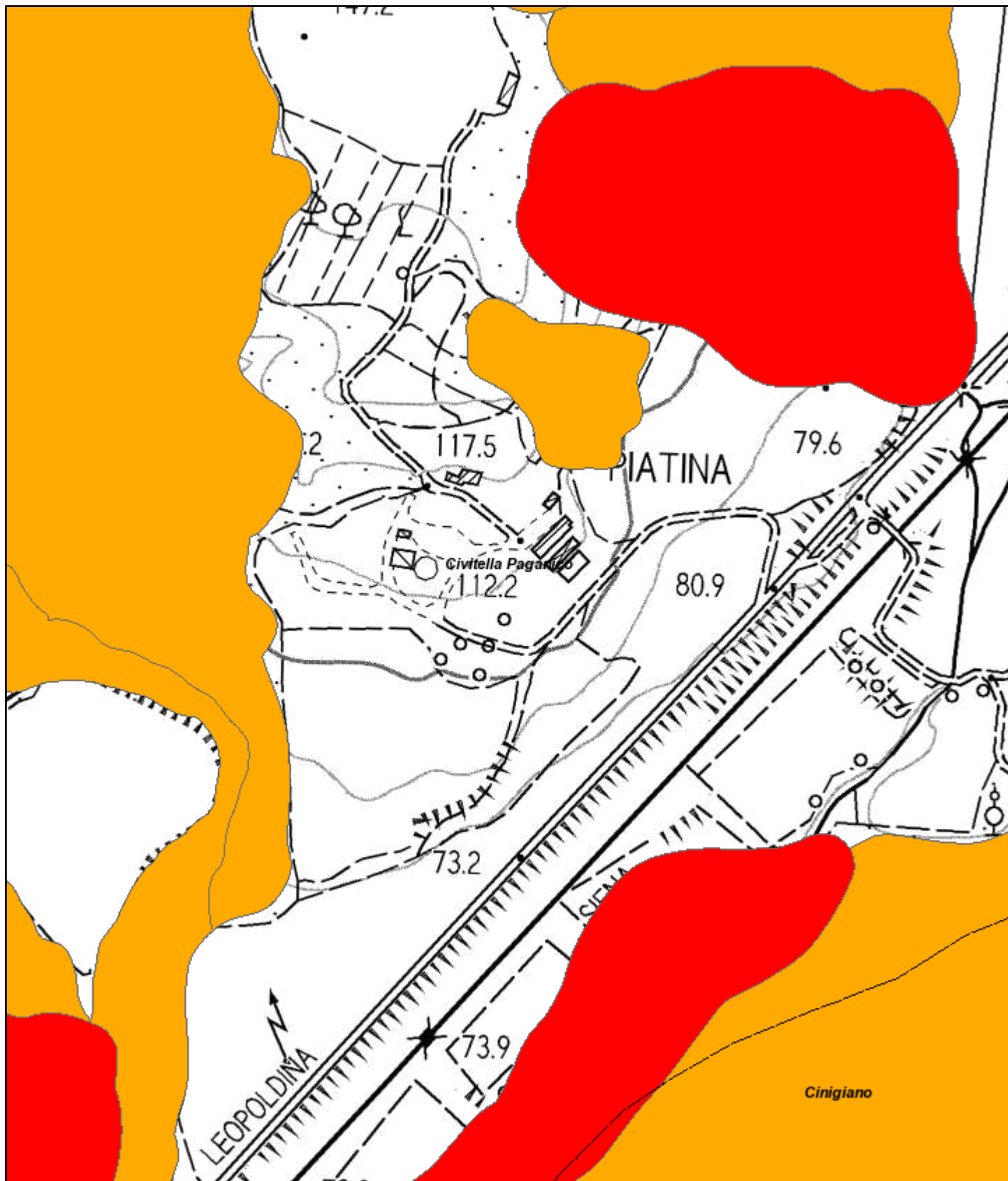
G.2 - Pericolosità Geologica media

Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

P3a - Pericolosità da frana elevata

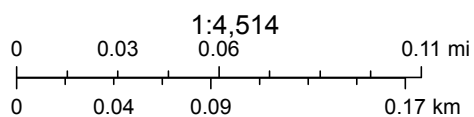
P4 - Pericolosità da frana molto elevata

Mappa PAI "Dissesti geomorfologici"



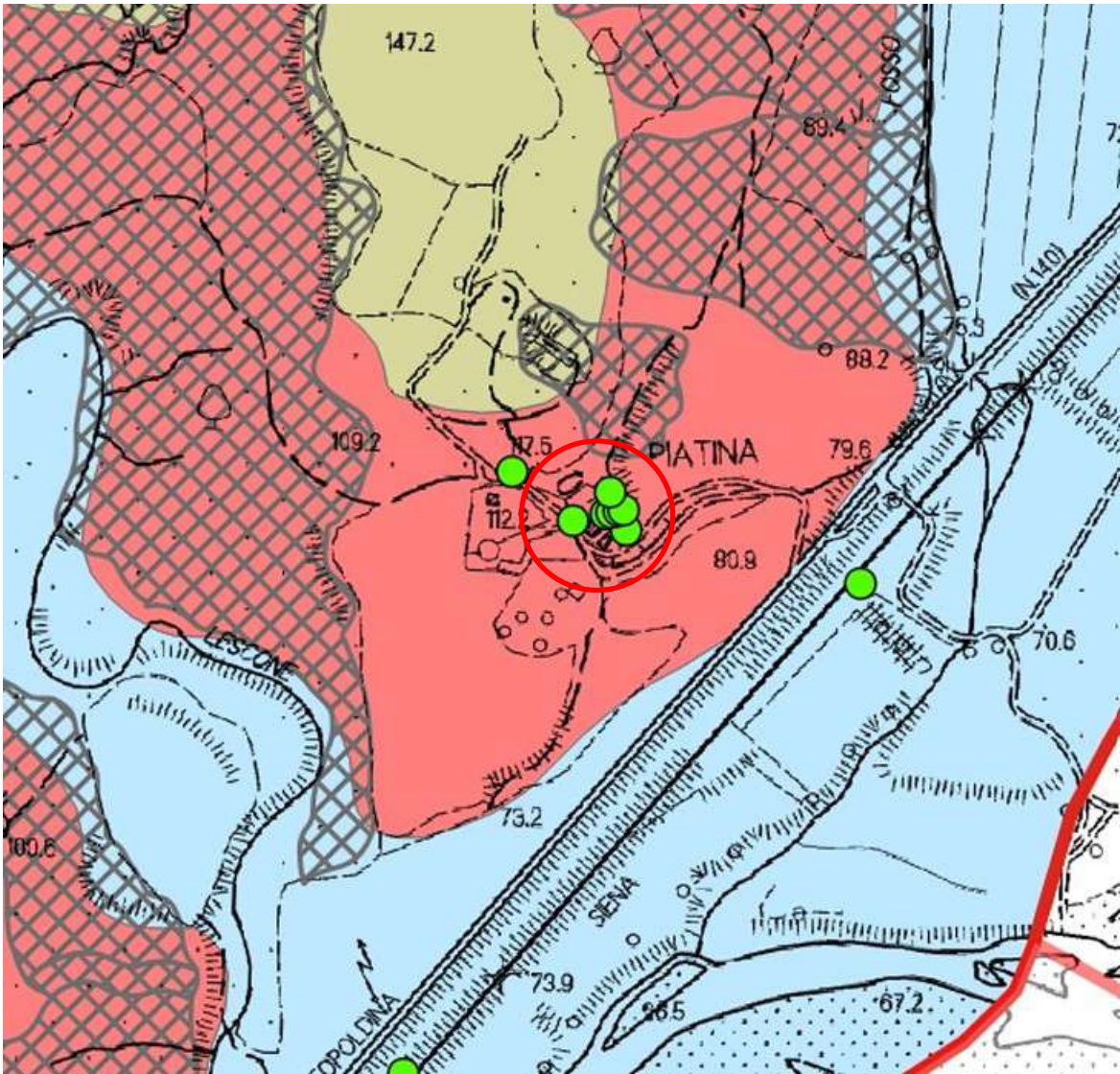
08/09/2025, 11:44:59

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 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 |





Comune di Cinigiano
Sindaco
Romina Sarti



Comune di Civitella Paganico
Sindaco
Alessandra Biondi



Comune di Campagnatico
Sindaco
Elisabetta Pirocci

Piano Strutturale Intercomunale
art. 94 L.R. 65/2014

UFFICIO ASSOCIATO DI PIANO
RUP o RESPONSABILE U.A.P. Arch. Lara Fionzi
Coordinatrice del gruppo di progettazione Arch. Silvia Viviani

Comune di Cinigiano
Arch. Lara Fionzi
Coordinatore
ITP Incassato
Arch. Silvia Viviani - Progettazione urbanistica
Arch. Tessa Amegretti - Collaboratore
Arch. Annalisa Pirelli - VAS
Arch. Lucia Nimo - VAS Collaboratrice
Plan. Tom. Lorenza Zoppi - Collaboratore
Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Marazziti
Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gassini

Comune di Civitella Paganico
Arch. Lara Fionzi
Prodotto/Incassato
Arch. Silvia Viviani
Arch. Tessa Amegretti - Collaboratore
Arch. Annalisa Pirelli - VAS
Arch. Lucia Nimo - VAS Collaboratrice
Plan. Tom. Lorenza Zoppi - Collaboratore
Indagini geologiche - Studio Geologico Alessandro Marazziti
Indagini idrauliche - HYDROGEO Srl Ing. Giacomo Gassini

Comune di Campagnatico
Arch. Alessia Biondi - Progettazione urbanistica
Arch. Giovanni Buffari - Progettazione urbanistica
Arch. Silvia Viviani - Supporto alla progettazione urbanistica
Arch. Roberto Rossi - VAS
Indagini geologiche - Dott. Dott. Franco Duranti
Indagini idrauliche - Ing. Luca Monti

Obiettivo dell'informazione e della partecipazione: Dott. Daniele Longo

Tavola	Nome Elaborato	Scala
G.11	Carta delle Problematiche Idrogeologiche	1:10.000
Quadro C		

APPROVAZIONE

2023

Legenda

Limiti Amministrativi

 CINIGIANO, CAMPAGNATICO

 CIVITELLA PAGANICO

Classi di vulnerabilità dei potenziali acquiferi

 Vulnerabilità bassa dovuta ad antropizzazione

 Vulnerabilità variabile su corpo detritico

 Vulnerabilità alta

 Vulnerabilità medio-alta

 Vulnerabilità media

 Vulnerabilità medio-bassa

 Vulnerabilità bassa

 Vulnerabilità scarsa

Dati interferometrici - Intervallo di monitoraggio 2019 - 2023 (fonte Regione Toscana)

 -19.9 - -10.0 mm/anno

 -9.9 - -5.0 mm/anno

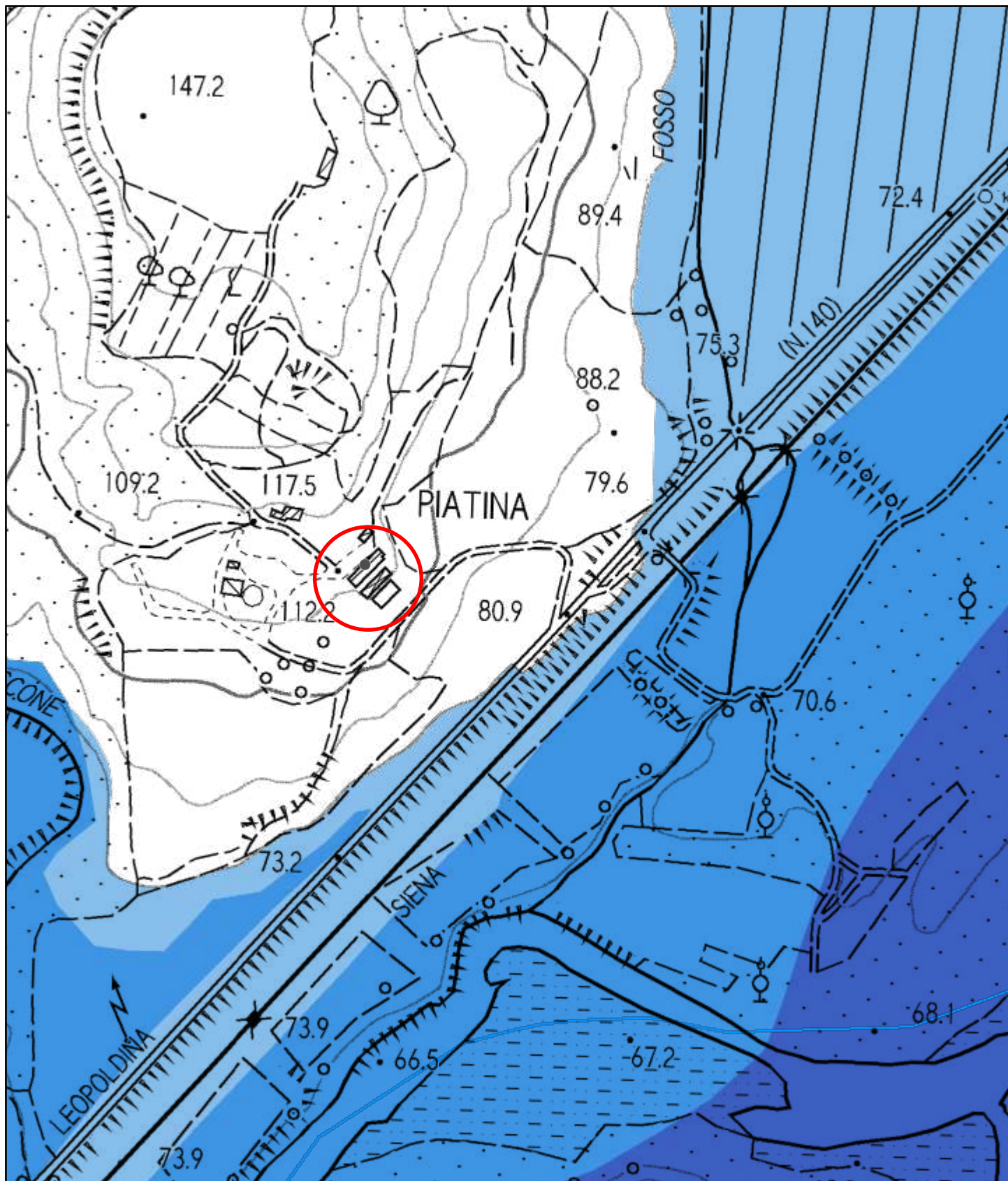
 -4.9 - -2.0 mm/anno

 -1.9 - 2.0 mm/anno

 2.1 - 5.0 mm/anno

Firmato Da: PASTORELLI MATTEO Eneesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 1ffdf330f60fe741ac04c0e8b3a999fa

Mappa della Pericolosità da alluvione



14/07/2025, 16:08:55

CTR 1:10000 - II Edizione

CTR_10K_WGS84

Reticolo_principale

Pericolosità Dominio Fluviale

P1

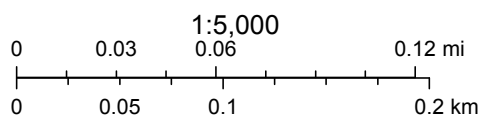
P2

P3

Pericolosità Dominio Costiero

P2

P3

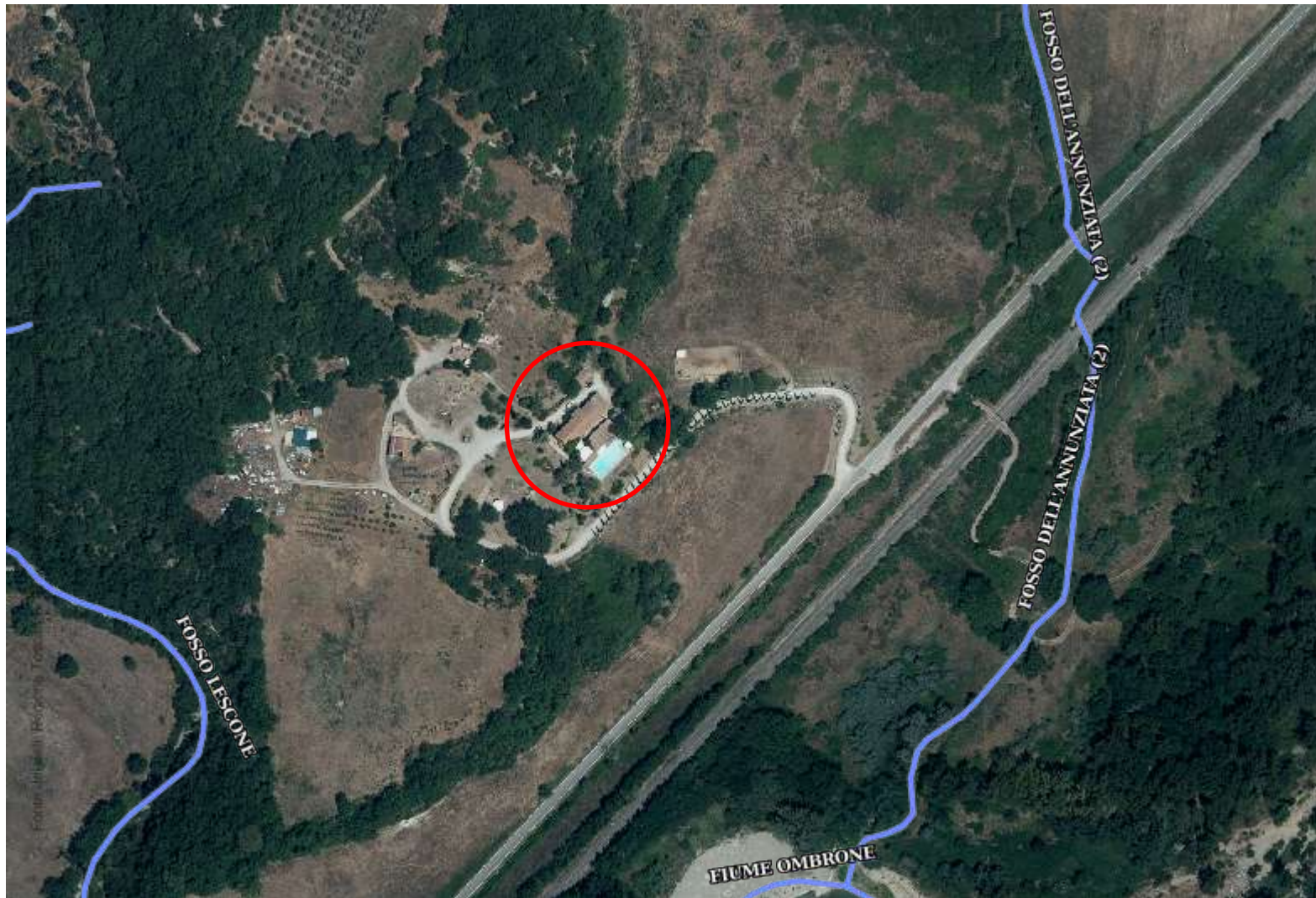


Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

AdB Distretto Appennino Settentrionale
Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale |



Regione Toscana



OFC 2021 20cm - 32 bit colore - RGB

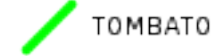
Infrastruttura Idrica



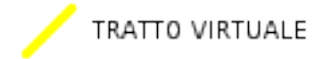
Ret. idrografico aggiornato con DCR



SI



TOMBATO



TRATTO VIRTUALE

07.14.2025

