


Dott. Fabio Di Nasso - Geologo Via Salceto 19 – 53036 POGGIBONSI (SI) Tel. 0577982627 info@studiodinasso.eu				
		Pag. 1 di 38		
Tutti i diritti sono riservati - La riproduzione, anche parziale, e la divulgazione a terzi è vietata senza il consenso scritto dell'autore				
	Comune : BARBERINO TAVARNELLE		Riferimento:	
	Località: PIAZZA MAZZINI - BARBERINO VAL D'ELSA	N° Copie	Pagine numerate: 38 più eventuali allegati	FORMATO : A4
	Committente COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE			
	Oggetto: VARIANTE AL PS E AL RU DI BARBERINO VAL D'ELSA MEDIANTE APPROVAZIONE DEL PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL PARCHEGGIO PUBBLICO DI PIAZZA MAZZINI			
	Indagine : RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA			
<div style="text-align: center;">  <p> STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. FABIO DI NASSO Via Salceto 19 - 53036 POGGIBONSI (SI) - tel. 0577982627 e-mail: info@studiodinasso.eu </p> </div>				

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 2 di 38

INDICE	
1. PREMESSA	3
2. SINTESI DELLE CONOSCENZE	6
2.1. VINCOLI SOVRAORDINATI	6
2.1.1. Vincolo Idrogeologico	6
2.1. Quadro riassuntivo della sintesi delle conoscenze dei vincoli sovraordinati sotto l'aspetto geologico/idrogeologico	6
3. ANALISI E APPROFONDIMENTI	7
3.1. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA REGIONALE	7
3.1.1. Inquadramento geologico	7
3.2. Inquadramento geomorfologico	8
3.1. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI	10
3.1.1. Piano Strutturale - Variante generale	10
4. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ	14
5. INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE ESEGUITE	18
5.1. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	19
5.2. INDAGINE GEOFISICA	32
5.2.1. Risultanze indagine HVSR – frequenza di picco e rapporto H/V	32
5.2.1. indagine Sismica a rifrazione	32
6. ASPETTI SISMICI DELL'AREA	33
6.1. PARAMETRI SISMICI	33
6.2. VERIFICA LIQUEFAZIONE "NTC 2018 7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE"	33
7. PRINCIPALI RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE	34
8. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' DELL'AREA	34
8.1. PERICOLOSITÀ' GEOLOGICA - VARIANTE	34
8.1. PERICOLOSITA' SISMICA - VARIANTE	35
8.2. PERICOLOSITÀ' IDRAULICA	35
9. INTERVENTI EDILIZI PREVISTI	36
10. VERIFICA DI STABILITÀ DEL PENDIO ALLO STATO ATTUALE	36
11. CONDIZIONI DI FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI	37
11.1. FATTIBILITA' COME RIPORTATA DELLE NORME TECNICHE DELLA VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO GENERALE	37
11.2. ULTERIORI NOTE SULLA FATTIBILITA'	38
12. CONCLUSIONI	38

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 3 di 38

1. PREMESSA

Il Comune di Barberino Tavarnelle, ha in oggetto un *“PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DI PIAZZA MAZZINI A BARBERINO VAL D'ELSA CHE INCLUDE L'AMPLIAMENTO DEL PARCHEGGIO PUBBLICO ESISTENTE”*.

Una porzione dell'ampliamento previsto del parcheggio, peraltro di limitata estensione, ricade nel perimetro esterno all'UTOE “Area di insediamento - Barberino Capoluogo”: per questo motivo, per rendere realizzabile quanto in progetto, si rende necessaria una Variante Urbanistica al Piano Strutturale ed al Vigente Regolamento Urbanistico. Il Comune ha dato incarico allo scrivente, affinché fossero redatti gli elaborati di supporto geologico, idraulico e sismico come previsto dalla Normativa del DPGR¹ Reg. 5/r del 30/01/2020

Alcuni elaborati tuttora vigenti, sono redatti con la Normativa allora vigente di riferimento è la *L.R². n° 1 del 03-01-2005 Art. 62 ed il Regolamento Attuativo³ Reg. 53/R del 25-10-2011*.

Per quanto concerne l'aspetto normativo e urbanistico, il Comune di Barberino Tavarnelle, è dotato dei seguenti documenti:

ATTI GOVERNO DEL TERRITORIO	TIPOLOGIA ATTO	DELIBERA DI ADOZIONE/APPROVAZIONE
Strumenti di pianificazione	PIT	Approvato con Del.C.R. n. 72 del 24/07/2007
	PTC	Approvato con Del.C.P. n. 94 del 15/06/1998
	Piano Strutturale Comunale	Approvato con DEL.C.C. n. 54 del 01/06/2005 oltre a numerose varianti
	Regolamento Urbanistico	Approvato con DEL.C.C. n. 45 del 11/10/2006 oltre a numerose varianti
	Piano Operativo	Inizio Procedimento DEL.G.C. n. 48 del 30/03/2020

¹ Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche. - Bollettino Ufficiale della Regione Toscana - N. 6 del 5.2.2020

² Norme per il governo del territorio - Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 2, parte prima del 12 gennaio 2005

³ Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche Bollettino Ufficiale n. 5, parte prima del 2 novembre 2011.

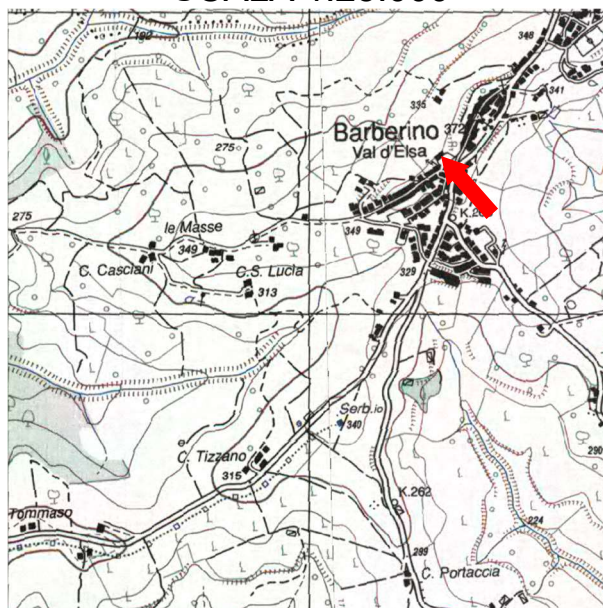
Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**

Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

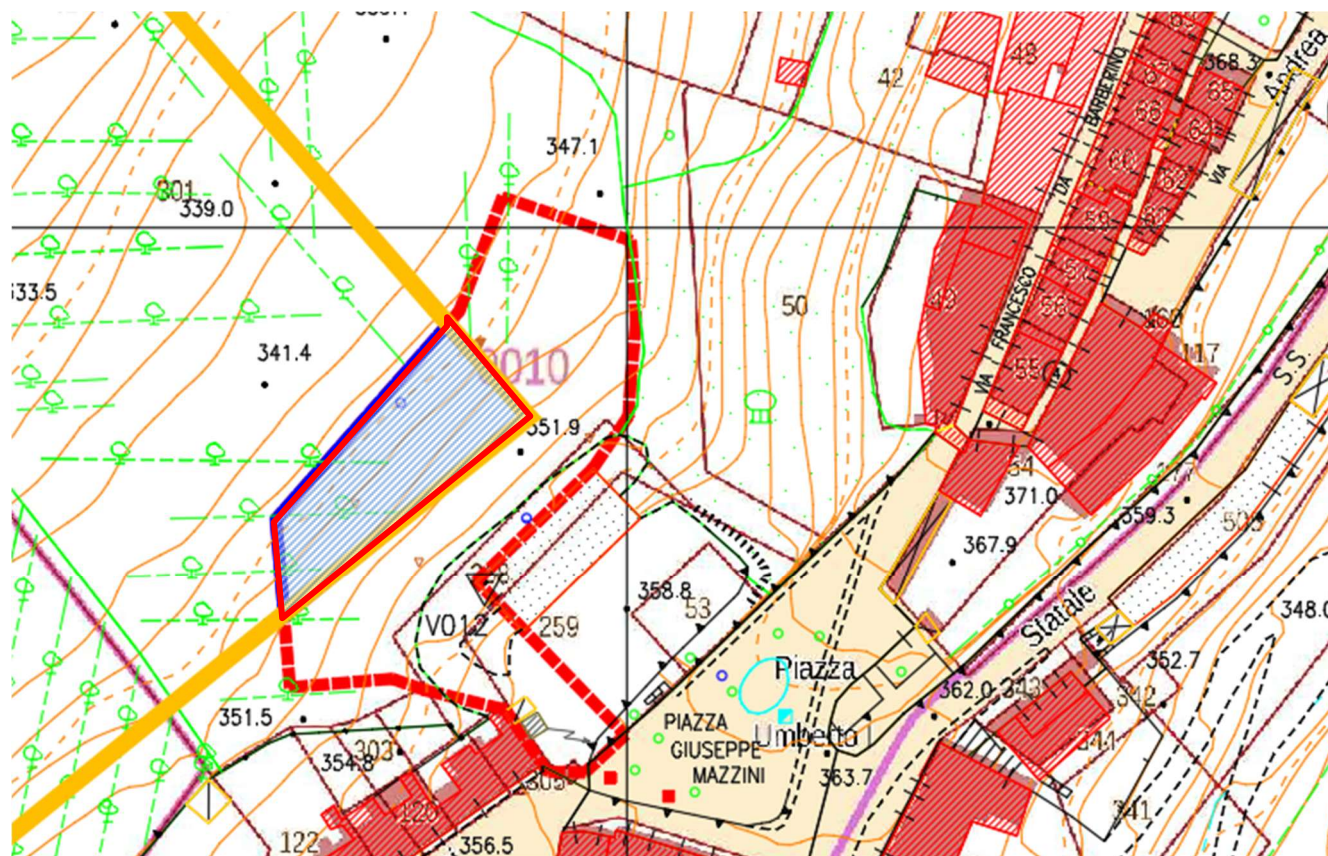
Pag. 4 di 38

UBICAZIONE ZONA D'INTERVENTO
CARTOGRAFIA IGM1
SCALA 1:25.000



ZONA IN OGGETTO

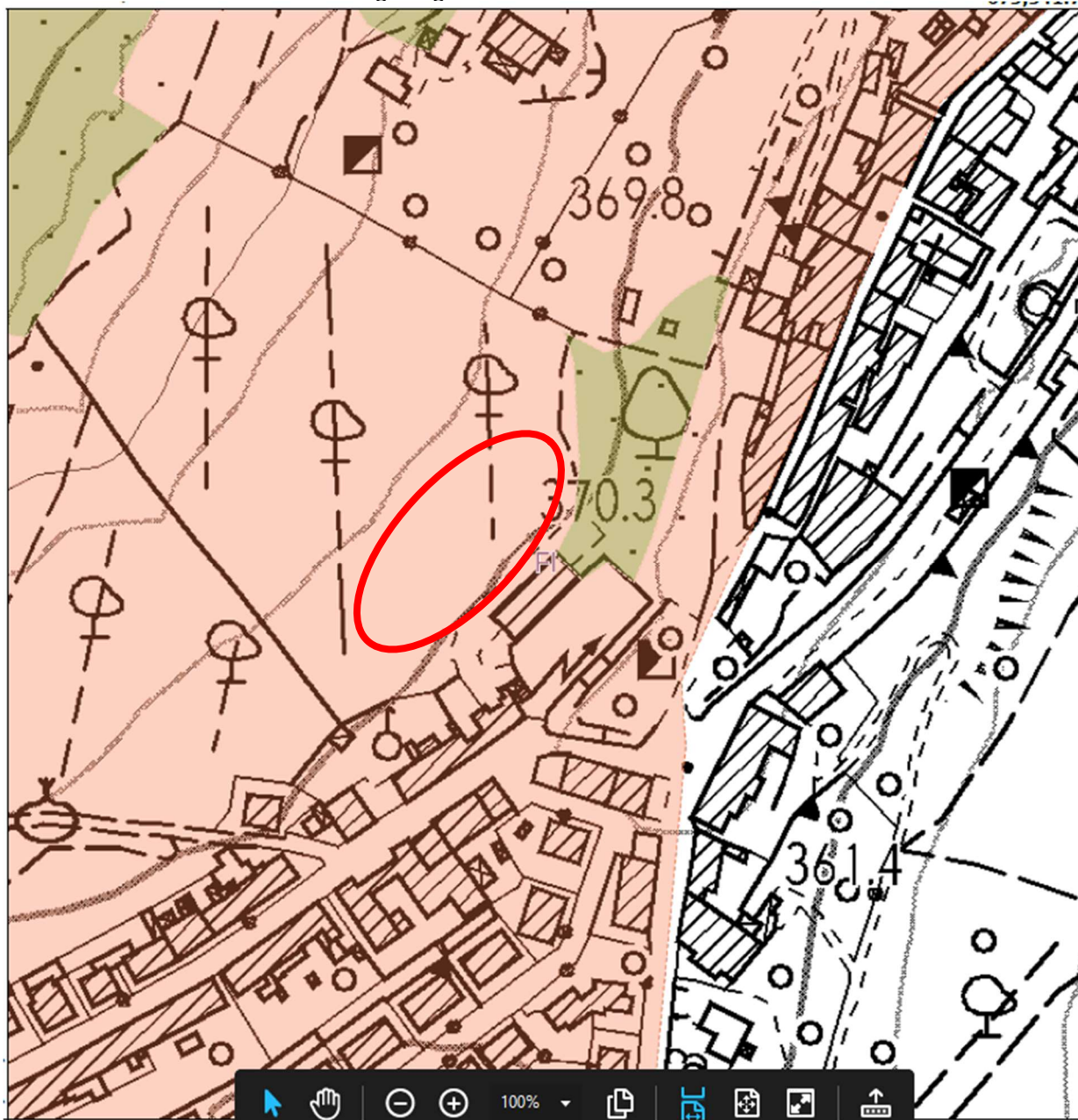
ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA CATASTALE con Carta Tecnica Regionale



2. SINTESI DELLE CONOSCENZE

2.1. VINCOLI SOVRAORDINATI

2.1.1. Vincolo Idrogeologico



Legenda

area sottoposta a vincolo idrogeologico RD 3267 DEL 30/12/1923

area sottoposta a vincolo idrogeologico LR 39/2000

Area d'interesse

2.1. Quadro riassuntivo della sintesi delle conoscenze dei vincoli sovraordinati sotto l'aspetto geologico/idrogeologico

QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SINTESI DELLE CONOSCENZE	
TEMATISMO	PERIMETRAZIONE
VINCOLO IDROGEOLOGICO	INTERESSA L'AREA IN OGGETTO

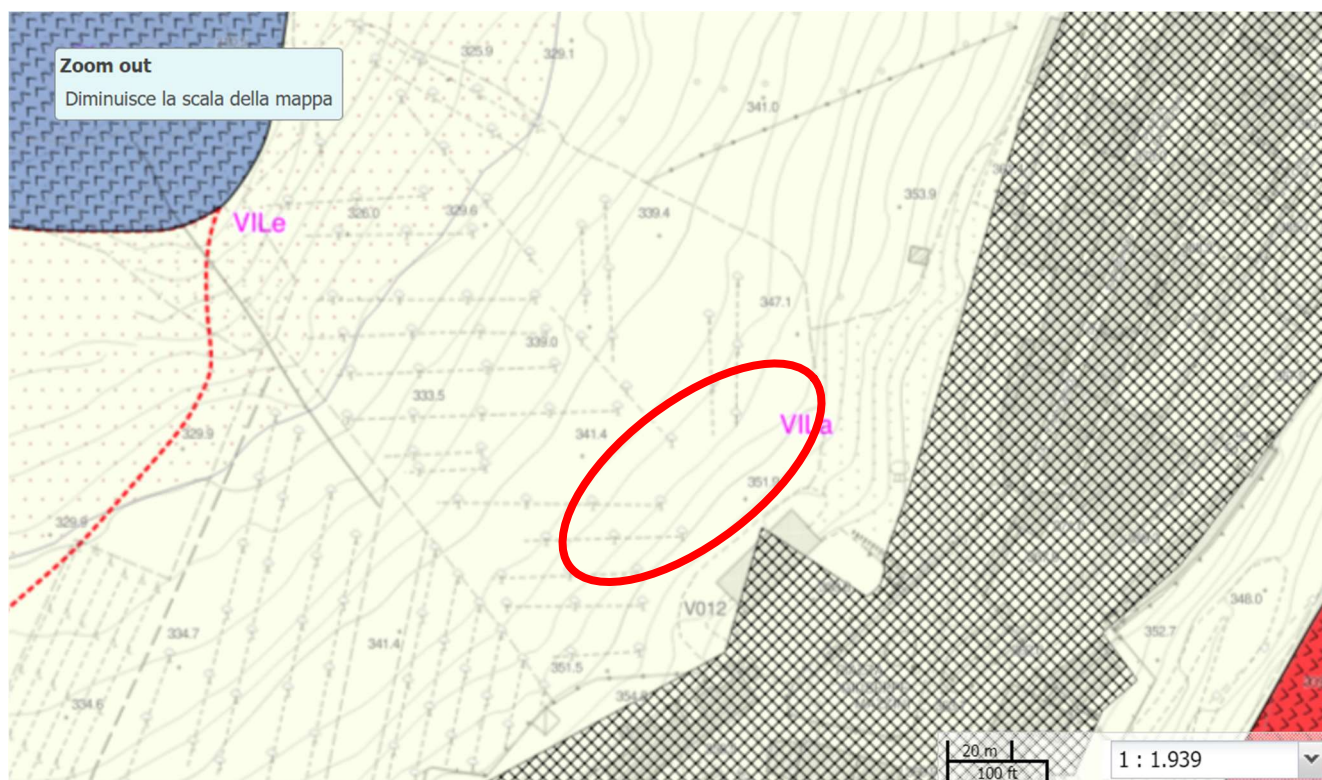
3. ANALISI E APPROFONDIMENTI

3.1. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA REGIONALE

3.1.1. Inquadramento geologico

L'area del Comune di BARBERINO TAVARNELLE è compresa nella cosiddetta alta Val d'Elsa, che è costituita da un bacino di età neogenica orientato in senso nord nord-ovest / sud-sud-est (NNW – SSE), delimitato da due zone di alto morfologico e strutturale: la dorsale Monte Albano – Monti del Chianti ad est e la dorsale Medio Toscana ad ovest. Le aree di fondovalle e delle colline ad esso immediatamente adiacenti sono interessate estesamente dall'affioramento di sedimenti di età neogenica, che sono stati successivamente incisi dal Fiume Elsa.

CARTA GEOLOGICA (ESTRATTO DA CARG REGIONE TOSCANA)



DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

VILa **VILa** Conglomerati e ciottolami poligenici

VILe **VILe** Sabbie e conglomerati



3.2. Inquadramento geomorfologico

L'area in oggetto, posta a quota di 350 m.s.l.m., è interessata da una tipica morfologia collinare.

CARTA GEOMORFOLOGICA DA DATA BASE REGIONALE




FR - Frane


-  Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Scorrimento (velocita' indeterminata)
-  Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

FD - aree a Franosita' diffusa

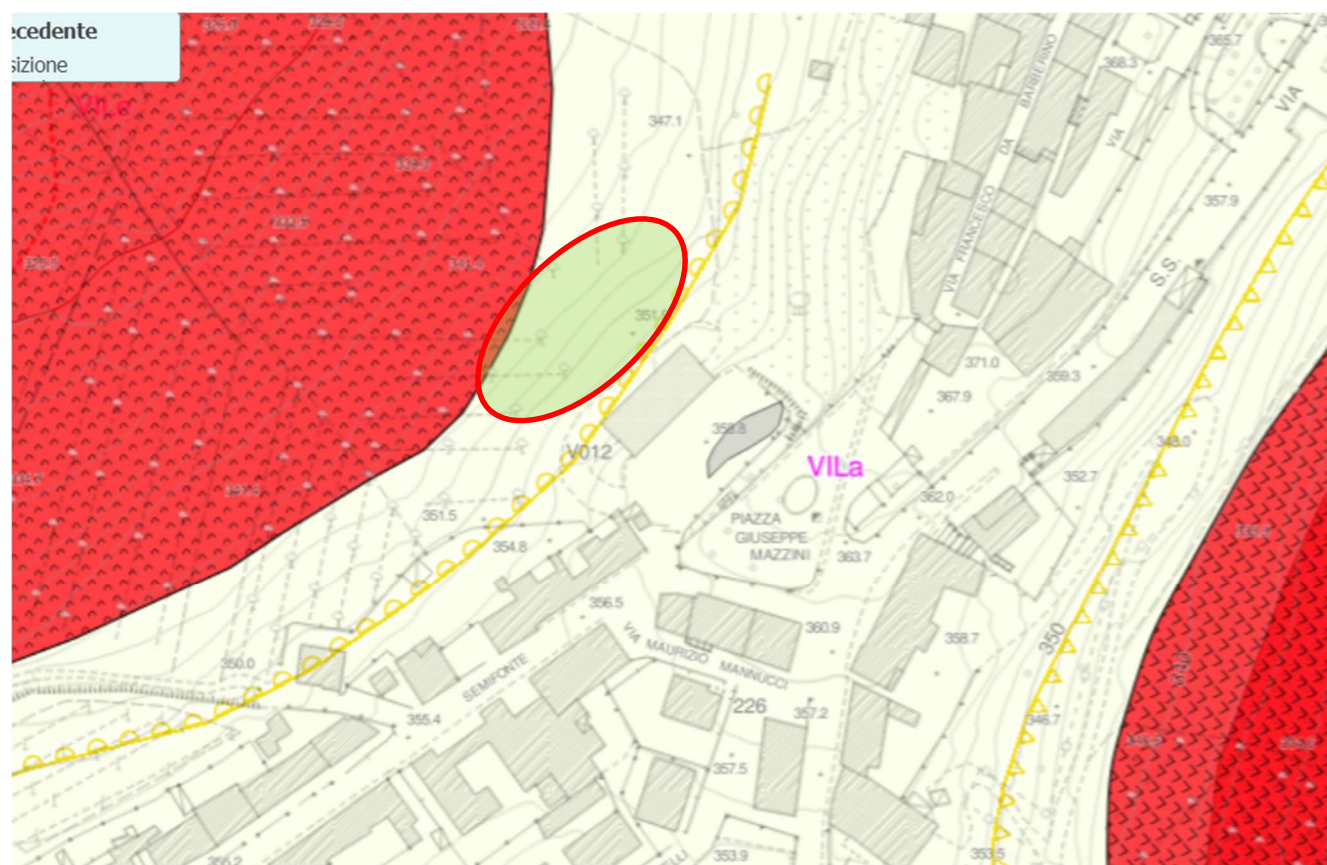
-  Area a franosita' diffusa

FA - Forme Areali

-  Area urbanizzata

-  area in oggetto

CARTA GEOMORFOLOGICA DA DATA BASE REGIONALE **AGGIORNAMENTO** METADATO



OS_aggFI-PO-GR-PI-SI-LI

- Orlo di scarpata di frana di colamento-Attiva
- Orlo di scarpata di frana di scorrimento-Attiva

FL -Forme Lineari

FR - Frane

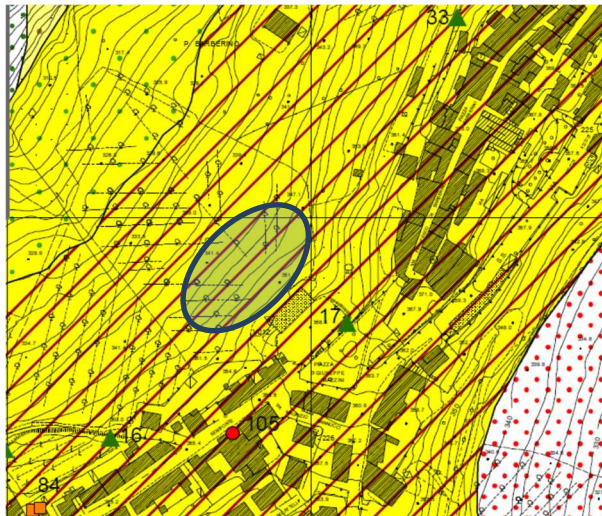
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Scorrimento (velocita' indeterminata)
- Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

FR_aggFI-PO-GR-PI-SI-LI

- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Scorrimento (velocita' indeterminata)
- Attiva continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale - Colamento (velocita' indeterminata)

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 10 di 38
<p data-bbox="188 203 1369 275">3.1. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI</p> <p data-bbox="341 313 919 374">3.1.1. Piano Strutturale - Variante generale 3.1.1.1. Geologia litotecnica idrogeologia</p> <p data-bbox="512 376 1120 409"><i>Depositi continentali rusciniani e villafranchiani⁴</i></p> <p data-bbox="151 414 1485 521"><i>Si ritrovano esclusivamente nel settore occidentale del Comune, alla sommità dei rilievi collinari più elevati e comprendono i centri abitati di Barberino, di Tignano e di Marcialla. Si tratta di depositi di transizione fra i sottostanti sedimenti pliocenici di ambiente marino ed i sovrastanti depositi continentali pleistocenici e quaternari.</i></p> <p data-bbox="151 560 1485 741"><u>Conglomerati (VILa di Tav. G01EST/G01OVEST)</u> : <i>Si tratta di depositi psefitici a prevalenti elementi carbonatici (riferibili alle Liguridi s.l.) ben elaborati, in matrice limo-argillosa e/o sabbio-limosa, intercalati a depositi pelitici e psammitici. Talora la componente psefitica dei depositi continentali è scarsa o concentrata in livelli sottili, e diventano predominanti i terreni psammitici e psammitico-pelitici (contententi ciottoli e ghiaie di natura prevalentemente calcarea).</i></p> <p data-bbox="151 779 855 813"><u>Sabbie e conglomerati (VILe di Tav. G01EST/G01OVEST)</u></p> <p data-bbox="151 817 1485 925"><i>Litologicamente è composta di sabbie quarzose ed argillose, talora compatte, di colore da giallo a rossastro e di conglomerati, generalmente poco cementati, con elementi prevalentemente provenienti dalle Liguridi s.l., per cui si ipotizza un'età compresa tra il Pliocene superiore e l'inizio del Pleistocene.</i></p>		
<hr/> <p>⁴ descrizioni litologiche estratte da: Piano Regolatore Generale – Piano Strutturale RELAZIONE GEOLOGICA GR01. Indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al Piano Strutturale DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO COMUNALE Verbale n.28 del 21/7/2015</p>		

ESTRATTO DA TAVOLA G01a
CARTA GEOLOGICA LITOTECNICA IDROGEOLOGICA

**Frane**

a1 - Accumulo di frana attiva

Depositi continentali rusciniiani e villafranchiani

VILe - Sabbie e conglomerati



VILa - Conglomerati



AREA DI INTERESSE

LEGENDA CARTA LITOTECNICA

Classe	Descrizione	Formazioni
2	Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa, spesso cementata e addensata	f1a, PLIb, PLIc, VILa, VILe

2) Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa, spesso cementata e addensata

Questa Unità Litotecnica comprende le Formazioni dei Conglomerati marini poligenici (**PLIb**) e delle Calcareniti e calciruditi bioclastiche (**PLIc**) di età pliocenica, dei Conglomerati (**VILa**) e delle Sabbie e conglomerati (**VILe**) di età rusciniiana-villafranchiana, e dei Travertini e calcare continentale (**f1a**) di età olocenica.

Le loro caratteristiche geotecniche sono particolarmente buone, trattandosi di depositi a prevalenti elementi pefitici che si presentano in banchi stratificati, talora cementati. Le caratteristiche meccaniche e fisiche del deposito sono abbastanza costanti per tutto lo spessore, e generalmente da discrete a buone, con valori di coesione talvolta uguali a 0, ma con un angolo di attrito interno mediamente superiore a 27°.

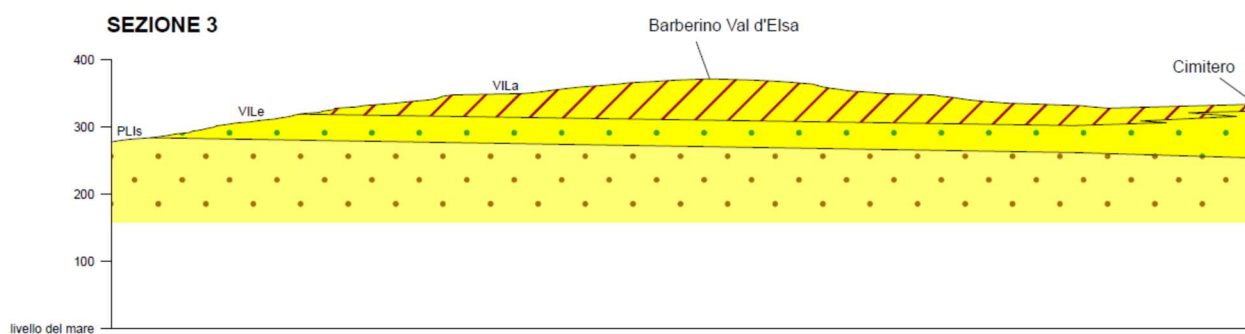
Per quanto riguarda i parametri fisico-meccanici relativi ai Travertini, i dati di archivio consultati permettono di indicare, per la componente non litoide, un angolo di attrito interno variabile tra 16 e 23 gradi e una coesione variabile tra 15 e 28 KPa circa.

LEGENDA CARTA IDROGEOLOGICA

CIRCOLAZIONE		ALTA ED ELEVATA
	FRATTURAZIONE	
	POROSITA'	b, bna (SL, S, GL, GS, G), bnb, f1a, PLIb, PLIc, VILa, VILe

Terreni permeabili: Appartengono a questa unità Formazioni e litotipi a permeabilità primaria e/o secondaria alta ed elevata, con valori da 10^{-2} a 10^{-1} cm/sec, in genere con produttività idrica da media ad elevata e con densità di drenaggio inferiore a 3 Km/Km²: Travertini e calcare continentale (**f1a**), Depositi alluvionali attuali (**b**), Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (**bna SL, S, GL, GS, G**), Depositi alluvionali terrazzati (**bnb**), Sabbie e conglomerati (**VILe**), Conglomerati (**VILa**), Calcareniti e calciruditi bioclastiche (**PLIc**) e Conglomerati marini poligenici (**PLIb**).

Sezione esemplificativa rapporti stratigrafici – Estratto da Tavola G01s della variante generale al Piano Strutturale










3.1.1.2. Geomorfologia

ESTRATTO DA TAVOLA G02a



legenda

-  Corona di frana o scarpata di rilevante entità (attiva)
-  Corona di frana o scarpata di modesta entità (attiva)
-  Corona di frana o scarpata di rilevante entità (quiescente)
-  Corona di frana o scarpata di modesta entità (quiescente)
-  Frana attiva
-  Frana quiescente
-  Area con presenza di soliflussi localizzati



AREA DI INTERESSE

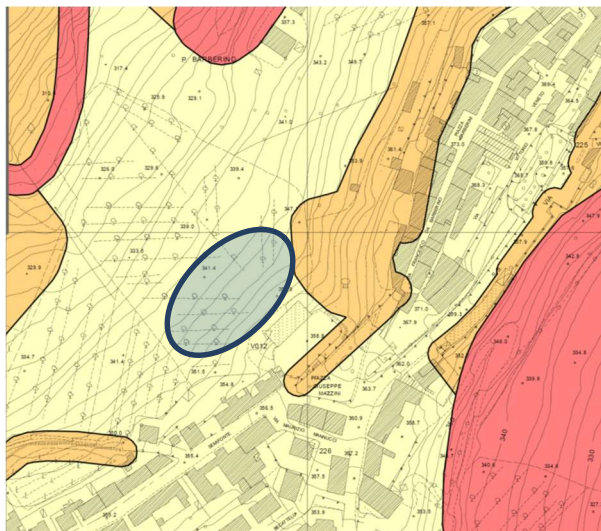
4. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ

PREMESSA

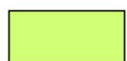
Il Comune di Barberino Val D'elsa, ha in vigore un Regolamento Urbanistico ed un Piano Strutturale.

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

ESTRATTO DA TAV. G03a



Classi di pericolosità geologica



G.1 - pericolosità geologica bassa



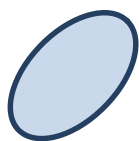
G.2 - pericolosità geologica media



G.3 - pericolosità geologica elevata

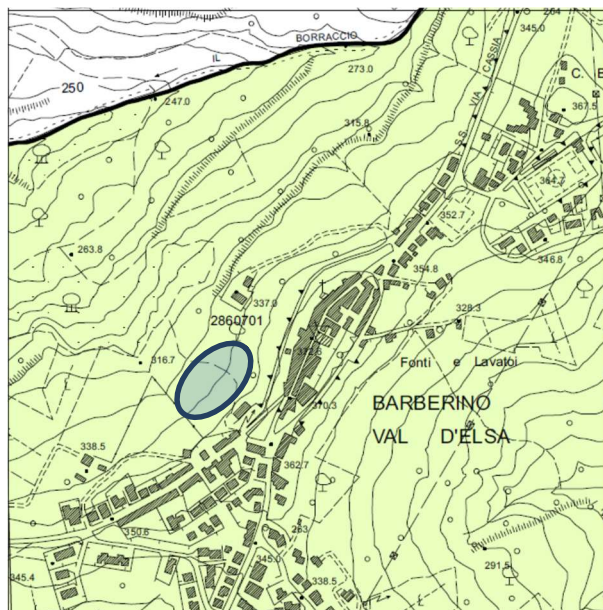


G.4 - pericolosità geologica molto elevata



AREA DI INTERESSE

PERICOLOSITÀ IDRAULICA
ESTRATTO DA TAV. G04 ovest



Classi di pericolosità idraulica

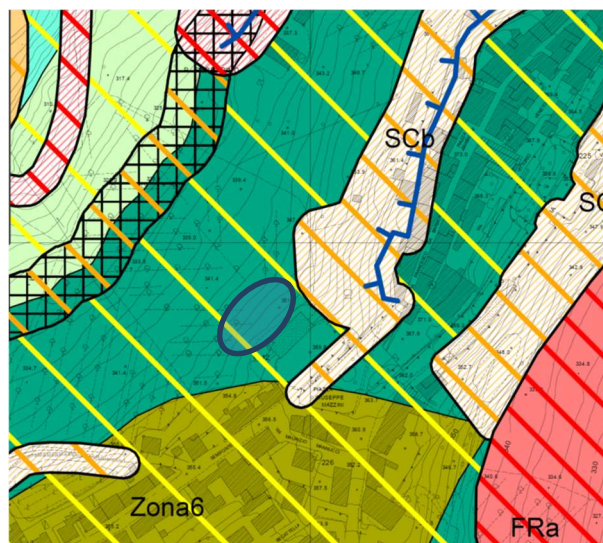


I.1 - pericolosità idraulica bassa






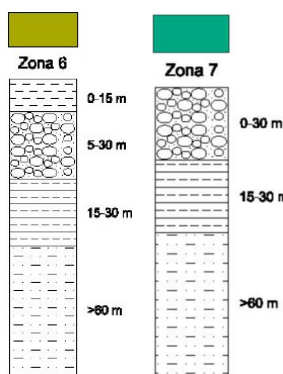
AREA DI INTERESSE

PERICOLOSITÀ SISMICA
ESTRATTO DA TAV. G05a ovest






Classi di pericolosità sismica

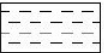



-  S.2 - pericolosità sismica media
-  S.3 - pericolosità sismica elevata
-  S.4 - pericolosità sismica molto elevata



ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

- Instabilità di versante (FR)**
 -  a) attiva, b) quiescente.
- Instabilità di versante (SC)**
 -  a) attiva, b) quiescente.
- Cedimenti differenziali (CD)**
 -  Area di contatto stratigrafico di litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse.

INFORMAZIONI SUI TERRENI DI COPERTURA

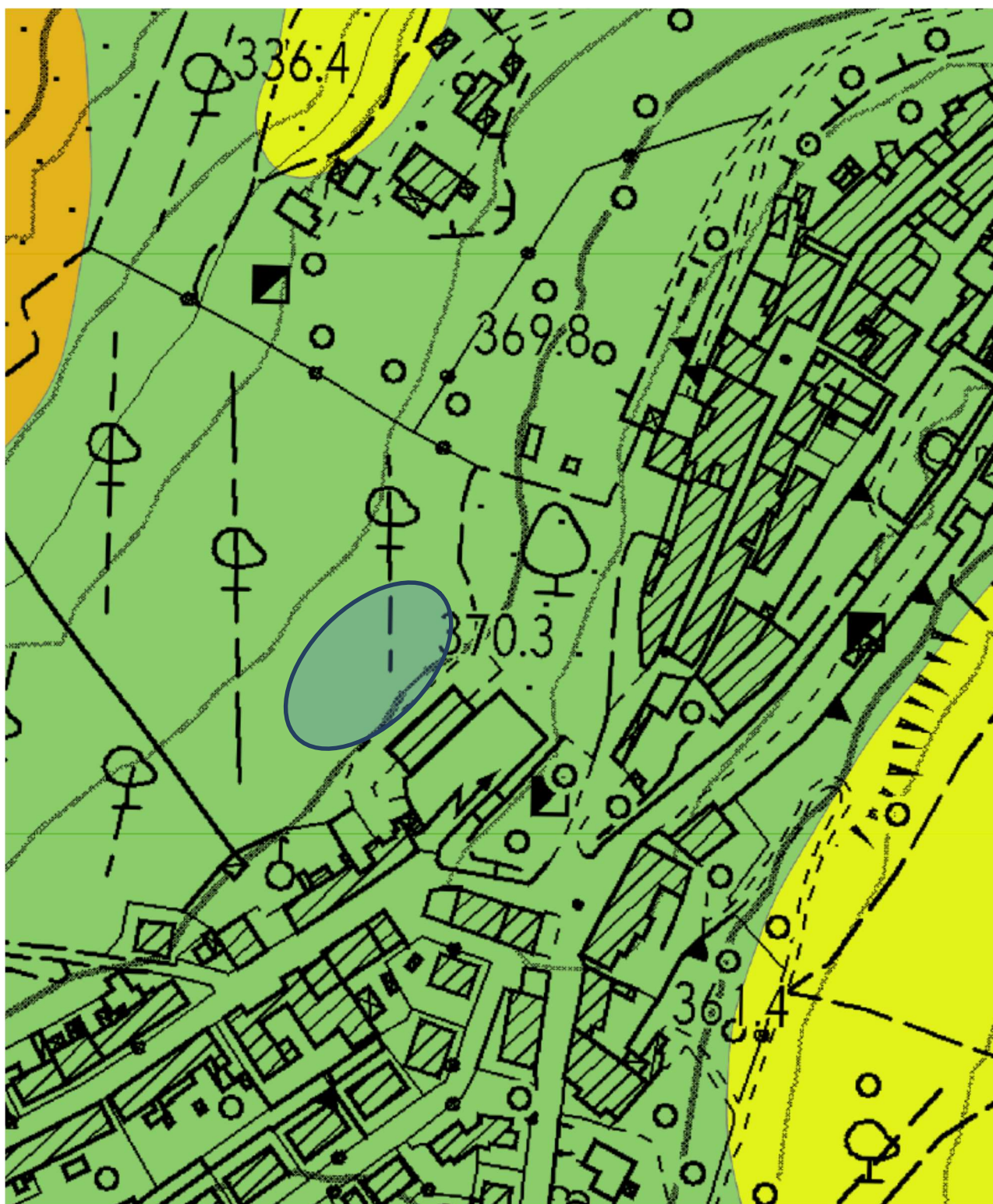
-  Limo sabbioso addensato e limo argilloso consistente
-  Sabbia ghiaiosa moderatamente addensata, talvolta cementata
-  Ghiaia sabbiosa addensata e cementata
-  Argilla limosa consistente e limo sabbioso moderatamente addensato, talora con ghiaia

 AREA DI INTERESSE

Pericolosità sismica locale media (S.2)

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

ESTRATTO DA CARTOGRAFIA PAI AUTORITÀ BACINO ARNO



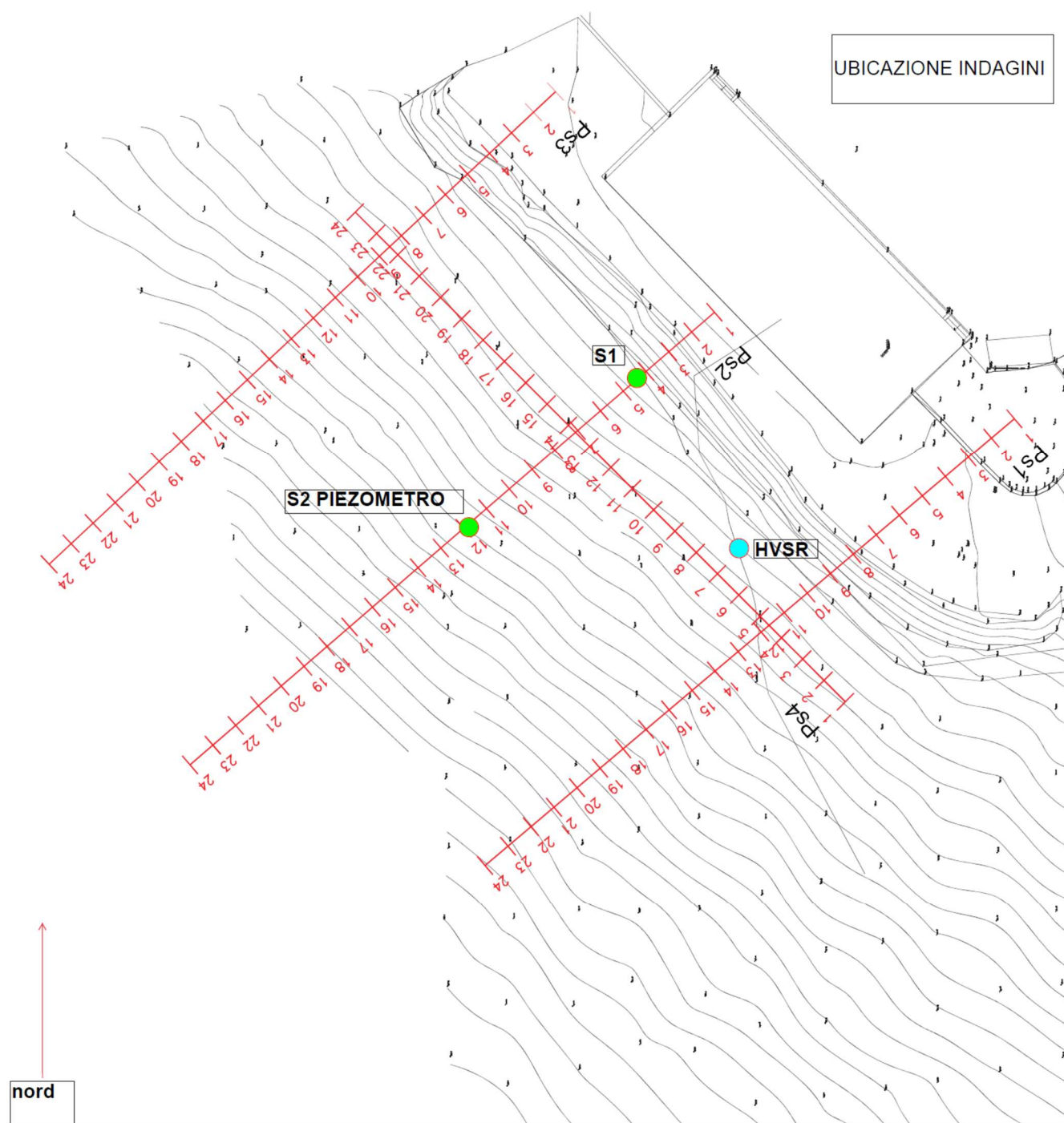
Aree con propensione al dissesto Aree con pericolosità da frana PF4 - molto elevata

 PF1 - bassa	 PF2 - media
 PF2 - media	 PF3 - elevata

5. **INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE ESEGUITE**

Partendo dall'inquadramento geologico dell'area così come risulta dagli elaborati allegati agli strumenti urbanistici (che peraltro non evidenzia particolari problematiche di carattere geologiche), si è programmata una indagine geofisica e geotecnica per approfondire le conoscenze nell'area interessata dal progetto dell'ampliamento del parcheggio e comprende anche la zona interessata dalla variante urbanistica.

UBICAZIONI INDAGINI ESEGUITE (NON IN SCALA)



Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 19 di 38

5.1. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Obiettivo dei sondaggi è la ricostruzione della sequenza stratigrafica dei terreni che interessano l'area della lottizzazione, il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio e l'esecuzione di prove in avanzamento (SPT).

La perforazione, del diametro di 101 mm., è stata condotta a carotaggio continuo, con recupero integrale del materiale attraversato con l'utilizzo di carotieri semplici.

L'avanzamento del carotiere è stato subito seguito dai tubi di rivestimento provvisorio (\varnothing 127 mm), in modo da garantire la stabilità delle pareti del foro, evitando franamento e depositi di materiale a fondo foro.

La posa dei rivestimenti è avvenuta con l'impiego di fluido (acqua), al fine di portare in superficie i detriti della perforazione e raffreddare l'utensile.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n° 5 campioni rappresentativi dei terreni, utilizzando a tale scopo un campionatore Shelby.

Le fustelle dei campionatori di acciaio inox diam. 88.9 mm, sono state sigillate alle estremità con uno strato di paraffina fusa e poi chiuse ermeticamente con nastro adesivo.

La fustella è stata poi contraddistinta con cartellino indelebile riportante:

- ☐ Nominativo della Committente e della località,
- ☐ numero del sondaggio,
- ☐ indicazione progressiva del campione,
- ☐ profondità iniziale e finale di prelievo,

I prelievi e relative quote sono indicati nelle apposite colonne degli elaborati stratigrafici.

Tutto il materiale estratto durante la perforazione è stato posto in apposite cassette catalogatrici, munite di scomparti. Su ogni cassetta sono stati riportati, in modo indelebile, il nominativo del Committente, il numero del sondaggio, le progressive delle cassette e le profondità di riferimento.

Tutte le cassette sono state depositate in prossimità del relativo sondaggio.

Strumentazione usata per i sondaggi geognostici

CARATTERISTICHE TECNICHE-STRUMENTALI**BOART LONGYEAR DELTABASE 520**

- motore: diesel da 85 kw a 2.800 g/1'
- coppia max.: 750 kgm
- velocità g/1': 20/50/70/110/181/211/342/550
- tiro: 6000 kg
- spinta: 4500 kg
- corsa: 4500 mm

Pompa fanghi:

- Nenzi "Delta Triplex" a pistoni; trasmissione con motore idraulico
- portata: 100 l/1'
- pressione max.: 50 bar

Carotieri:Carotiere semplice $\phi=101$ mm, (l=1.500-3000 mm)**Aste di perforazione:**In acciaio NWY coniche con $\phi=76$ mm, (l=500 mm, 1000 mm, 1.500 mm e 3.000 mm)**Tubi di rivestimento:**In acciaio con $\phi=127$ mm, (l=1.500 mm)**Corone:**

Con prismi al widia

Campionatori:Campionatore SHELBY per Fustelle Inox $\phi=88,9$ mm

5.1.1.1.1. QUANTITÀ E NUMERO DEI SONDAGGI

SONDAGGIO n°	Profondità raggiunta dal p.c.	Campioni indisturbati prelevati	STUMENTAZIONI INSTALLATE	Prove SPT
1	20	2	-----	3
2	20	3	PIEZOMETRO	3
TOTALE	40	5		6

5.1.1.1.2. TABELLA CON COORDINATE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

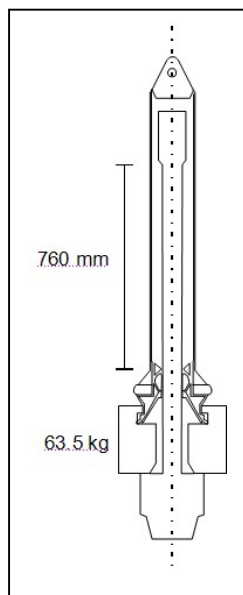
Di seguito si riporta una tabella con l'ubicazione delle prove eseguite in coordinate del Sistema Gauss Boaga; la quota è assoluta è derivata dal rilievo topografico fornito:

SONDAGGIO n°	Est - m (GAUSS BOAGA)	Nord - m (GAUSS BOAGA)	Quota p.c. (m)	Quota raggiunta dal p.c.
1			352.8	332.8

SONDAGGIO n°	Est - m (GAUSS BOAGA)	Nord - m (GAUSS BOAGA)	Quota p.c. (m)	Quota raggiunta dal p.c.
2			347.8	327.8

5.1.1.1.3. PROVE GEOTECNICHE IN SITU - PROVE SPT

Nel corso di sondaggi sono state eseguite n° 6 prove SPT⁵, impiegando il campionatore tipo Raymond. Per l'esecuzione delle prove S.P.T., è stata impiegata un'attrezzatura con caratteristiche conformi alle norme ASTM 1586/67 "Penetration Test and Split Barrel sampling of soil".



Confrontando i valori ottenuti con la tabella seguente, si ottiene una classificazione orientativa dello stato di compattezza dei terreni indagati.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO n°	PROVA SPT	quota inizio sondaggio	Quota inizio prova	profondità inizio prova dal p.c. (m.)	N1	N2	N3	rifiuto	NSPT
	N°							(cm)	
1	1	352,80	348,80	4,00	4	8	12	---	20
1	2	352,80	344,80	8,00	7	13	15	---	28
1	3	352,80	340,80	12,00	27	19	33	---	52
2	1	347,80	341,80	6,00	6	11	14	---	25
2	2	347,80	339,80	8,00	16	18	25	---	43
2	3	347,80	335,80	12,00	8	13	16	---	29

⁵ Standard Penetration Test: questa è una prova puntuale che si esegue nel corso di una perforazione, sul fondo del foro; in pratica si misura il numero di colpi (Nspt) necessari per far penetrare di 30 cm (15+15cm) nel terreno vergine (dal fondo del foro dopo una penetrazione preliminare di 15 cm) un tubo campionario avente date dimensioni (Φ esterno 51 mm), collegato alla superficie mediante batteria di aste alle quali agisce un maglio del peso di 63,5 Kg che cade liberamente da un'altezza di 0,76 m.

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA**DEI DATI DELLO S.P.T.**

<i>Definizione della consistenza</i>	<i>Numero dei colpi NSPT</i>	<i>Indice di consistenza I_c</i>	<i>Coesione non drenata C_u [Bar]</i>
<i>Terreno coerente</i>			
<i>Privo di consistenza</i>	<i>< 2</i>	<i>0</i>	<i>< 0.1</i>
<i>Poco consistente</i>	<i>2 - 4</i>	<i>0 - 0.25</i>	<i>0.1 - 0.25</i>
<i>Moderatamente consistente</i>	<i>4 - 8</i>	<i>0.25 - 0.5</i>	<i>0.25 - 0.5</i>
<i>Consistente</i>	<i>8 - 15</i>	<i>0.5 - 0.75</i>	<i>0.5 - 1.0</i>
<i>Molto consistente</i>	<i>15 - 30</i>	<i>0.75 - 1.0</i>	<i>1.0 - 2.0</i>
<i>Estremamente consistente</i>	<i>> 30</i>	<i>> 1.0</i>	<i>> 2.0</i>

<i>Grado di addensamento</i>	<i>Numero dei colpi NSPT</i>	<i>Densità relativa D_r</i>	<i>Angolo di attrito φ°</i>
<i>Terreno incoerente</i>			
<i>Sciolto</i>	<i>< 4</i>	<i>< 0.2</i>	<i>< 30°</i>
<i>Poco addensato</i>	<i>4 - 10</i>	<i>0.2 - 0.4</i>	<i>30° - 35°</i>
<i>Moderatamente addensato</i>	<i>10 - 30</i>	<i>0.4 - 0.6</i>	<i>35° - 40°</i>
<i>Addensato</i>	<i>30 - 50</i>	<i>0.6 - 0.8</i>	<i>40° - 45°</i>
<i>Molto addensato</i>	<i>> 50</i>	<i>> 0.8</i>	<i>> 45°</i>

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 23 di 38

5.1.1.1.4. TABELLA DEI RISULTATI DI LABORATORIO

sondaggio	campione	Quota Prelievo (m)	Da Profondità (m)	a Profondità (m)	W (%)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	LL (%)	LP (%)	Indice Plastico	Indice Consistenza	Classificazione Casagrande	C' (KPa)	ϕ' (°)	Cu (KPa)	Resistenza al taglio non drenata (KPa)	Modulo di Young (KPa)	Cr' (KPa)	ϕ_r' (°)
S1	C1	350,8	2,0	2,5	19,38	20,4	17,1	-	-	-	-		15,3	23,9	169,6	339,2	15031		-
S1	C2	346,8	6,0	6,5	20,42	20,2	16,59	51	20	31	0,99	CH	22,0	24,6	217,1	434,2	16834	0	10,1
S2	C1	345,8	2,0	2,5	3,25	20,0	16,6	55	21	34	1,43	CH	28,5	22,9	204,9	409,8	18625	0	9,7
S2	C2	343,8	4,0	4,5	21,46	20,0	16,4	54	19	32	0,92	CH	22,4	22,6	125,0	250,0	6722	0	9,9
S2	C3	335,3	12,5	12,8	207	17,5	18,36	-	-	-	-		26,8	25,2	403,9	807,8	85340		-

Classificazione di Casagrande : CH argille inorganiche di alta plasticità

Legenda:

W (%): contenuto di acqua – umidità naturale

γ (kN/m³): peso di volume

γ_d (kN/m³): peso di volume secco

LL (%): Limite Liquido

LP (%): Limite Plastico

C' (KPa): Coesione efficace (da prova di taglio Consolidata Drenata)

ϕ' (°): angolo di attrito efficace (da prova di taglio Consolidata Drenata)

Cu (KPa): Coesione non drenata (da prova ad Espansione Libera)

ϕ_r' (°): angolo di attrito residuo efficace (da relazione empirica di Kanji, 1974)

5.1.1.1.5. PARAMETRI CARATTERISTICI

Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. EC7- punto 2.4.5.2 2(P)].

Definire il valore **geotecnico caratteristico** significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore o stima, a favore della sicurezza.

sondaggio	campione	Quota Prelievo (m)	Da Profondità (m)	a Profondità (m)	γ_k (kN/m ³)	Ck' (KPa)	$\phi_{k'}$ (°)	Cuk (KPa)
S1	C1	350,8	2,0	2,5	15,7	7,7	20	85
S1	C2	346,8	6,0	6,5	15,2	11,1	20,6	110
S2	C1	345,8	2,0	2,5	15,2	14,4	19,1	103
S2	C2	343,8	4,0	4,5	15,1	11,3	18,9	63
S2	C3	335,3	12,5	12,8	16,8	13,6	22,4	204



Condizioni drenate



Condizioni non drenate

$\phi'_{,k}$ = angolo di attrito interno caratteristico

C_{,k} = coesione drenata caratteristica

C_{u,k} = coesione non drenata caratteristica

5.1.1.1.6. MISURE DELLA FALDA ACQUIFERA

Nei sondaggi geognostici, alla data di esecuzione, è stata rinvenuta falda acquifera.

Nel sondaggio 2 è stata installato, per tutta la sua lunghezza, un tubo piezometrico per il controllo del livello di falda.

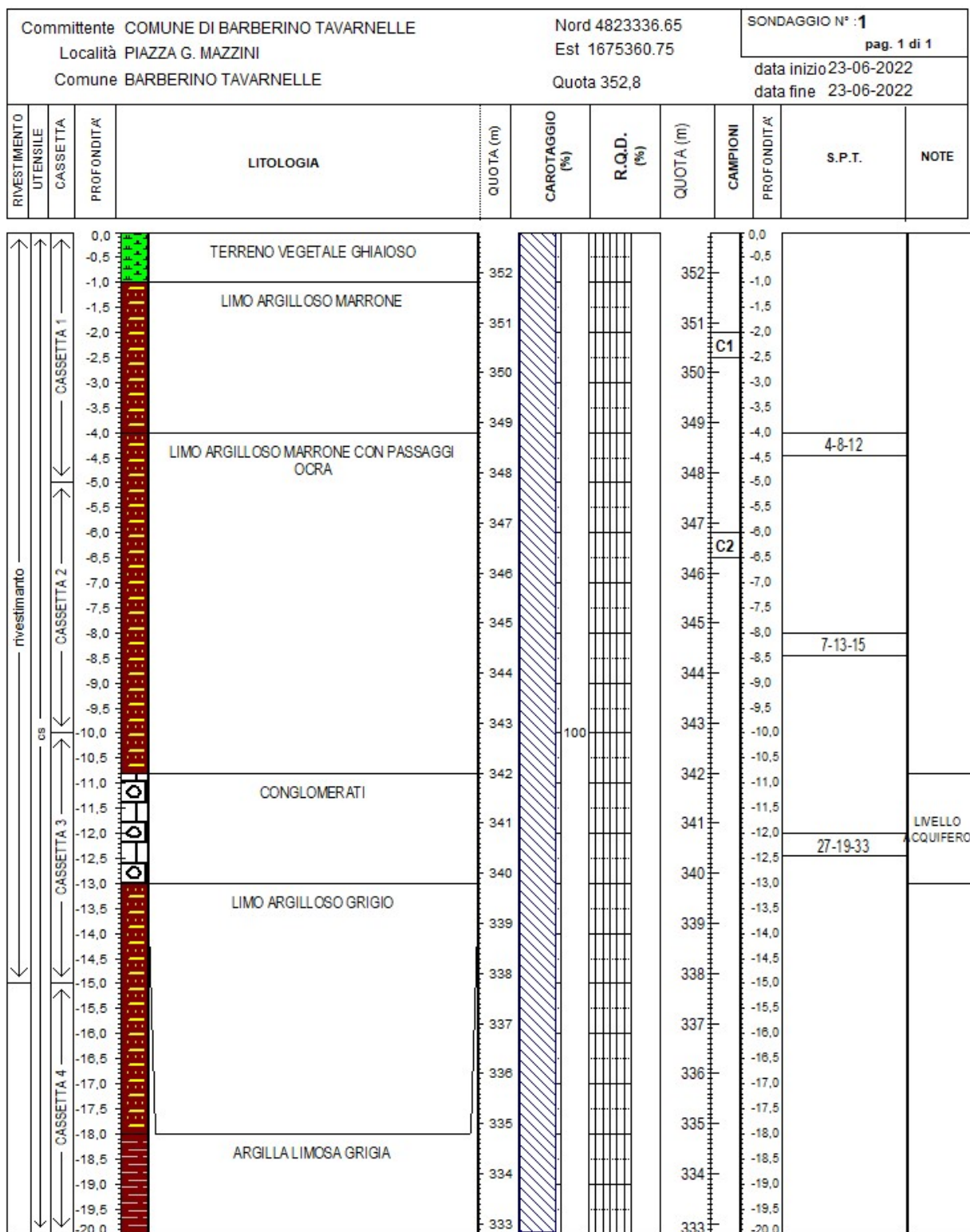
PIEZOMETRO S2 LIVELLO DA PC (m)	DATA
-8.52	24-06-2022
-8.54	01-07-2022
-8.61	29-07-2022
-8.31	24-11-2022

Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 25 di 38

5.1.1.1.7. Sondaggio 1

**UTENSILI:****CAROTIERE**

CS=CAROTIERE SEMPLICE

CD=CAROTIERE DOPPIO

CS=CAROTIERE TRIPLO

CAMPIONI:

1,2,3..... CAMPIONI INDISTURBATI

a,b,c..... CAMPIONI DISTURBATI

CORONE

W=widia

D=diamante

T2= corona per doppio carotiere

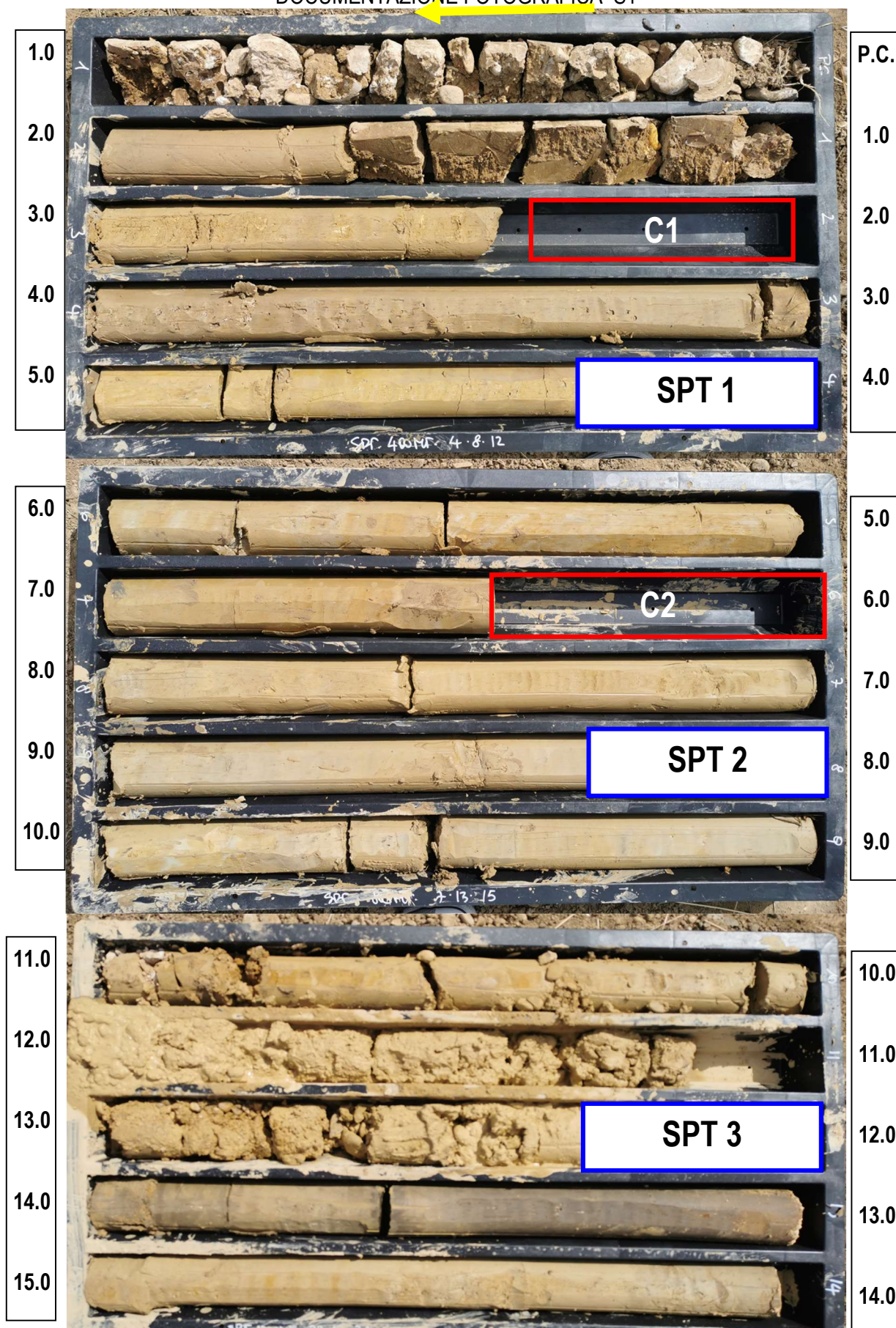
T3= corona per triplo carotiere

T6s= con porta campione triplo carotiere

STRUMENTAZIONE INSTALLATA**PROF. ACQUA****PROF. RIVESTIMENTO****DATA**

---	-----	----
-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA S1

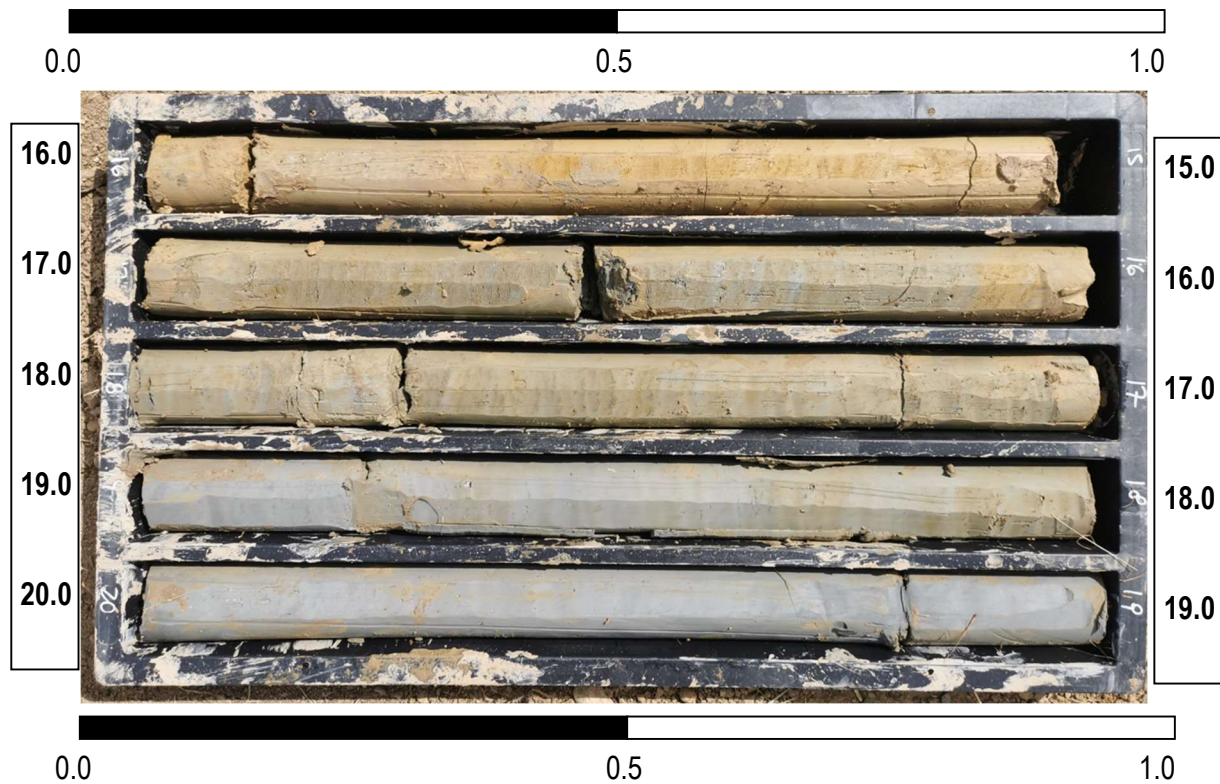


Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**

Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 27 di 38



Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**

Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

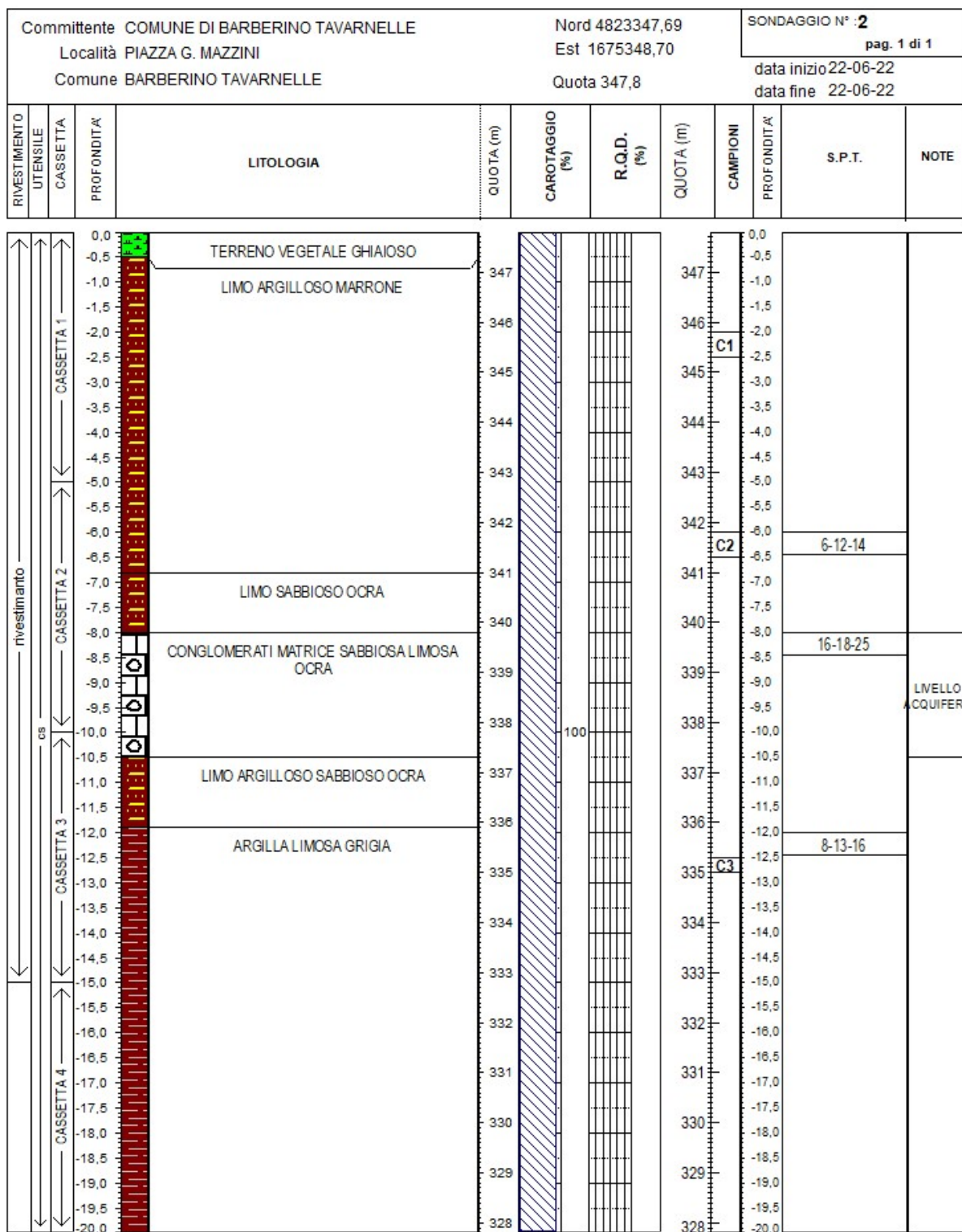
Pag. 28 di 38

5.1.1.1.1. Sondaggio 2

Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 29 di 38



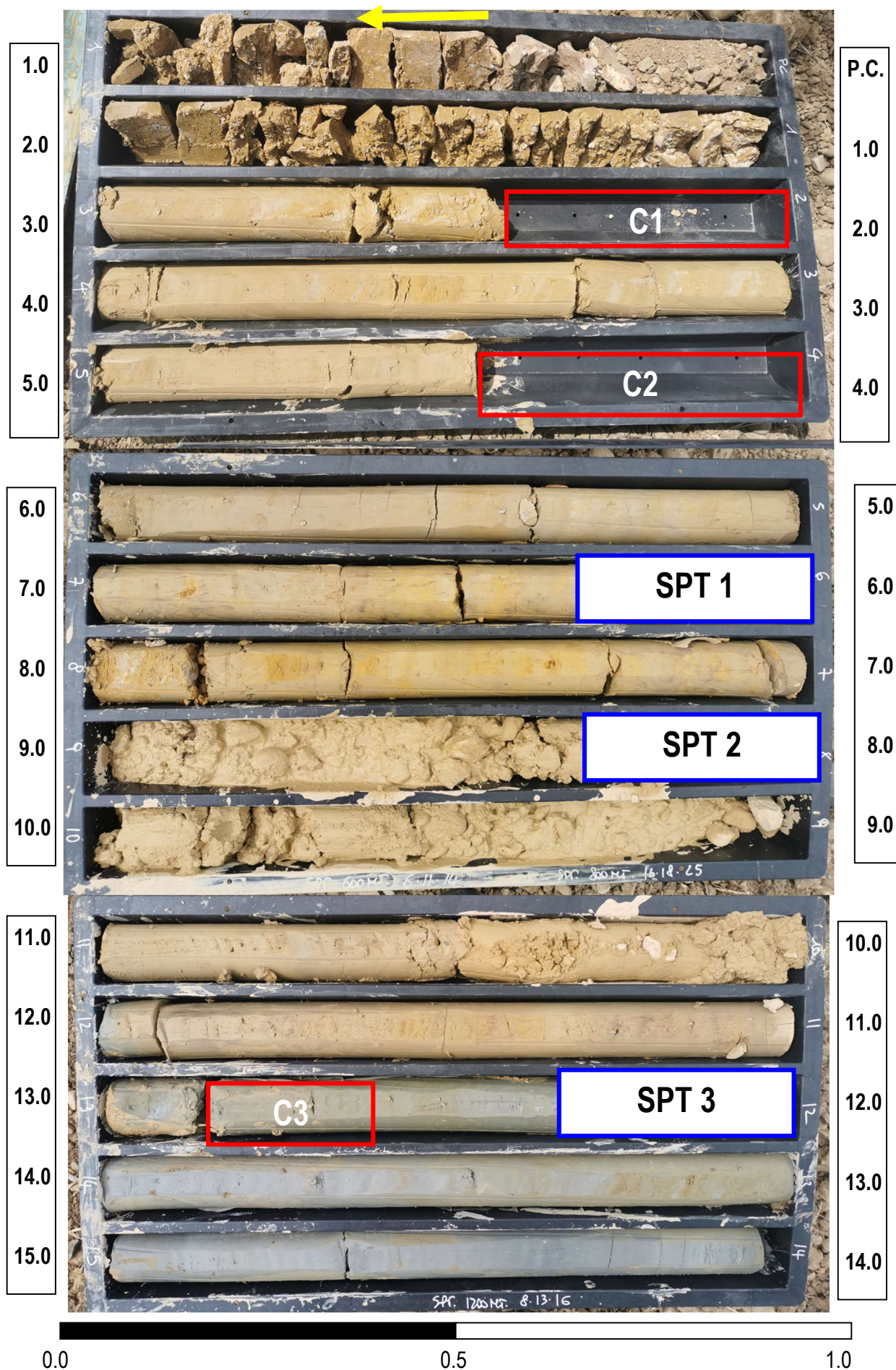
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA S2

Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**

Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 30 di 38

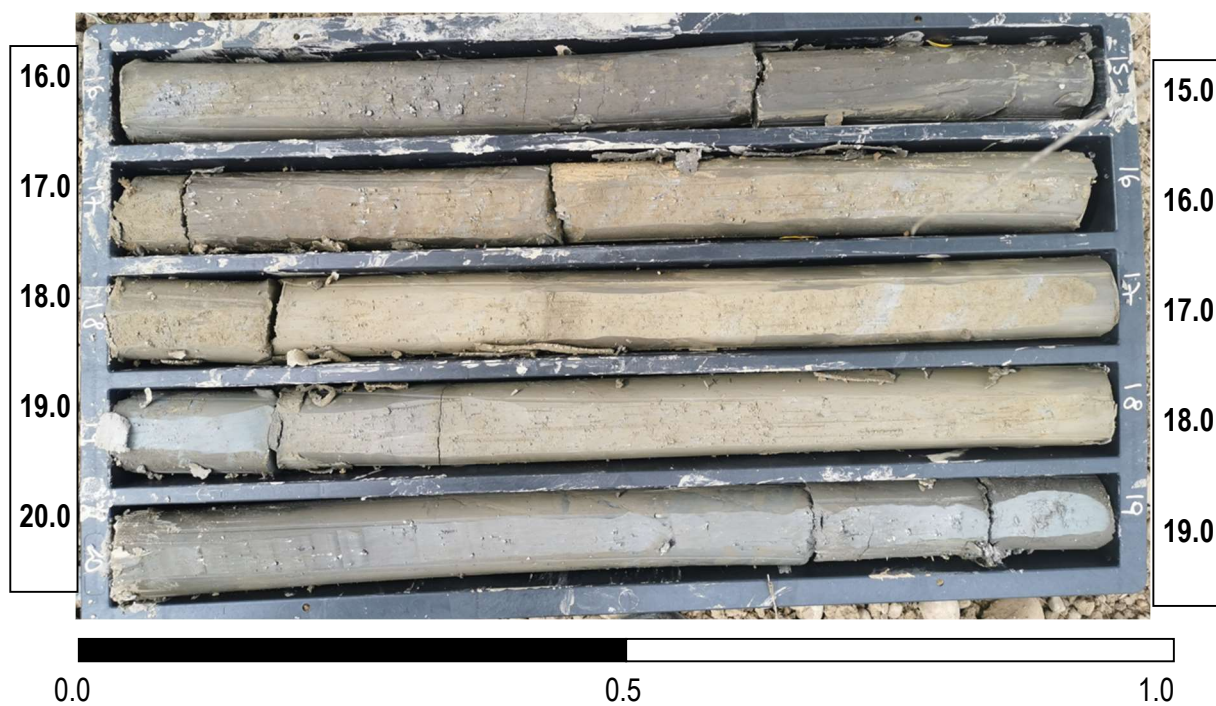


Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**

Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 31 di 38



5.2. INDAGINE GEOFISICA

Per quanto concerne gli aspetti sismici del progetto in oggetto, oltre ai dati raccolti con i sondaggi a carotaggio continuo e le analisi di laboratorio, si è proceduto a eseguire indagini geofisiche e di laboratorio, in particolare:

- Indagine **HVSR**⁶;
- Indagine **SISMICA A RIFRAZIONE CON MISURA VELOCITÀ Vp e Vs e restituzione tomografica dei dati.**

5.2.1. Risultanze indagine HVSR – frequenza di picco e rapporto H/V

L'indagine sismica sviluppata con misure HVSR ha permesso di definire la frequenza caratteristica di sito.

Frequenza di picco (Hz) : 8.14

Rapporto H/V : 2.5

Dall'analisi delle misure HVSR si rileva la presenza di un picco nel rapporto tra gli spettri orizzontali e verticali principalmente in corrispondenza della frequenza di 8.14 Hz.

f_0 (Hz)	h (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	Decine di metri
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
> 20	< 5	Qualche metro

H/V >3 Alto contrasto

2<H/V<3 Basso Contrasto

Attraverso questa semplice tabella è possibile verificare che il **substrato sismico non è profondo e può essere stimato nell'ordine dei 10 m di profondità. Il rapporto H/V indica un basso contrasto.**

5.2.1. indagine Sismica a rifrazione

Sono stati eseguiti profili di sismica a rifrazione con misura onde P per 172.5 m e con misura in onde S per 115 m complessivi.

La restituzione del dato acquisito e interpretato è stata eseguita con metodo tomografico.

L'estensione del rilievo ha messo in evidenza una categoria di sottosuolo lettera E.

Dall'osservazione dei profili eseguiti, non si rilevano zone di particolare allentamento degli orizzonti litologici, ma sono altresì evidenti inspessimenti di livelli di terreno .

⁶ (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Oggetto:

Committente: **COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE**Località: **Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa**

Pag. 33 di 38

6. ASPETTI SISMICI DELL'AREA

6.1. PARAMETRI SISMICI

WGS84: Lat 43.542346 - Lng 11.170424

ED50: Lat 43.543310 - Lng 11.171405

Mappa

Satellite

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali.

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c ⁺ [s]
Operatività (SLO)	30	0.044	2.569	0.247
Danno (SLD)	50	0.054	2.577	0.257
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.123	2.527	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.157	2.498	0.289
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1

Cat. Sottosuolo

E

Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,57
CC Coeff. funz categoria	2,01	1,98	1,90	1,89
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.1

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.021	0.057	0.071
kv	0.008	0.010	0.028	0.036
Amax [m/s²]	0.819	1.011	2.313	2.905
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

6.2. VERIFICA LIQUEFAZIONE "NTC 2018 7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE"

Data l'assenza di litologie liquefacibili, la verifica viene omessa

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 34 di 38

7. PRINCIPALI RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE

Per quanto è stato possibile osservare e rilevare, dalle verifiche e indagini condotte nell'area e nei terreni, si rileva che:

- vi sono ispessimenti di litologia (che risulta comunque con velocità onde P piuttosto elevata n.d.r.) con probabile forma di accumulo;
- la cartografia del database geomorfologico AGGIORNATO della Regione Toscana, identifica in prossimità dell'area in oggetto una frana attiva;
- la litologia analizzata nei primi 7-8 m di profondità, risulta essere essenzialmente coesiva (argilla limosa), con parametri di resistenza al taglio (ϕ' e c'), non particolarmente elevati. Tale litologia appare diversa (e non corrispondente, quindi) da quella descritta come "*Conglomerati e ciottolami poligenici*" nelle carte geologiche della Regione Toscana e in quelle dello strumento urbanistico;
- la sequenza stratigrafica identifica un livello ghiaioso, sottostante il primo livello di circa 7-8 m di argilla limosa, contenente una falda acquifera;
- l'inclinazione del pendio è di poco superiore ai 15°;
- sono comunque attualmente assenti indizi di movimenti del pendio interessato da quanto in progetto;

Per quanto sopra esposto, facendo anche riferimento a situazioni similari rilevate nella zona di Barberino Val d'Elsa, si ritiene che l'area si trovi in una situazione di frana quiescente antica.

8. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' DELL'AREA

Per quanto è stato rilevato nel corso dell'indagine eseguita, si ritiene di dover prevedere una variante al supporto geologico degli strumenti urbanistici.

8.1. PERICOLOSITA' GEOLOGICA - VARIANTE

La pericolosità geologica nell'area risulta attualmente PG2 (media).

Per quanto è stato osservato e descritto nel precedente paragrafo 7, si ritiene che la pericolosità geologica debba essere variata a **PG3 (elevata)**.

Estratto da Relazione geologica della Variante al PSC

Classe G.3 (pericolosità geologica elevata)

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.

Per tali aree si rende necessario, oltre alle indagini geognostiche e alle analisi di laboratorio descritte in precedenza, uno studio della stabilità del versante nel suo complesso che definisca il grado effettivo del rischio in atto e, se necessario, effettuare interventi di bonifica e miglioramento dei terreni interessati. Bisognerà inoltre curare le caratteristiche di compattezza e di rigidità delle fondazioni mediante tecniche fondazionali di un certo impegno.

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 35 di 38

8.1. PERICOLOSITA' SISMICA - VARIANTE

La pericolosità sismica nell'area risulta attualmente PS2 (media).

Per quanto è stato osservato e descritto nel precedente paragrafo 7, si ritiene che la pericolosità sismica debba essere variata a **PS3 (elevata)**.

Estratto da Relazione geologica della Variante al PSC

Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

In relazione alla possibilità di liquefazione dinamica, in considerazione della composizione litologica prevalente dei depositi alluvionali di fondovalle, di tipo essenzialmente limoso ed argilloso, e della profondità della falda nei terreni conglomeratici e sabbiosi presenti sui rilievi collinari, è stato ritenuto che non sia possibile il verificarsi di fenomeni di liquefazione dinamica nelle aree interessate dalla Carta delle MOPS in oggetto (Tavv. G05a-G05b allegate).

8.2. PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Per quanto concerne la pericolosità idraulica, l'intera area d'intervento è posta, dagli elaborati idraulici urbanistici in **P.I. 1** (pericolosità idraulica bassa). Non sussistono motivi di variante di tale perimetrazione di pericolosità idraulica.

Estratto da Relazione geologica della Variante al PSC

Classe I.1 – Pericolosità idraulica bassa

Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 36 di 38

9. INTERVENTI EDILIZI PREVISTI

Nell'area in esame è prevista l'ampliamento di un parcheggio per auto esistente ad uso pubblico.

10. VERIFICA DI STABILITÀ DEL PENDIO ALLO STATO ATTUALE

Nella zona dove è ubicata la variante in oggetto, è stata realizzata una verifica di stabilità del pendio.

Si sono imposti al programma di calcolo i seguenti dati base:

- Profilo topografico: da rilievo topografico
- Parametri del terreno: parametri caratteristici come ottenuti da valutazione statistica dei parametri di laboratorio
- Incremento sismico: secondo normativa
- Falda acquifera: come rilevata dal piezometro posizionato nel corso delle indagini.
- Algoritmo di calcolo usato: Bishop simplified, GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine, Janbu simplified, Janbu corrected, Ordinary/Fellenius, Spencer

La verifica condotta, i cui elaborati sono visibili in allegato alla presente relazione, ha evidenziato che per l'algoritmo di calcolo "Janbu semplificato" si ha il minimo fattore di sicurezza che risulta di 1.38.

Il pendio, allo stato attuale è stabile.

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 37 di 38

11. CONDIZIONI DI FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI

Per la valutazione di fattibilità, viene presa in esame la relativa scheda normativa dell'area contenuta nella relazione geologica del Regolamento Urbanistico Comunale le previsioni urbanistiche progettuali.

Condizioni per la realizzazione

La **FS3** legata al problema della suscettibilità alla liquefazione è sovrastimata e deriva dalla mancanza di informazioni di dettaglio e puntuali sul sottosuolo della pianura alluvionale. La questione potrà agevolmente essere risolta in fase di progettazione degli interventi; a tale scopo dovranno essere eseguite adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate a comprendere la suscettibilità alla liquefazione e in caso positivo dovranno essere eseguite adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni.

Estratto da: **NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE -Variante al Regolamento Urbanistico Comunale**

APPENDICE 3

QUADRO SINOTTICO RIASSUNTIVO DELLA FATTIBILITÀ IN FUNZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ DELL'AREA

(anche ai fini del Vincolo Idrogeologico e del PAI dell'Autorità di Bacino del F. Arno)

TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI			PERICOLOSITÀ											
			IDRAULICA				GEOLOGICA						SISMICA	
			DPGR 53R/11		PAI		DPGR 53R/11			PAI			DPGR 53R/11	
			I.1 I.2	I.3 I.4	PI.1 PI.2	PI.3 PI.4	G.1 G.2	G.3	G.4	PF.1 PF.2	PF.3	PF.4	S.1 S.2	S.3 S.4
Sigla Zona	Intervento	Fino a	FATTIBILITÀ											
F4	Aree per parcheggi pubblici	Nuova costruzione	F1 (V)	F4 (S)	F1	F4 (^)	F2	F3	F3 F4 (**)	F2	F3 (^)	F4 (^)	F2	F3 F4 (**)

Applicando la tabella sinottica su riportata, si perviene alla seguente classificazione.

Pericolosità	Fattibilità
Pericolosità geologica 3	Fattibilità geologica 3
Pericolosità sismica 3	Fattibilità sismica 3
Pericolosità idraulica 1	Fattibilità idraulica 1

11.1. FATTIBILITA' COME RIPORTATA DELLE NORME TECNICHE DELLA VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO GENERALE

- Per le aree ricadenti in classe F3 di fattibilità derivante dalla classe G.3 di pericolosità geologica, la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di indagini geognostiche e di studi geologici, idrogeologici e geotecnici relativi all'area nel suo complesso, finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza. In relazione alla fattibilità F3 derivante dalla classe S.3 di pericolosità sismica locale, l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geofisici e geotecnici finalizzati alla corretta definizione dell'azione sismica sulla base del fattore di rischio presente. Risulta inoltre sempre valida la necessità di ridurre l'impermeabilizzazione superficiale mantenendo permeabile almeno il 25% di superficie fondiaria e la necessità di adottare, per la viabilità ed i parcheggi (qualora non ricadenti in area sensibile di classe 1 o all'interno delle aree di rispetto delle terme e dei punti di captazione degli acquedotti), modalità costruttive tali da consentire l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque. Il rispetto delle prescrizioni citate è la condizione necessaria per la fattibilità delle zone comprese in F3.

Oggetto:	Committente: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE	
	Località: Piazza G. Mazzini Barberino Val d'Elsa	Pag. 38 di 38

11.2. ULTERIORI NOTE SULLA FATTIBILITA'⁷

Le relazioni geologiche e geotecniche da presentare per l'intervento edificatorio previsto, da allegarsi al progetto per il rilascio delle previste autorizzazioni e permessi comunali, oltre i contenuti previsti dalle Normative Nazionali, Regionali e Comunali vigenti in merito di costruzioni:

- 1. Dovranno contenere la verifica della capacità portante del terreno di fondazione e l'entità dei cedimenti assoluti e/o differenziali, in relazione agli interventi da realizzare.**
- 2. Dovranno essere realizzate, qualora l'entità degli scavi (o riporti) e/o la tipologia di terreno interessata dallo scavo lo richiedano, le opere di sostegno necessarie.**
- 3. Dovrà essere effettuata una verifica circa il quadro geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico dell'area d'imposta del fabbricato, delle aree contermini e adiacenti che potrebbero essere influenzate dall'edificio stesso. Eventuali mutazioni dello stato dei luoghi sopravvenute o emerse nel corso dell'indagine, dovranno essere considerate e valutate;**
- 4. dovrà essere elaborata una verifica di stabilità allo stato di progetto dell'intervento sulla base dei risultati potrà essere valutata la realizzazione di pali e/o l'utilizzo di geotessili di rinforzo;**
- 5. le acque superficiali dovranno essere captate, drenate e allontanate in modo efficace;**
- 6. Il progettista delle strutture potrà integrare o meno le indagini geologiche geofisiche e di laboratorio, a seconda delle necessità verificate.**

12. CONCLUSIONI

Per quanto è stato possibile verificare, non sussistono particolari impedimenti alla previsione contenuta dell'atto urbanistico in progetto.

Il progettista (architetto o ingegnere) valuterà se è necessaria l'esecuzione di indagini finalizzate all'approfondimento degli aspetti geologico-tecnici (come previsto dalla normativa vigente) e verificherà il rispetto delle prescrizioni sopra riportate, che comunque non esauriscono l'elenco dei punti oggetto di verifica.

Poggibonsi, 25 Novembre 2022

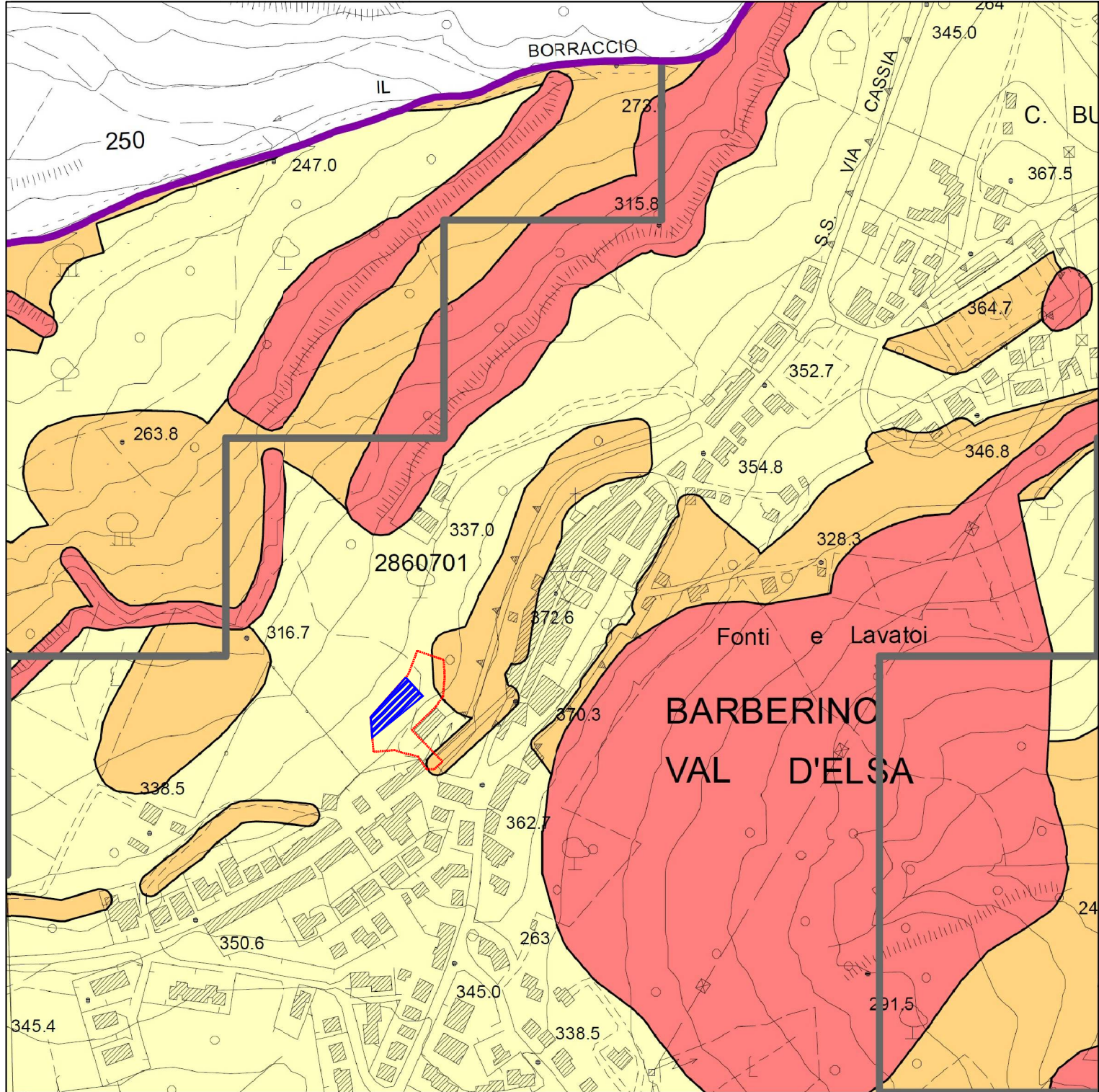
IL GEOLOGO

⁷ Si specifica che le prescrizioni che seguono, sono da ritenersi una indicazione minima delle indagini, delle valutazioni e dei calcoli da eseguire: dalle situazioni che potranno essere verificate nel corso delle indagini per la progettazione e/o dei lavori, potrebbero scaturire (e rendere necessarie) l'esecuzione, di campagne di indagini più approfondite.

CARTOGRAFIA VARIANTE

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
scala 1:5.000

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO ATTUALE
ESTRATTO DA TAV. G03est

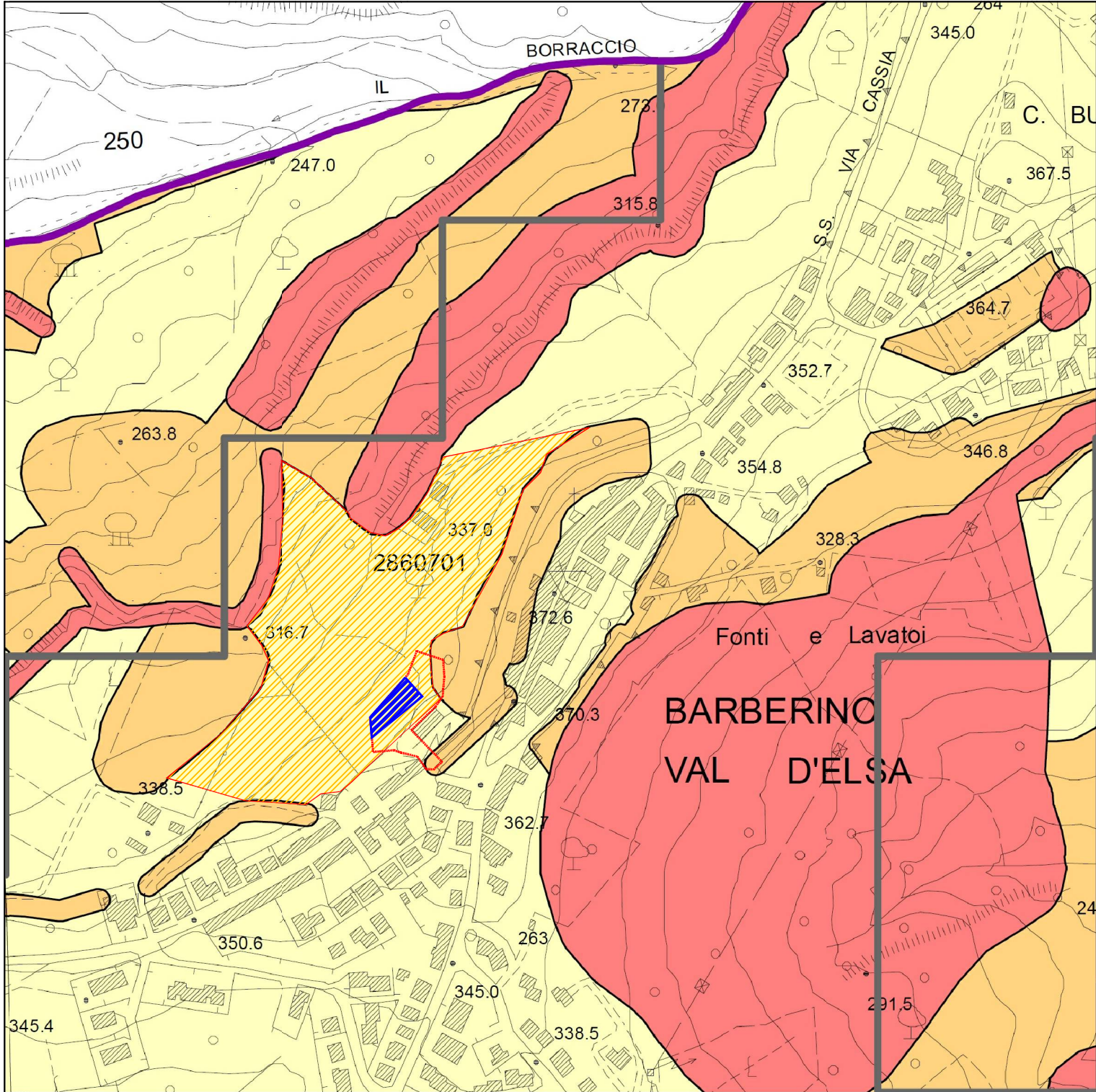


Classi di pericolosità geologica

G.1 - pericolosità geologica bassa
G.2 - pericolosità geologica media
G.3 - pericolosità geologica elevata
G.4 - pericolosità geologica molto elevata

area oggetto di variante urbanistica

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO SOVRAPPOSTO



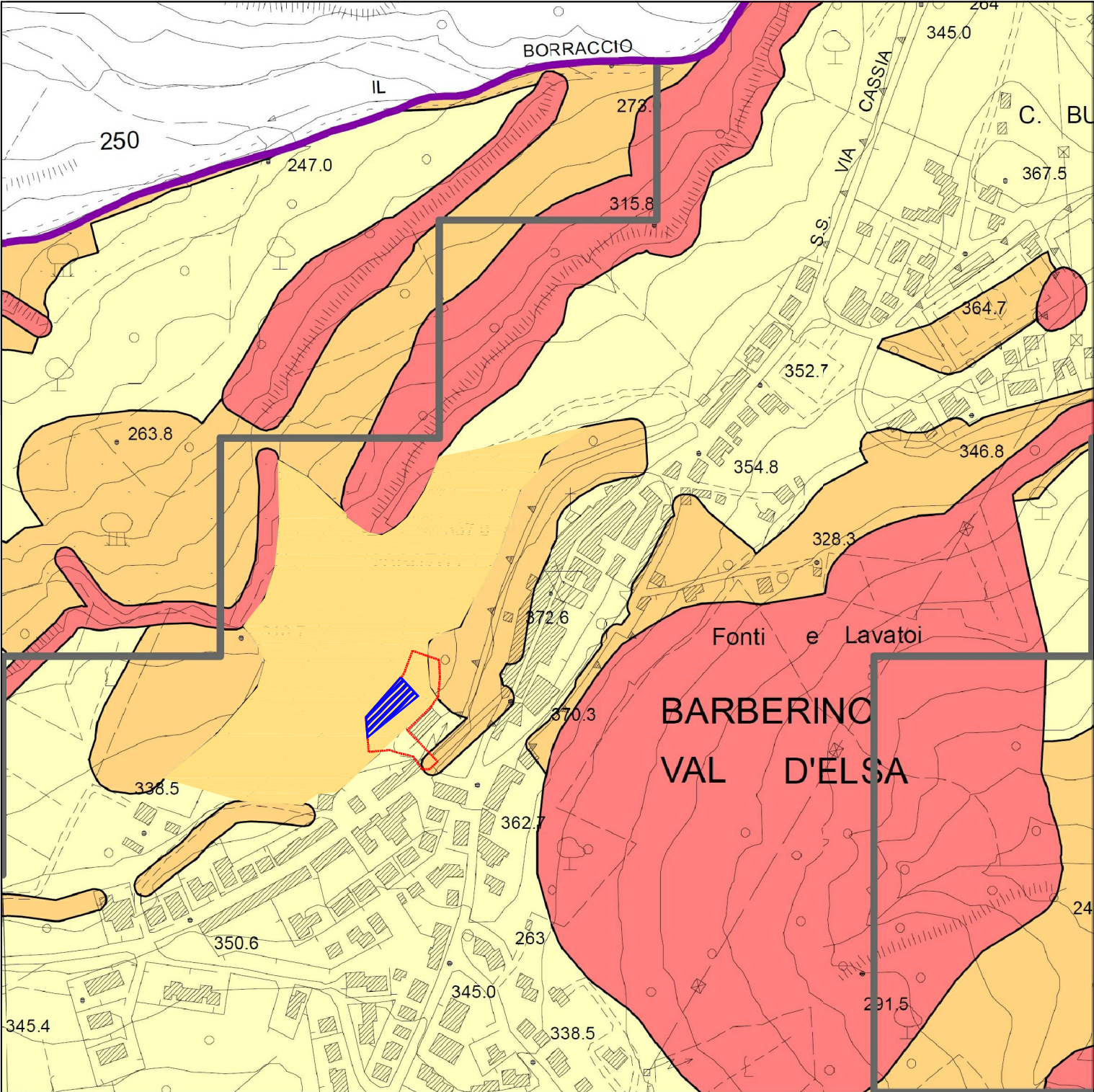
Classi di pericolosità geologica

G.1 - pericolosità geologica bassa
G.2 - pericolosità geologica media
G.3 - pericolosità geologica elevata
G.4 - pericolosità geologica molto elevata

area oggetto di variante urbanistica

Pericolosità Geologica G3 variata

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO MODIFICATO



Classi di pericolosità geologica

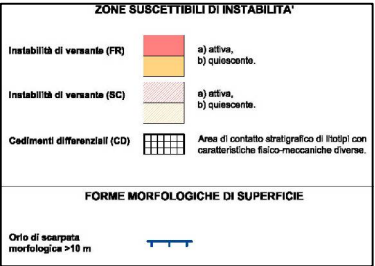
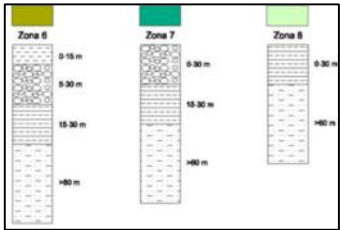
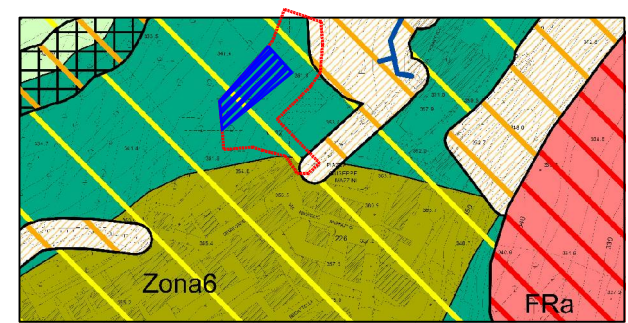
G.1 - pericolosità geologica bassa
G.2 - pericolosità geologica media
G.3 - pericolosità geologica elevata
G.4 - pericolosità geologica molto elevata

area oggetto di variante urbanistica

Pericolosità Geologica G3 variata

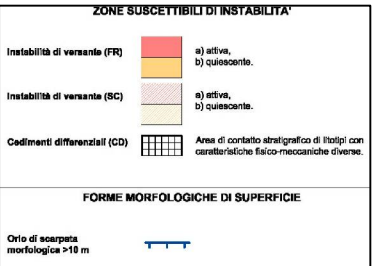
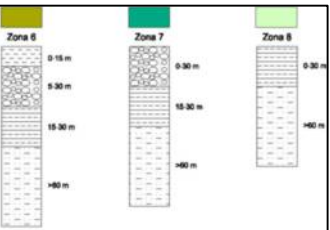
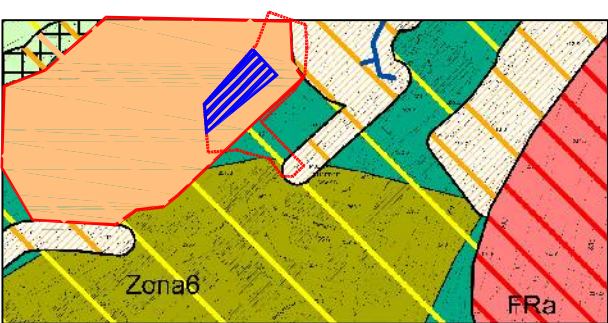
PERICOLOSITÀ SISMICA

PERICOLOSITÀ SISMICA
STATO ATTUALE
ESTRATTO DA TAV. G05A



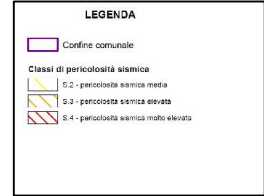
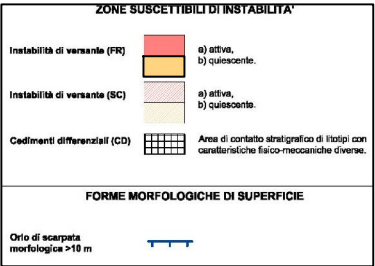
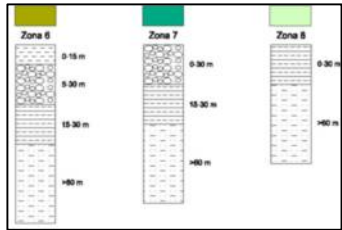
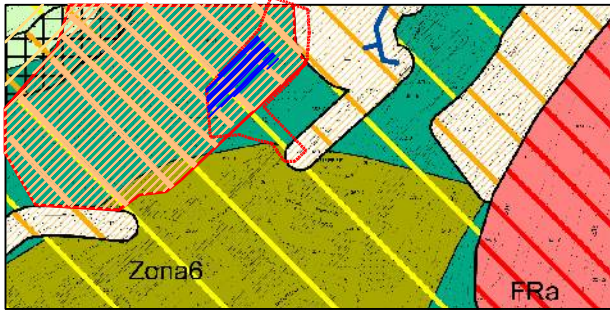
area interessata da variante urbanistica

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO SOVRAPPOSTO



area interessata da variante urbanistica

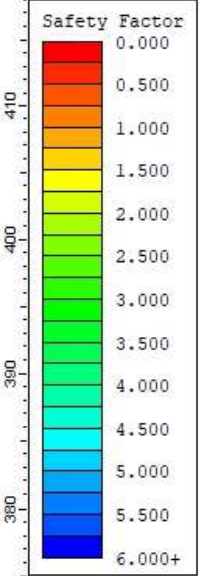
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO MODIFICATO






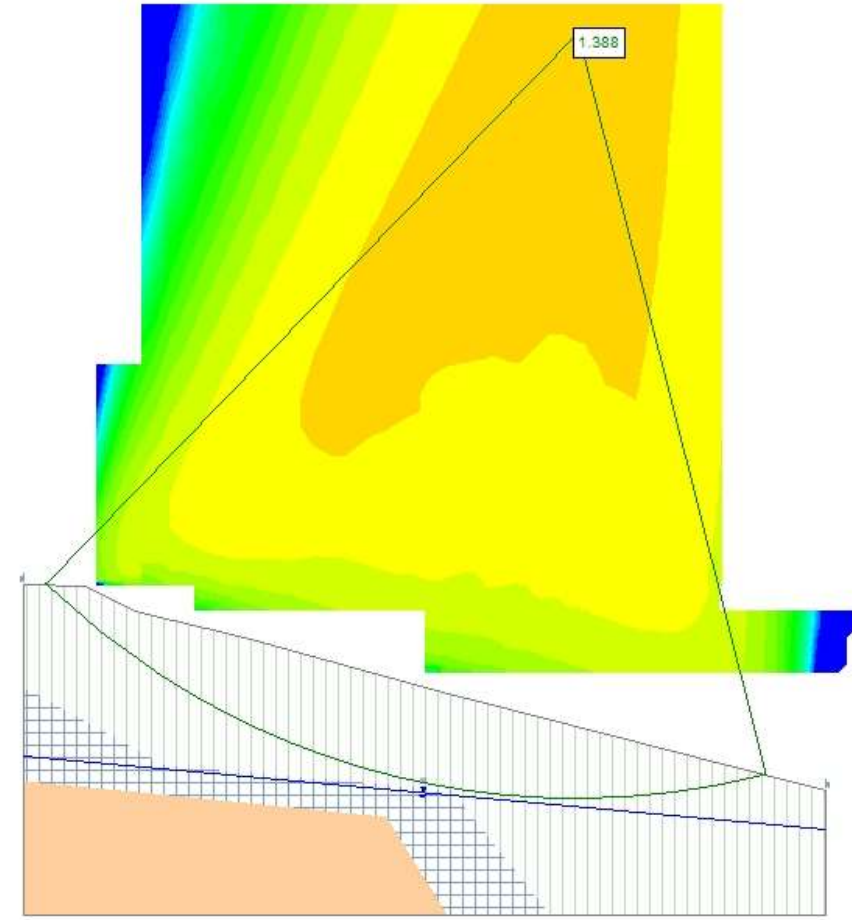
area interessata da variante urbanistica

Nell'area di variante (e nell'area circostante) è stata individuata una litologia come nella zona 6 inoltre viene attribuita una pericolosità sismica 3

**ANALISI DI STABILITA'
DI UNA SEZIONE DEL PENDIO
OGGETTO DI VARIANTE
PROFILO TOPOGRAFICO PS2**



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu	Ru
ghiaia		20	Mohr-Coulomb	1	31	Water Surface	Custom	1	
argilla limosa		15.7	Mohr-Coulomb	7.7	20	None			0
limo argilloso grigio		20	Mohr-Coulomb	13	22	None			0



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: PROFILO ATTUALE.slim
Slide Modeler Version: 6.037
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/12/2022, 10:12:32

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: NTC2018_SEISMIC

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used


Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Janbu corrected
Ordinary/Fellenius
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

 <small>SLIDEINTERPRET 6.037</small>	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.057
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.028

Material Properties

Property	ghiaia	argilla limosa	limo argilloso grigio
Color	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	15.7	20
Cohesion [kPa]	1	7.7	13
Friction Angle [deg]	31	20	22
Water Surface	Water Table	None	None
Hu Value	1		
Ru Value		0	0

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.392000
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=99483.7 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Total Slice Area=268.182 m2

Method: bishop simplified


FS: 1.445050
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103275 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Total Slice Area=268.182 m2

Method: janbu simplified

FS: 1.387550
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Horizontal Force=1697.22 kN
Driving Horizontal Force=1223.17 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: janbu corrected

FS: 1.461290
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042

 <small>SLIDEINTERPRET 6.037</small>	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim

Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Horizontal Force=1787.41 kN
Driving Horizontal Force=1223.17 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: spencer

FS: 1.444080
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103206 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=1704.98 kN
Driving Horizontal Force=1180.66 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.443760
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103183 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=1704.94 kN
Driving Horizontal Force=1180.9 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 17300
Number of Invalid Surfaces: 2808

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 57 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 17300
Number of Invalid Surfaces: 2808

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 57 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: janbu simplified


Number of Valid Surfaces: 16929
Number of Invalid Surfaces: 3179

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 428 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 16929
Number of Invalid Surfaces: 3179

 <small>SLIDEINTERPRET 6.037</small>	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name PROFILO ATTUALE.slim

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 428 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 15074
Number of Invalid Surfaces: 5034

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 636 surfaces
- Error Code -111 reported for 1647 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 15080
Number of Invalid Surfaces: 5028

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 555 surfaces
- Error Code -111 reported for 1722 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Error Codes

- The following errors were encountered during the computation:
- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
 - 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
 - 106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
 - 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
 - 111 = safety factor equation did not converge
 - 114 = Surface with Reverse Curvature.
 - 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.392

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.92833	9.64424	7.99152	0	7.99152
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	10.6527	14.8285	23.6596	0	23.6596
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	12.6374	17.5912	32.009	0	32.009
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	14.8505	20.6719	41.3194	0	41.3194
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	17.8076	24.7882	53.7598	0	53.7598
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	20.6186	28.7011	65.5854	0	65.5854
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.2235	32.3271	76.5442	0	76.5442
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.437	35.4083	85.8565	0	85.8565
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.2555	37.9396	93.5063	0	93.5063
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.7876	40.0723	99.9518	0	99.9518
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	29.9882	41.7436	105.003	0	105.003
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	30.8103	42.888	108.462	0	108.462
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	31.2389	43.4845	110.264	0	110.264
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	31.2657	43.5219	110.377	0	110.377
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.9355	43.0622	108.988	0	108.988
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	30.2163	42.0611	105.962	0	105.962
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	29.0894	40.4924	101.221	0	101.221


18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.5607	38.3645	94.7905	0	94.7905
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.6406	35.6917	86.7131	0	86.7131
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.3432	32.4938	77.0481	0	77.0481
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.6869	28.7962	65.873	0	65.873
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.6939	24.6299	53.2818	0	53.2818
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.3907	20.0319	39.3855	0	39.3855
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	10.8081	15.0449	24.3136	0	24.3136
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	6.98109	9.71768	8.21345	0	8.21345

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44505

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.8182	9.85264	8.62131	0	8.62131
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.9315	17.2416	30.9525	0	30.9525
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	14.1304	20.4191	40.5556	0	40.5556
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.4178	23.7246	50.5453	0	50.5453
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	19.4231	28.0674	63.6705	0	63.6705
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	22.0675	31.8886	75.2192	0	75.2192
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	24.357	35.1971	85.218	0	85.218
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	26.1545	37.7946	93.0682	0	93.0682
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.518	39.7649	99.023	0	99.023
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.6044	41.3348	103.767	0	103.767
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	29.3965	42.4794	107.227	0	107.227
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.8707	43.1646	109.298	0	109.298
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	30.0299	43.3947	109.993	0	109.993
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	29.8779	43.1751	109.329	0	109.329
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.463	42.5755	107.517	0	107.517
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	28.7544	41.5516	104.422	0	104.422
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	27.7294	40.0703	99.9458	0	99.9458
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	26.3833	38.1252	94.0676	0	94.0676
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	24.7105	35.7079	86.7619	0	86.7619
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	22.7031	32.8071	77.9947	0	77.9947
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.3515	29.4089	67.7246	0	67.7246
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.644	25.4964	55.9005	0	55.9005
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.5663	21.049	42.4593	0	42.4593
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.1014	16.0421	27.3272	0	27.3272
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.22882	10.446	10.4146	0	10.4146

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38755

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	7.04623	9.77699	8.39269	0	8.39269
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	12.3381	17.1197	30.584	0	30.584
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	14.62	20.286	40.1533	0	40.1533
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.9956	23.5822	50.1153	0	50.1153
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	20.1164	27.9125	63.2024	0	63.2024
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	22.8657	31.7273	74.7313	0	74.7313
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	25.2492	35.0345	84.7264	0	84.7264
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	27.1239	37.6358	92.5883	0	92.5883
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	28.5497	39.6141	98.5669	0	98.5669
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	29.6886	41.1944	103.343	0	103.343
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	30.5225	42.3515	106.84	0	106.84
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	31.0268	43.0512	108.955	0	108.955
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	31.204	43.2971	109.698	0	109.698
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	31.0577	43.0941	109.085	0	109.085
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.6379	42.5116	107.324	0	107.324
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.9123	41.5048	104.281	0	104.281
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	28.8568	40.0403	99.8554	0	99.8554
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.4666	38.1113	94.0253	0	94.0253
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.7351	35.7087	86.7642	0	86.7642
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.6538	32.8208	78.0361	0	78.0361
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.2123	29.4331	67.7978	0	67.7978
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.398	25.5281	55.9961	0	55.9961
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.1953	21.0843	42.5658	0	42.5658
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.586	16.0761	27.4301	0	27.4301
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.54789	10.4731	10.4965	0	10.4965

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale		Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32		File Name	
					PROFILO ATTUALE.slim	

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.46129											
Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.69066	9.77699	8.39269	0	8.39269	
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.7155	17.1197	30.584	0	30.584	
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.8823	20.286	40.1533	0	40.1533	
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.1379	23.5822	50.1153	0	50.1153	
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	19.1013	27.9125	63.2024	0	63.2024	
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	21.7118	31.7273	74.7313	0	74.7313	
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.975	35.0345	84.7264	0	84.7264	
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.7552	37.6358	92.5883	0	92.5883	
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.109	39.6141	98.5669	0	98.5669	
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.1904	41.1944	103.343	0	103.343	
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.9823	42.3515	106.84	0	106.84	
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.4611	43.0512	108.955	0	108.955	
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.6294	43.2971	109.698	0	109.698	
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	29.4905	43.0941	109.085	0	109.085	
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.0918	42.5116	107.324	0	107.324	
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	28.4028	41.5048	104.281	0	104.281	
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	27.4007	40.0403	99.8554	0	99.8554	
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	26.0806	38.1113	94.0253	0	94.0253	
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	24.4364	35.7087	86.7642	0	86.7642	
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	22.4602	32.8208	78.0361	0	78.0361	
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.1419	29.4331	67.7978	0	67.7978	
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.4696	25.5281	55.9961	0	55.9961	
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.4286	21.0843	42.5658	0	42.5658	
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.0013	16.0761	27.4301	0	27.4301	
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.16701	10.4731	10.4965	0	10.4965	

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.44408

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.74804	9.74471	8.29512	0	8.29512	
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.3382	16.3732	28.328	0	28.328	
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.3986	19.3487	37.3203	0	37.3203	
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	15.5779	22.4958	46.8318	0	46.8318	
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	18.4563	26.6524	59.3943	0	59.3943	
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	21.049	30.3964	70.7094	0	70.7094	
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.3511	33.7208	80.7561	0	80.7561	
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.2231	36.4242	88.9265	0	88.9265	
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	26.7086	38.5693	95.4098	0	95.4098	
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	27.9481	40.3593	100.819	0	100.819	
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.919	41.7613	105.056	0	105.056	
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.5916	42.7326	107.992	0	107.992	
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.9619	43.2674	109.608	0	109.608	
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	30.0269	43.3612	109.891	0	109.891	
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.8278	43.0738	109.023	0	109.023	
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.3279	42.3519	106.841	0	106.841	
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	28.4967	41.1515	103.213	0	103.213	
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.3215	39.4544	98.0847	0	98.0847	
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.7873	37.2389	91.3891	0	91.3891	
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.8764	34.4795	83.0493	0	83.0493	
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.5678	31.1456	72.9733	0	72.9733	
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.8364	27.2013	61.053	0	61.053	
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.6526	22.6036	47.1579	0	47.1579	
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.981	17.3015	31.1333	0	31.1333	
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.87192	11.3677	13.2001	0	13.2001	

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.44376

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.80964	9.83149	8.5574	0	8.5574	
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.7299	16.9351	30.0262	0	30.0262	
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.685	19.7579	38.5573	0	38.5573	
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	15.7091	22.6801	47.3887	0	47.3887	
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	18.4222	26.5973	59.2273	0	59.2273	
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	20.8269	30.0691	69.7201	0	69.7201	

7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	22.9625	33.1523	79.0379	0	79.0379
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	24.7202	35.6901	86.7078	0	86.7078
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	26.1639	37.7744	93.0071	0	93.0071
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	27.4403	39.6172	98.5765	0	98.5765
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.5221	41.179	103.297	0	103.297
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.3669	42.3987	106.983	0	106.983
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.9499	43.2404	109.527	0	109.527
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	30.2413	43.6612	110.798	0	110.798
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.2529	43.6779	110.849	0	110.849
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.9176	43.1939	109.386	0	109.386
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	29.1785	42.1268	106.161	0	106.161
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	28.0038	40.4307	101.035	0	101.035
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	26.3705	38.0727	93.9086	0	93.9086
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	24.2682	35.0374	84.7354	0	84.7354
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.7001	31.3298	73.5299	0	73.5299
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.6845	26.976	60.3719	0	60.3719
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.2536	22.0226	45.4018	0	45.4018
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.4509	16.5323	28.8087	0	28.8087
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.32645	10.5776	10.8124	0	10.8124


Interslice Data

Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.392

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	0	0	0
3	6.23072	353.288	0	0	0
4	8.3819	351.674	0	0	0
5	10.5331	350.209	0	0	0
6	12.6843	348.883	0	0	0
7	14.8354	347.682	0	0	0
8	16.9866	346.599	0	0	0
9	19.1378	345.626	0	0	0
10	21.289	344.758	0	0	0
11	23.4402	343.989	0	0	0
12	25.5914	343.315	0	0	0
13	27.7425	342.732	0	0	0
14	29.8937	342.238	0	0	0
15	32.0449	341.831	0	0	0
16	34.1961	341.508	0	0	0
17	36.3473	341.268	0	0	0
18	38.4984	341.11	0	0	0
19	40.6496	341.034	0	0	0
20	42.8008	341.039	0	0	0
21	44.952	341.124	0	0	0
22	47.1032	341.292	0	0	0
23	49.2544	341.541	0	0	0
24	51.4055	341.873	0	0	0
25	53.5567	342.291	0	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44505

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	4.18586	0	0
3	6.23072	353.288	38.6852	0	0
4	8.3819	351.674	80.0175	0	0
5	10.5331	350.209	126.216	0	0
6	12.6843	348.883	178.105	0	0
7	14.8354	347.682	231.549	0	0
8	16.9866	346.599	283.244	0	0
9	19.1378	345.626	330.192	0	0
10	21.289	344.758	370.294	0	0
11	23.4402	343.989	402.334	0	0

	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By			Scale	Company
Date		01/12/2022, 10:12:32			File Name
					PROFILO ATTUALE.slim


12	25.5914	343.315	425.418	0	0
13	27.7425	342.732	438.967	0	0
14	29.8937	342.238	442.746	0	0
15	32.0449	341.831	436.837	0	0
16	34.1961	341.508	421.615	0	0
17	36.3473	341.268	397.711	0	0
18	38.4984	341.11	366.049	0	0
19	40.6496	341.034	327.855	0	0
20	42.8008	341.039	284.667	0	0
21	44.952	341.124	238.356	0	0
22	47.1032	341.292	191.153	0	0
23	49.2544	341.541	145.684	0	0
24	51.4055	341.873	105.017	0	0
25	53.5567	342.291	72.7248	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38755

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.24722	0	0
3	6.23072	353.288	36.2199	0	0
4	8.3819	351.674	75.8549	0	0
5	10.5331	350.209	120.187	0	0
6	12.6843	348.883	169.971	0	0
7	14.8354	347.682	221.122	0	0
8	16.9866	346.599	270.374	0	0
9	19.1378	345.626	314.781	0	0
10	21.289	344.758	352.278	0	0
11	23.4402	343.989	381.671	0	0
12	25.5914	343.315	402.083	0	0
13	27.7425	342.732	412.958	0	0
14	29.8937	342.238	414.078	0	0
15	32.0449	341.831	405.543	0	0
16	34.1961	341.508	387.742	0	0
17	36.3473	341.268	361.325	0	0
18	38.4984	341.11	327.235	0	0
19	40.6496	341.034	286.718	0	0
20	42.8008	341.039	241.336	0	0
21	44.952	341.124	192.985	0	0
22	47.1032	341.292	143.926	0	0
23	49.2544	341.541	96.818	0	0
24	51.4055	341.873	54.7689	0	0
25	53.5567	342.291	21.3954	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.46129

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.24722	0	0
3	6.23072	353.288	36.2199	0	0
4	8.3819	351.674	75.8549	0	0
5	10.5331	350.209	120.187	0	0
6	12.6843	348.883	169.971	0	0
7	14.8354	347.682	221.122	0	0
8	16.9866	346.599	270.374	0	0
9	19.1378	345.626	314.781	0	0
10	21.289	344.758	352.278	0	0
11	23.4402	343.989	381.671	0	0
12	25.5914	343.315	402.083	0	0
13	27.7425	342.732	412.958	0	0
14	29.8937	342.238	414.078	0	0
15	32.0449	341.831	405.543	0	0
16	34.1961	341.508	387.742	0	0
17	36.3473	341.268	361.325	0	0
18	38.4984	341.11	327.235	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name

SLIDEINTERPRET 6.037


19	40.6496	341.034	286.718	0	0
20	42.8008	341.039	241.336	0	0
21	44.952	341.124	192.985	0	0
22	47.1032	341.292	143.926	0	0
23	49.2544	341.541	96.818	0	0
24	51.4055	341.873	54.7689	0	0
25	53.5567	342.291	21.3954	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.44408

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.67576	0.805113	12.3546
3	6.23072	353.288	34.7434	7.60997	12.3546
4	8.3819	351.674	72.3899	15.8558	12.3546
5	10.5331	350.209	114.915	25.1703	12.3546
6	12.6843	348.883	163.16	35.7376	12.3546
7	14.8354	347.682	213.324	46.7252	12.3546
8	16.9866	346.599	262.288	57.4499	12.3546
9	19.1378	345.626	307.143	67.2746	12.3546
10	21.289	344.758	345.777	75.7367	12.3546
11	23.4402	343.989	376.886	82.5506	12.3546
12	25.5914	343.315	399.457	87.4944	12.3546
13	27.7425	342.732	412.768	90.4099	12.3546
14	29.8937	342.238	416.423	91.2106	12.3546
15	32.0449	341.831	410.344	89.879	12.3546
16	34.1961	341.508	394.744	86.4622	12.3546
17	36.3473	341.268	370.11	81.0664	12.3546
18	38.4984	341.11	337.238	73.8665	12.3546
19	40.6496	341.034	297.262	65.1103	12.3546
20	42.8008	341.039	251.669	55.1239	12.3546
21	44.952	341.124	202.339	44.319	12.3546
22	47.1032	341.292	151.586	33.2024	12.3546
23	49.2544	341.541	102.219	22.3894	12.3546
24	51.4055	341.873	57.6132	12.6192	12.3546
25	53.5567	342.291	21.8098	4.77708	12.3546
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.44376

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	4.06172	0.136368	1.92292
3	6.23072	353.288	37.3152	2.48588	3.81132
4	8.3819	351.674	76.3449	7.52856	5.63187
5	10.5331	350.209	119.407	15.4096	7.35344
6	12.6843	348.883	167.508	26.375	8.94805
7	14.8354	347.682	216.967	39.7864	10.3912
8	16.9866	346.599	264.912	54.6787	11.6623
9	19.1378	345.626	308.697	69.82	12.7445
10	21.289	344.758	346.422	83.9669	13.6248
11	23.4402	343.989	376.905	96.0229	14.293
12	25.5914	343.315	399.15	105.03	14.7423
13	27.7425	342.732	412.363	110.245	14.9679
14	29.8937	342.238	416.011	111.22	14.9679
15	32.0449	341.831	409.846	107.844	14.7422
16	34.1961	341.508	393.927	100.36	14.2931
17	36.3473	341.268	368.64	89.3521	13.6248
18	38.4984	341.11	334.773	75.7178	12.7445
19	40.6496	341.034	293.559	60.5916	11.6623
20	42.8008	341.039	246.705	45.2395	10.3912
21	44.952	341.124	196.392	30.9228	8.94801
22	47.1032	341.292	145.266	18.7467	7.35343
23	49.2544	341.541	96.3992	9.50616	5.63187
24	51.4055	341.873	53.2395	3.54673	3.81132
25	53.5567	342.291	19.5496	0.656359	1.92293

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.244056	344.222
60.0994	338.756

External Boundary

X	Y
31.492	349.053
20.9193	351.887
16.7431	353.053
8.55328	355.053
4.94945	356.969
0.244056	357.082
0.244056	349.321
0.244056	342.457
0.244056	332.414
31.8616	332.414
39.58	332.414
60.0994	332.414
60.0994	341.659

Material Boundary

X	Y
0.244056	349.321
10.8184	343.616
32.223	341.755
39.58	332.414

Material Boundary

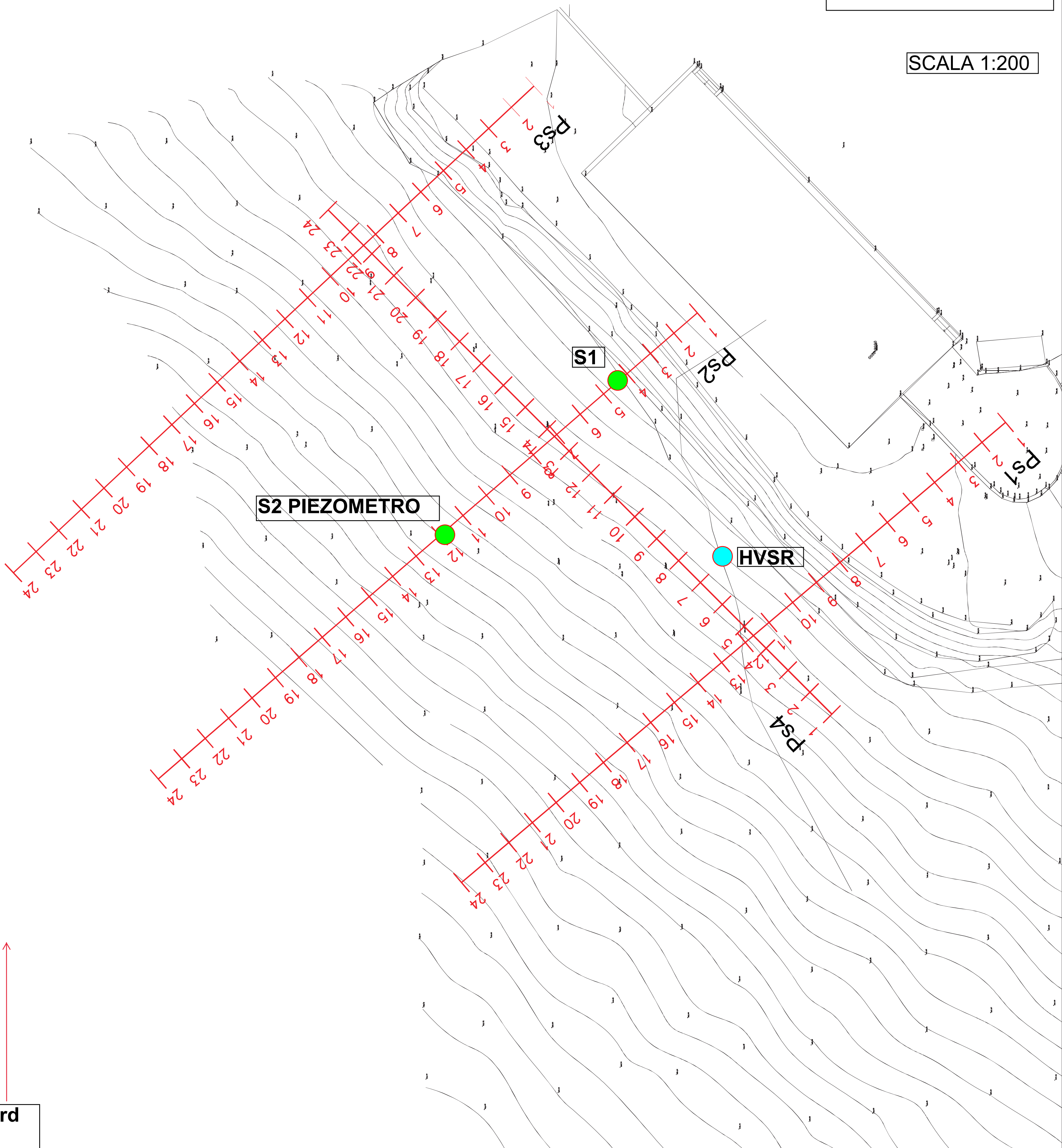
X	Y
0.244056	342.457
11.2056	341.335
27.2887	339.718
31.8616	332.414

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:200

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:200



**RAPPORTO
DI
INDAGINE GEOFISICA**



IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°283-22-S

Montelupo Fiorentino 29-11-2022

SETTORE: Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH, HVSR, MASW

COMMITTENTE: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE

CANTIERE: Parcheggio Piazza Mazzini, Barberino Val D'Elsa (FI)

RICHIEDENTE:

RIFERIMENTO: R.P.E. n°156-468-22

Indice:

1	Scopo dell'indagine	3
2	Sismica a rifrazione con onde P e SH	3
2.1	Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici	3
2.2	Procedure di campagna	5
2.3	Metodo di elaborazione dei dati	6
3	MASW (Multichannel Analysis of surface waves)	7
3.1	Principi teorici	7
3.2	Acquisizione ed elaborazione	8
4	HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	8
4.1	Principi teorici	8
4.2	Acquisizione ed elaborazione	10
5	Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq	11
6	Risultati dell'indagine	12
7	Presentazione dei dati	13
8	Caratteristiche della strumentazione	13

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Su incarico del COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE, in data 8/4 e 24/11 2022, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con registrazione di onde P e SH, 1 prova *Multichannel Acquisition of Surface Waves* (MASW) e 1 misura a stazione singola HVSR, presso Piazza Mazzini, Barberino Val D'Elsa (FI). Scopo delle indagini è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni presenti, il calcolo dei parametri elastico-dinamici ed il calcolo del parametro V_sEQ .

2 Sismica a rifrazione con onde P e SH

2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato σ_{ij} e la deformazione prodotta ϵ_{kl}) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità C_{ijkl} sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (G , E , K , ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu)(1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante E viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson **v** è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **p** del materiale. Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((K + 4/3 G) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (G / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di **V_p** e **V_s** ed il valore **p** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$v = (V_p^2 - 2 V_s^2) / (2 (V_p^2 - V_s^2))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 (1 + v)$$

$$K = (2 \rho V_s^2 (1 + v)) / (3 (1 - 2 v))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra **V_p** e **V_s** non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle **V_p** per i principali litotipi e il range di **V_s** relative comprese fra i rapporti di **V_p/V_s** di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto **V_p/V_s** può aumentare.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5

Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 – 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità nei principali materiali.

2.2 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici 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 compressione può essere effettuata sia mediante massa battente da 5-60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico (minibang): l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le energizzazioni vengono effettuate, mediante massa battente, alternativamente su entrambi i lati e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset 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.

2.3 Metodo di elaborazione dei dati

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 (t_0), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Inversione Tomografica: Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza. Il software utilizzato per la ricostruzione dei tempi di arrivo e dei percorsi d'onda si basa sulla soluzione del cammino più breve (Algoritmo di Dijkstra), che consente di tener conto sia di onde dirette, rifratte e diffratte che generano i primi arrivi sui sismogrammi. Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo (S.I.R.T.) per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shot effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shot per mantenere costante il dettaglio. Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo del *Kriging* che è ideale per distribuzioni regolari di dati.

3 MASW (Multichannel Analysis of surface waves)

3.1 Principi teorici

La tecnica MASW si basa sulla registrazione e lo studio della curva di dispersione delle onde superficiali, il cui contributo predominante è caratterizzato dalle onde di Rayleigh che sono onde di superficie che si producono per riflessione di onde S (di taglio) alla superficie. Se il mezzo è omogeneo hanno velocità di fase pari al 92% di quella delle onde S che le hanno generate, altrimenti sono dispersive. I punti investiti da un'onda di Rayleigh si muovono descrivendo ellissi in modo retrogrado rispetto al moto dell'onda. L'ampiezza delle ellissi diminuisce con la distanza dalla

superficie ovvero con la profondità. Partendo dall'assunzione di una variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità (terreno stratificato orizzontalmente) il terreno, agendo da filtro, separa le varie componenti dell'onda di volume caratterizzate ciascuna da diversa velocità di propagazione (velocità di fase) e da diversa lunghezza d'onda. Tale comportamento delle onde si chiama dispersione e proprio sull'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh si basa la tecnica MASW per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizza le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione delle onde superficiali. Nella tecnica d'indagine MASW la profondità di investigazione è, in linea teorica, correlata alla lunghezza del profilo e inversamente correlata alla frequenza propria dei sensori usati, mentre la risoluzione verticale è direttamente correlata al numero di sensori utilizzati per registrare il campo d'onda sismico. Il limite principale del metodo è l'assunzione che siano minime le variazioni orizzontali dei parametri geofisici al di sotto dei sensori. Il maggior pregio è nella possibilità di ottenere buoni dati anche in condizioni in cui risulta difficile l'acquisizione diretta delle onde di taglio.

3.2 Acquisizione ed elaborazione

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un allineamento di 24 geofoni verticali con spaziatura 2 m. Sono state utilizzate 8 registrazioni con offset (distanza fra il punto di scoppio ed il geofono più vicino) compreso tra 0 m e 20 m, eseguite lungo le due direzioni dello stendimento. Le energizzazioni, per ogni postazione, sono state ripetute e sommate fino ad ottenere un sismogramma con un buon rapporto segnale rumore, quindi rimontate per ottenere due sismogrammi con 96 canali a spaziatura 0.5 m. La fase di elaborazione consiste nell'ottenere la curva di dispersione relativa ad ogni registrazione, ovvero la trasformazione delle serie temporali nel dominio della frequenza F e del numero d'onda K . Sullo spettro Frequenza (Hz) - Velocità di Fase (m/s) vengono individuati i punti di massimo spettrale di energia che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh.

La velocità delle onde S viene stimata su un modello di strati del terreno che viene implementato con un processo iterativo fino a trovare la combinazione finale di velocità delle onde di taglio e spessori degli strati, tale da minimizzare gli scarti fra la curva di dispersione calcolata sul modello e quella misurata sullo spettro della dispersione delle onde superficiali. Essendo questo tipo di elaborazione un procedimento inverso, esso risente di tutti i problemi e delle limitazioni dovute alla convergenza dei metodi iterativi ed alla non unicità delle soluzioni.

4 HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

4.1 Principi teorici

La tecnica dei rapporti spettrali deriva dal lavoro di Nakamura (1989). La frequenza fondamentale dei terreni è importante al fine di evitare, in caso di sisma, fenomeni di risonanza fra la frequenza degli edifici e la frequenza dei terreni su cui sono poggiati.

Il rapporto fra lo spettro delle componenti orizzontale e verticale dei tremori è una tecnica che permette di valutare alcune caratteristiche dei terreni, principalmente il periodo fondamentale. Nei terreni soffici la componente orizzontale del moto tende ad essere superiore alla componente verticale, mentre in roccia le due componenti tendono ad avere la stessa ampiezza. Il picco di frequenza individuato sulle curve H/V è legato alla velocità delle onde di taglio dalla relazione:

$$f_0 = V_s / (4 * H)$$

dove f_0 è la frequenza, V_s la velocità delle onde di taglio e H lo spessore di sedimenti la cui frequenza di risonanza è f_0 .

La natura della sorgente di energia utilizzata, ovvero il rumore ambientale, non è direttamente riferibile ad un determinato tipo di onde, di compressione, di taglio, rayleigh, per cui va ricordato che non può essere utilizzato direttamente per il calcolo delle onde di taglio e del parametro VsEQ ai fini della categoria di appartenenza. Nel presente lavoro sono state seguite le specifiche definite dal progetto Europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations) che ha studiato in dettaglio l'uso delle vibrazioni dovute a rumori ambientali per capire gli effetti di sito collegati ad eventi sismici. Come ricordato nel lavoro del progetto SESAME, la caratteristica principale dei rapporti H/V è di essere sperimentali, quindi la scelta in fase di acquisizione dati ed elaborazione, può influenzare il risultato finale. Al fine di limitare questi effetti indesiderati il progetto SESAME ha definito una serie di linee guida per l'acquisizione e l'individuazione delle frequenze fondamentali sulle curve H/V. Di seguito si riporta la tabella di prescrizioni finalizzate alla corretta acquisizione di dati secondo le specifiche del SESAME.

Tipo di parametro	Raccomandazioni principali	
Durata delle registrazioni	Frequenza minima di interesse:	Tempo minimo di registrazione:
	0.2	30'
	0.5	20'
	1.0	10'
	2.0	10'
	5.0	5'
	10.0	2'
Densità spaziale delle misure	Microzonazione: iniziare con una maglia larga (circa 500 m) e in caso di variazioni laterali intensificare le misure fino a 250 m di spaziatura	
	Risposta di sito singola: non usare mai una misura singola, ma	

	almeno tre misure
Parametri di registrazione	Livellare il sensore come raccomandato dal costruttore. Fissare il gain massimo possibile evitando la saturazione del segnale.
Accoppiamento sensore terreno	Poggiare il sensore direttamente sul terreno tutte le volte che è possibile Evitare di poggiare il sensore su terreno soffice (fango, erba, etc..) o saturato dalla pioggia.
Accoppiamento artificiale con il terreno	Evitare di poggiare il sensore su gommapiuma, cartone o simili. Su pendii che non consentono il livellamento del sensore utilizzare un ripiano fatto con sabbia per ottenere una superficie piana. Su neve o ghiaccio utilizzare poggiare il sensore su una piastra metallica per evitare che si inclini a causa dello scioglimento della neve o del ghiaccio.
Prossimità di strutture	Evitare di effettuare le registrazioni in prossimità di strutture come edifici e alberi alti, soprattutto in caso di vento (con velocità superiore a 5 m/s), possono inserire picchi a bassa frequenza nelle registrazioni. Evitare di effettuare le registrazioni al di sopra di tubature o vani interrati.
Condizioni meteorologiche	<u>Vento</u> : proteggere il sensore dal vento. <u>Pioggia</u> : evitare le registrazioni in caso di pioggia forte. <u>Temperatura</u> : controllare le indicazioni del costruttore riguardo gli shock termici. <u>Perturbazioni meteorologiche</u> : indicare se le registrazioni sono state effettuate in un periodo di bassa pressione.
Disturbi	<u>Sorgenti monocromatiche</u> : evitare di registrare in prossimità di macchine da cantiere, pompe idrauliche, generatori, etc... etc... <u>Transienti</u> : in caso di presenza di eventi transienti (traffico, pedoni, etc ...) si raccomanda di aumentare la durata delle registrazioni al fine di ottenere un numero sufficiente di finestre prive di transienti.

Tabella - II

4.2 Acquisizione ed elaborazione

Le acquisizioni del rumore ambientale sono state effettuate con una stazione singola composta da tre velocimetri, di cui uno verticale e due orizzontali, disposti in direzioni perpendicolari fra. Le registrazioni effettuate hanno avuto una durata superiore a 30 m, per ovviare a qualsiasi perturbazione transiente, essendo stata effettuata in contesto antropizzato e non lontano da strade. Le registrazioni sono state poi suddivise in finestre della lunghezza di 30 s. Le finestre sono state poi filtrate per eliminare quelle con noise. Delle singole finestre è stato calcolato lo spettro di Fourier per le tre componenti. I singoli spettri sono stati liscati con il metodo di Konno & Homaci e successivamente è stato effettuato il rapporto fra le componenti orizzontali e quella verticale per ogni singola finestra. In relazione vengono riportate le registrazioni effettuate e le finestre scelte per

l'elaborazione, i rapporti H/V per ogni singola finestra e la curva media risultante. Per ogni stazione è stato calcolato anche l'angolo di arrivo delle componenti del rumore, per valutare se il picco individuato è fonte di un rumore direzionale o se è generato da vibrazioni che provengono da tutte le direzioni.

Per valutare in maniera obiettiva il picco di frequenza e la sua qualità il progetto SESAME stabilisce una serie di criteri che devono essere rispettati:

<p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ and</p> <p>ii) $n_c(f_0) > 200$ and</p> <p>iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ • f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{\min} = lower-bound estimate of h
<p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella – III

5 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{seq}

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = H / S_{i=1,N} (h_i / V_{s,i})$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

Categorie di Suolo di Fondazione
<p>A</p> <p>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.</p>
<p>B</p> <p>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec</p>
<p>C</p> <p>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</p>
<p>D</p> <p>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</p>
<p>E</p> <p>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</p>

Tabella IV – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

6 Risultati dell'indagine

Sono stati eseguiti 4 profili con 24 canali a spaziatura 2.5 m, dei quali 3 con registrazione di onde di compressione P e di taglio SH e uno con registrazione di onde SH.

Sezione Tomografica Ps1 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 25 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 0.8 ms pari al 3.65 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 264 m/s e 1822 m/s.

Sezione Tomografica Ps1 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di

1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 34 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.77 ms pari al 7.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 106 m/s e 710 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 438 m/s.

Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.24 e 0.46.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 27 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.4 ms pari al 7.7%. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 327 m/s e 1975 m/s.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 34 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 4.5 ms pari al 9.7%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 167 m/s e 577 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 427 m/s.

Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.25 e 0.47.

Sezione Tomografica Ps3 – Onde SH: sono stati registrati 8 punti di energizzazione per un totale di 192 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 14 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.2 ms pari al 7.5%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 171 m/s e 809 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 461 m/s. Nella parte centrale della sezione, metri 25-26, in alcune celle la velocità delle onde di taglio del modello finale supera 800 m/s e il valore di VsEQ corrispondente è 317 m/s.

Sezione Tomografica Ps4 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 63 x 16 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 21 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 0.21 ms pari al 1.2%. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 293 m/s e 1908 m/s.

Sezione Tomografica Ps4 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 63 x 16 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 28 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.5 ms pari al 5.7%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 152 m/s e 822 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 30 e da 46 a 55 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 477 m/s; nella parte di sezione compresa fra 30 m e 46 m i valori di velocità delle onde di taglio superano 800 m/s alla profondità media di 13 m con corrispettivo VsEQ di 325 m/s. Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.27 e 0.47.

HVSR1: la misura a stazione singola mostra la presenza di un debole picco alla frequenza di 8.1 Hz con un rapporto H/V di 2.5 volte, che potrebbe essere riferibile al contrasto di velocità posto a circa 13 m di profondità correlabile con il passaggio ad un orizzonte di ghiaie. Il picco mostra una marcata direzionalità ed andrebbe verificato.

Analisi MASW: le curve di dispersione ricavate dalle registrazioni sono state elaborate congiuntamente per ottenere la curva che descrive l'andamento della Velocità delle onde S con la profondità: questo procedimento è stato effettuato per minimizzare gli errori dovuti a possibili variazioni laterali lungo il profilo. Il valore di VsEQ, calcolato da piano campagna fino alla profondità di 30 m è 539 m/s.

7 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini
- sezioni tomografiche Onde P e SH, Modulo Poisson, rapporto Vp/Vs
- Curva velocità profondità, curve di dispersione per le prove MASW
- Rapporto H/V, direzionalità, spettri, criteri Sesame per le misure HVSR
- registrazioni di campagna e dromocrone relative
- documentazione fotografica
- Posizione S2 pag. 13 – 24
- Posizione SCbis pag. 25 – 31
- Posizione S3 pag. 32 – 38
- Posizione S4 pag. 39 - 45

8 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75–208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri analogici anti-aliasing -3dB all'83% della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24-48 dB/oct;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay da 0 a 9999 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 8 Hz;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante sensore accoppiato alla sorgente di energia;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg / minibang calibro 8 / grave da 30/60 kg.

○HVSR

▪Tromino Micromed

Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

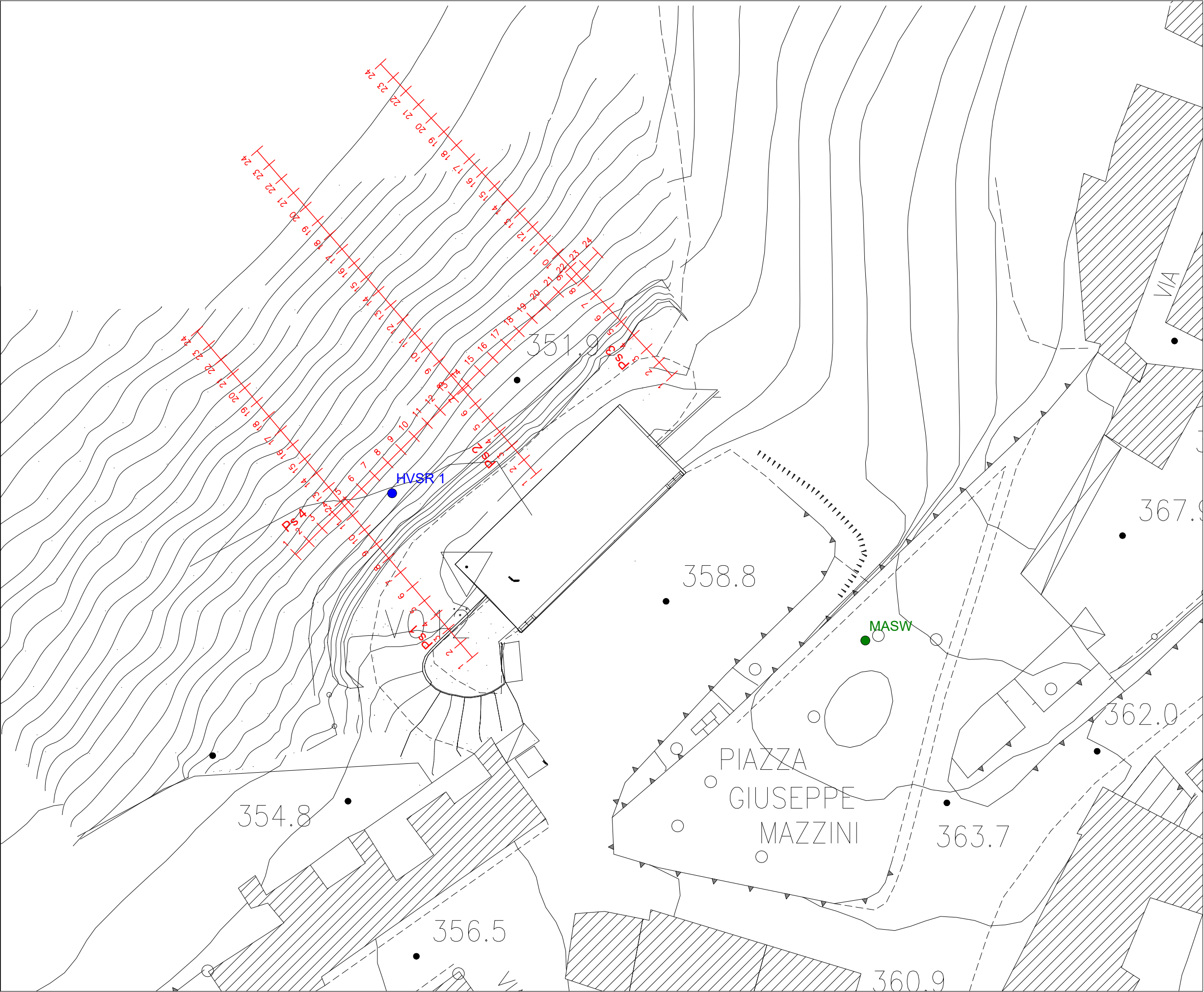
Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Ubicazione indagini

Scala 1:500



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

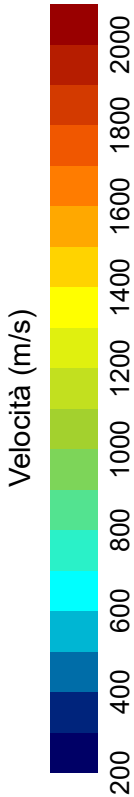
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

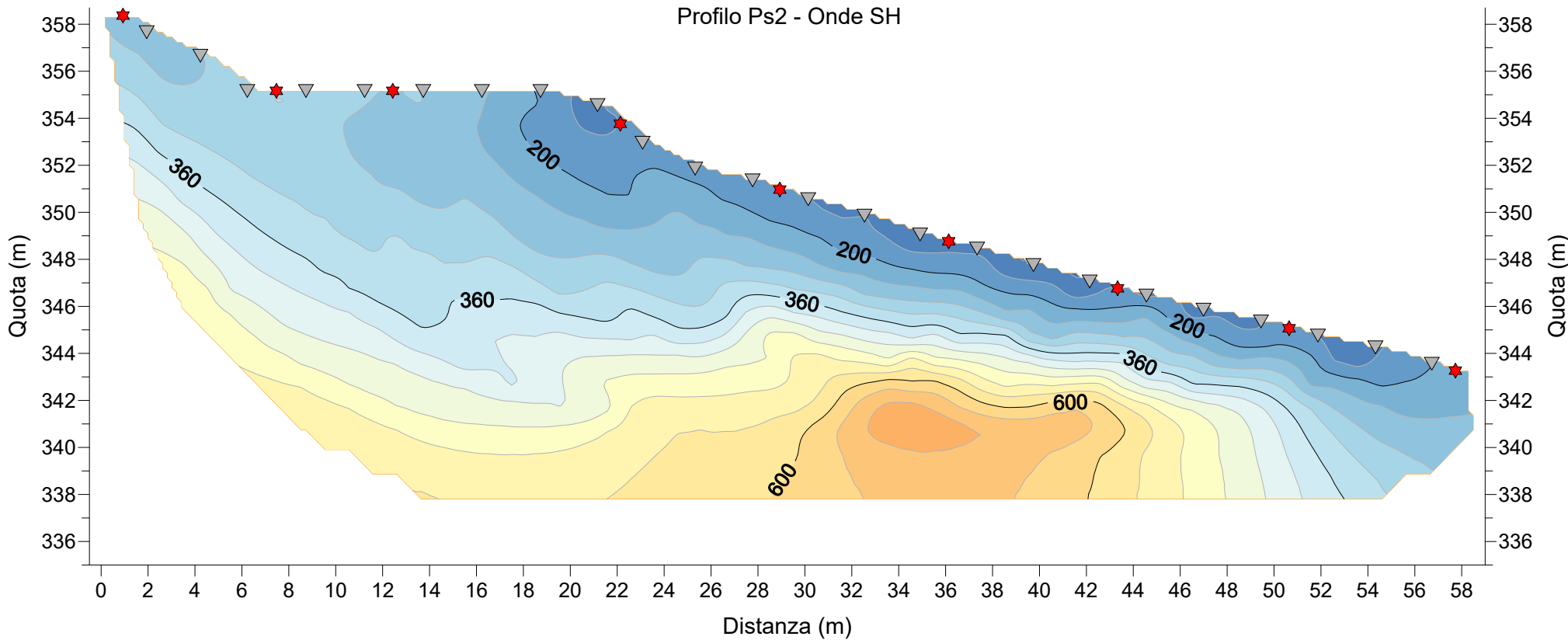
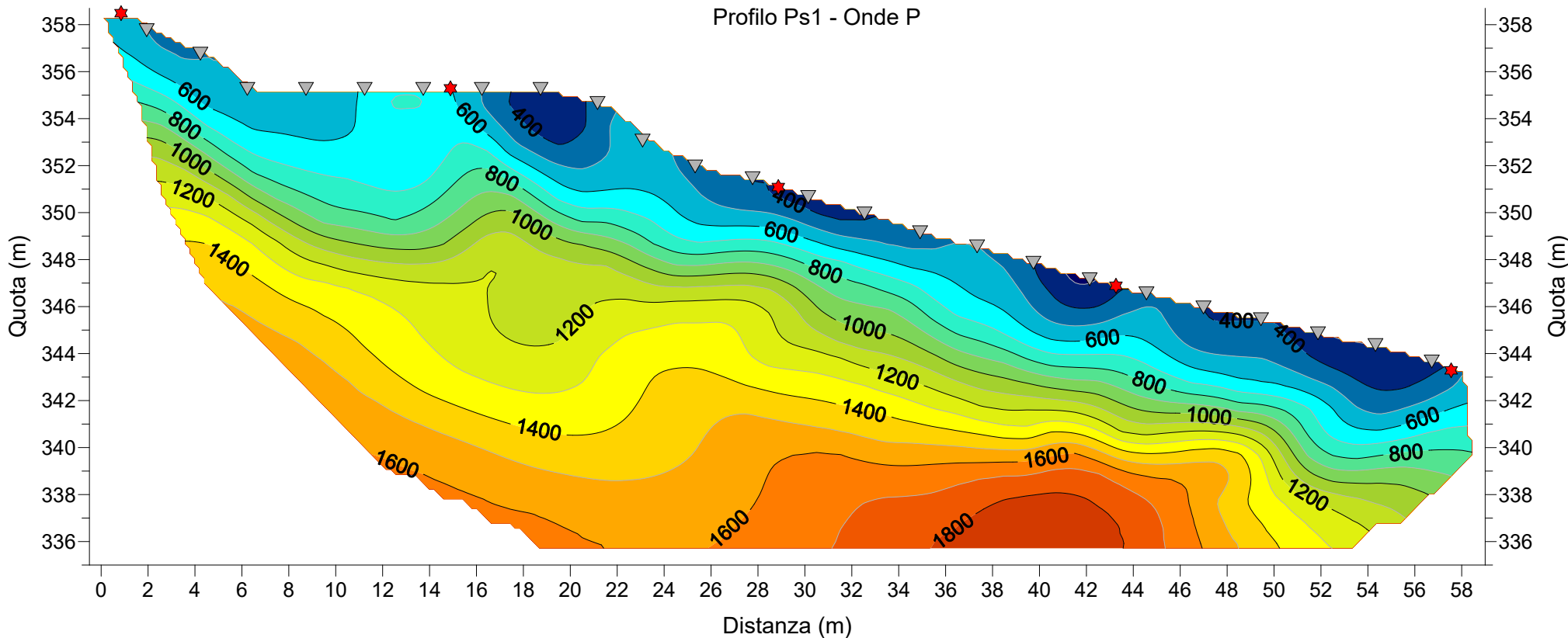
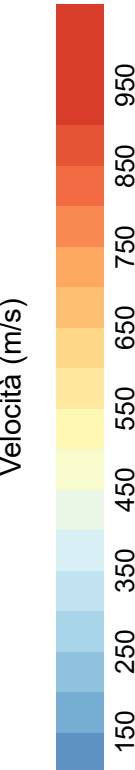
Geofono ▼

Energizzazione ★

Onde P



Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

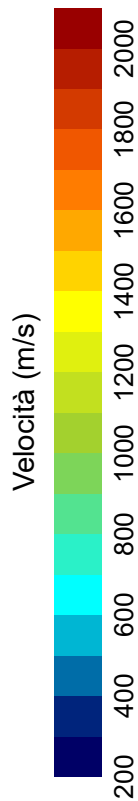
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

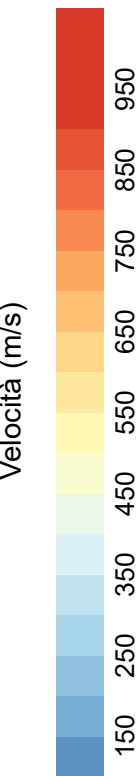
Geofono ▼

Energizzazione ★

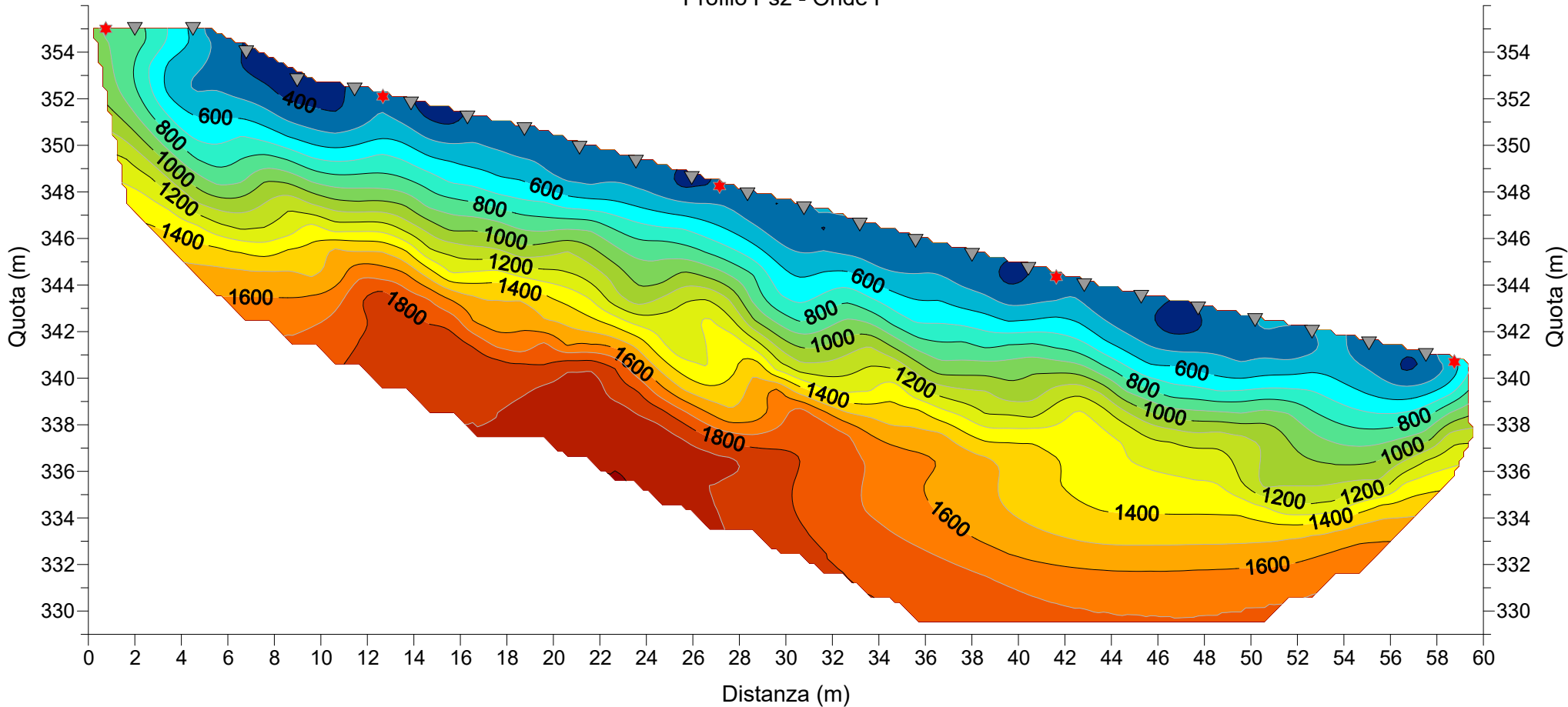
Onde P



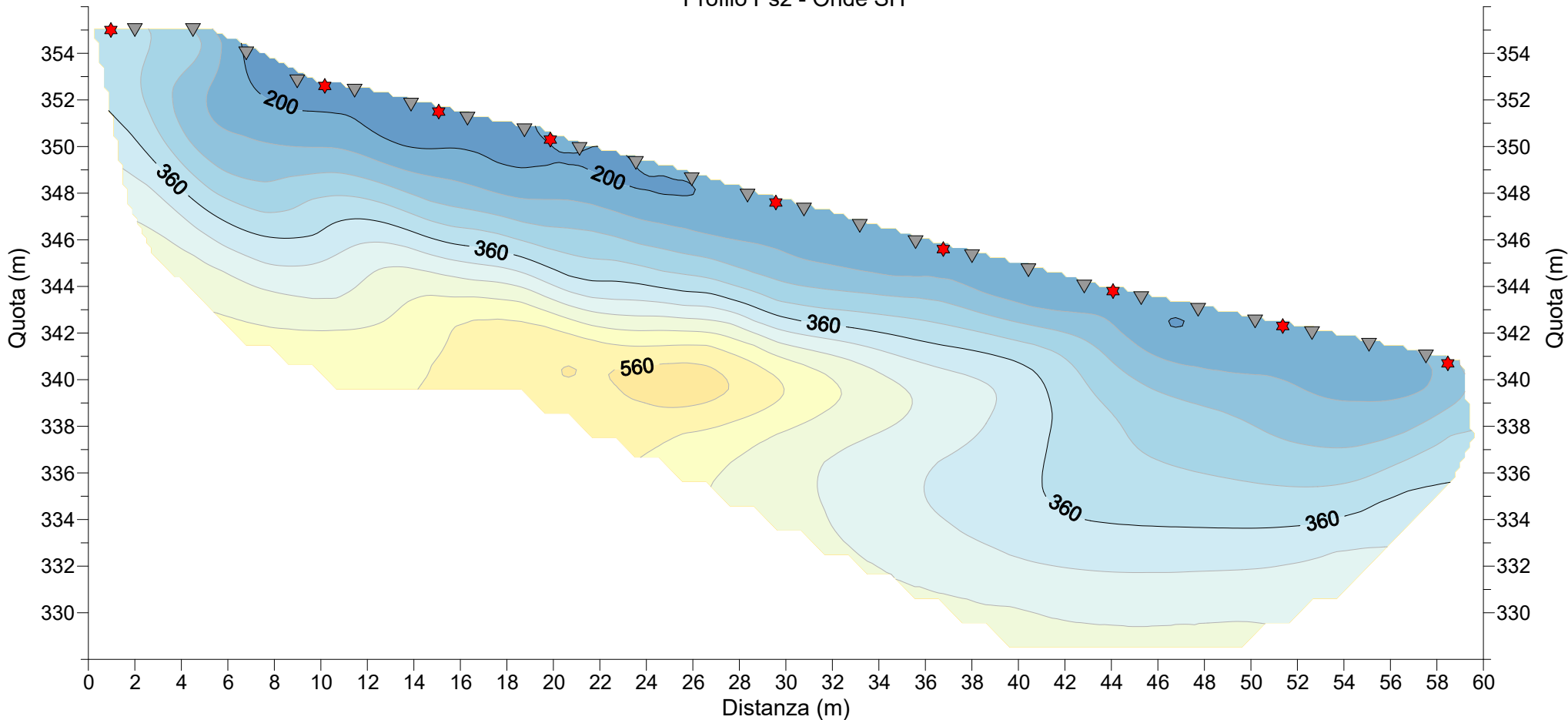
Onde SH



Profilo Ps2 - Onde P



Profilo Ps2 - Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

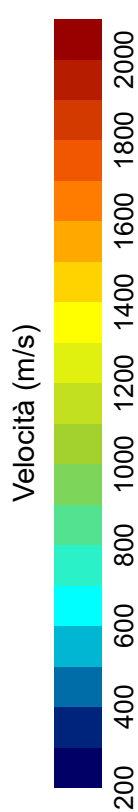
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

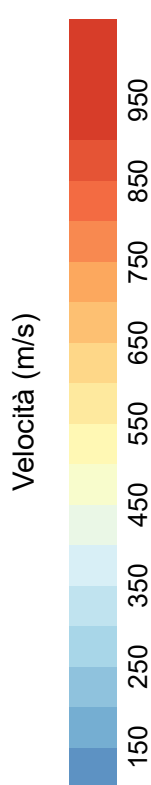
Geofono ▼

Energizzazione ★

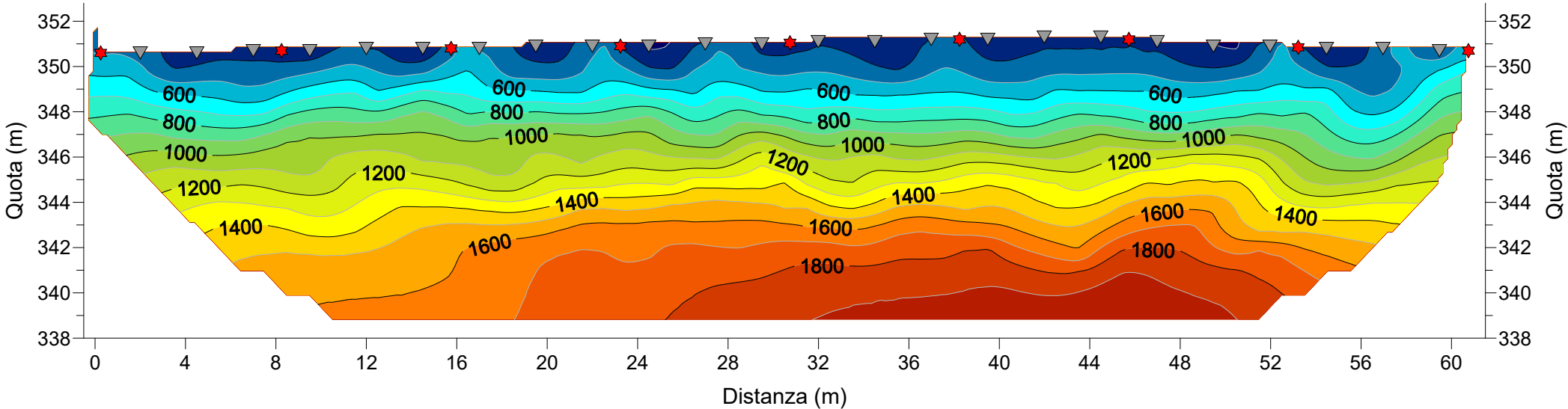
Onde P



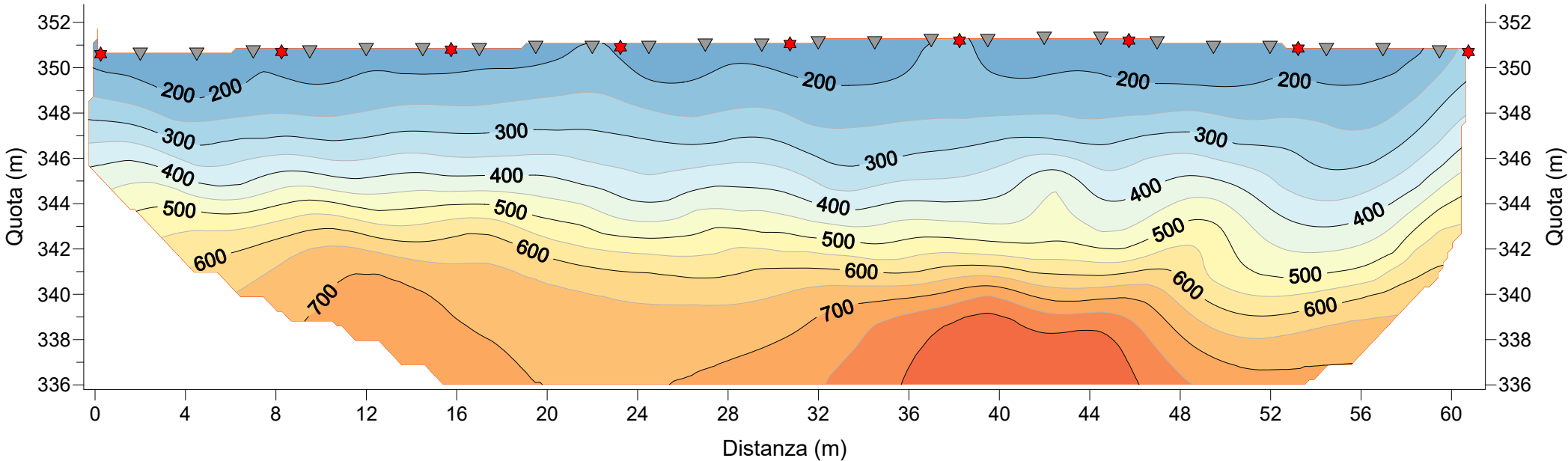
Onde SH



Profilo Ps4 - Onde P



Profilo Ps4 - Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

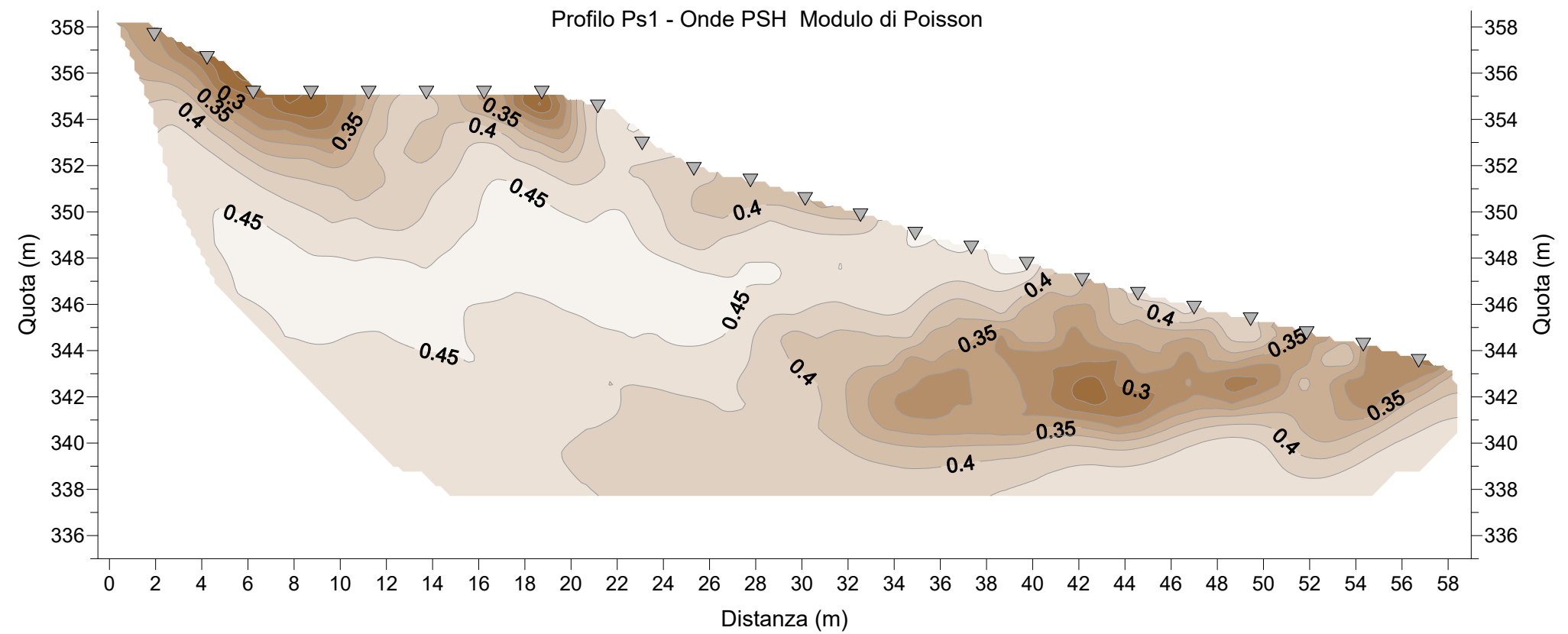
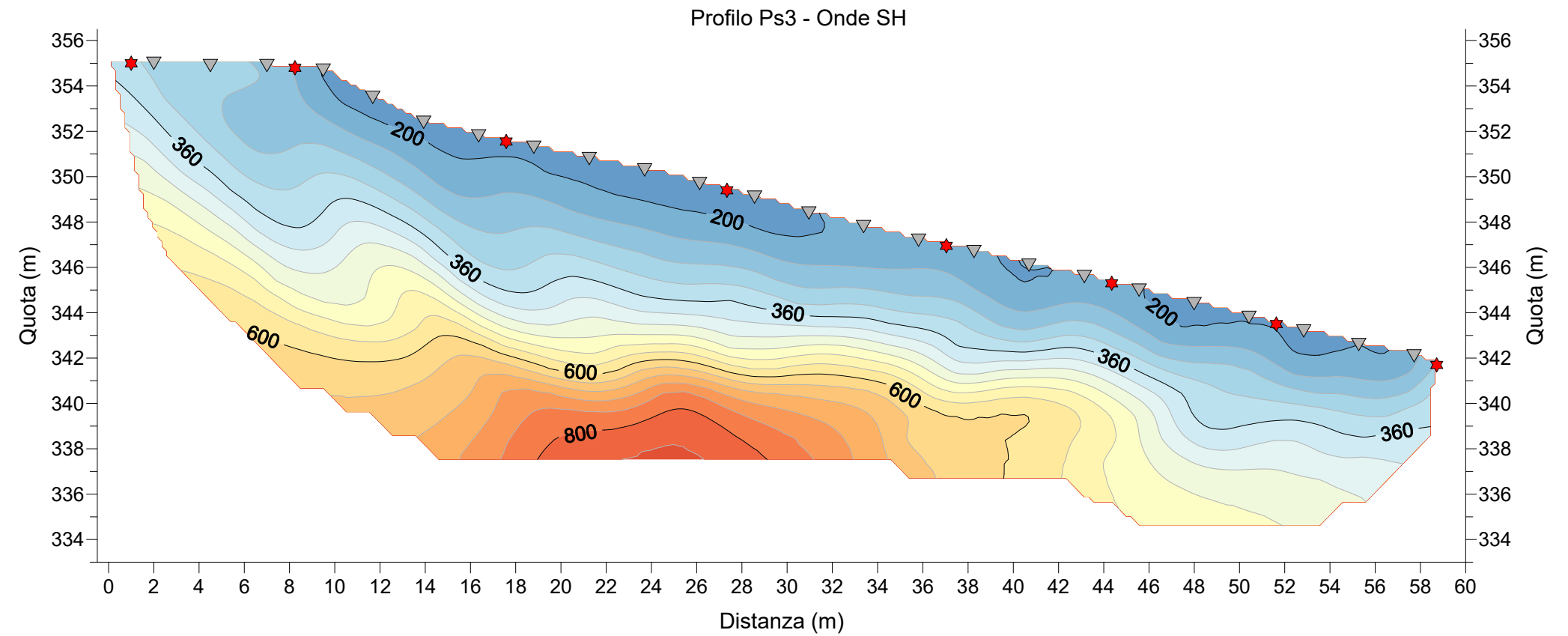
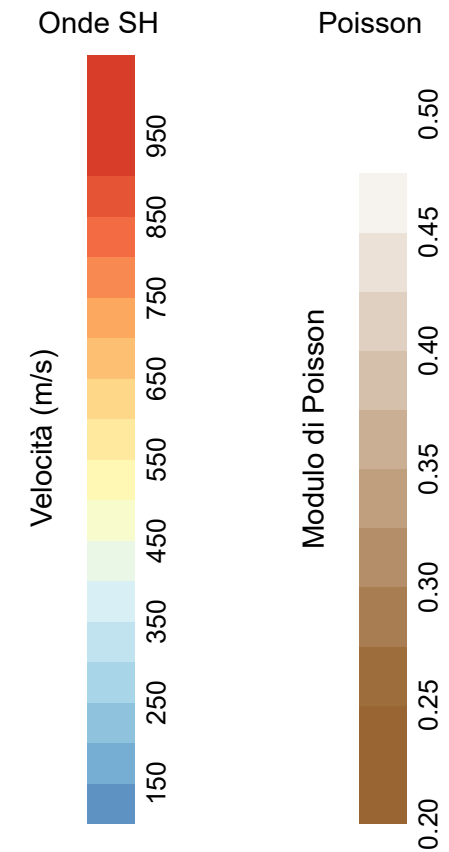
Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

Geofono ▼

Energizzazione ★



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

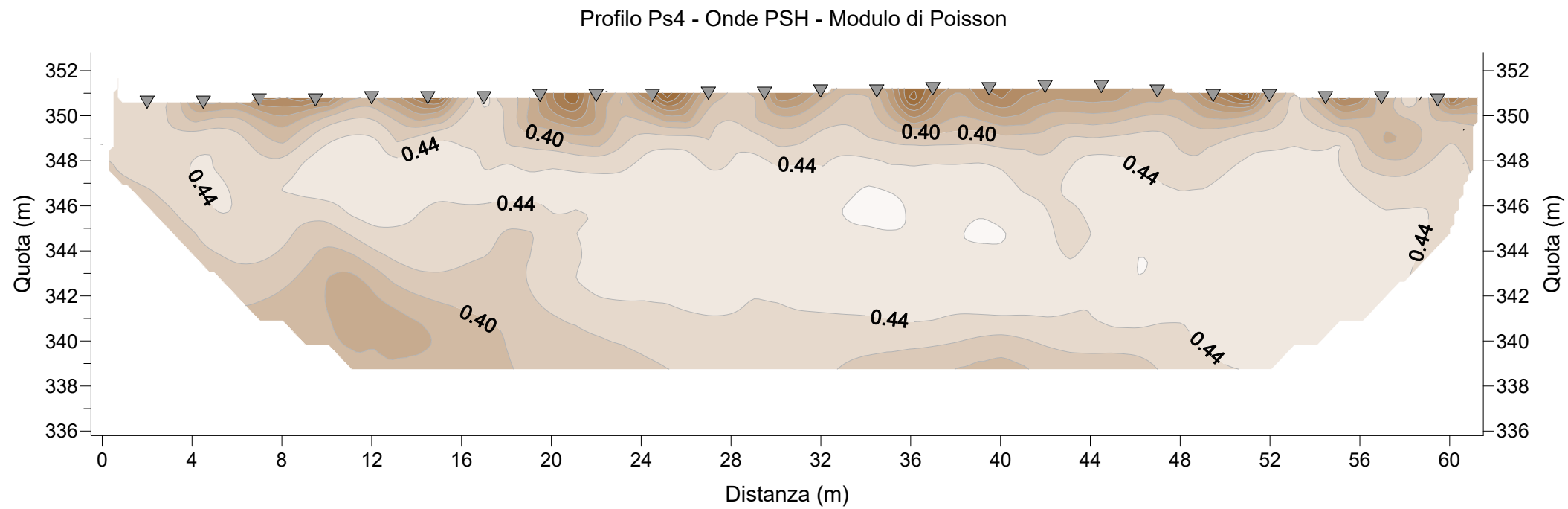
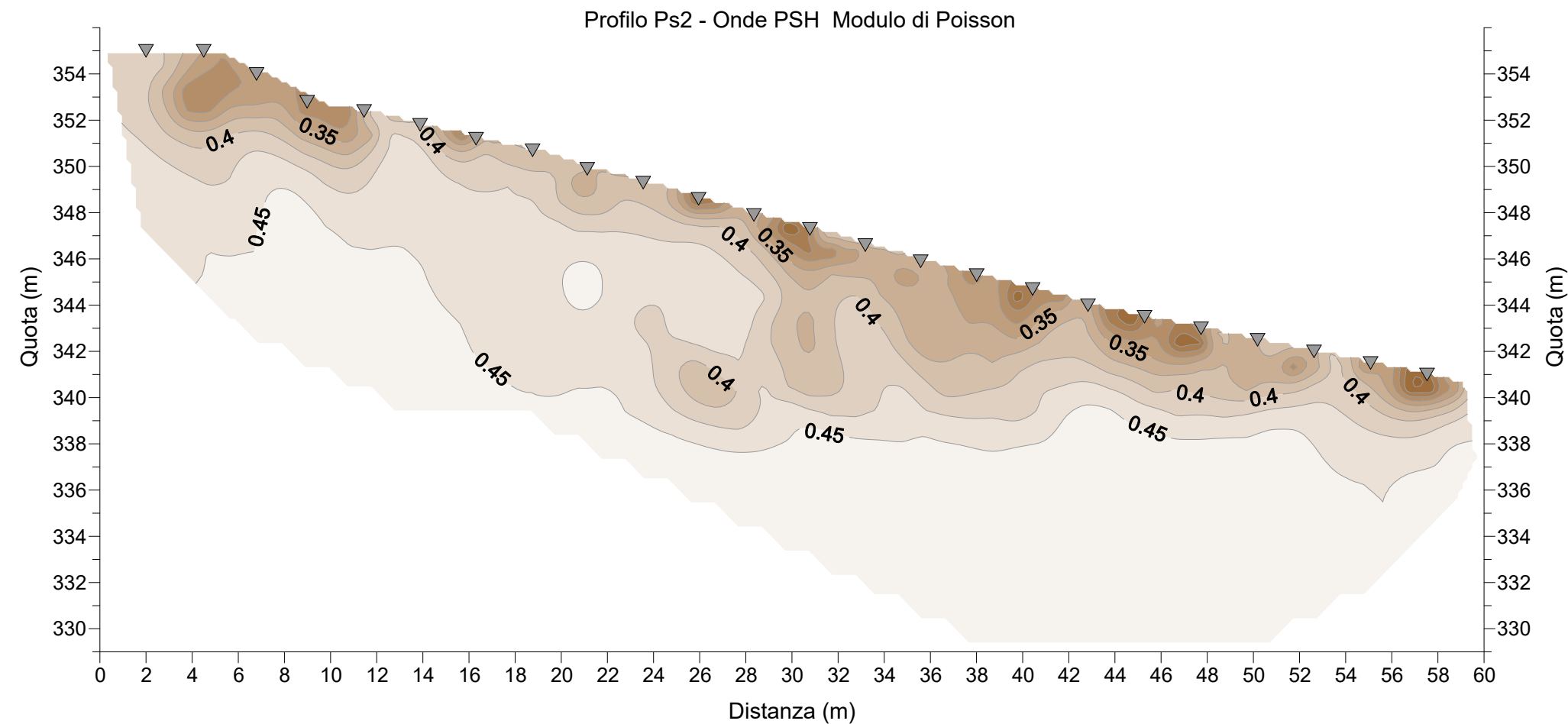
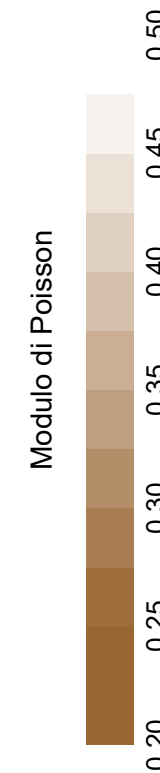
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

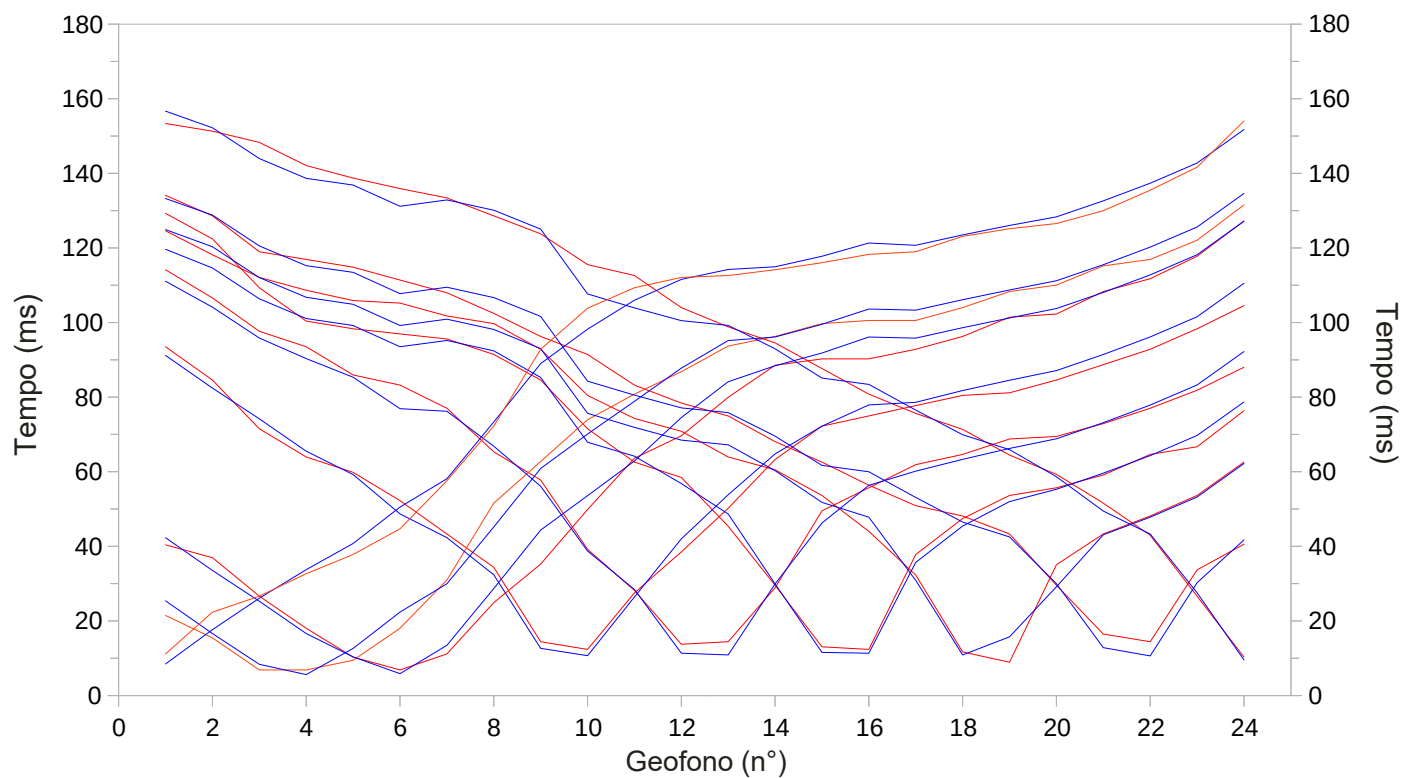
Geofono ▼

Energizzazione ★

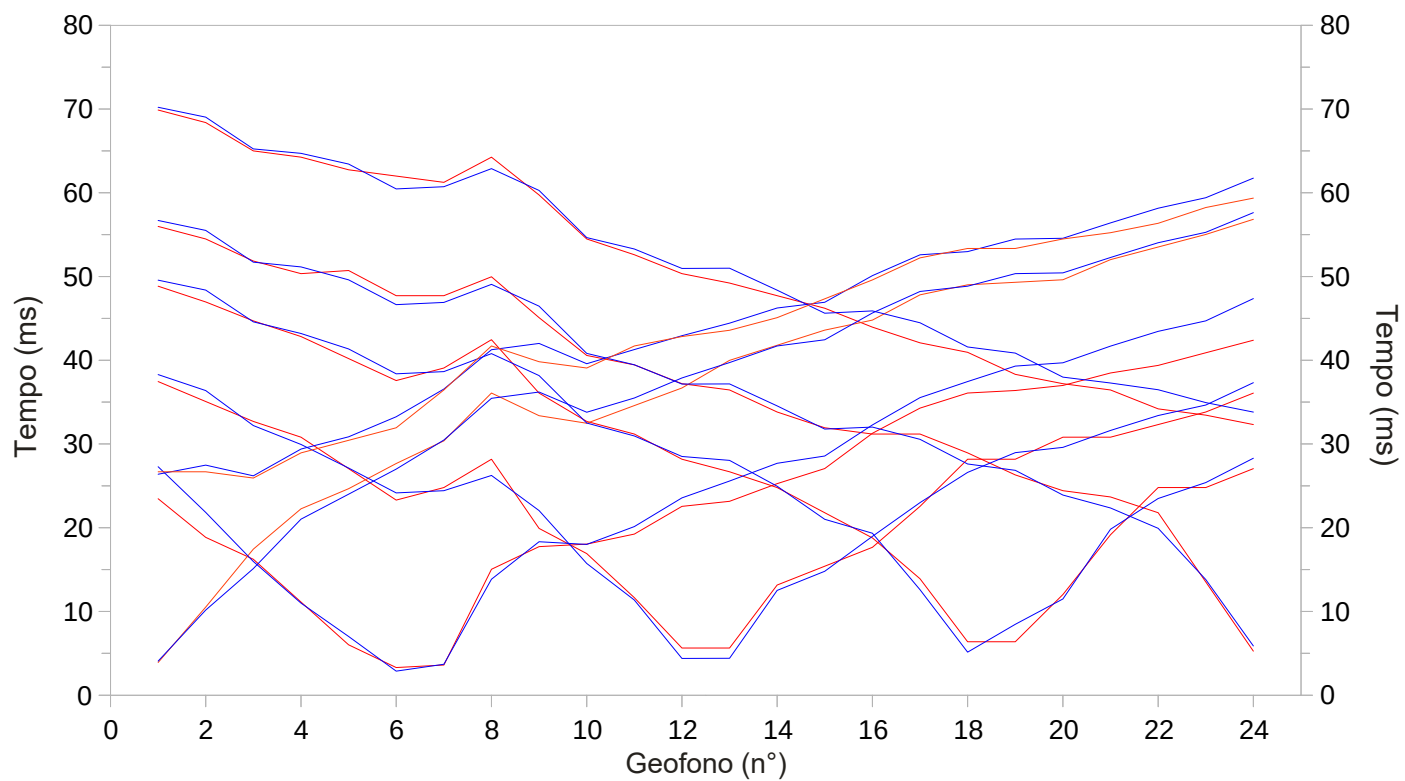
Poisson



Ps1 - Dromocrone Onde SH



Ps1 - Dromocrone Onde P



Tempi misurati
Tempi ricalcolati

Ps1 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	11.2	21.5	40.4	93.5	114.2	129.3	124.6	134.1	153.4
2	22.4	15.5	37.0	84.6	106.6	122.4	118.2	128.6	151.3
3	26.7	6.9	26.7	71.5	97.7	109.3	112.1	119.0	148.3
4	32.7	6.9	18.1	64.0	93.5	100.4	108.7	116.9	142.1
5	37.8	9.5	10.3	59.8	86.0	98.3	105.9	114.8	138.7
6	44.7	18.1	6.9	52.3	83.2	97.0	105.2	111.4	135.9
7	57.6	31.0	11.2	43.3	77.0	95.6	101.8	108.0	133.4
8	72.2	51.6	24.9	34.4	65.3	91.5	99.7	102.5	128.6
9	92.8	62.8	35.2	14.4	57.8	84.6	92.8	96.3	123.8
10	103.8	73.9	49.9	12.4	39.2	71.5	80.5	91.5	115.5
11	109.3	80.8	63.6	27.5	28.2	62.6	74.3	83.2	112.6
12	112.1	86.8	69.6	38.5	13.8	58.5	70.8	78.4	104.0
13	112.6	93.7	79.9	50.2	14.4	45.4	64.0	75.0	98.9
14	114.2	96.3	88.5	63.3	28.9	29.6	60.5	68.1	94.6
15	116.1	99.7	90.3	72.2	49.5	13.1	53.6	62.6	87.7
16	118.3	100.6	90.3	75.0	55.7	12.4	44.0	56.4	80.8
17	119.0	100.6	92.8	77.7	61.9	37.8	32.3	50.9	75.6
18	123.1	104.0	96.3	80.5	64.6	47.5	11.7	48.1	71.4
19	125.2	108.3	101.4	81.2	68.8	53.6	8.9	43.3	64.5
20	126.5	110.0	102.3	84.6	69.5	55.7	35.1	29.6	59.3
21	130.0	115.2	108.3	88.7	72.9	59.1	43.3	16.5	51.6
22	135.5	116.9	111.8	92.8	77.0	64.6	48.1	14.4	43.0
23	141.7	122.1	117.8	98.3	81.8	66.7	53.6	33.7	26.7
24	154.0	131.5	127.2	104.5	88.0	76.3	62.6	40.6	10.3

Ps1 - Onde SH - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	8.47	25.39	42.30	91.19	111.07	119.64	124.92	133.25	156.66
2	17.66	16.63	33.54	82.43	104.12	114.63	120.31	128.80	152.21
3	26.09	8.38	25.29	74.18	95.87	106.38	112.06	120.55	143.96
4	33.75	5.62	16.62	65.51	90.34	101.07	106.76	115.24	138.65
5	40.76	12.64	10.36	59.25	85.34	99.21	104.89	113.45	136.86
6	50.51	22.38	5.87	48.70	76.91	93.52	99.20	107.76	131.16
7	58.10	29.98	13.46	42.32	76.21	95.20	100.91	109.47	132.88
8	73.32	45.19	28.68	32.36	66.84	92.43	98.14	106.69	130.10
9	88.99	60.86	44.35	12.66	56.11	85.28	93.02	101.65	125.05
10	98.22	70.09	53.58	10.69	38.73	67.91	75.65	84.27	107.68
11	105.98	78.87	62.86	26.43	28.43	64.16	71.90	80.53	103.94
12	111.57	87.80	74.52	42.00	11.35	56.82	68.47	77.10	100.51
13	114.24	95.18	84.12	53.82	10.90	48.69	67.21	75.83	99.24
14	114.96	96.13	88.42	64.77	29.91	29.96	60.29	69.56	92.97
15	117.76	99.53	91.83	72.22	46.24	11.57	51.78	61.70	85.11
16	121.32	103.63	96.12	77.90	56.36	11.35	47.81	59.99	83.40
17	120.71	103.33	95.83	78.59	60.15	35.70	30.88	53.11	76.52
18	123.50	106.12	98.61	81.75	63.31	45.43	10.89	46.50	69.91
19	126.02	108.74	101.23	84.52	66.24	51.99	15.74	42.52	65.92
20	128.33	111.20	103.76	87.13	68.84	55.30	29.16	29.99	58.66
21	132.63	115.50	108.07	91.43	73.14	59.60	43.10	12.84	49.46
22	137.35	120.22	112.78	96.14	77.86	64.32	47.82	10.64	43.30
23	142.75	125.62	118.18	101.55	83.26	69.72	53.22	30.25	27.54
24	151.73	134.60	127.16	110.53	92.24	78.70	62.20	41.73	9.55

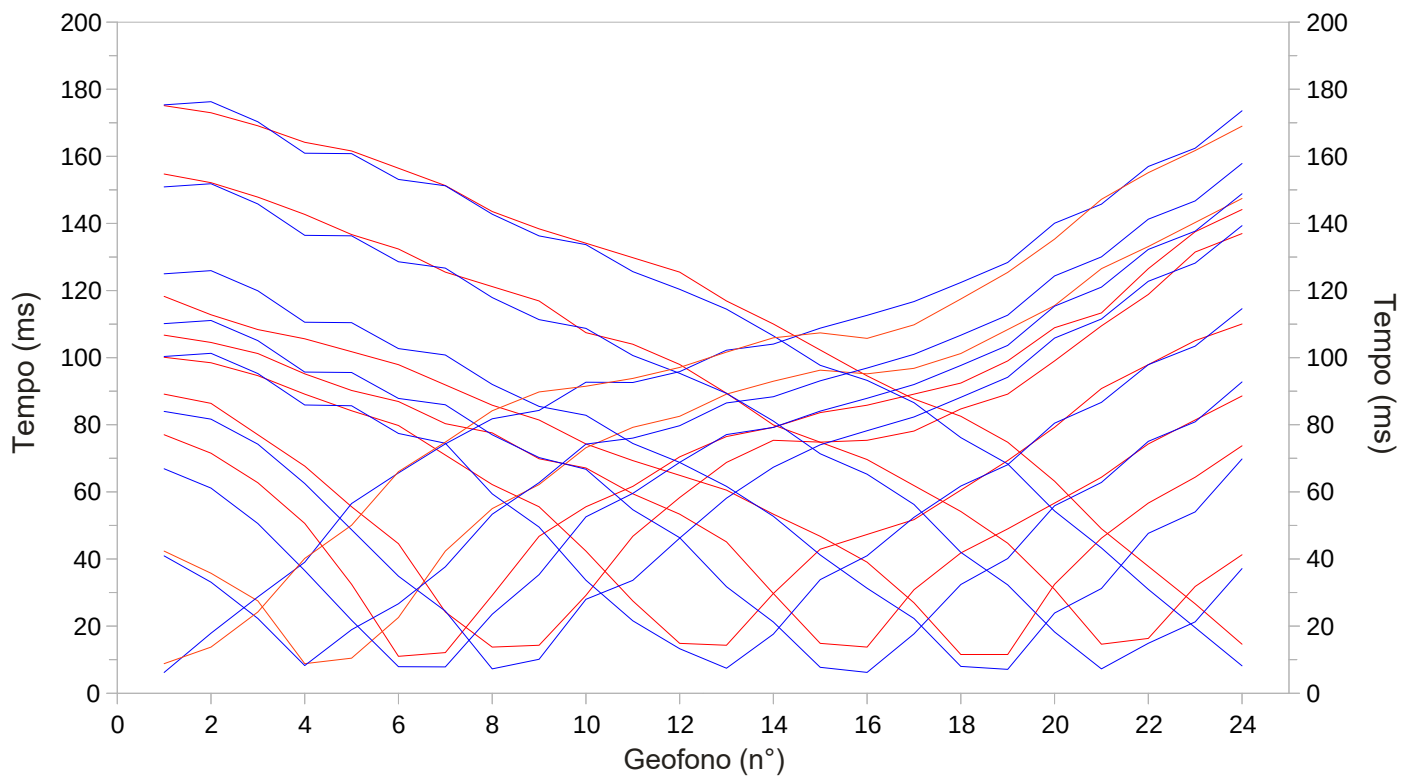
Ps1 - Onde P - Tempi misurati

Geofond N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	26.7	3.9	23.5	37.4	48.8	56.0	69.9
2	26.7	10.5	18.8	35.1	47.0	54.5	68.4
3	25.9	17.4	16.2	32.7	44.7	51.8	65.0
4	28.9	22.3	11.1	30.8	42.8	50.3	64.2
5	30.4	24.7	6.0	27.1	40.2	50.7	62.7
6	31.9	27.7	3.3	23.3	37.6	47.7	62.0
7	36.4	30.4	3.6	24.8	39.1	47.7	61.2
8	41.7	36.1	15.0	28.2	42.5	50.0	64.2
9	39.8	33.4	17.7	19.9	36.1	45.1	59.7
10	39.1	32.5	18.0	16.9	32.7	40.6	54.5
11	41.7	34.6	19.2	11.6	31.2	39.5	52.6
12	42.8	36.7	22.6	5.6	28.2	37.2	50.3
13	43.6	40.0	23.2	5.6	26.7	36.4	49.2
14	45.1	41.8	25.3	13.2	24.8	33.8	47.7
15	47.3	43.6	27.1	15.4	21.8	31.9	46.2
16	49.6	44.8	31.3	17.7	18.8	31.2	44.0
17	52.2	47.8	34.3	22.5	13.9	31.2	42.1
18	53.4	49.0	36.1	28.2	6.4	28.9	41.0
19	53.4	49.3	36.4	28.2	6.4	26.3	38.3
20	54.5	49.6	37.0	30.8	12.0	24.4	37.2
21	55.2	52.0	38.5	30.8	19.2	23.7	36.4
22	56.4	53.5	39.4	32.3	24.8	21.8	34.2
23	58.2	55.0	40.9	33.8	24.8	13.5	33.4
24	59.4	56.8	42.4	36.1	27.1	5.3	32.3

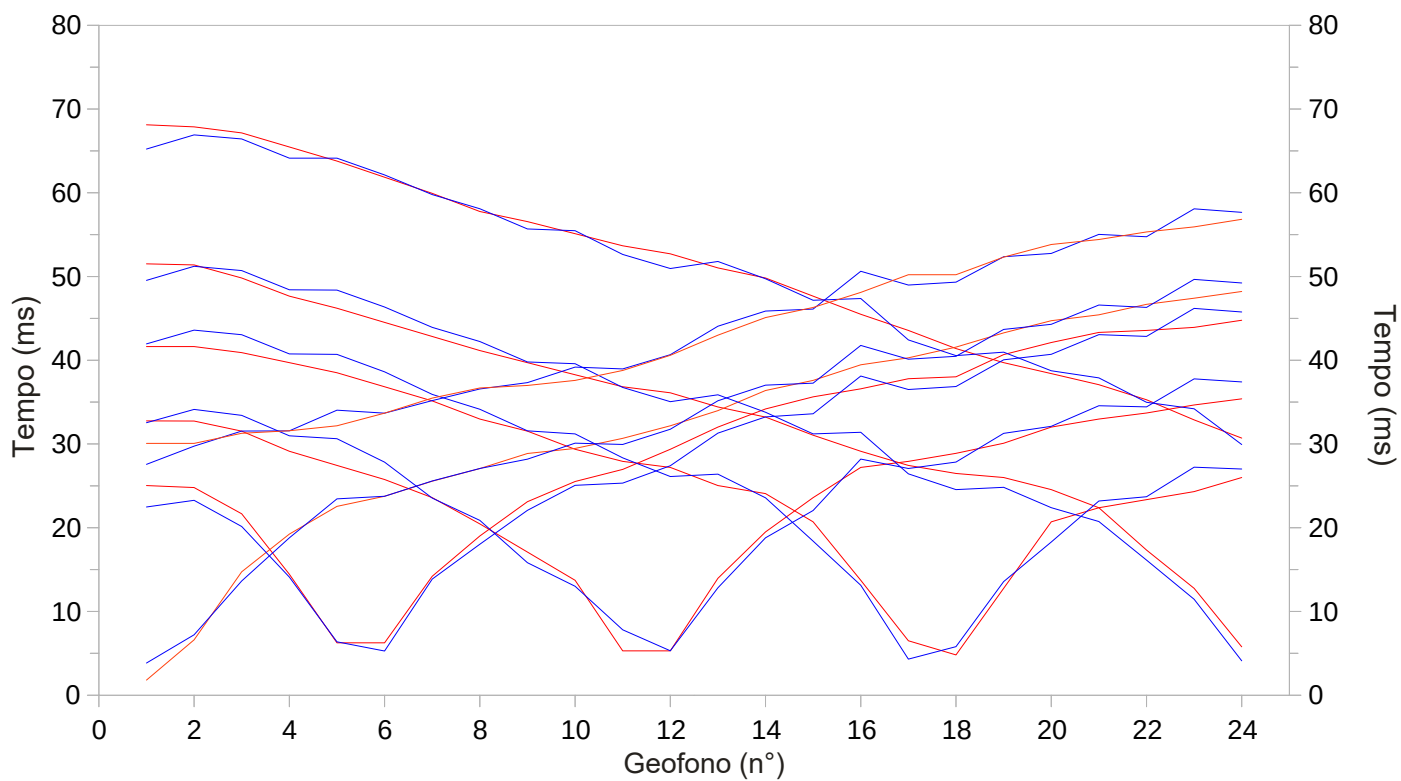
Ps1 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofond N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	26.39	4.07	27.28	38.29	49.57	56.70	70.21
2	27.48	10.16	21.83	36.37	48.38	55.51	69.03
3	26.19	15.12	15.97	32.19	44.58	51.72	65.24
4	29.39	21.02	11.00	29.94	43.19	51.14	64.71
5	30.86	24.00	7.01	27.12	41.35	49.61	63.43
6	33.24	26.99	2.87	24.15	38.39	46.64	60.46
7	36.56	30.47	3.69	24.42	38.65	46.90	60.72
8	41.26	35.45	13.84	26.24	40.80	49.06	62.88
9	42.01	36.20	18.33	22.04	38.17	46.46	60.28
10	39.59	33.79	18.00	15.73	32.50	40.83	54.64
11	41.27	35.49	20.14	11.36	30.96	39.46	53.28
12	42.94	37.88	23.56	4.39	28.50	37.15	50.97
13	44.43	39.72	25.57	4.41	28.04	37.17	50.99
14	46.24	41.71	27.70	12.52	24.95	34.54	48.37
15	46.93	42.45	28.56	14.80	21.00	31.77	45.62
16	50.11	45.65	32.27	18.97	19.34	32.01	45.89
17	52.59	48.22	35.53	22.99	12.60	30.55	44.48
18	52.97	48.85	37.45	26.60	5.14	27.61	41.59
19	54.47	50.34	39.30	28.96	8.46	26.85	40.86
20	54.57	50.44	39.70	29.59	11.49	23.90	37.99
21	56.40	52.27	41.69	31.61	19.82	22.36	37.28
22	58.16	54.03	43.45	33.40	23.49	19.92	36.48
23	59.41	55.28	44.70	34.65	25.39	13.82	34.94
24	61.75	57.62	47.37	37.31	28.30	5.88	33.80

Ps2 - Dromocrone Onde SH



Ps2 - Dromocrone Onde P



Tempi misurati
Tempi ricalcolati



Ps2 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	8.8	42.4	77.0	89.1	100.1	106.7	118.3	154.7	175.1
2	13.8	35.8	71.5	86.4	98.5	104.5	112.8	152.2	173.0
3	24.2	27.5	62.7	77.0	94.6	101.2	108.4	147.9	169.1
4	40.2	8.8	50.6	67.7	89.1	95.2	105.6	142.7	164.2
5	50.1	10.5	32.5	55.6	84.2	90.2	101.8	136.7	161.6
6	66.0	22.6	11.0	44.6	79.8	86.9	97.9	132.4	156.5
7	74.8	42.4	12.1	24.2	71.0	80.3	91.9	125.5	151.3
8	84.2	55.0	29.2	13.8	62.2	77.6	85.8	121.2	143.6
9	89.8	62.2	46.8	14.3	55.6	69.9	81.4	116.9	138.4
10	91.5	73.2	55.6	29.2	42.4	67.1	74.3	107.5	134.1
11	93.8	79.2	61.6	46.8	27.5	59.4	69.3	104.0	129.8
12	97.1	82.5	70.4	58.3	14.9	53.4	64.9	98.0	125.5
13	101.7	89.1	76.5	68.8	14.3	45.1	60.5	89.4	116.9
14	105.9	93.0	79.2	75.4	29.7	29.7	53.4	79.9	110.0
15	107.4	96.3	83.6	74.8	42.9	14.9	46.8	74.8	102.3
16	105.8	95.2	85.8	75.4	47.3	13.8	39.1	69.6	94.6
17	109.8	96.8	89.1	78.1	51.7	30.8	27.0	61.9	87.7
18	117.5	101.2	92.4	84.7	60.5	41.8	11.6	54.2	82.5
19	125.4	108.4	99.0	89.1	69.3	49.0	11.6	44.7	74.8
20	135.3	115.5	108.9	99.0	79.2	56.7	32.5	31.0	63.2
21	147.2	126.5	113.3	109.5	90.8	64.4	46.2	14.6	49.0
22	155.1	133.1	126.5	118.8	97.9	74.3	56.7	16.3	37.8
23	161.7	140.3	137.5	131.5	105.1	81.4	64.4	31.8	26.7
24	169.0	147.4	144.1	137.0	110.0	88.6	73.7	41.3	14.6

Ps2 - Onde SH - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.18	40.93	66.88	83.97	100.36	110.15	125.00	150.88	175.34
2	17.88	33.09	61.13	81.67	101.30	111.09	125.94	151.82	176.28
3	28.71	22.26	50.57	74.21	95.25	105.07	119.92	145.81	170.29
4	39.04	8.25	36.55	62.49	85.90	95.72	110.57	136.45	160.94
5	56.53	18.93	21.74	48.71	85.66	95.59	110.44	136.32	160.80
6	65.64	26.66	7.91	34.88	77.39	87.84	102.71	128.59	153.11
7	74.30	37.67	7.84	24.48	74.49	85.94	100.81	126.69	151.21
8	81.77	53.34	23.54	7.27	59.40	77.00	92.03	117.91	142.76
9	84.28	62.73	35.33	10.11	49.51	70.23	85.46	111.34	136.29
10	92.67	74.24	52.56	27.99	33.66	66.74	82.83	108.75	133.69
11	92.58	76.01	59.55	33.64	21.59	54.67	74.42	100.66	125.63
12	95.85	79.71	68.79	46.21	13.26	46.34	68.76	95.33	120.37
13	102.23	86.49	77.06	58.12	7.45	31.73	61.65	89.36	114.46
14	104.05	88.34	79.20	67.34	17.61	21.22	52.72	81.10	106.52
15	108.80	93.09	84.06	74.01	33.84	7.72	41.18	71.36	97.73
16	112.62	96.91	87.89	78.22	40.96	6.22	31.29	65.27	93.21
17	116.72	101.01	91.99	82.32	52.42	17.67	22.27	56.26	86.58
18	122.41	106.70	97.69	88.18	61.73	32.40	7.98	41.96	76.16
19	128.37	112.66	103.65	94.14	68.08	40.13	7.10	32.29	68.32
20	140.06	124.35	115.34	105.84	80.46	55.86	23.89	18.27	54.30
21	145.75	130.04	121.03	111.52	86.67	62.80	31.20	7.27	43.30
22	156.99	141.28	132.27	122.76	97.91	75.05	47.64	14.88	30.95
23	162.41	146.70	137.70	128.19	103.44	80.86	54.03	21.27	19.55
24	173.57	157.86	148.85	139.34	114.60	92.76	69.80	37.15	8.16

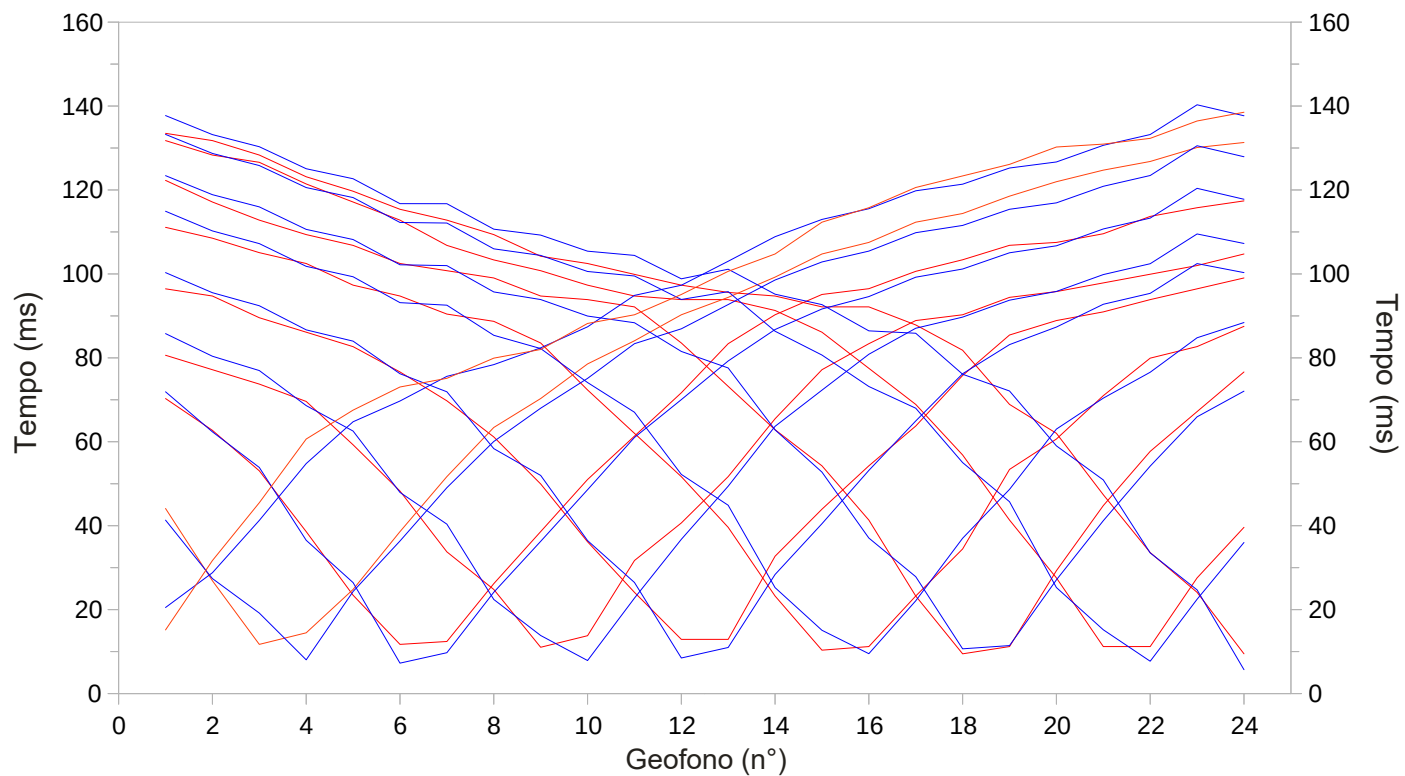
Ps2 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	30.1	1.8	25.0	32.8	41.6	51.5	68.1
2	30.1	6.6	24.8	32.7	41.6	51.4	67.9
3	31.3	14.7	21.7	31.5	40.9	49.8	67.2
4	31.6	19.2	14.4	29.1	39.7	47.7	65.5
5	32.2	22.6	6.3	27.4	38.5	46.2	63.8
6	33.7	23.8	6.3	25.8	36.8	44.5	61.9
7	35.5	25.6	14.2	23.6	35.1	42.8	59.9
8	36.7	27.1	19.0	20.5	33.0	41.2	57.8
9	37.0	28.9	23.1	17.1	31.5	39.7	56.6
10	37.6	29.5	25.5	13.7	29.4	38.3	55.1
11	38.8	30.7	27.0	5.3	27.9	36.8	53.7
12	40.6	32.2	29.4	5.3	27.2	36.1	52.7
13	43.0	34.0	32.0	14.0	25.0	34.4	51.0
14	45.1	36.4	34.2	19.5	24.1	33.2	49.8
15	46.3	37.6	35.6	23.6	20.7	31.0	47.7
16	48.1	39.5	36.6	27.2	13.7	29.1	45.5
17	50.2	40.3	37.8	27.9	6.5	27.4	43.6
18	50.2	41.6	38.0	28.9	4.8	26.5	41.4
19	52.3	43.3	40.7	30.1	12.8	26.0	39.7
20	53.8	44.7	42.1	32.0	20.7	24.6	38.4
21	54.4	45.4	43.3	33.0	22.4	22.4	37.1
22	55.3	46.7	43.6	33.7	23.3	17.3	35.3
23	55.9	47.4	43.9	34.7	24.3	12.8	32.9
24	56.8	48.2	44.8	35.4	26.0	5.8	30.7

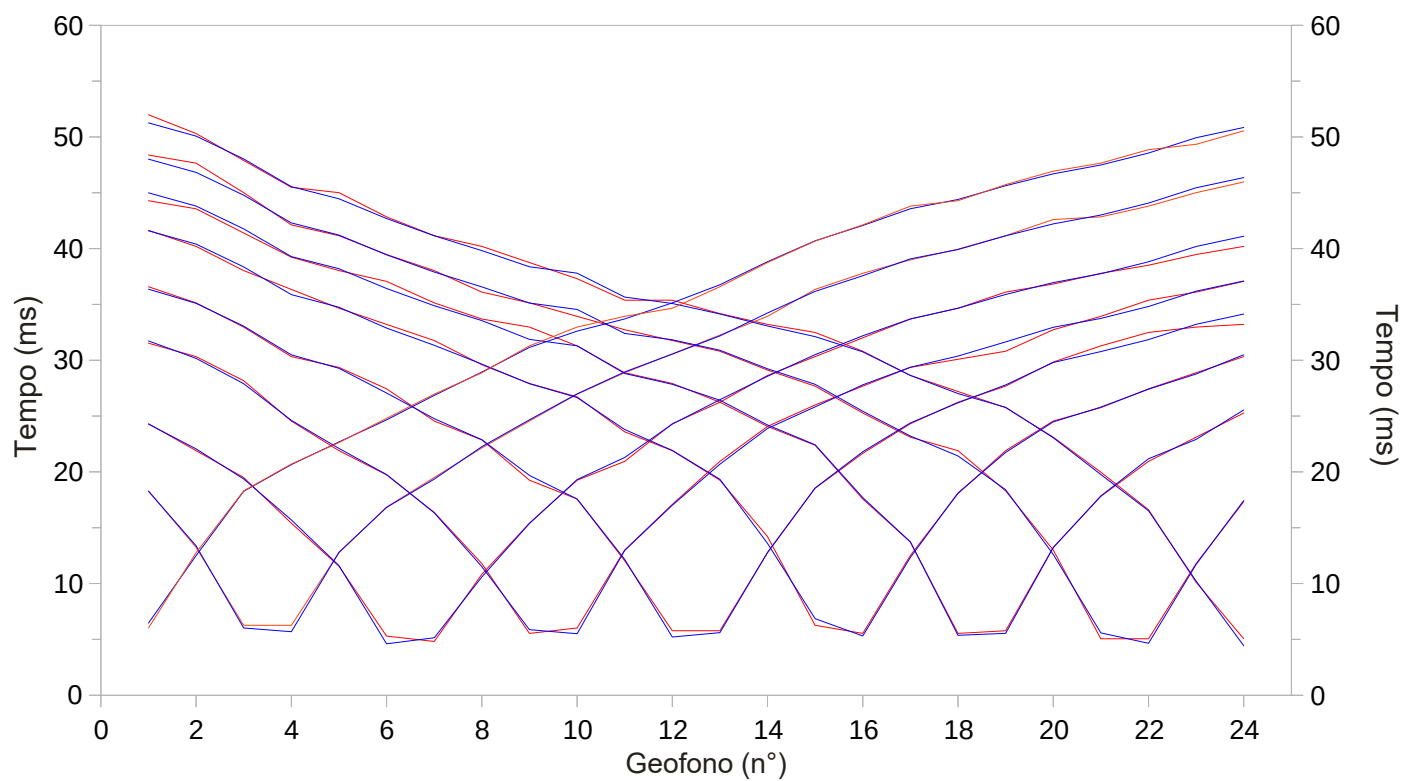
Ps2 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	27.56	3.84	22.48	32.54	41.95	49.54	65.22
2	29.74	7.21	23.27	34.13	43.60	51.22	66.91
3	31.54	13.64	20.15	33.41	43.06	50.71	66.42
4	31.57	18.79	14.11	30.97	40.75	48.42	64.13
5	34.04	23.45	6.38	30.62	40.70	48.38	64.13
6	33.68	23.76	5.28	27.83	38.62	46.36	62.13
7	35.18	25.58	13.87	23.53	35.92	43.93	59.79
8	36.56	27.07	18.03	20.87	34.15	42.24	58.09
9	37.33	28.18	22.07	15.82	31.56	39.80	55.68
10	39.18	30.09	25.06	13.00	31.20	39.59	55.47
11	38.97	29.94	25.33	7.80	28.34	36.74	52.63
12	40.66	31.75	27.40	5.30	26.11	35.05	50.96
13	44.07	35.16	31.29	12.82	26.39	35.87	51.80
14	45.88	37.02	33.23	18.79	23.57	33.79	49.73
15	46.11	37.26	33.60	22.05	18.40	31.20	47.16
16	50.63	41.78	38.12	28.19	13.13	31.39	47.37
17	48.98	40.13	36.50	27.07	4.31	26.43	42.43
18	49.33	40.48	36.85	27.84	5.80	24.55	40.56
19	52.37	43.68	40.06	31.26	13.57	24.82	40.97
20	52.76	44.29	40.71	32.10	18.29	22.40	38.75
21	55.03	46.60	43.06	34.56	23.19	20.74	37.89
22	54.75	46.32	42.85	34.42	23.70	16.13	34.97
23	58.09	49.66	46.19	37.77	27.23	11.45	34.20
24	57.66	49.23	45.76	37.41	27.01	4.11	29.93

Ps4 - Dromocrone Onde SH



Ps4 - Dromocrone Onde P



Tempi misurati
Tempi ricalcolati

Ps4 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	15.2	44.1	70.3	80.6	96.5	111.1	122.3	131.8	133.5
2	31.7	26.9	62.7	77.2	94.7	108.5	117.1	128.3	131.8
3	45.5	11.7	53.1	73.7	89.6	105.1	112.8	126.6	128.3
4	60.6	14.5	38.6	69.6	86.1	102.5	109.4	121.4	123.2
5	67.5	24.8	23.4	59.3	82.7	97.3	106.8	117.1	119.7
6	73.0	38.6	11.7	48.2	76.6	94.7	102.5	112.8	115.4
7	75.1	51.7	12.4	33.8	69.8	90.4	100.8	106.8	112.8
8	79.9	63.4	26.2	24.8	61.1	88.7	99.0	103.3	109.4
9	82.0	70.3	38.6	11.0	50.0	83.5	94.7	100.8	104.2
10	88.2	78.6	51.0	13.8	36.2	72.3	93.9	97.3	102.5
11	90.3	84.1	61.3	31.7	24.1	62.0	92.1	94.7	99.9
12	95.1	90.3	71.7	40.7	12.9	51.7	83.5	93.9	97.3
13	100.6	94.4	83.4	51.7	12.9	39.6	73.2	93.9	95.6
14	104.7	99.2	90.3	65.5	32.7	23.3	62.9	91.3	94.7
15	112.3	104.7	95.1	77.2	43.9	10.3	54.3	86.1	92.1
16	115.8	107.5	96.5	83.4	54.3	11.2	41.3	77.5	92.1
17	120.6	112.3	100.6	88.9	63.7	23.3	23.3	68.9	87.8
18	123.4	114.4	103.4	90.3	75.8	34.4	9.5	56.8	81.8
19	126.1	118.5	106.8	94.4	85.4	53.4	11.2	41.3	68.9
20	130.2	122.0	107.5	95.8	88.9	60.6	29.3	27.6	62.0
21	130.9	124.7	109.6	97.9	91.0	71.0	44.8	11.2	47.4
22	132.3	126.8	113.7	99.9	93.9	79.9	57.7	11.2	33.6
23	136.4	130.1	115.8	102.0	96.5	82.7	67.2	27.6	24.1
24	138.5	131.3	117.4	104.7	99.0	87.5	76.6	39.6	9.5

Ps4 - Onde SH - Tempi ricalcolati

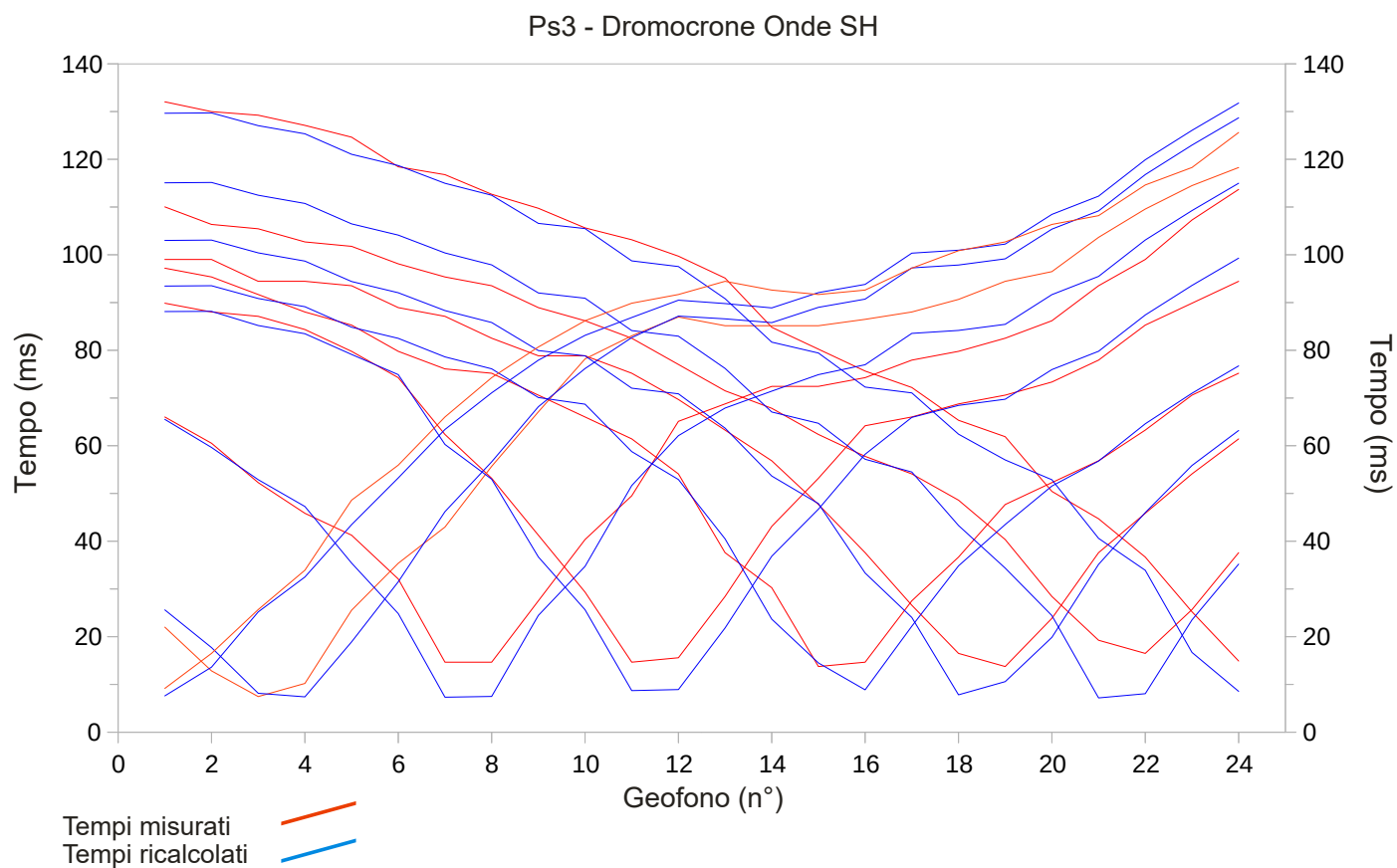
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	20.51	41.31	71.90	85.79	100.31	114.93	123.42	133.24	137.73
2	28.79	27.40	62.35	80.39	95.52	110.24	118.88	128.70	133.19
3	41.26	19.17	53.88	76.98	92.42	107.21	115.97	125.82	130.31
4	54.79	8.04	36.52	68.61	86.66	101.81	110.61	120.57	125.05
5	64.76	24.32	26.44	62.55	83.98	99.32	108.19	118.19	122.68
6	69.70	36.35	7.24	47.92	76.23	93.15	102.17	112.26	116.75
7	75.57	49.05	9.73	40.36	71.91	92.55	101.98	112.12	116.73
8	78.39	60.06	24.13	22.42	58.35	85.37	95.70	105.97	110.67
9	82.39	67.99	36.27	13.83	51.98	82.21	93.90	104.41	109.25
10	87.40	75.10	48.56	7.86	36.45	74.11	89.96	100.58	105.42
11	94.88	83.37	61.01	22.74	26.47	67.02	88.37	99.50	104.41
12	97.30	86.93	70.03	36.75	8.47	52.22	81.53	93.91	98.84
13	103.01	92.71	79.26	49.40	10.99	44.86	77.60	95.77	101.13
14	108.86	98.55	86.75	63.67	28.37	25.24	62.83	86.34	95.17
15	112.97	102.85	91.64	72.29	40.46	15.08	52.76	80.66	92.68
16	115.54	105.43	94.60	80.86	53.16	9.50	37.05	73.16	86.43
17	119.80	109.82	99.23	87.06	64.94	22.09	27.84	67.99	85.86
18	121.38	111.55	101.18	89.72	76.20	37.00	10.66	55.04	76.08
19	125.23	115.41	105.03	93.74	83.16	48.64	11.43	45.70	72.09
20	126.68	116.93	106.70	95.83	87.34	63.02	27.10	25.26	59.02
21	130.64	120.88	110.71	99.84	92.77	70.38	41.19	15.20	50.91
22	133.20	123.45	113.29	102.43	95.38	76.57	54.20	7.71	33.51
23	140.30	130.54	120.39	109.52	102.47	84.79	65.93	22.47	24.70
24	137.68	127.93	117.79	107.26	100.31	88.42	72.05	36.00	5.68

Ps4 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.0	18.3	24.3	31.5	36.6	41.6	44.3	48.4	52.0
2	12.8	13.2	21.9	30.3	35.1	40.2	43.6	47.7	50.3
3	18.3	6.3	19.5	28.2	33.0	38.0	41.4	45.0	47.9
4	20.7	6.3	15.4	24.6	30.3	36.3	39.2	42.1	45.5
5	22.6	12.8	11.6	21.9	29.4	34.7	38.0	41.2	45.0
6	24.8	16.8	5.3	19.7	27.4	33.2	37.1	39.5	42.8
7	27.0	19.5	4.8	16.4	24.6	31.8	35.1	38.0	41.2
8	28.9	22.1	10.8	11.8	22.9	29.6	33.7	36.1	40.2
9	31.3	24.6	15.4	5.5	19.3	27.9	33.0	35.1	38.8
10	33.0	27.0	19.3	6.0	17.6	26.7	31.3	33.9	37.3
11	33.9	28.9	20.9	13.0	12.0	23.6	28.9	32.7	35.4
12	34.7	30.6	24.3	17.1	5.8	21.9	27.9	31.8	35.4
13	36.6	32.3	26.2	20.9	5.8	19.3	26.2	30.8	34.2
14	38.8	33.9	28.6	24.1	12.8	14.2	24.1	29.1	33.2
15	40.7	36.3	30.3	26.0	18.5	6.3	22.4	27.7	32.5
16	42.1	37.8	32.0	27.7	21.7	5.5	17.6	25.3	30.8
17	43.8	39.0	33.7	29.4	24.3	12.5	13.7	23.1	28.6
18	44.3	40.0	34.7	30.1	26.2	18.1	5.5	21.9	27.2
19	45.7	41.2	36.1	30.8	27.7	21.9	5.8	18.3	25.8
20	46.9	42.6	36.8	32.7	29.8	24.6	13.2	13.0	23.1
21	47.7	42.8	37.8	33.9	31.3	25.8	17.8	5.1	20.0
22	48.9	43.8	38.5	35.4	32.5	27.4	20.9	5.1	16.6
23	49.3	45.0	39.5	36.1	33.0	28.9	23.1	11.8	10.1
24	50.5	46.0	40.2	37.1	33.2	30.3	25.3	17.3	5.1

Ps4 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.46	18.26	24.28	31.73	36.36	41.59	45.00	48.01	51.26
2	12.50	13.38	22.06	30.17	35.10	40.40	43.81	46.83	50.07
3	18.26	6.02	19.36	27.90	33.06	38.36	41.77	44.78	48.03
4	20.65	5.68	15.70	24.61	30.49	35.88	39.29	42.30	45.55
5	22.68	12.80	11.60	22.10	29.28	34.75	38.19	41.21	44.46
6	24.65	16.81	4.60	19.76	27.06	32.88	36.43	39.44	42.69
7	26.85	19.35	5.14	16.33	24.76	31.34	34.89	37.90	41.15
8	28.95	22.25	10.59	11.52	22.88	29.66	33.55	36.57	39.82
9	31.15	24.66	15.38	5.87	19.68	27.90	31.87	35.13	38.38
10	32.61	26.98	19.31	5.51	17.57	26.66	31.30	34.55	37.80
11	33.70	28.96	21.29	12.97	12.16	23.79	28.81	32.41	35.66
12	35.14	30.55	24.28	17.01	5.21	21.92	27.84	31.84	35.09
13	36.77	32.18	26.46	20.69	5.60	19.34	26.42	30.90	34.14
14	38.82	34.24	28.57	23.89	12.79	13.59	24.20	29.24	33.07
15	40.70	36.17	30.50	25.82	18.56	6.86	22.43	27.84	32.12
16	42.07	37.57	32.20	27.79	21.81	5.31	17.70	25.43	30.75
17	43.57	39.08	33.70	29.37	24.38	12.34	13.73	23.21	28.64
18	44.40	39.92	34.66	30.38	26.18	18.11	5.37	21.43	27.01
19	45.63	41.15	35.89	31.65	27.79	21.74	5.54	18.39	25.78
20	46.70	42.21	36.96	32.95	29.80	24.48	13.22	12.61	23.06
21	47.49	43.01	37.75	33.75	30.78	25.80	17.84	5.58	19.76
22	48.56	44.08	38.82	34.82	31.85	27.40	21.17	4.65	16.52
23	49.93	45.45	40.19	36.19	33.22	28.77	22.91	11.71	10.22
24	50.84	46.36	41.11	37.10	34.14	30.49	25.55	17.43	4.43



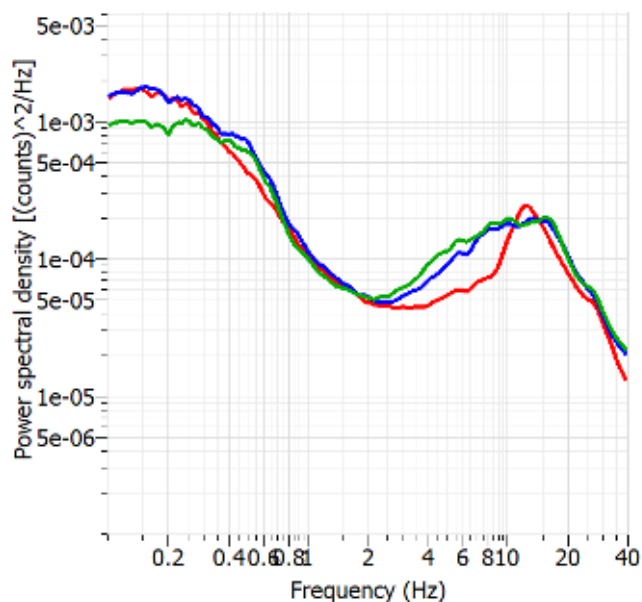
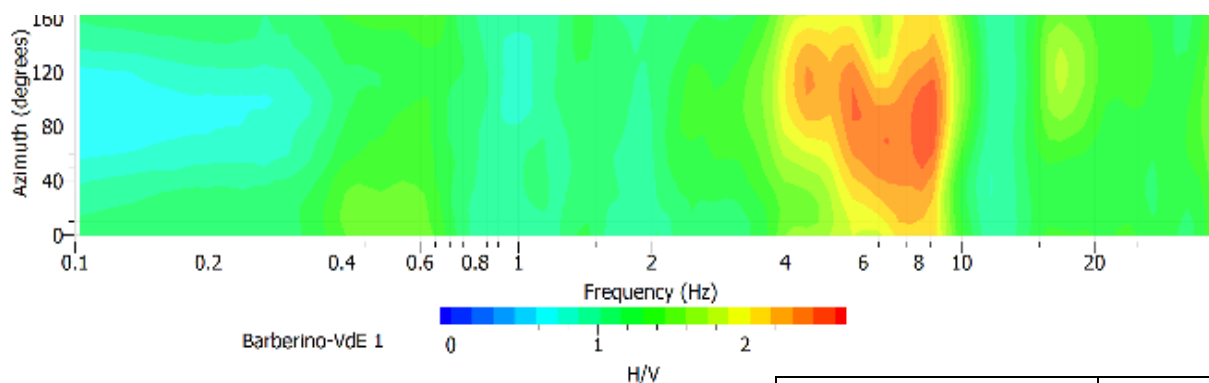
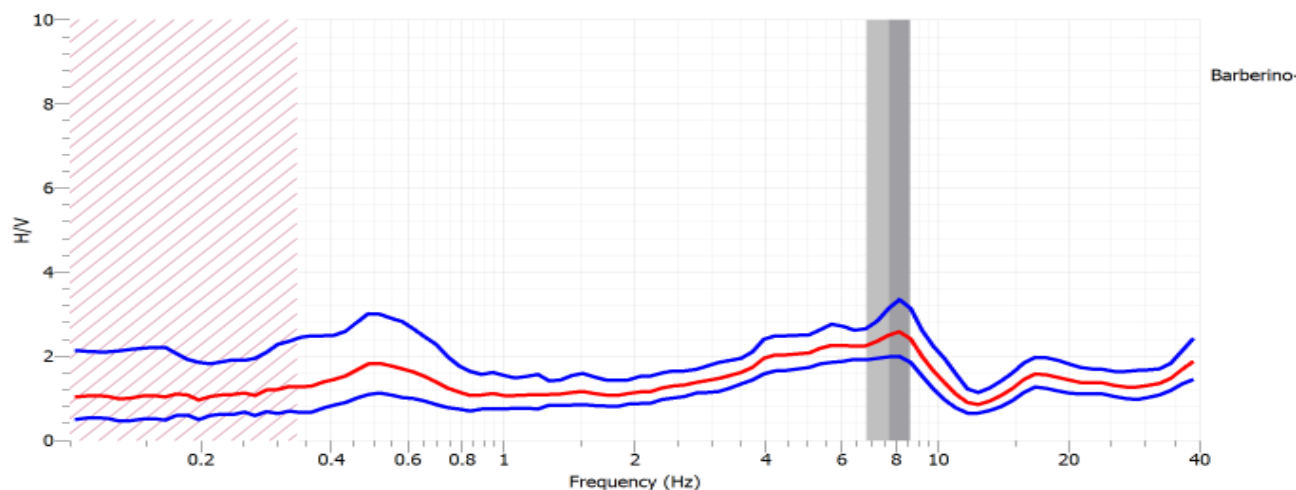
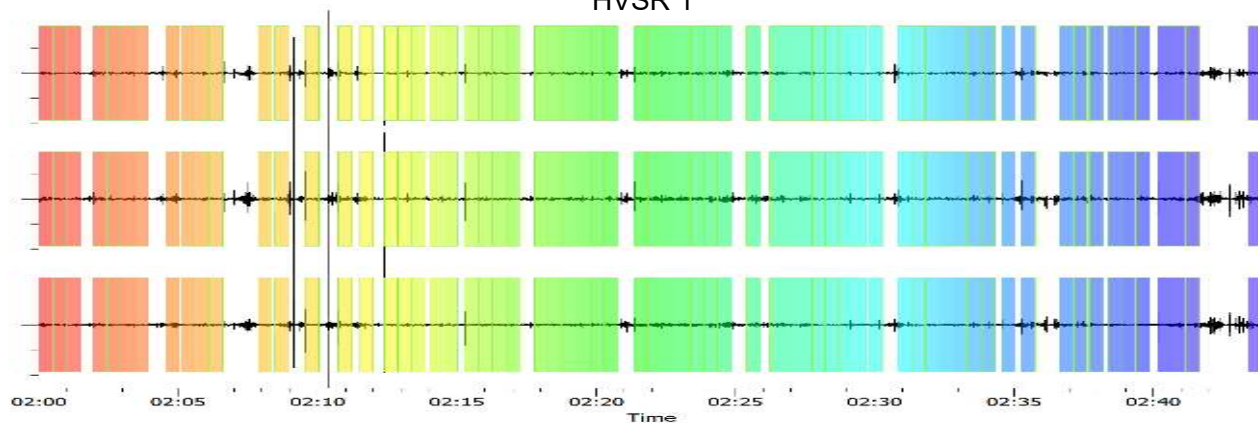
Ps3 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	9.2	22.0	66.0	89.9	97.2	99.0	110.0	132.0
2	16.5	12.8	60.5	88.0	95.4	99.0	106.4	130.0
3	25.7	7.5	52.3	87.1	91.7	94.4	105.4	129.2
4	33.9	10.2	45.8	84.4	88.0	94.4	102.7	127.1
5	48.6	25.5	41.3	79.8	85.3	93.5	101.8	124.6
6	55.9	35.4	32.1	74.3	79.8	88.9	98.1	118.4
7	66.0	43.0	14.7	62.3	76.1	87.1	95.4	116.8
8	74.3	55.7	14.7	53.2	75.2	82.5	93.5	112.7
9	80.7	67.1	27.5	41.3	70.6	78.9	88.9	109.7
10	86.2	78.2	40.3	29.3	66.0	78.9	86.2	105.6
11	89.9	83.0	49.5	14.7	61.4	75.2	82.5	103.2
12	91.7	87.0	65.1	15.6	54.1	69.7	77.0	99.7
13	94.4	85.1	68.8	28.4	37.6	63.3	71.5	95.1
14	92.6	85.1	72.4	43.1	30.3	56.8	67.9	84.8
15	91.7	85.1	72.4	53.2	13.8	47.7	62.3	80.2
16	92.6	86.5	74.3	64.2	14.7	37.6	57.8	75.6
17	97.2	88.0	77.9	66.0	27.5	26.6	54.1	72.2
18	100.9	90.6	79.8	68.8	36.7	16.5	48.6	65.3
19	102.7	94.4	82.5	70.6	47.7	13.8	40.3	61.9
20	106.4	96.5	86.2	73.4	52.3	23.8	28.4	50.4
21	108.2	103.7	93.5	77.9	56.8	37.6	19.3	44.7
22	114.6	109.6	99.0	85.3	63.3	45.8	16.5	36.7
23	118.3	114.5	107.3	89.9	70.6	54.1	25.7	25.2
24	125.6	118.3	113.7	94.4	75.2	61.4	37.6	14.9

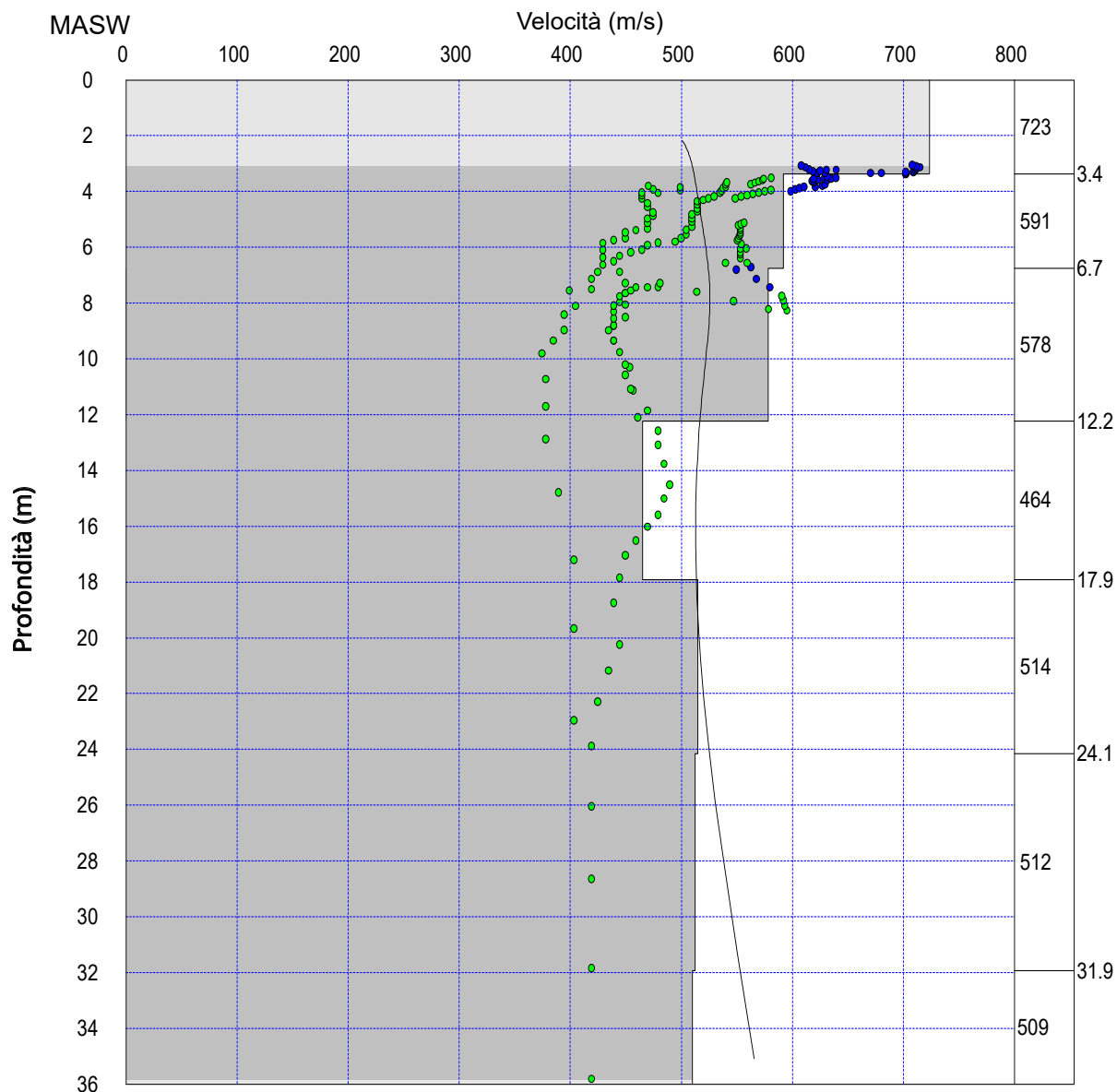
Ps3 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	7.60	25.61	65.51	88.11	93.44	103.00	115.07	129.64
2	13.62	17.72	59.63	88.15	93.52	103.08	115.15	129.72
3	25.20	8.15	52.88	85.18	90.84	100.41	112.48	127.05
4	32.50	7.41	47.27	83.46	89.13	98.69	110.76	125.33
5	43.47	18.91	35.42	79.12	84.84	94.40	106.47	121.04
6	53.25	31.50	24.84	74.89	82.49	92.05	104.12	118.69
7	63.40	46.19	7.33	60.26	78.62	88.32	100.39	114.97
8	71.09	56.62	7.48	52.99	76.12	85.82	97.89	112.47
9	77.93	68.18	24.46	36.70	70.10	79.94	92.01	106.58
10	83.12	76.18	34.73	25.65	68.71	78.84	90.91	105.48
11	86.86	82.66	51.65	8.71	58.77	72.06	84.13	98.72
12	90.49	87.16	62.11	8.93	52.92	70.88	82.95	97.54
13	89.79	86.58	67.89	21.82	40.50	63.68	76.20	90.82
14	88.88	85.79	71.44	36.85	23.68	53.66	67.08	81.70
15	92.08	88.99	74.90	46.72	14.51	47.87	64.69	79.42
16	93.80	90.71	76.97	58.22	8.87	33.33	57.17	72.29
17	100.35	97.25	83.54	65.93	22.19	24.03	54.49	71.08
18	100.96	97.87	84.16	68.46	34.83	7.82	43.29	62.41
19	102.24	99.15	85.44	69.74	43.49	10.59	34.36	57.02
20	108.46	105.37	91.66	75.96	51.56	19.85	24.43	52.87
21	112.29	109.19	95.48	79.79	56.79	35.14	7.18	40.60
22	119.89	116.80	103.09	87.39	64.59	46.00	8.06	33.91
23	126.06	122.97	109.26	93.58	71.00	55.86	23.51	16.71
24	131.79	128.69	114.98	99.30	76.73	63.19	35.21	8.55

HVSr 1



Tempo di registrazione:	42 m	Num. Finestre - nw:	66
Lung. Finestra (s) - lw:	30	Campionamento (Hz)	128
f0 Massimo del rapporto H/V a 8.14 ± 0.89 Hz (tra 0.3333 e 64 Hz)			
Affidabilità' (3 condizioni verificate)			
1	f0 > 20/lw 8.14	> 0.67	OK
2	lw * nw * f0 > 200	16121	> 200
Massimo[σA(f)] < 3 (per f0 < 0.5)			
3	Massimo[σA(f)] < 2 (per f0 > 0.5)	1.44	< 2
intervallo: 0.5*f0 < f < 2*f0 4.07 - 16.28			
Chiarezza' (almeno 5 condizioni verificate)			
1	Esiste f- tale che A(f-) < A(f0)/2	2.31	OK
intervallo: f0/4 < f < f0 2.04 - 8.14			
2	Esiste f+ tale che A(f+) < A(f0)/2	10.99	OK
intervallo: f0 < f < f0*4 8.14 - 32.6			
3	A(f0) > 2	2.50	OK
Fpicco[A(f) ± σ(f)] = f0 ± 5%			
4		8.14	OK
intervallo: f0 ± 5% 7.73 - 8.55			
5	σ(f) < ε(f0)	0.89	< 0.41
6	σA(f0) < θ(f0)	1.30	< 1.60



VsEQ = 539 m/s

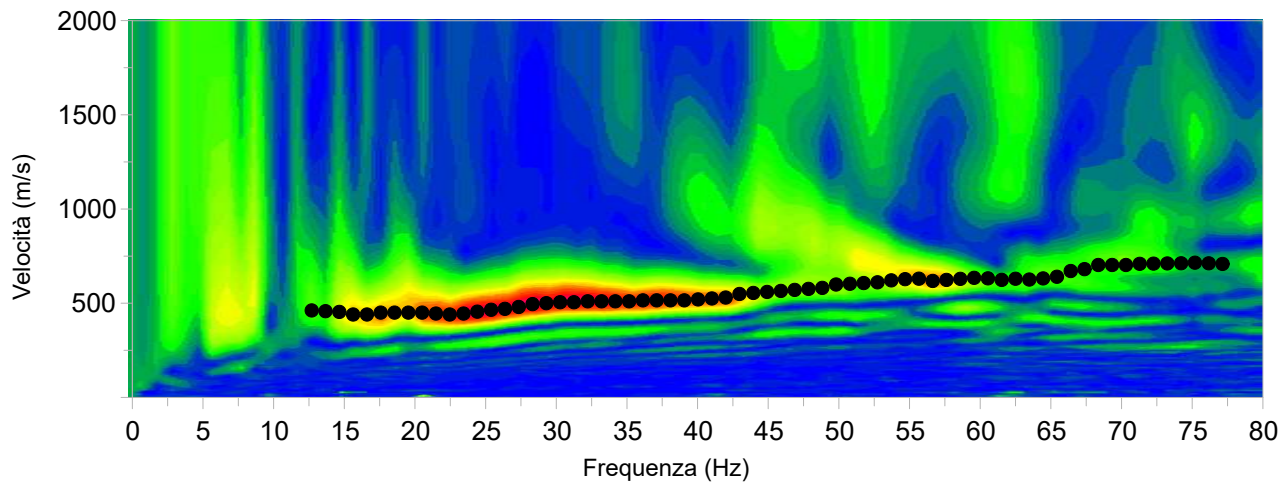
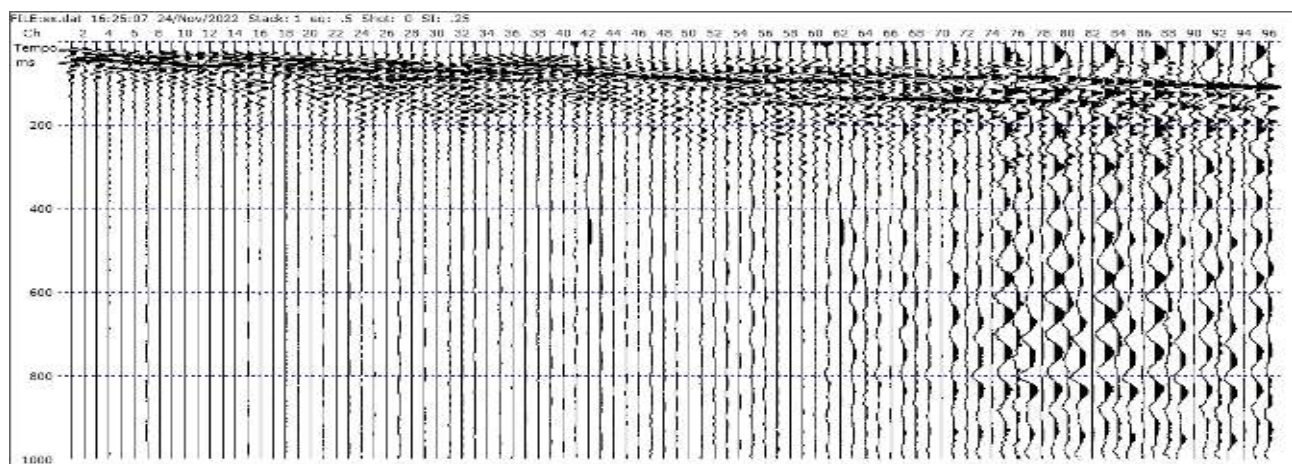
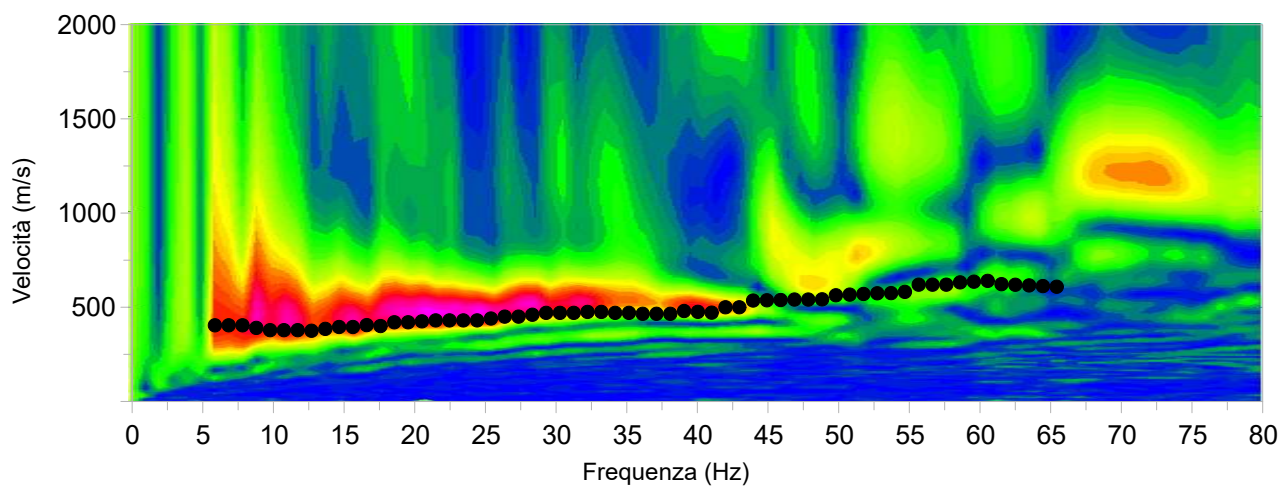
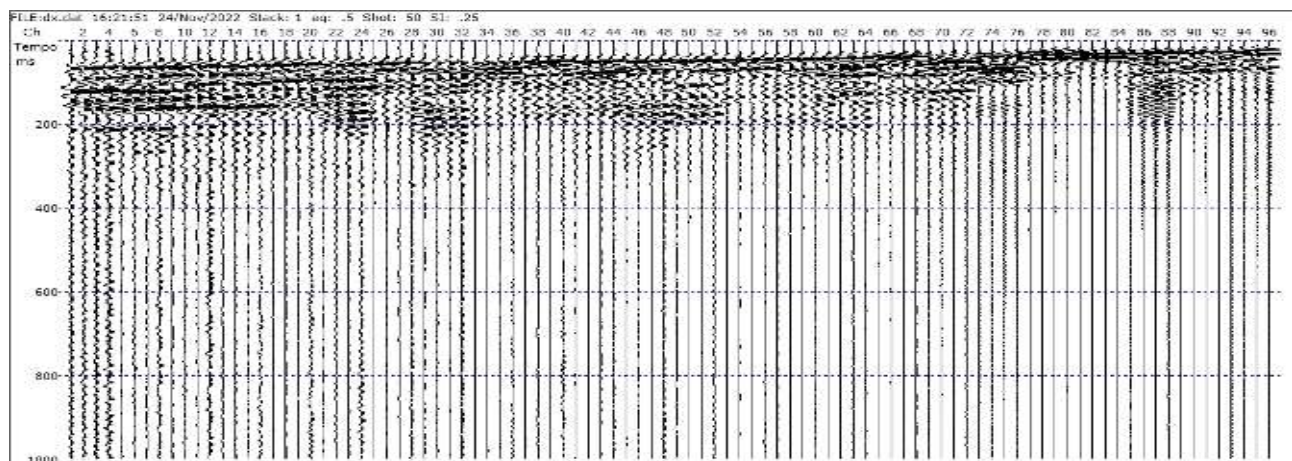
Vs

• Curve Dispersione

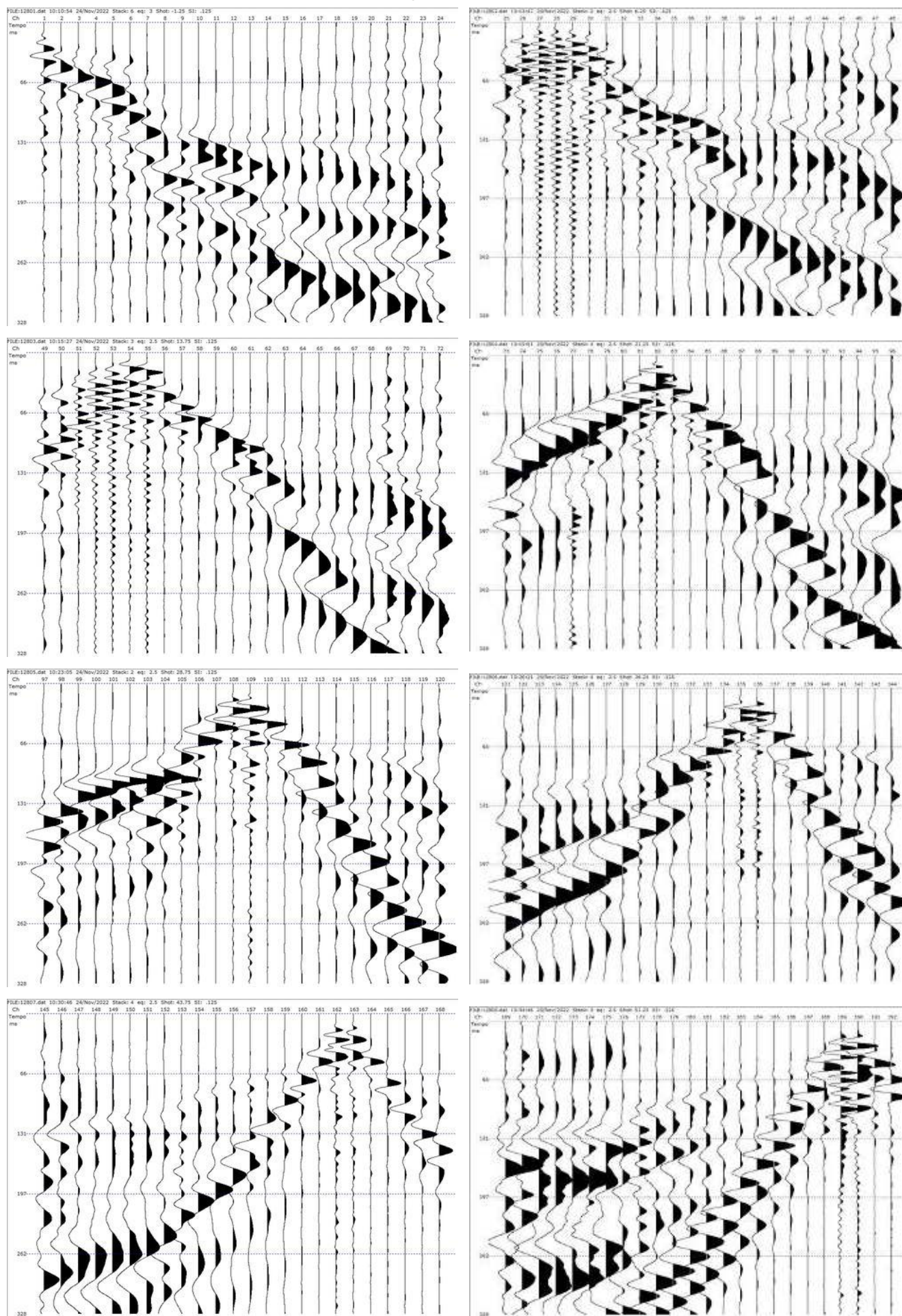
Masw attiva				Masw attiva				Masw passiva							
V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)
404	5.9	465	36.1	461	12.7	525	41.0	420	3.9	445	18.6	552	32.2	0	0.0
404	6.8	465	37.1	458	13.7	530	42.0	420	4.4	445	19.0	553	32.7	0	0.0
404	7.8	465	38.1	454	14.6	549	43.0	420	4.9	450	19.5	554	33.2	0	0.0
390	8.8	480	39.1	440	15.6	554	43.9	420	5.4	455	20.0	554	33.7	0	0.0
378	9.8	475	40.0	440	16.6	560	44.9	420	5.9	460	20.5	554	34.2	0	0.0
378	10.7	471	41.0	450	17.6	565	45.9	425	6.3	470	21.0	554	34.7	0	0.0
378	11.7	500	42.0	450	18.6	570	46.9	435	6.8	480	21.5	552	35.2	0	0.0
375	12.7	500	43.0	450	19.5	576	47.9	445	7.3	481	22.0	555	35.6	0	0.0
385	13.7	535	43.9	450	20.5	581	48.8	440	7.8	514	22.5	557	36.1	0	0.0
395	14.6	537	44.9	445	21.5	599	49.8	445	8.3	547	22.9	0	0.0	0	0.0
395	15.6	538	45.9	440	22.5	603	50.8	450	8.8	579	23.4	0	0.0	0	0.0
405	16.6	541	46.9	445	23.4	607	51.8	460	9.3	596	23.9	0	0.0	0	0.0
400	17.6	541	47.9	455	24.4	611	52.7	470	9.8	594	24.4	0	0.0	0	0.0
420	18.6	542	48.8	465	25.4	621	53.7	480	10.3	593	24.9	0	0.0	0	0.0
420	19.5	563	49.8	470	26.4	627	54.7	485	10.7	591	25.4	0	0.0	0	0.0
425	20.5	567	50.8	480	27.3	630	55.7	490	11.2	580	25.9	0	0.0	0	0.0
430	21.5	570	51.8	495	28.3	618	56.6	485	11.7	568	26.4	0	0.0	0	0.0
430	22.5	574	52.7	500	29.3	624	57.6	480	12.2	550	26.9	0	0.0	0	0.0
430	23.4	575	53.7	505	30.3	629	58.6	480	12.7	540	27.3	0	0.0	0	0.0
430	24.4	581	54.7	505	31.2	635	59.6	470	13.2	563	27.8	0	0.0	0	0.0
440	25.4	620	55.7	510	32.2	632	60.5	455	13.7	559	28.3	0	0.0	0	0.0
450	26.4	620	56.6	510	33.2	624	61.5	450	14.2	554	28.8	0	0.0	0	0.0
450	27.3	620	57.6	510	34.2	630	62.5	450	14.6	554	29.3	0	0.0	0	0.0
460	28.3	632	58.6	510	35.2	626	63.5	445	15.1	554	29.8	0	0.0	0	0.0
470	29.3	636	59.6	515	36.1	631	64.5	440	15.6	554	30.3	0	0.0	0	0.0
470	30.3	640	60.5	515	37.1	640	65.4	435	16.1	559	30.8	0	0.0	0	0.0
470	31.2	622	61.5	515	38.1	671	66.4	440	16.6	554	31.2	0	0.0	0	0.0
475	32.2	619	62.5	515	39.1	681	67.4	440	17.1	551	31.7	0	0.0	0	0.0

MASW

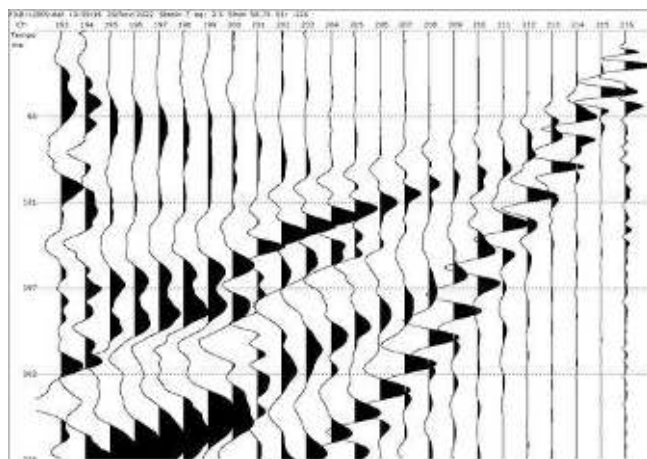
Curve di dispersione



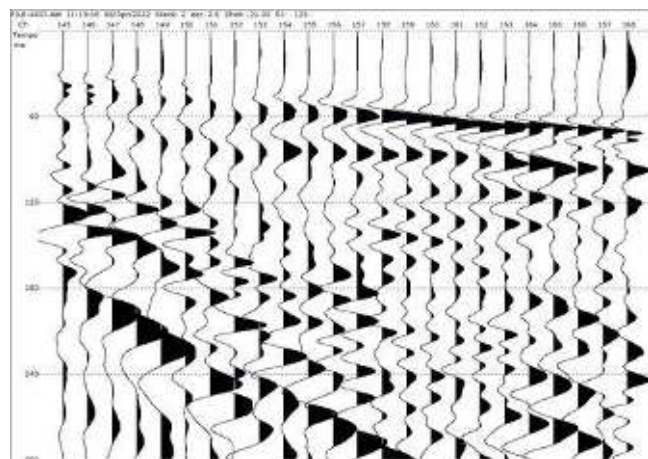
Ps1 - Regrazioni Onde SH



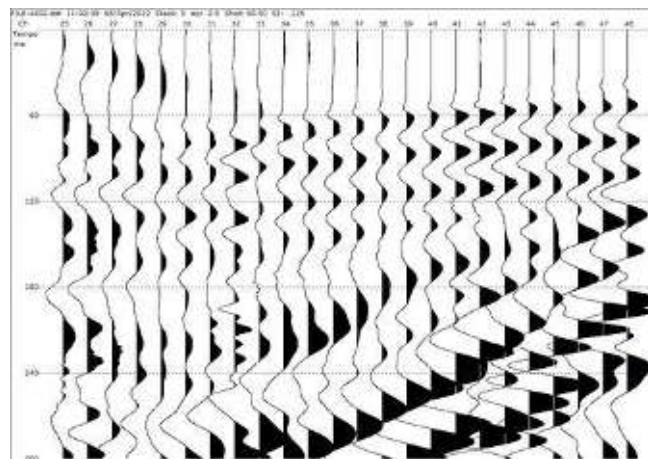
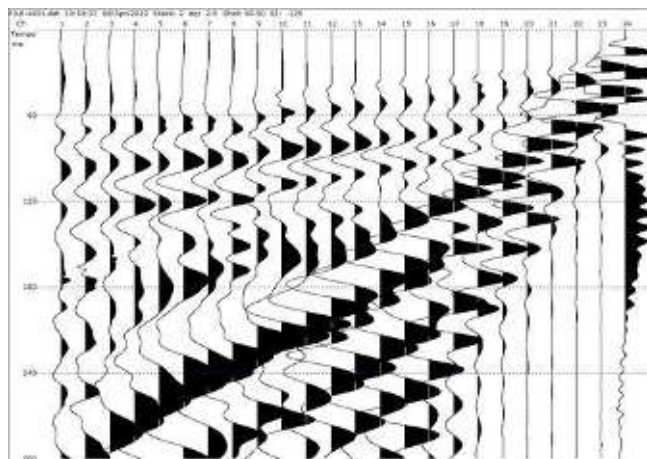
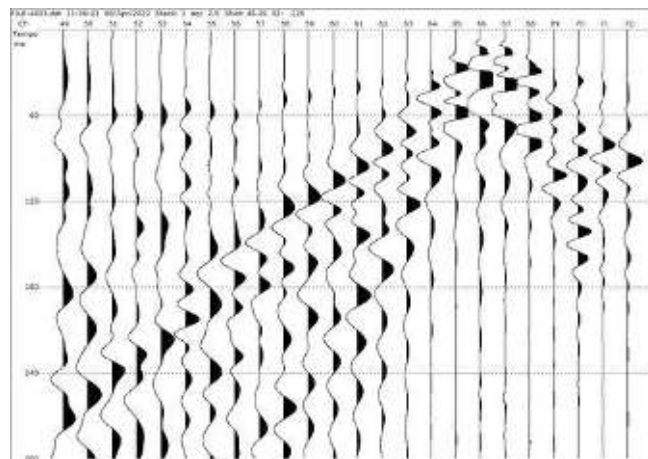
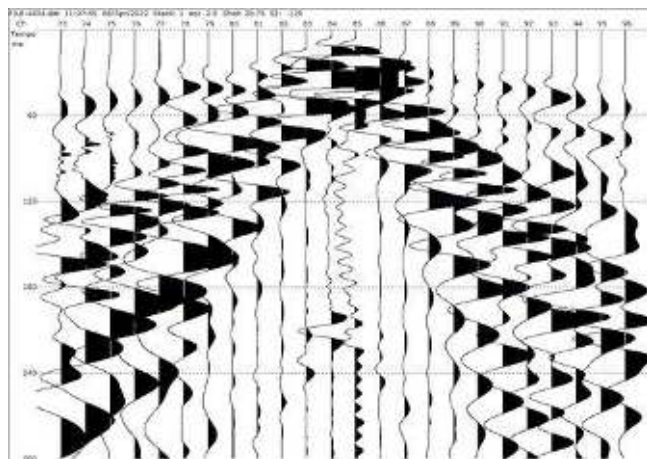
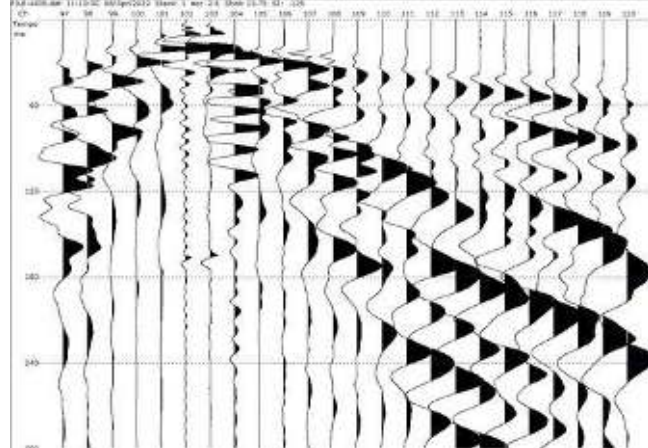
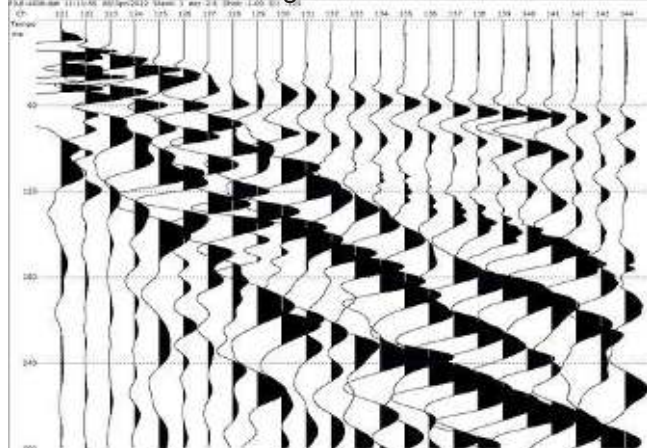
Ps1 - Regrazioni Onde SH



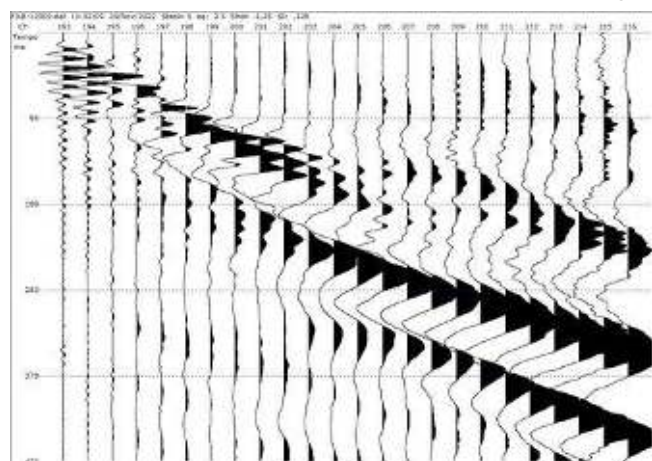
Ps1 - Regrazioni Onde P



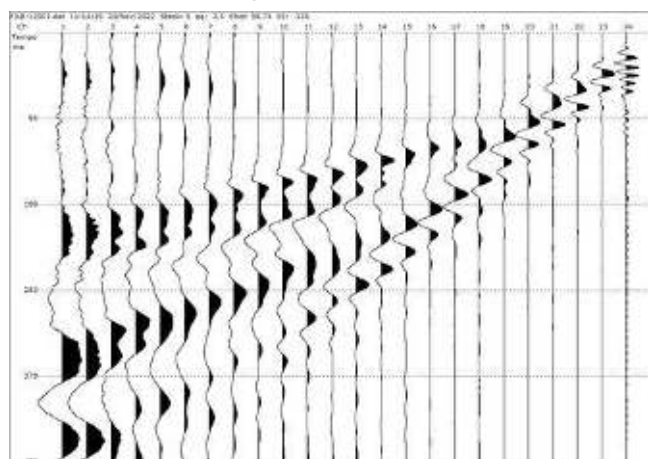
Ps1 - Regrazioni Onde P



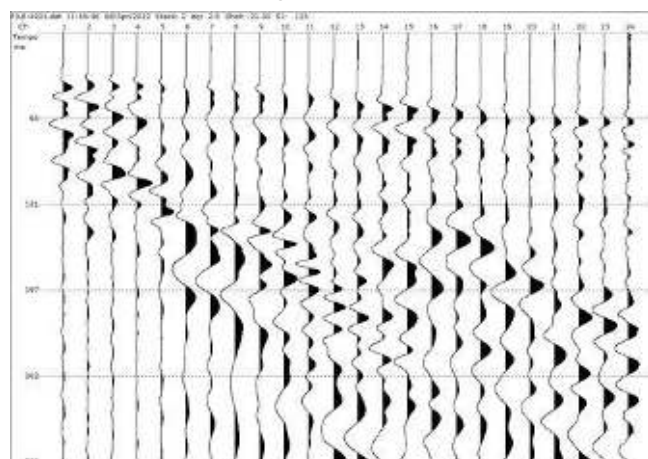
Ps2 - Regrazioni Onde SH



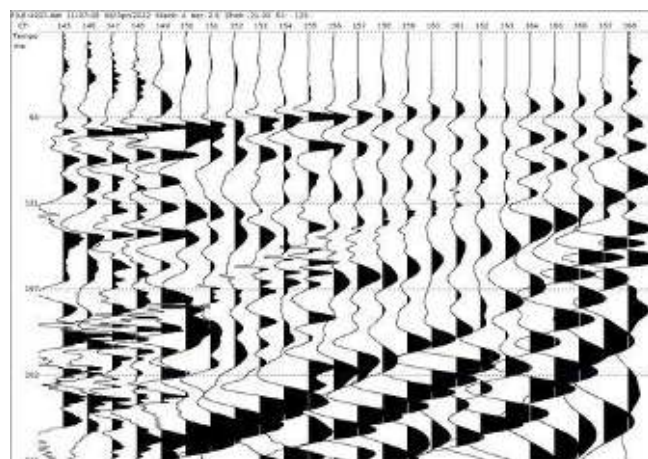
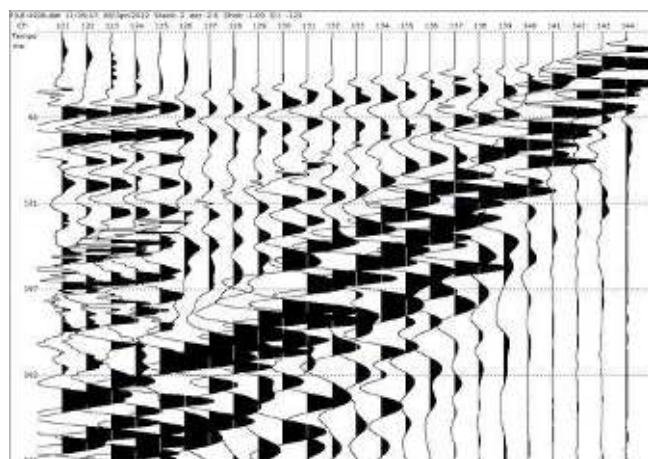
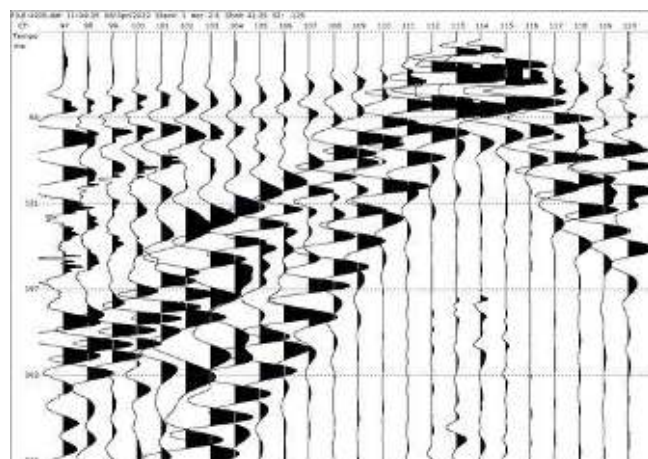
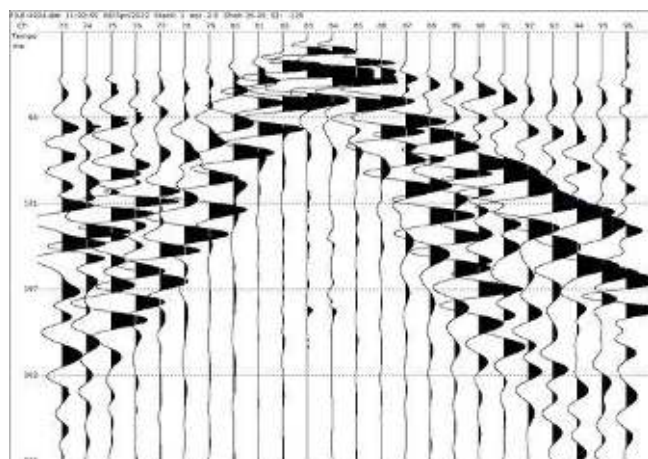
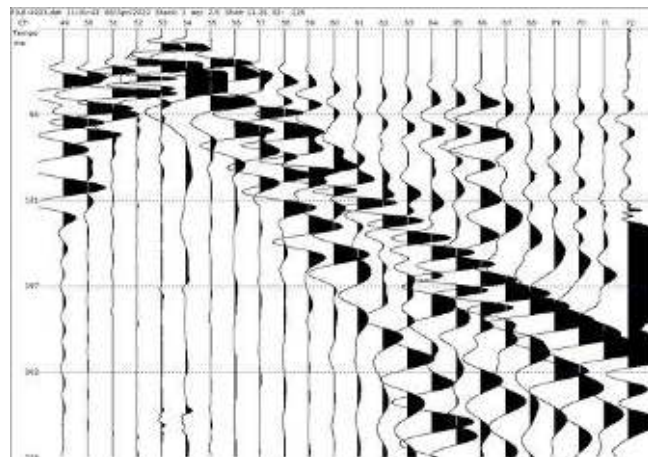
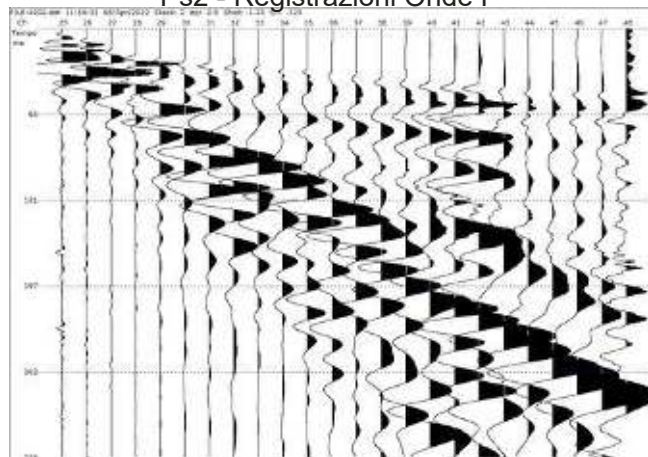
Ps2 - RegISTRAZIONI Onde SH



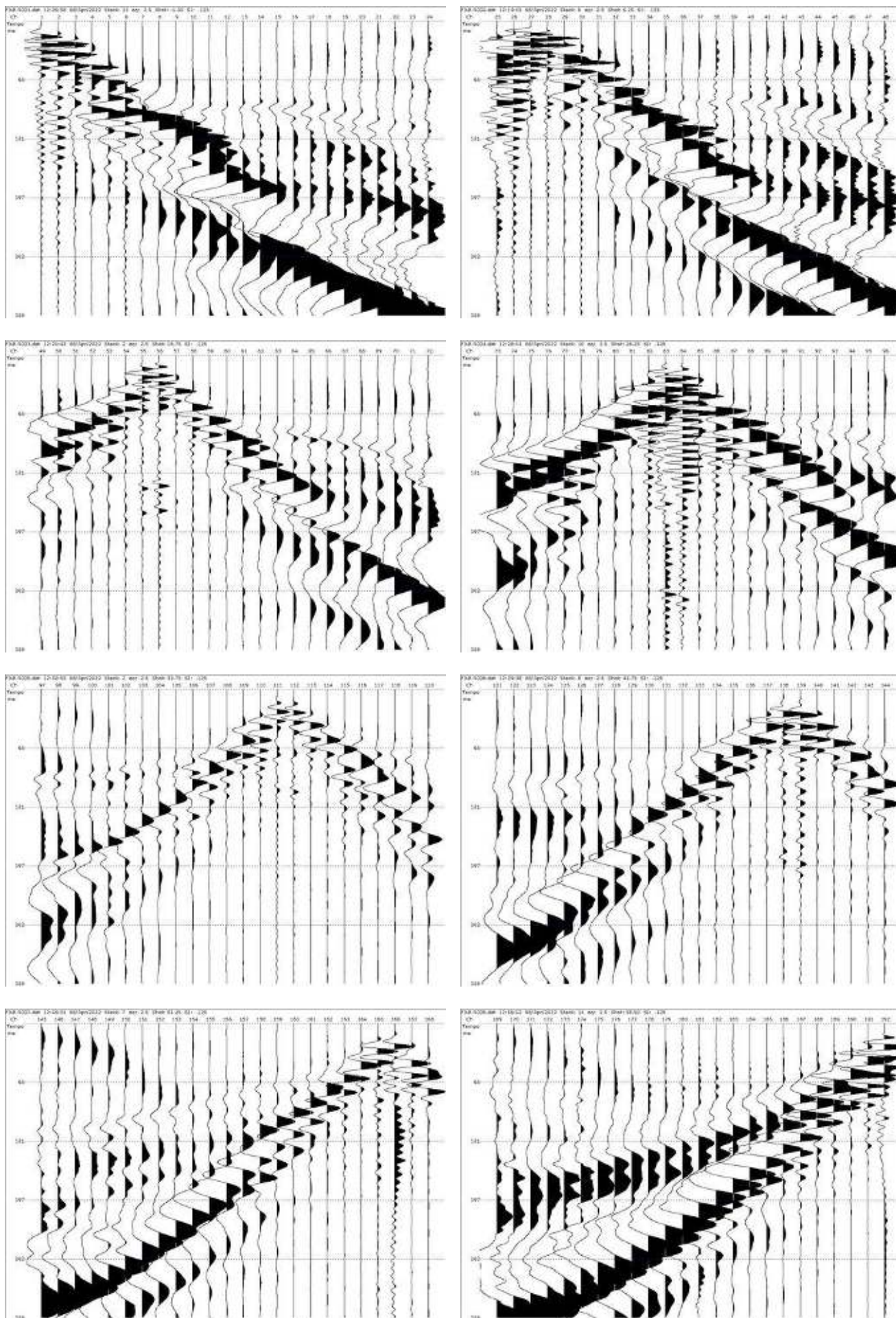
Ps2 - RegISTRAZIONI Onde P

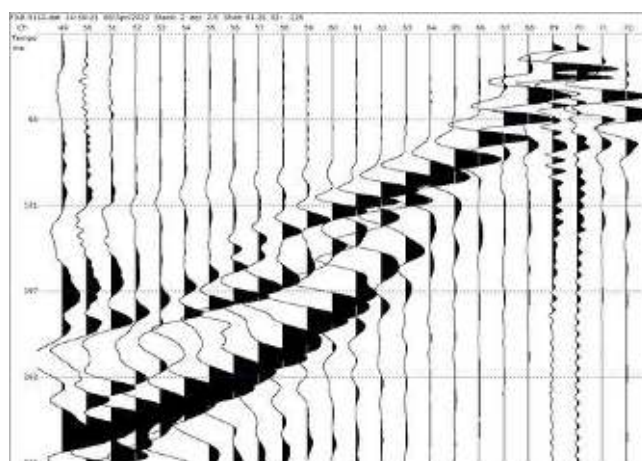
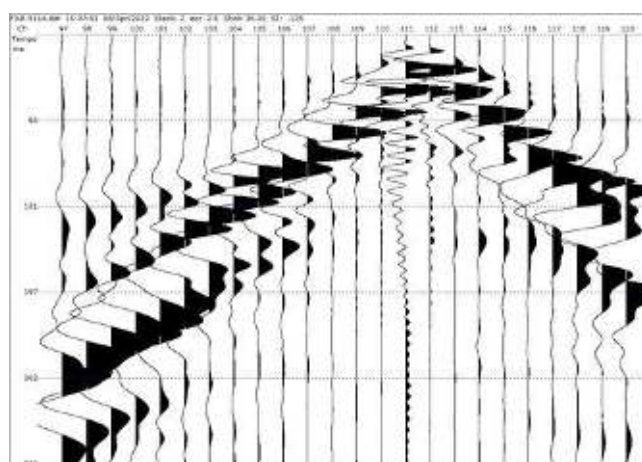
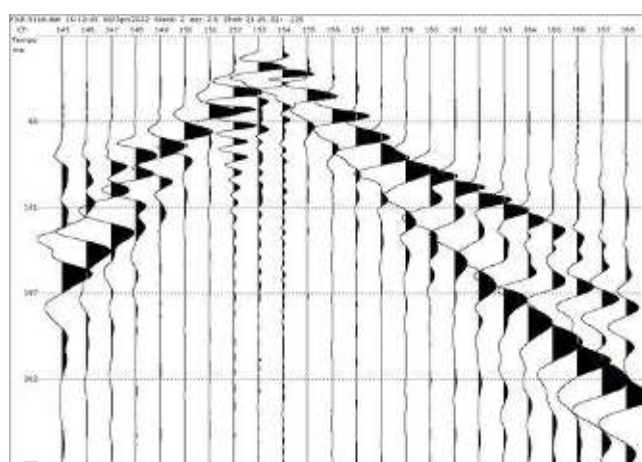
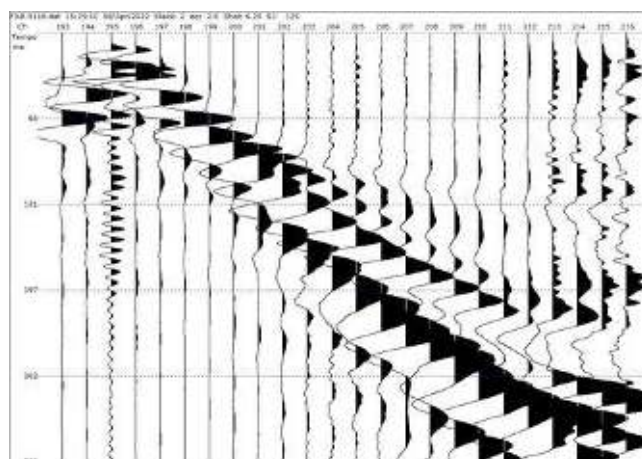


Ps2 - RegISTRAZIONI Onde P

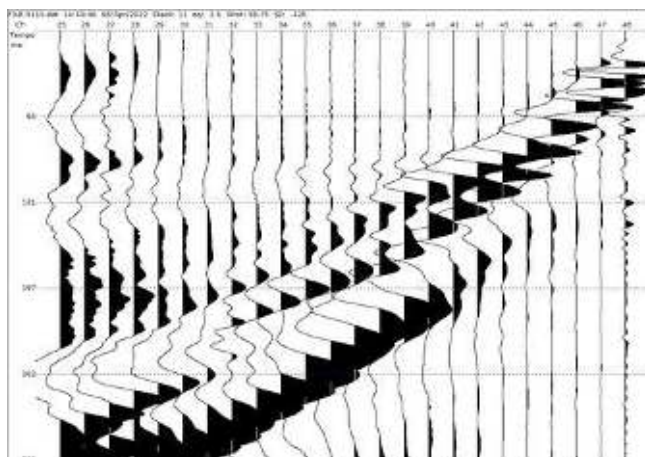


Ps3 - Regrazioni Onde SH

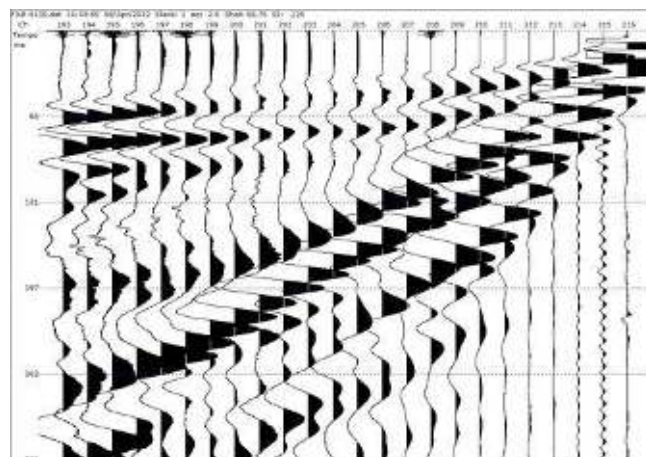




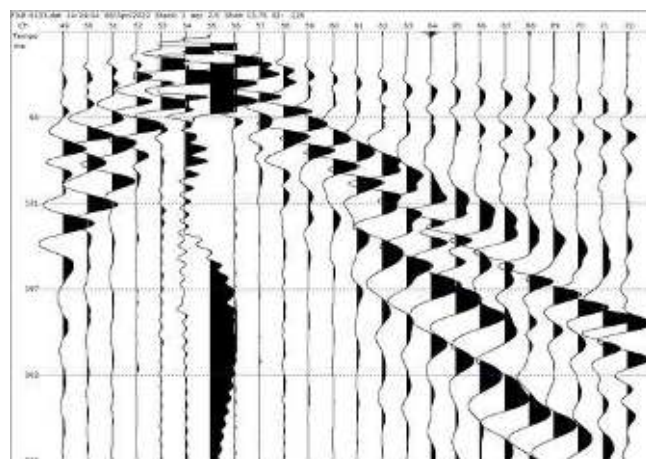
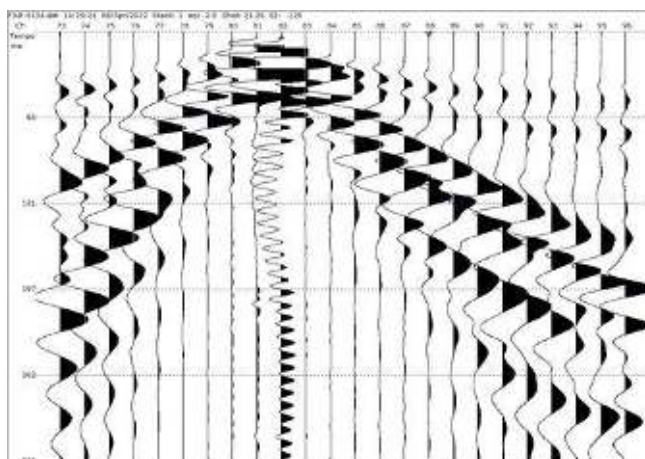
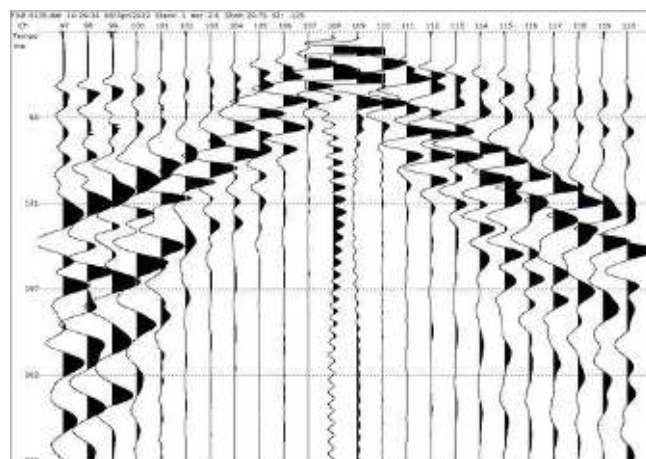
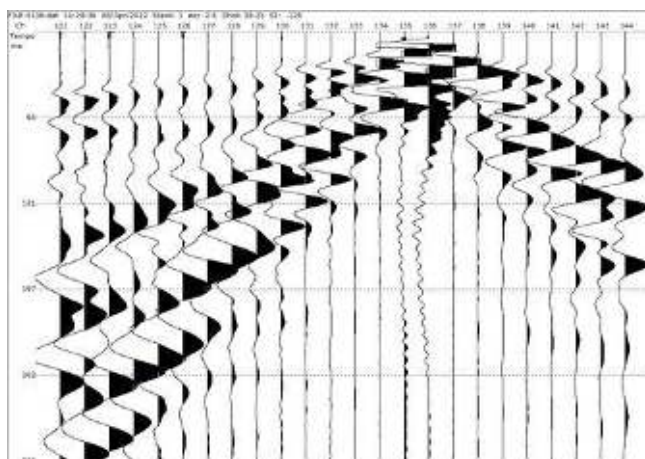
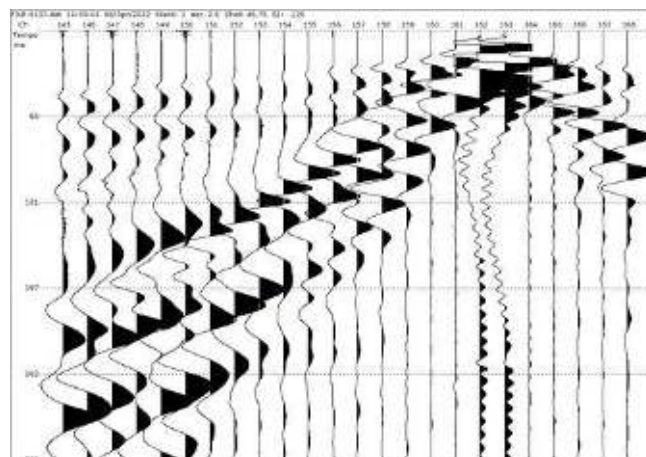
Ps4 - Regrazioni Onde SH



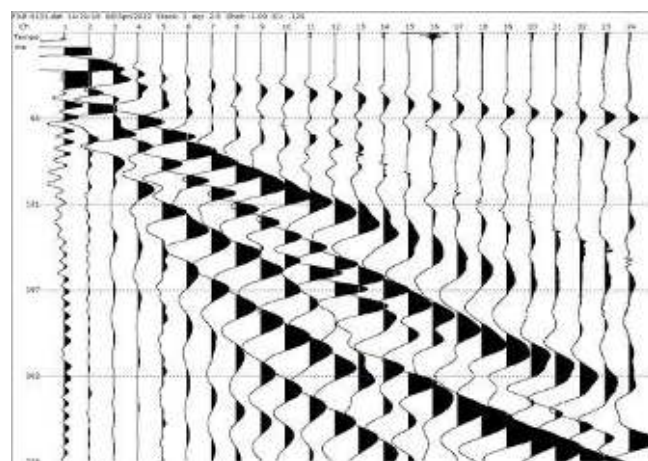
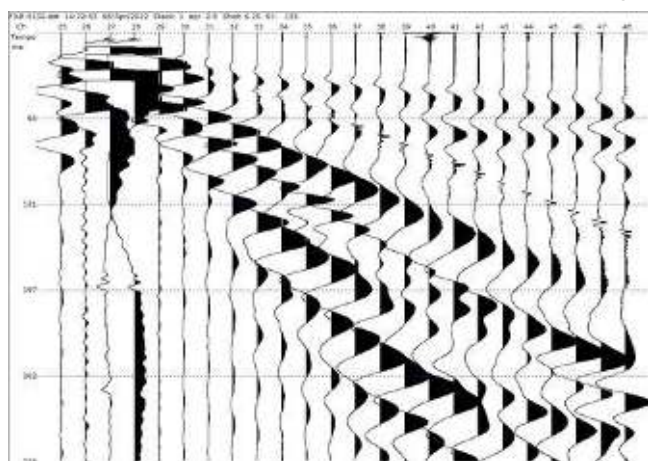
Ps4 - Regrazioni Onde P



Ps4 - Regrazioni Onde P



Ps4 - RegISTRAZIONI Onde P



Documentazione fotografica



Documentazione fotografica



**certificazioni analisi
di laboratorio**



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1314-1315/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/07/22 - 01/08/22

CAMPIONI:

S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 4 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1314/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

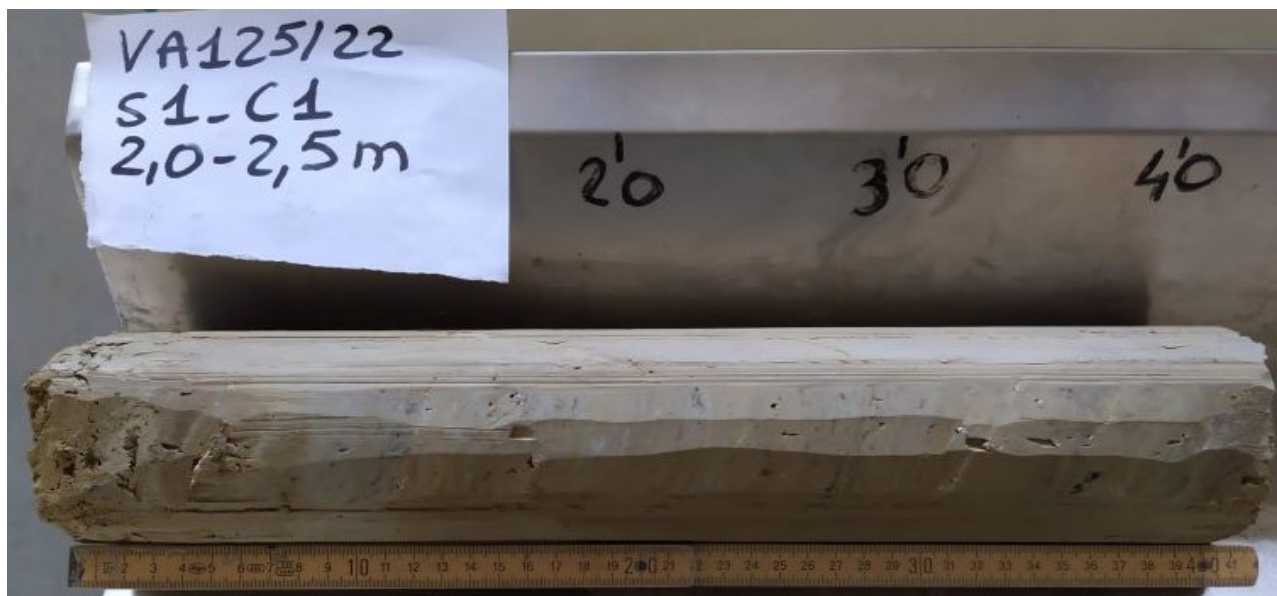
Data apertura campione: 21/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 41 cm: argilla limosa molto consistente con sporadiche concrezioni carbonatiche
colore oliva - marrone giallastro chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1314/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 25/07/22

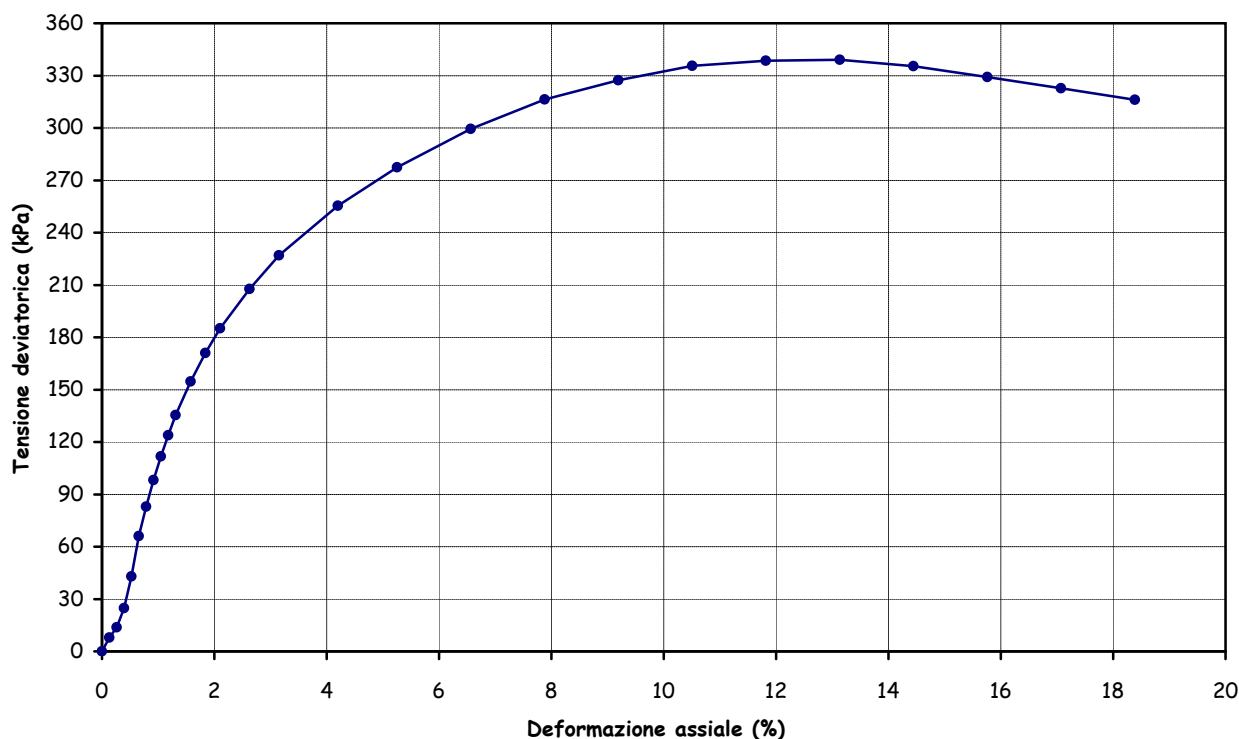
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.8	Sigma a rottura (kPa)	339.1
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.6	Coesione non drenata (kPa)	169.6
Contenuto d'acqua (%)	19.39	Modulo elastico	15031
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	7.8
0.26	13.8
0.39	24.9
0.53	43.0
0.66	66.1
0.79	83.0
0.92	98.2
1.05	111.8
1.18	123.9

ε (%)	σ (kPa)
1.31	135.5
1.58	154.7
1.84	171.1
2.10	185.1
2.63	207.8
3.15	227.0
4.20	255.4
5.25	277.4
6.57	299.4

ε (%)	σ (kPa)
7.88	316.4
9.19	327.4
10.51	335.6
11.82	338.5
13.13	339.1
14.45	335.4
15.76	329.3
17.07	322.8
18.38	316.1

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1315/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 01/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.7	20.7	20.6
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.2	21.4	21.7
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.3	17.3	17.3
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.4	17.6	17.9
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.45	19.38	19.31
Contenuto d'acqua finale (%)	21.95	21.37	21.10
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	49.3	67.1	92.8

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	3.0	0.03	2.2	0.03	6.9
0.04	3.6	0.06	7.2	0.08	14.9
0.07	5.8	0.11	12.7	0.13	21.6
0.11	9.4	0.15	16.6	0.20	28.2
0.15	13.0	0.22	22.1	0.26	33.2
0.19	15.7	0.28	26.5	0.35	42.1
0.25	18.8	0.36	31.5	0.43	47.9
0.31	21.8	0.43	36.8	0.54	56.0
0.36	24.3	0.53	42.9	0.65	61.6
0.42	27.6	0.62	47.9	0.76	66.0
0.51	32.1	0.74	52.4	0.88	70.8
0.58	35.4	0.85	55.7	1.02	75.8
0.66	38.7	0.96	59.1	1.18	80.0
0.75	42.1	1.09	61.8	1.33	83.6
0.83	43.7	1.23	63.8	1.49	86.4
0.94	46.5	1.37	65.5	1.67	89.2
1.04	48.2	1.52	66.3	1.85	91.4
1.15	49.3	1.68	67.1	2.04	92.8
1.26	49.3	1.84	66.6	2.22	92.2
1.37	49.3	2.00	65.5	2.42	92.0
1.48	49.0	2.16	64.1	2.60	90.6

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1315/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

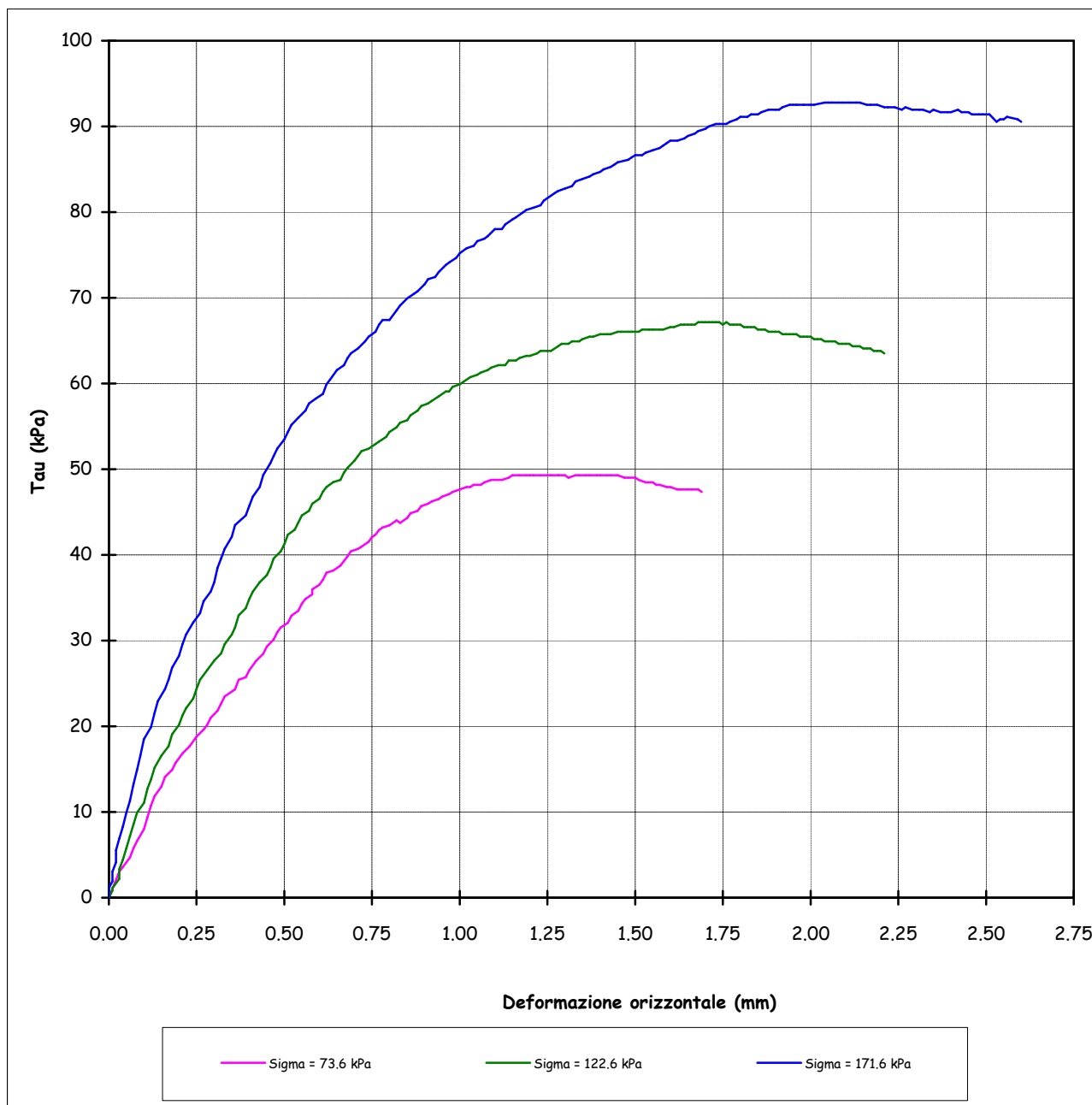
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 22/07/22 - 01/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1314-1315/2022

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	2.0 - 2.5
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.4
Peso volume secco (kN/m ³)	17.1
Umidità naturale (%)	19.38
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	169.6
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	15031
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	15.3
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	23.9

Michele Calm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1316-1318/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 20/07/22 - 28/07/22

CAMPIONI:

S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1316/2022

CAMPIONE S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

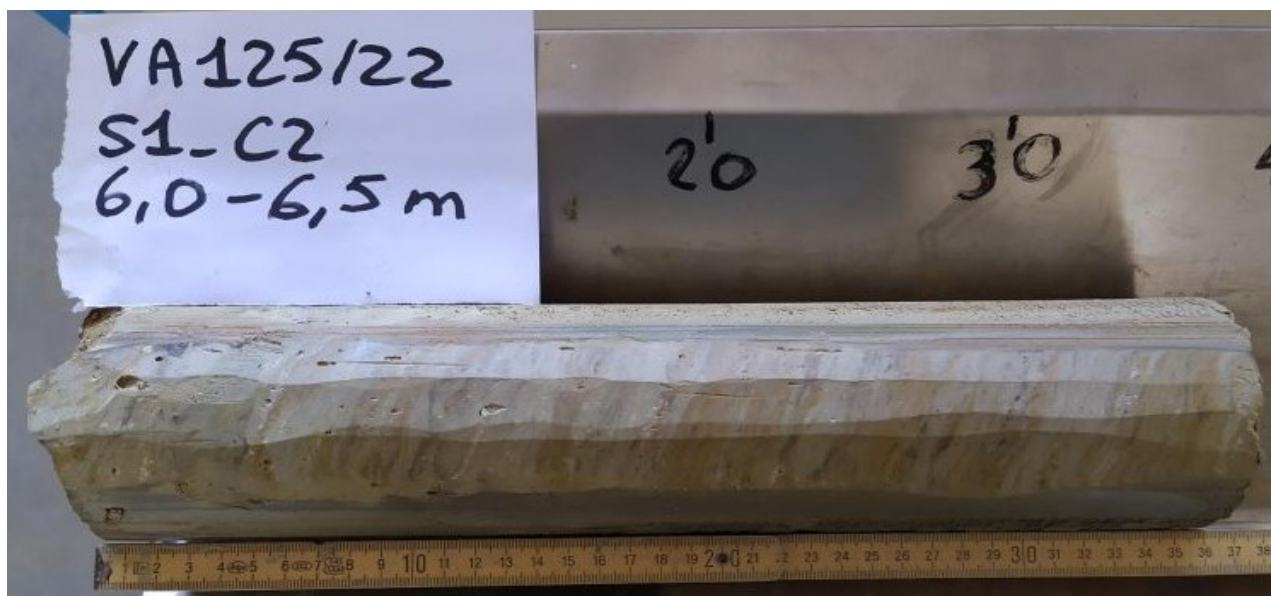
LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data apertura campione: 20/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 36 cm: limo argilloso duro con sporadiche concrezioni carbonatiche
colore oliva pallido - marrone oliva chiaro
prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1316/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 20/07/22 - 25/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 20.42%

Limite di liquidità (LL) = 51%

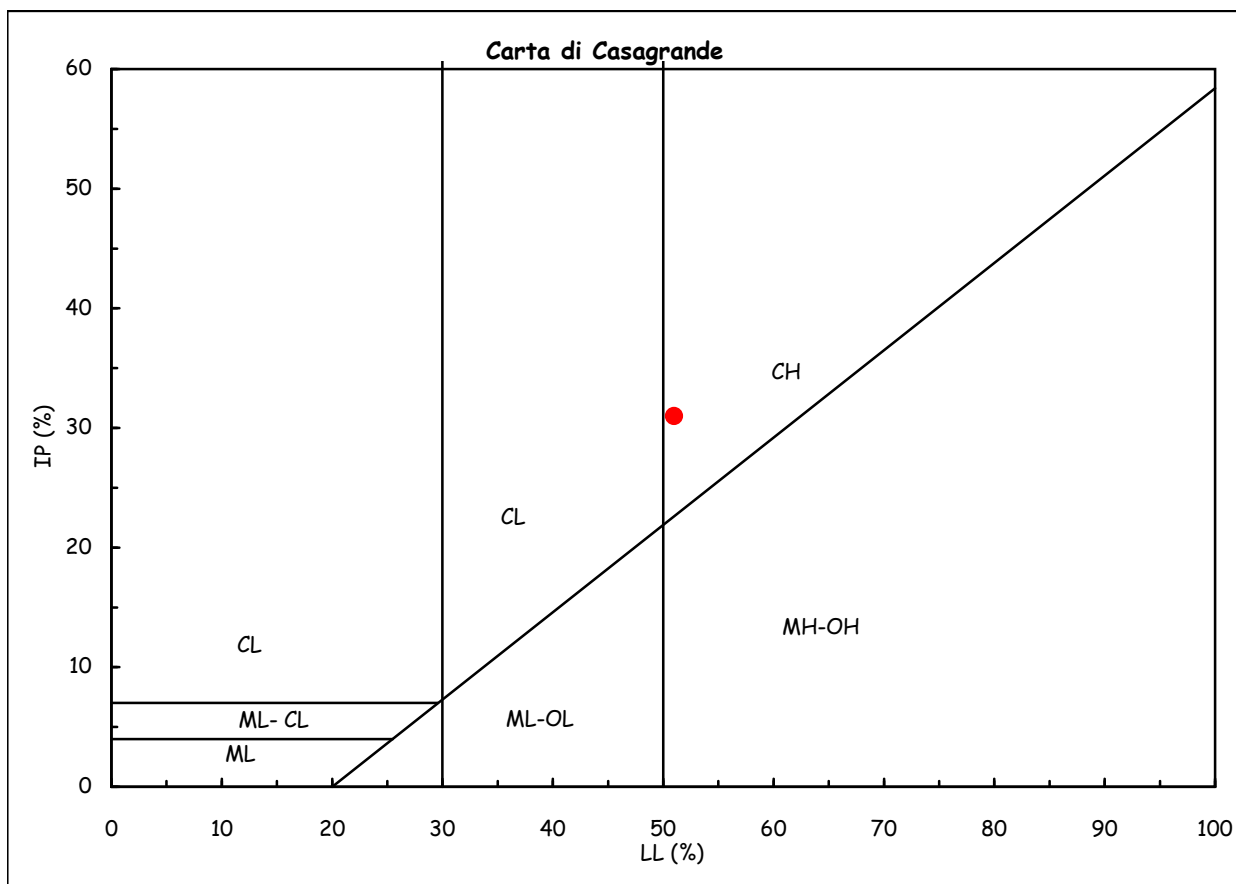
Limite di plasticità (LP) = 20%

Indice di plasticità (IP) = 31%

Indice di consistenza (Ic) = 0.99

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1317/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 20/07/22 - 22/07/22

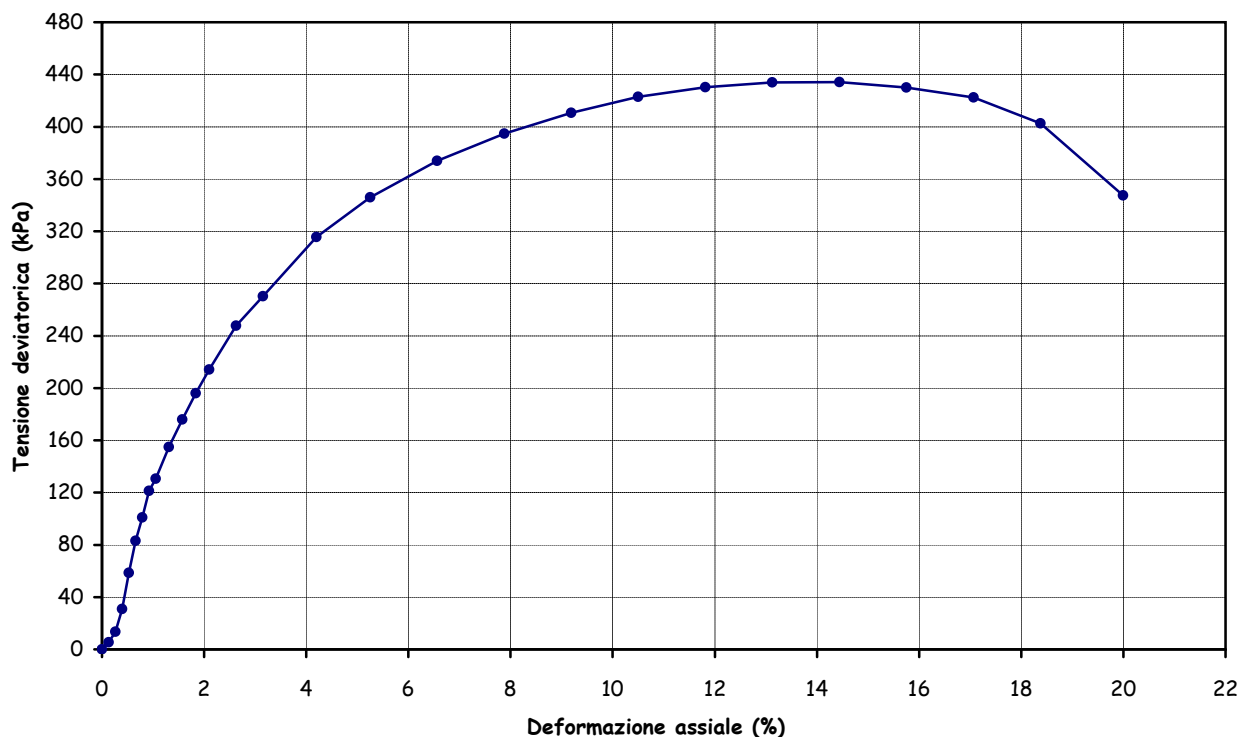
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.7	Sigma a rottura (kPa)	434.3
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.3	Coesione non drenata (kPa)	217.1
Contenuto d'acqua (%)	21.30	Modulo elastico	16834
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	5.5
0.26	13.6
0.39	30.9
0.53	58.5
0.66	83.0
0.79	101.1
0.92	121.2
1.05	130.5
1.31	154.7

ε (%)	σ (kPa)
1.58	175.9
1.84	196.1
2.10	214.1
2.63	247.8
3.15	270.3
4.20	315.6
5.25	346.0
6.56	373.9
7.88	394.8

ε (%)	σ (kPa)
9.19	410.7
10.50	422.9
11.81	430.4
13.13	434.0
14.44	434.3
15.75	429.9
17.06	422.3
18.38	402.6
19.99	347.5

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1318/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 20/07/22 - 28/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.3	20.3	20.3
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.0	21.2	21.5
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.8	16.6	16.7
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.0	17.0	17.3
Contenuto d'acqua iniziale (%)	21.19	22.14	21.77
Contenuto d'acqua finale (%)	23.89	24.77	24.33
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.00175	0.00175	0.00175
Sigma (kPa)	98.1	147.1	196.1
Tau a rottura (kPa)	67.6	87.9	112.5

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	4.2	0.03	4.7	0.03	9.3
0.05	7.0	0.05	8.9	0.07	22.4
0.09	10.0	0.08	13.4	0.12	33.3
0.12	12.5	0.13	20.9	0.17	43.0
0.17	13.9	0.18	27.3	0.25	56.6
0.23	17.3	0.22	32.0	0.31	63.0
0.28	22.6	0.28	40.4	0.40	72.2
0.34	29.0	0.34	45.9	0.50	80.5
0.42	35.9	0.42	54.3	0.60	86.9
0.49	40.6	0.51	60.6	0.71	92.5
0.56	45.9	0.57	64.5	0.83	98.3
0.67	51.5	0.67	70.1	0.95	102.7
0.75	55.6	0.77	75.4	1.08	106.3
0.85	59.5	0.87	79.3	1.23	108.3
0.97	63.1	0.97	82.6	1.38	110.0
1.07	65.4	1.07	85.1	1.54	111.1
1.20	67.0	1.20	86.8	1.71	111.3
1.32	67.6	1.33	87.9	1.88	112.5
1.45	67.3	1.46	87.6	2.05	112.2
1.56	65.4	1.58	87.0	2.24	111.3
1.69	63.4	1.71	86.5	2.41	109.7

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1318/2022

CAMPIONE S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

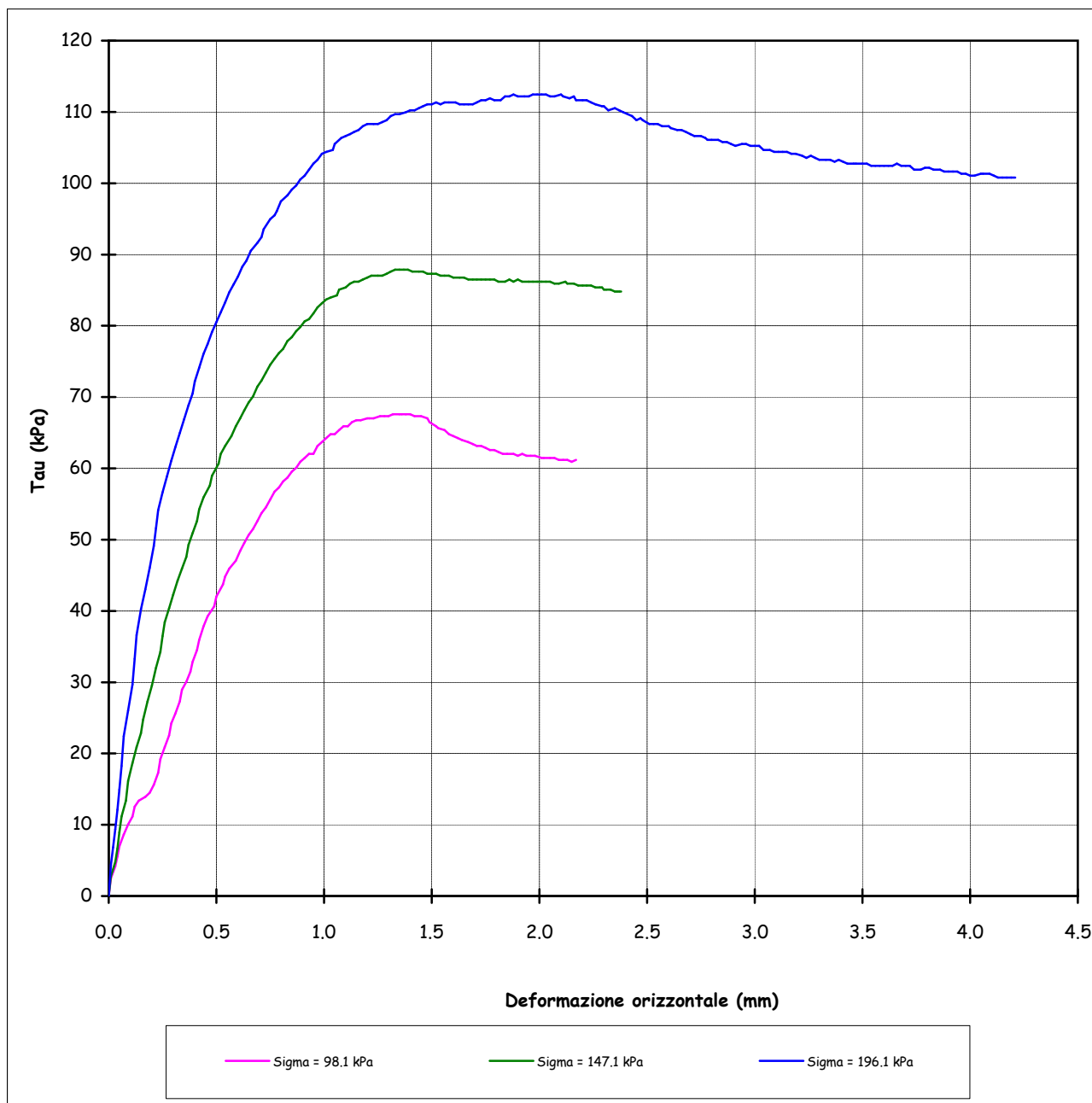
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 20/07/22 - 28/07/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1316-1318/2022

CAMPIONE	S1C2
Profondità metri	6.0 - 6.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	20.42
Limite liquido (%)	51
Limite plastico (%)	20
Indice di plasticità (%)	31
Indice di consistenza	0.99
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.17
Peso volume secco (kN/m ³)	16.59
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	217.1
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	16834
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	22.0
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	24.6

Michèle Galm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1319-1321/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/07/22 - 03/08/22

CAMPIONI:

S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1319/2022

CAMPIONE S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data apertura campione: 21/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 38 cm: argilla limosa dura con presenza di concrezioni carbonatiche
colore giallo oliva - grigio chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1319/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 25/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 6.25%

Limite di liquidità (LL) = 55%

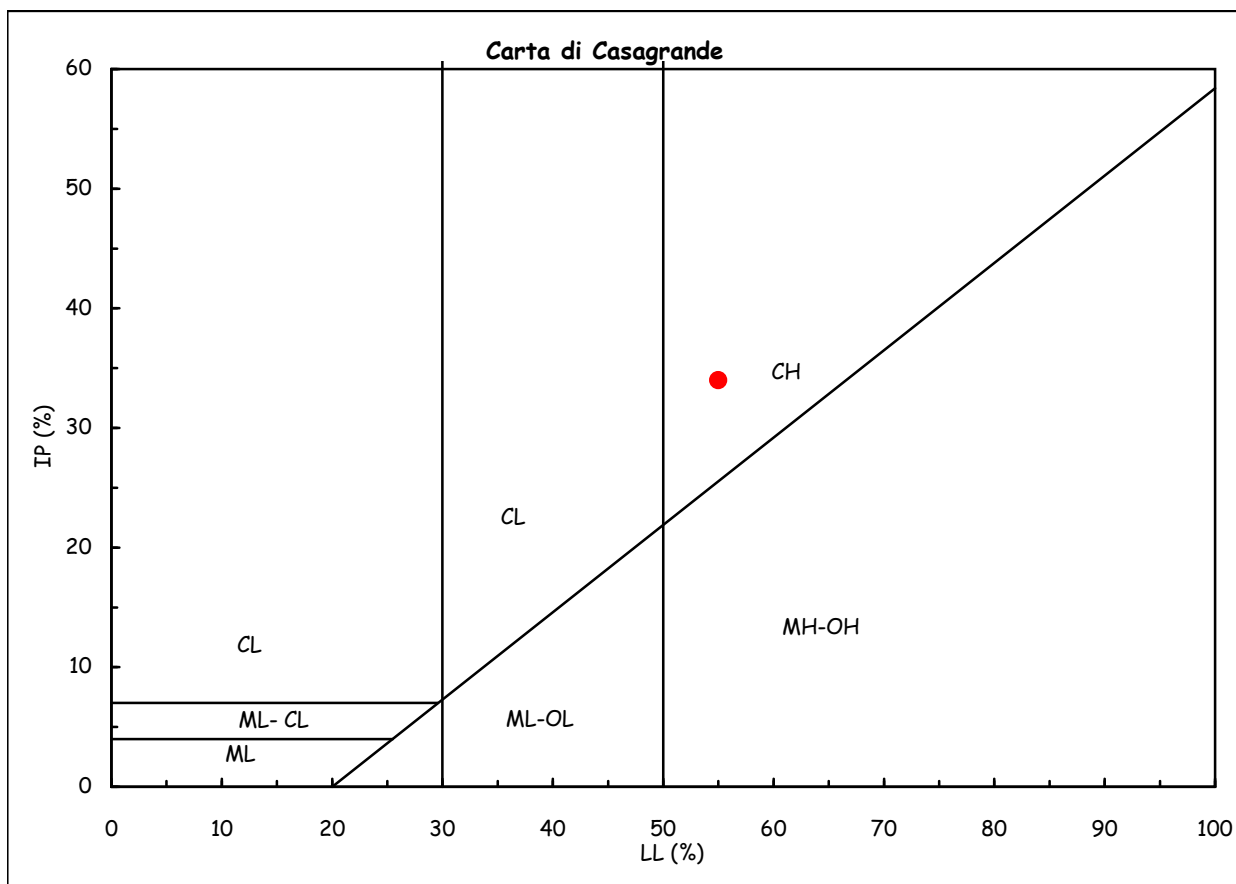
Limite di plasticità (LP) = 21%

Indice di plasticità (IP) = 34%

Indice di consistenza (Ic) = 1.43

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1320/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 23/07/22

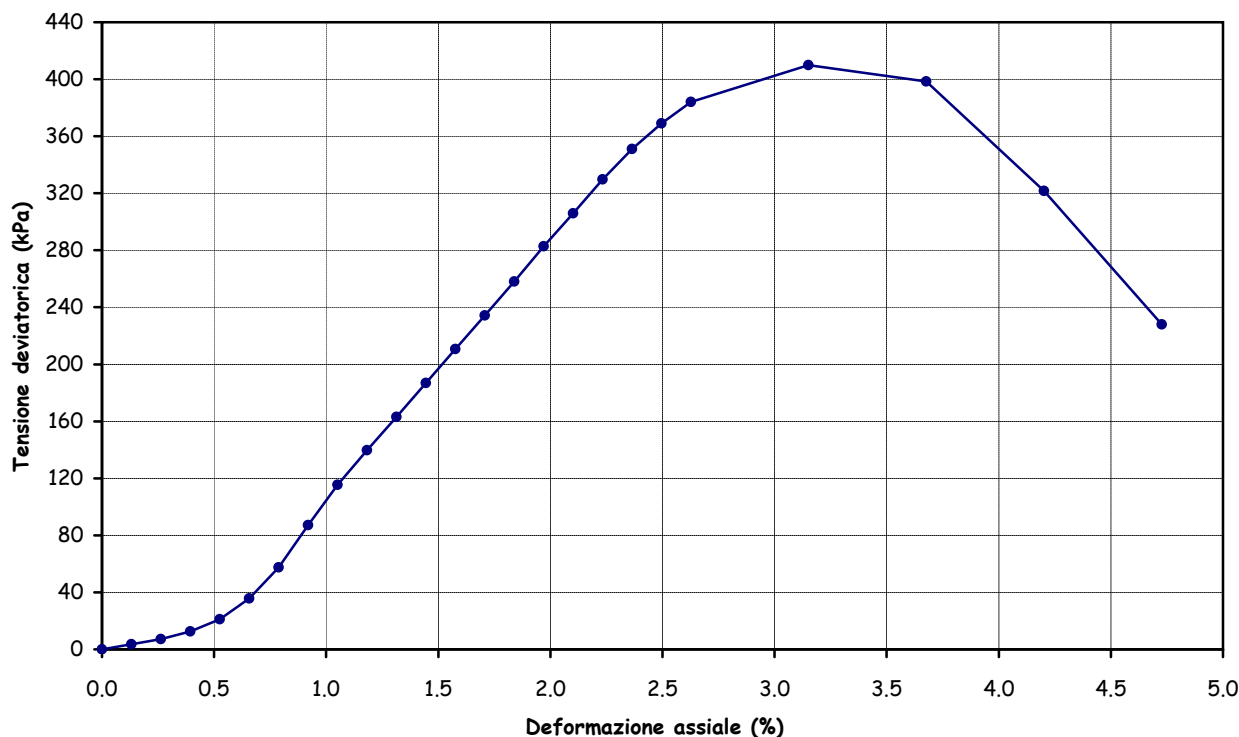
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.3	Sigma a rottura (kPa)	409.9
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.1	Coesione non drenata (kPa)	204.9
Contenuto d'acqua (%)	20.23	Modulo elastico	18635
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	3.6
0.26	7.3
0.39	12.7
0.53	21.2
0.66	35.8
0.79	57.5
0.92	87.1
1.05	115.4
1.18	139.7

ε (%)	σ (kPa)
1.31	163.1
1.44	186.9
1.58	210.6
1.71	234.2
1.84	258.1
1.97	282.9
2.10	306.0
2.23	329.7
2.36	351.1

ε (%)	σ (kPa)
2.50	369.0
2.63	384.0
3.15	409.9
3.68	398.5
4.20	321.6
4.73	227.9

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1321/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 03/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.3	20.2	20.2
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.9	21.2	21.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.9	16.7	16.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.9	16.9	17.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.59	21.21	21.47
Contenuto d'acqua finale (%)	23.84	25.38	25.38
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.00175	0.00175	0.00175
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	61.3	76.7	102.6

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	6.7	0.03	4.5	0.09	8.6
0.06	11.7	0.08	10.6	0.19	13.4
0.10	15.9	0.13	14.2	0.31	19.2
0.16	19.8	0.19	17.3	0.46	28.4
0.21	22.8	0.26	21.4	0.63	40.4
0.28	27.0	0.33	25.9	0.82	52.4
0.34	30.9	0.43	30.9	1.04	63.8
0.42	34.5	0.54	36.8	1.28	73.3
0.51	37.6	0.65	42.6	1.52	80.3
0.60	41.8	0.75	47.9	1.81	86.4
0.70	44.6	0.88	53.8	2.11	91.5
0.81	48.5	1.02	59.4	2.43	95.1
0.92	51.8	1.16	64.4	2.79	98.5
1.06	55.2	1.32	68.3	3.16	100.1
1.19	57.4	1.49	71.4	3.54	101.2
1.33	59.4	1.65	73.6	3.96	101.5
1.46	60.8	1.84	75.6	4.41	101.8
1.62	61.3	2.03	76.7	4.86	102.6
1.77	61.3	2.22	76.4	5.31	101.8
1.93	60.8	2.42	75.8	5.77	101.2
2.08	59.4	2.61	74.7	6.24	101.0

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1321/2022

CAMPIONE S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

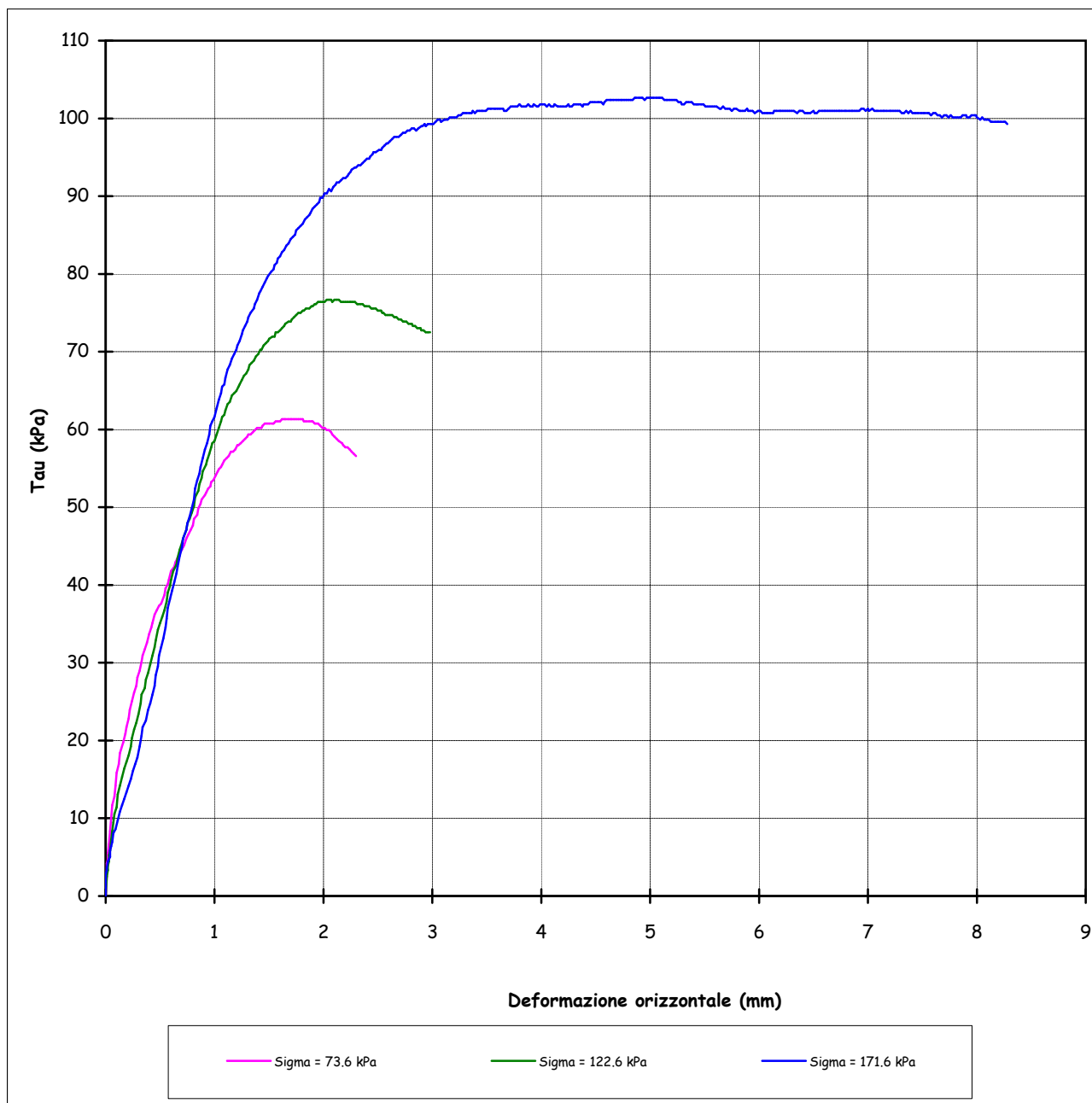
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 22/07/22 - 03/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1319-1321/2022

CAMPIONE	S2C1
Profondità metri	2.0 - 2.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	6.25
Limite liquido (%)	55
Limite plastico (%)	21
Indice di plasticità (%)	34
Indice di consistenza	1.43
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.0
Peso volume secco (kN/m ³)	16.6
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	204.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	18635
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	28.5
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22.9

Michèle Colan





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1322-1324/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 22/07/22 - 03/08/22

CAMPIONI:

S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1322/2022

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

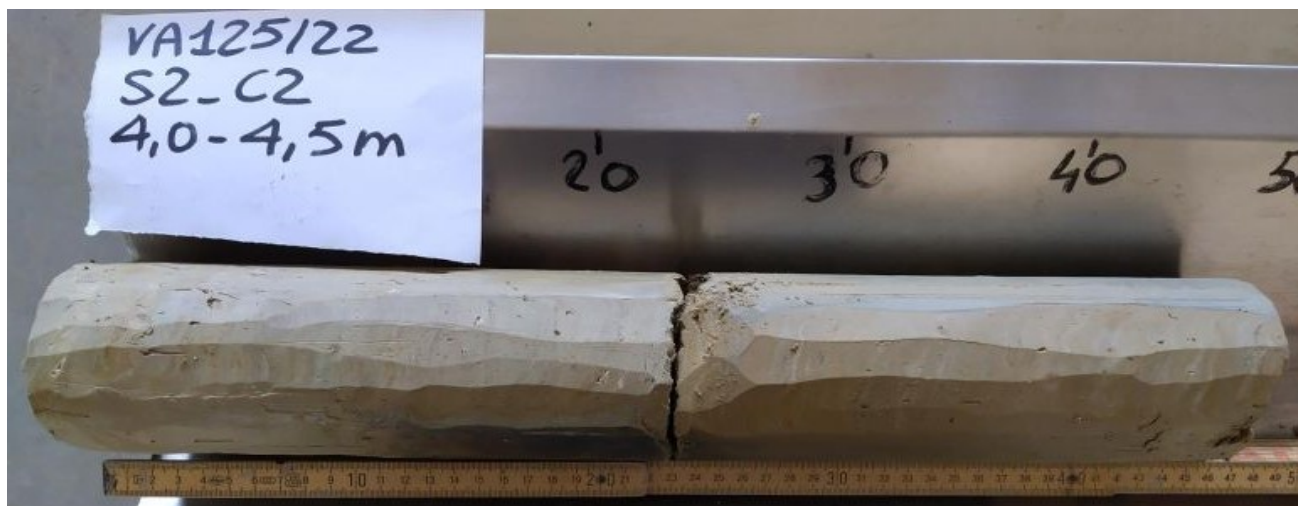
Data apertura campione: 22/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 28 cm: argilla limosa molto consistente
colore oliva pallido - marrone giallastro chiaro

28 - 46 cm: limo argilloso molto consistente (prove eseguite su questo livello)
colore marrone giallastro chiaro
prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1322/2022****CAMPIONE S2C2** profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 28/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 21.46%

Limite di liquidità (LL) = 51%

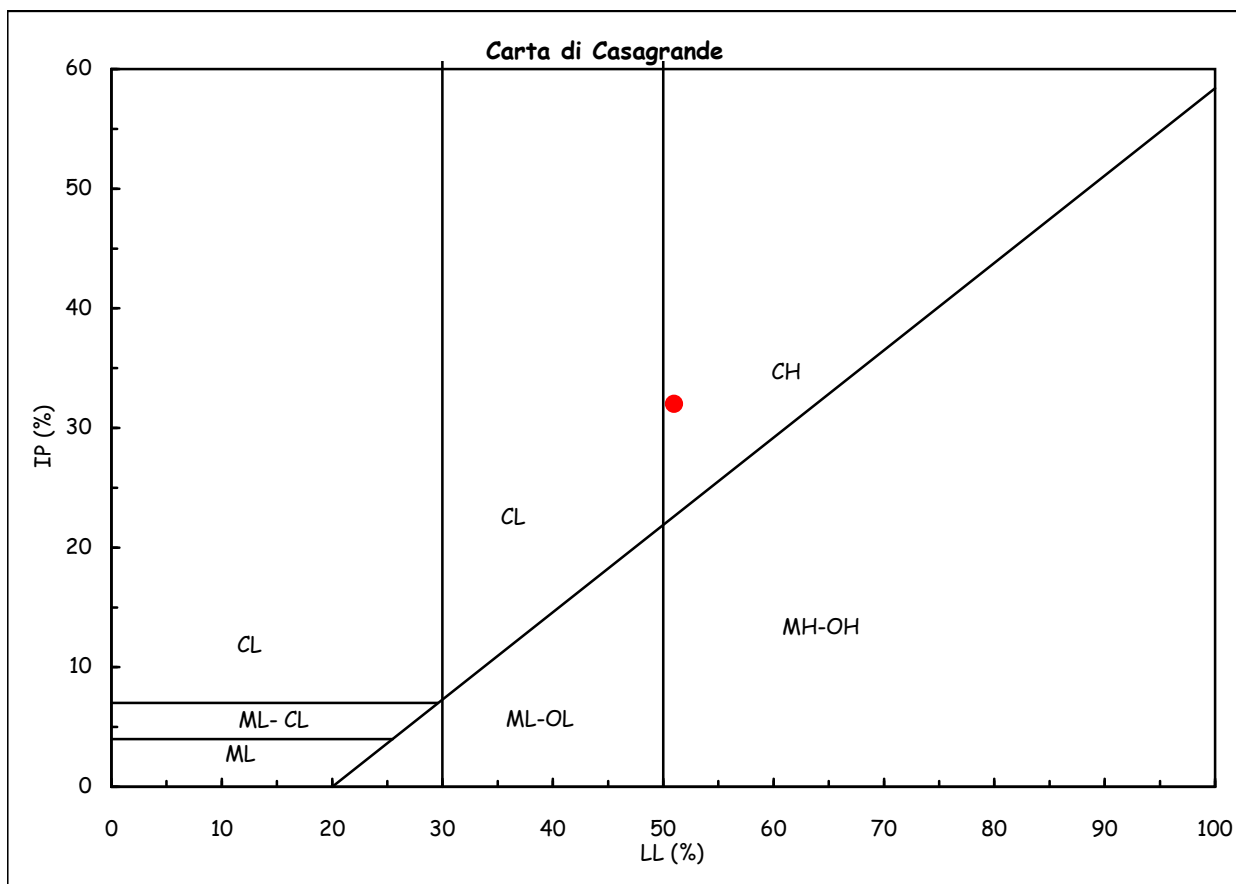
Limite di plasticità (LP) = 19%

Indice di plasticità (IP) = 32%

Indice di consistenza (Ic) = 0.92

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1323/2022****CAMPIONE S2C2** profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 25/07/22

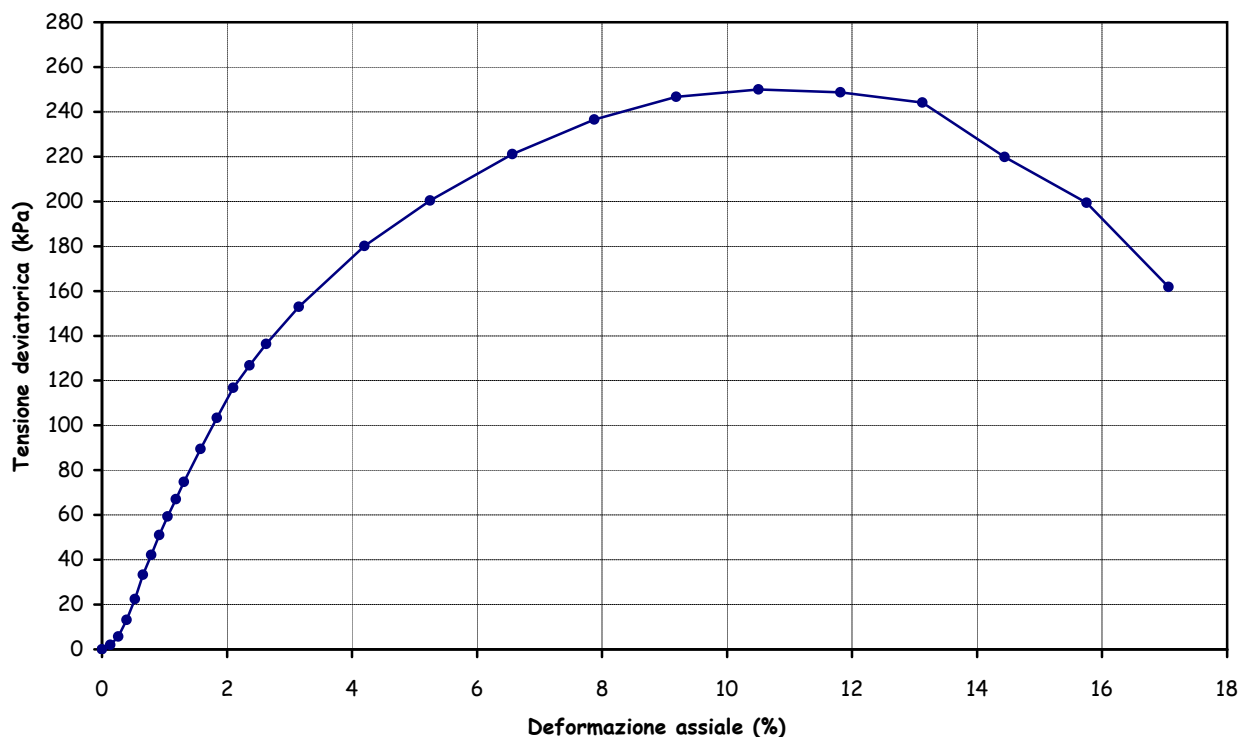
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.6	Sigma a rottura (kPa)	250.0
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.2	Coesione non drenata (kPa)	125.0
Contenuto d'acqua (%)	20.94	Modulo elastico	6722
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	2.0
0.26	5.7
0.39	13.2
0.53	22.4
0.66	33.3
0.79	42.2
0.92	51.0
1.05	59.3
1.18	67.0

ε (%)	σ (kPa)
1.31	74.8
1.58	89.4
1.84	103.4
2.10	116.8
2.36	126.8
2.63	136.3
3.15	152.9
4.20	180.2
5.25	200.5

ε (%)	σ (kPa)
6.56	221.2
7.88	236.6
9.19	246.7
10.50	250.0
11.81	248.6
13.13	244.2
14.44	219.9
15.75	199.4
17.06	161.8

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1324/2022**

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m	Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022
COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle	V.A. n. 125/22 del 27/06/22
LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)	Data prova: 25/07/22 - 03/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.2	20.2	20.1
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.7	20.8	21.0
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.7	16.5	16.4
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.7	16.8	17.0
Contenuto d'acqua iniziale (%)	21.26	21.91	22.38
Contenuto d'acqua finale (%)	23.54	23.70	24.01
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	55.0	69.2	95.7

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	16.5	0.03	11.7	0.04	27.6
0.06	21.5	0.06	23.5	0.08	42.2
0.11	27.6	0.10	32.1	0.14	54.4
0.16	33.5	0.14	36.6	0.21	62.5
0.22	38.8	0.20	44.4	0.28	67.3
0.29	42.4	0.26	48.3	0.37	70.6
0.36	45.0	0.33	51.7	0.46	74.2
0.44	46.6	0.40	54.2	0.57	78.4
0.54	48.9	0.48	56.1	0.69	82.9
0.63	50.3	0.57	58.3	0.81	86.5
0.74	51.9	0.66	60.3	0.95	89.3
0.86	53.3	0.77	62.8	1.10	91.0
0.97	53.9	0.87	64.5	1.25	92.9
1.10	53.9	0.99	65.6	1.41	94.3
1.25	54.4	1.11	66.4	1.59	94.9
1.39	54.4	1.24	67.3	1.77	94.9
1.53	54.7	1.38	68.4	1.97	95.1
1.70	55.0	1.52	69.2	2.18	95.7
1.86	54.7	1.66	69.2	2.39	95.4
2.02	53.9	1.80	69.2	2.60	95.1
2.19	52.8	1.95	68.7	2.80	94.6

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1324/2022

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

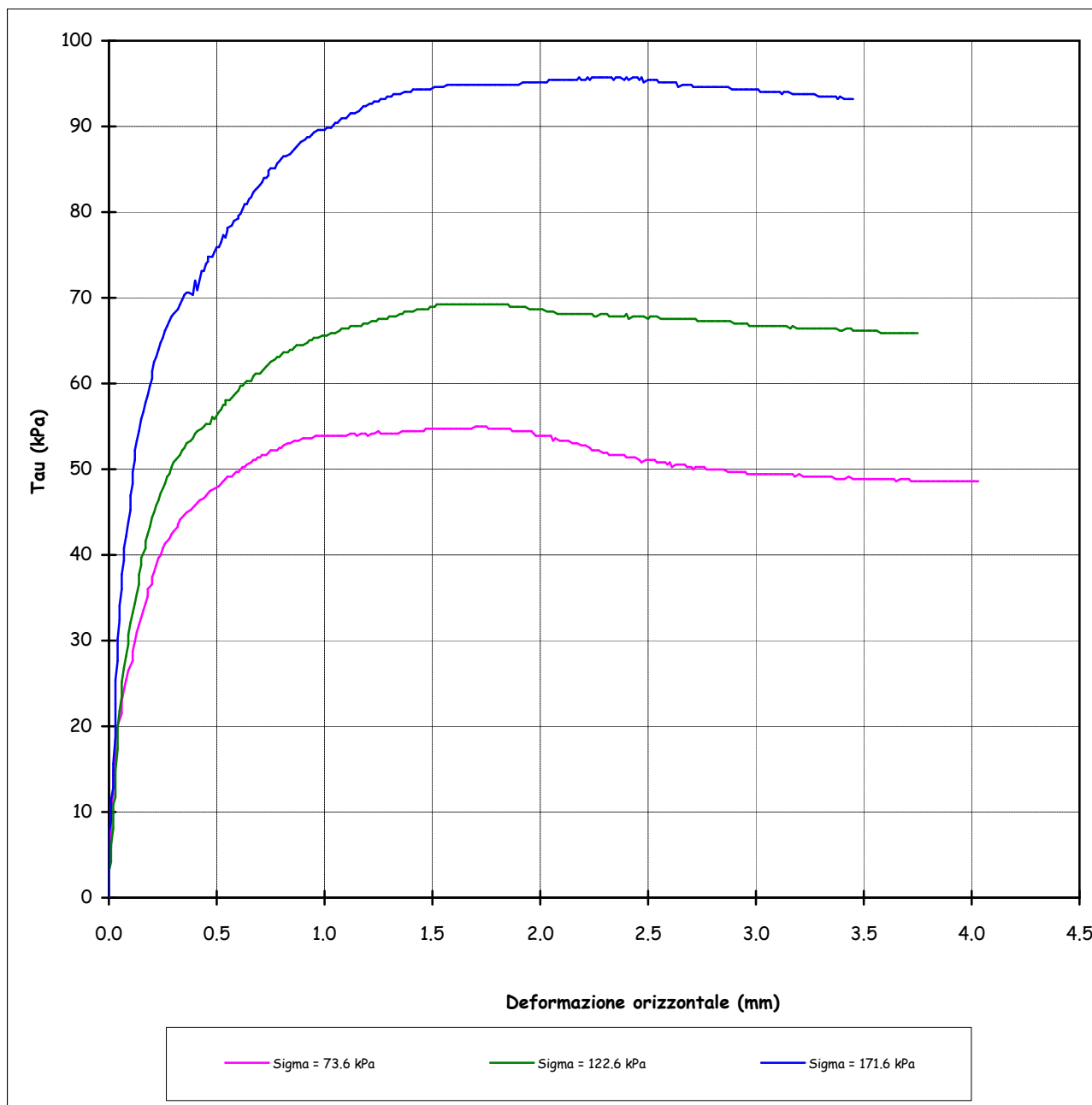
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 25/07/22 - 03/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1322-1324/2022

CAMPIONE	S2C2
Profondità metri	4.0 - 4.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	21.46
Limite liquido (%)	51
Limite plastico (%)	19
Indice di plasticità (%)	32
Indice di consistenza	0.92
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.0
Peso volume secco (kN/m ³)	16.4
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	125.0
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	6722
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	22.4
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22.6

Michela Calm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1325-1326/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 01/07/22 - 21/07/22

CAMPIONI:

S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 4 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1325/2022

CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

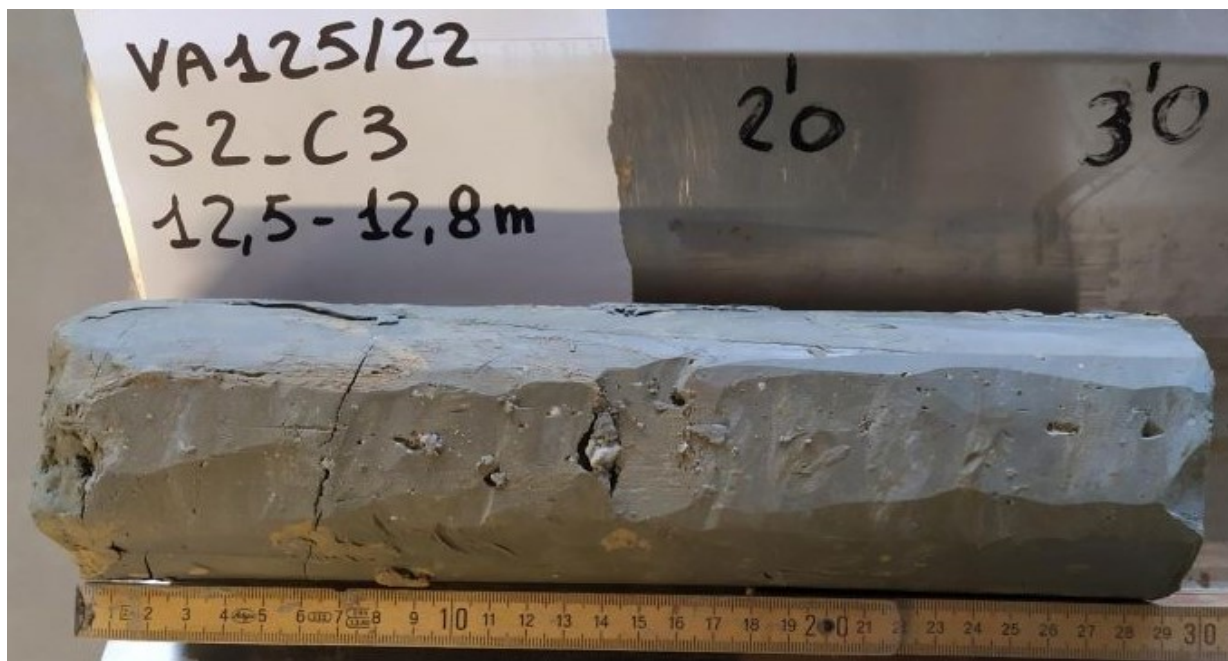
Data apertura campione: 01/07/22

Descrizione del campione

Campione semidisturbato prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 29 cm: argilla con limo dura con presenza sporadica di concrezioni carbonatiche
colore grigio oliva - oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione a disturbo limitato Q-4

n.b. prova ELL non conclusa per carico che supera la portata dell'anello dinamometrico

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1325/2022****CAMPIONE S2C3** profondità 12.5 - 12.8 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 19/07/22 - 20/07/22

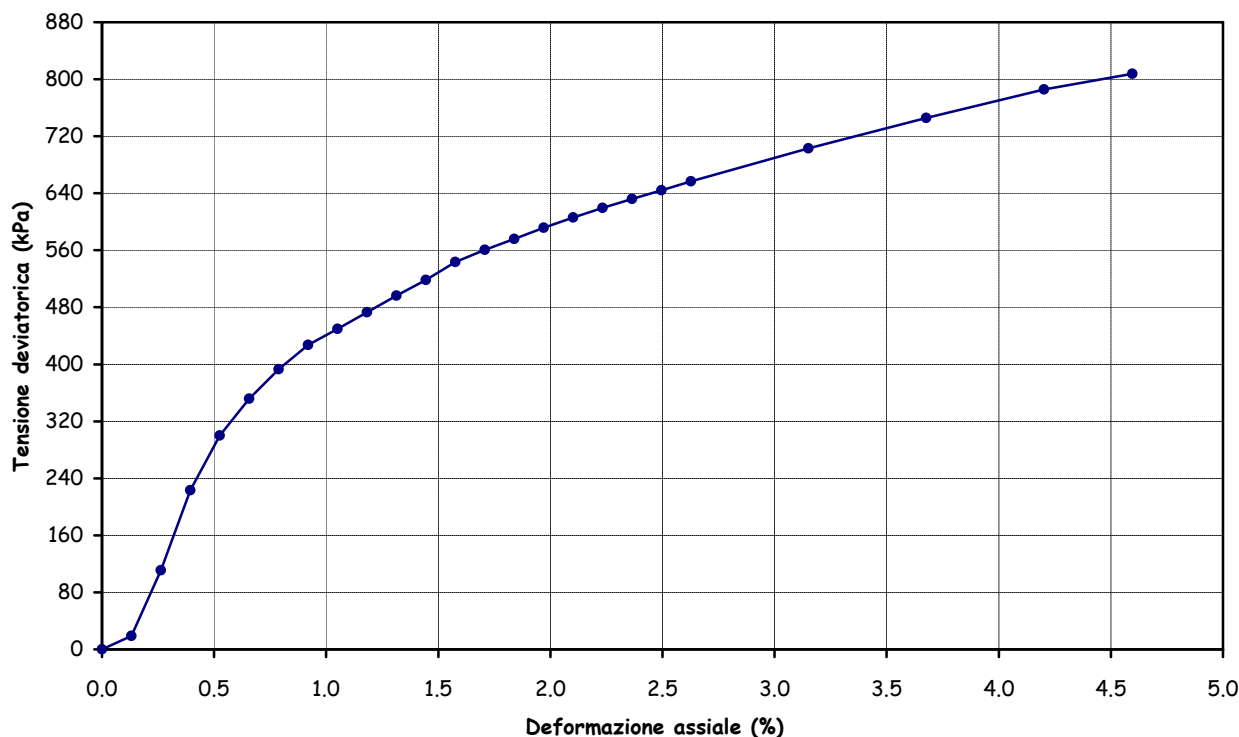
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.2	Sigma a rottura (kPa)	>	807.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	17.3	Coesione non drenata (kPa)	>	403.9
Contenuto d'acqua (%)	16.33	Modulo elastico		85340
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)		

ε (%)	σ (kPa)
0.13	19.1
0.26	111.1
0.39	223.2
0.53	300.2
0.66	351.7
0.79	393.2
0.92	427.4
1.05	449.7
1.18	473.2

ε (%)	σ (kPa)
1.31	496.2
1.44	518.5
1.58	543.5
1.71	560.5
1.84	575.7
1.97	591.5
2.10	605.8
2.23	619.6
2.36	632.2

ε (%)	σ (kPa)
2.50	644.3
2.63	656.6
3.15	702.9
3.68	745.7
4.20	785.4
4.60	807.7

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1326/2022****CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m**

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 01/07/22 - 21/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.9	20.9	20.8
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.8	21.6	22.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.5	17.7	17.4
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.7	17.7	18.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.29	18.05	19.77
Contenuto d'acqua finale (%)	23.07	21.48	24.38
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0010	0.0010	0.0010
Sigma (kPa)	122.6	183.9	245.2
Tau a rottura (kPa)	85.7	110.8	143.5

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.02	2.8	0.03	11.5	0.04	14.6
0.05	4.5	0.07	17.1	0.09	26.6
0.08	6.4	0.12	22.9	0.15	36.9
0.13	9.5	0.18	27.4	0.22	46.4
0.17	13.4	0.26	32.7	0.31	58.4
0.23	20.7	0.33	38.6	0.40	68.7
0.29	25.7	0.41	43.1	0.51	79.9
0.36	31.3	0.51	51.4	0.62	89.4
0.43	36.6	0.61	61.5	0.75	100.2
0.52	43.1	0.72	71.8	0.88	109.2
0.61	49.2	0.84	81.6	1.03	117.0
0.71	56.7	0.97	91.0	1.19	122.6
0.82	64.0	1.12	98.8	1.36	127.9
0.92	69.8	1.26	104.4	1.53	132.6
1.04	76.0	1.42	108.1	1.73	136.5
1.17	81.6	1.58	110.0	1.93	139.0
1.30	84.1	1.76	110.0	2.14	141.5
1.44	85.7	1.94	110.8	2.37	143.5
1.58	84.9	2.12	108.3	2.59	142.9
1.72	83.5	2.31	106.4	2.82	139.3
1.86	82.1	2.49	105.0	3.05	136.2

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1326/2022

CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

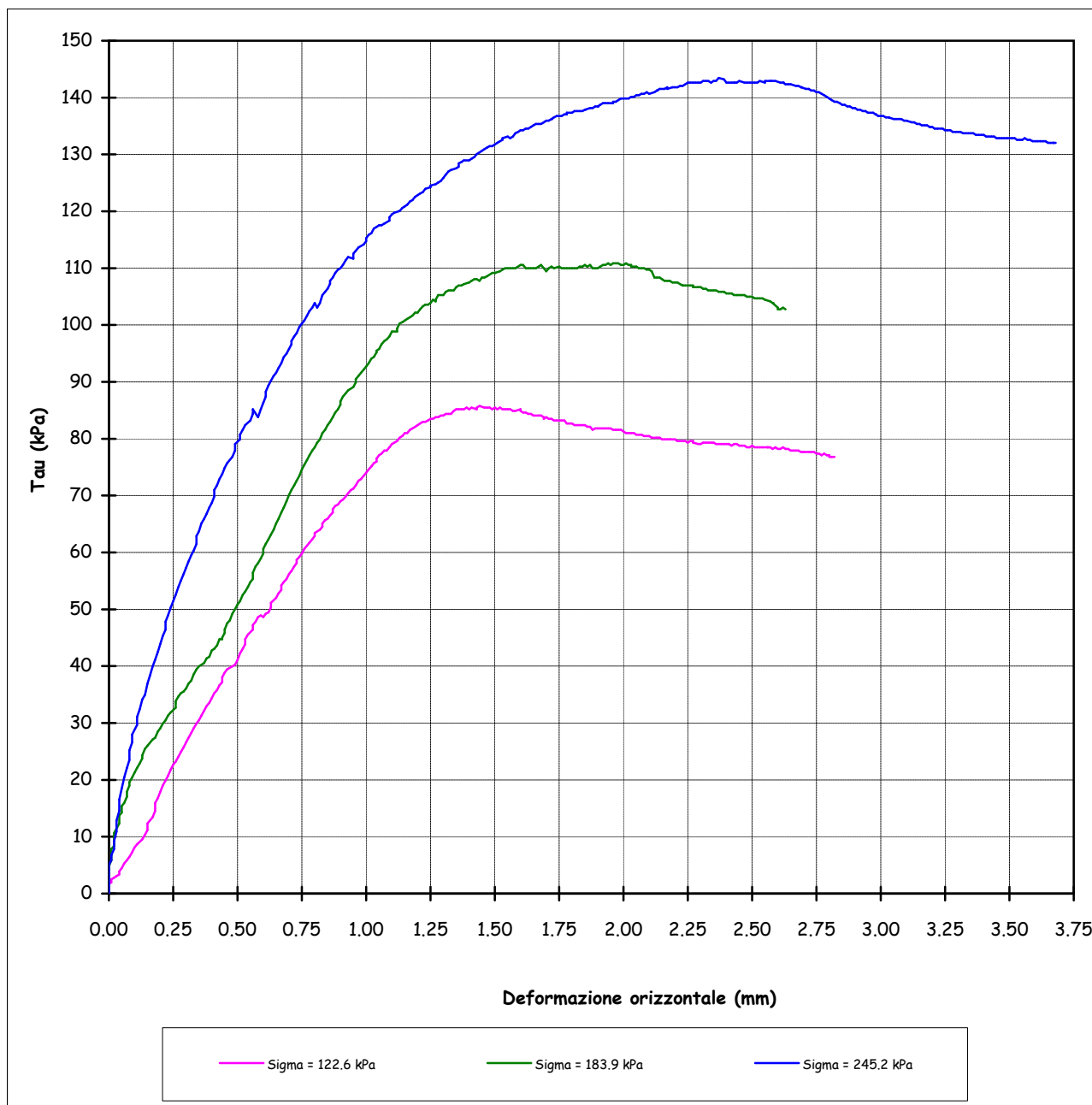
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 01/07/22 - 21/07/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1325-1326/2022

CAMPIONE	S2C3
Profondità metri	12.5 - 12.8
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.7
Peso volume secco (kN/m ³)	17.5
Umidità naturale (%)	18.36
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	403.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	85340
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	26.8
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	25.2

Michele Colm



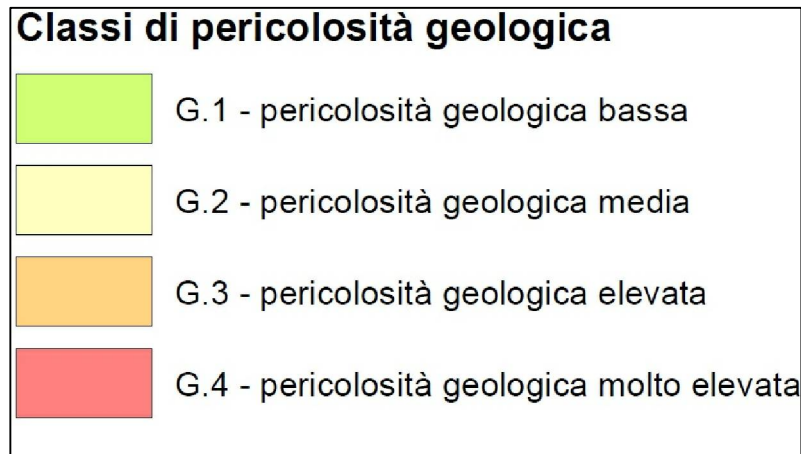
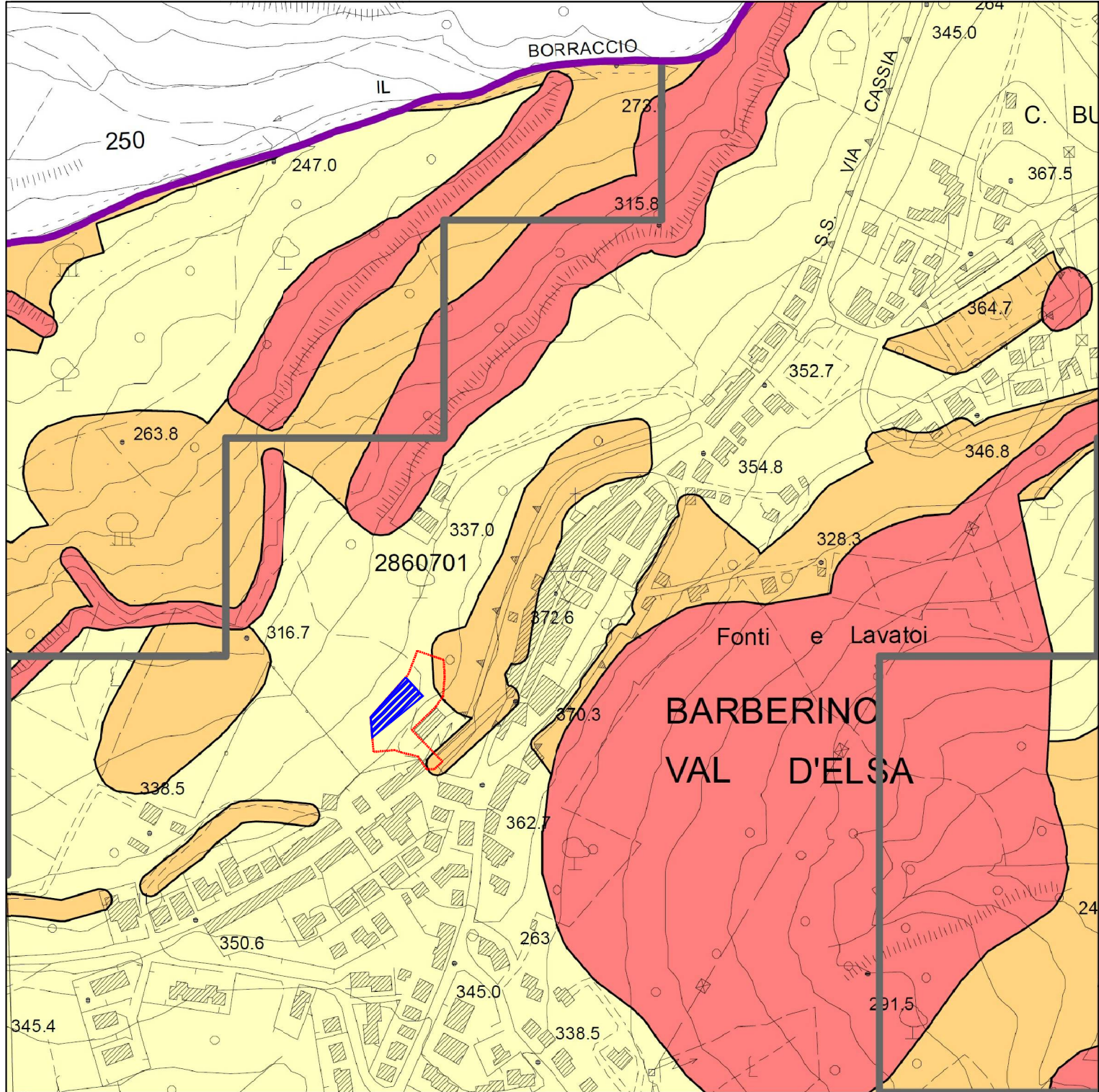
CARTOGRAFIA VARIANTE

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
scala 1:5.000

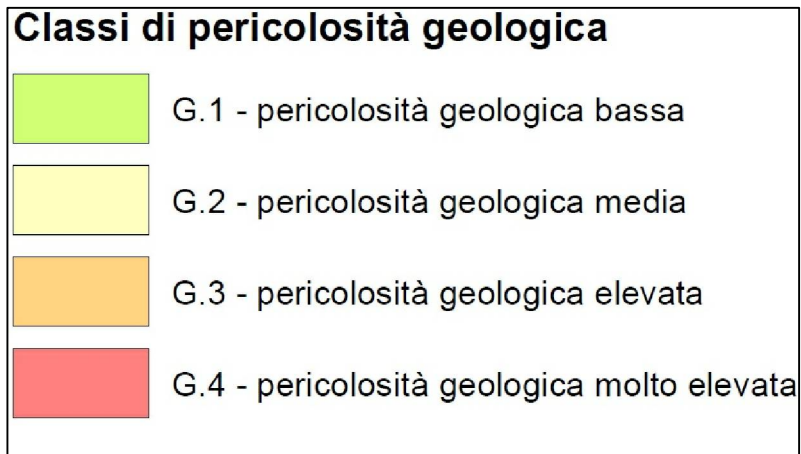
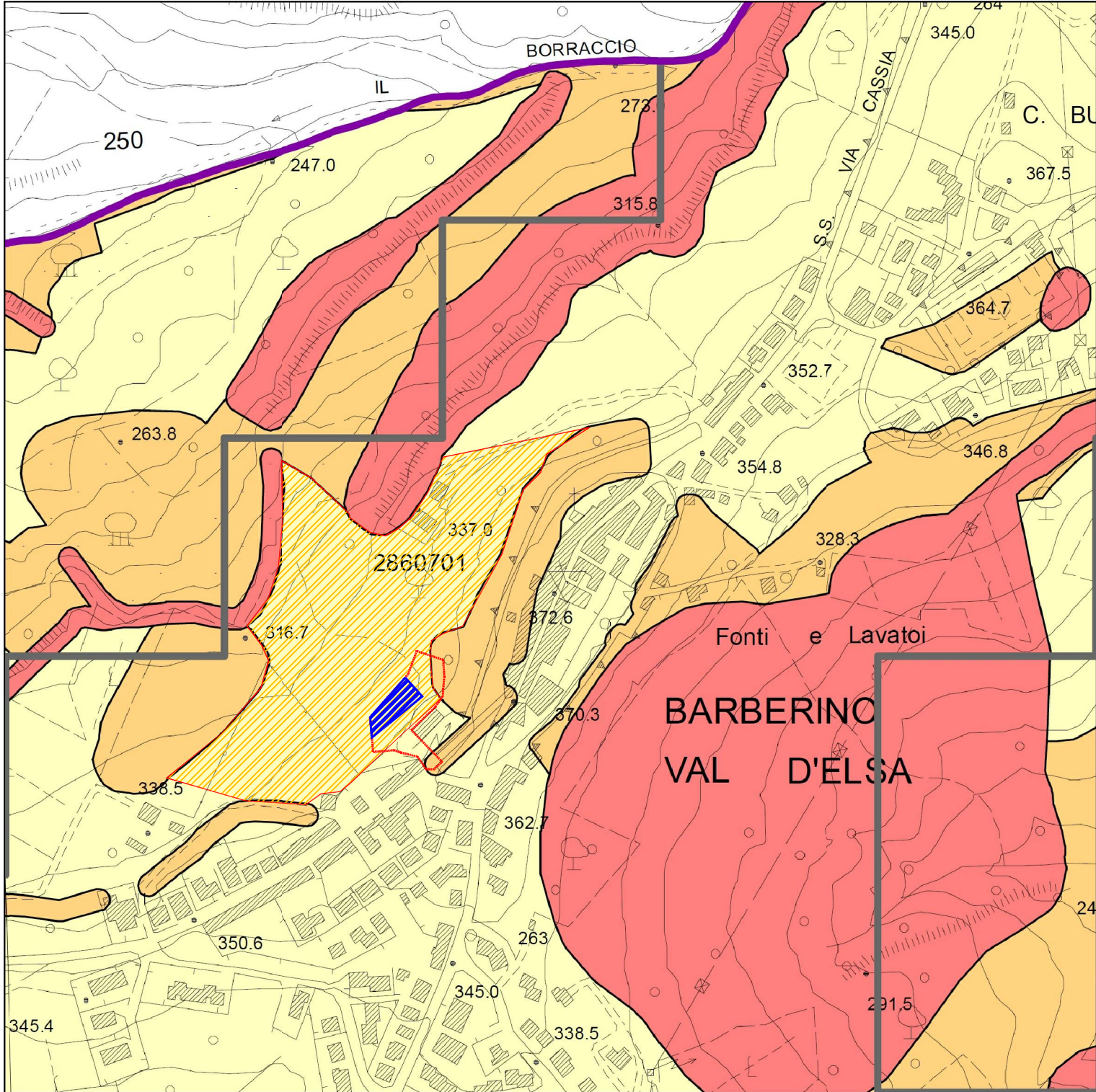
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO SOVRAPPOSTO

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO MODIFICATO

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO ATTUALE
ESTRATTO DA TAV. G03est

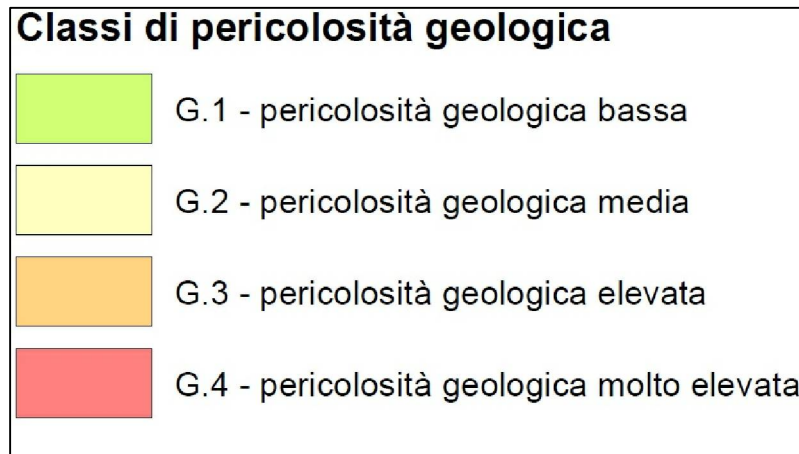
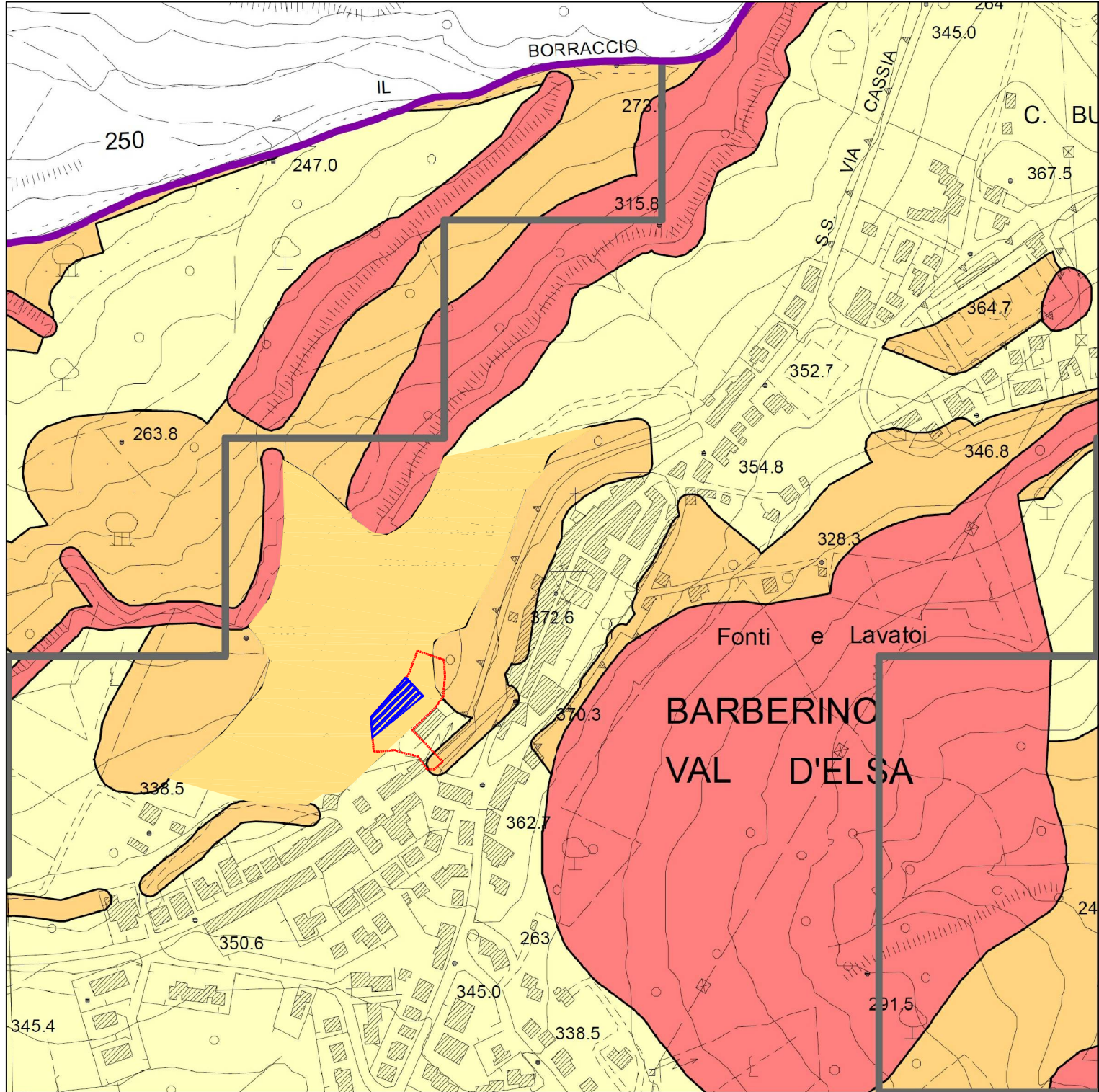


area oggetto di variante urbanistica



area oggetto di variante urbanistica

Pericolosità Geologica G3 variata

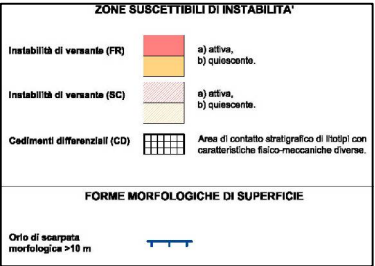
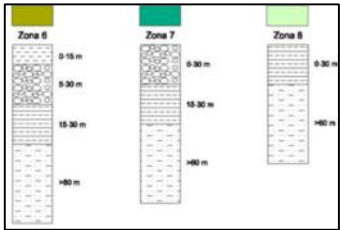
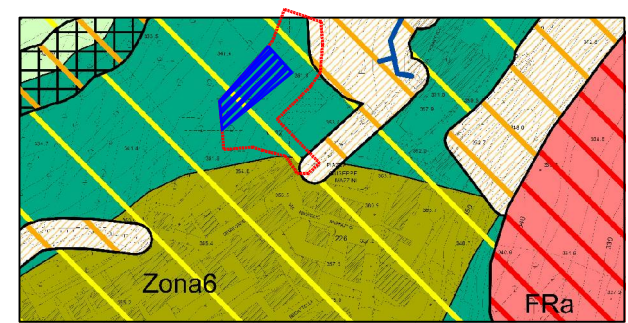


area oggetto di variante urbanistica

Pericolosità Geologica G3 variata

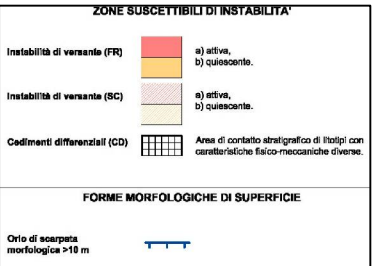
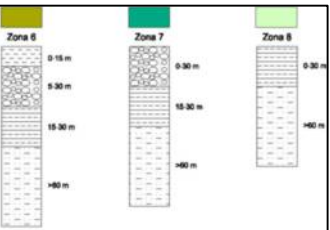
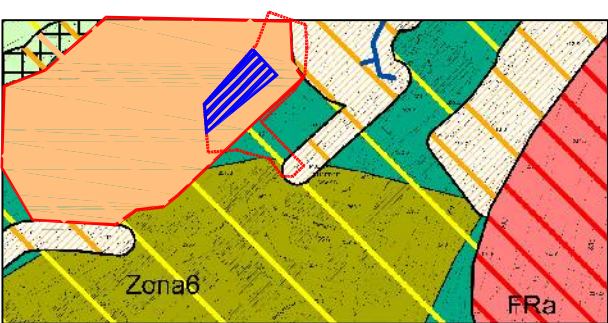
PERICOLOSITÀ SISMICA

PERICOLOSITÀ SISMICA
STATO ATTUALE
ESTRATTO DA TAV. G05A



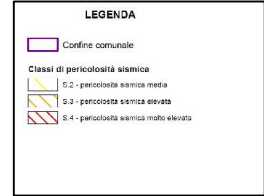
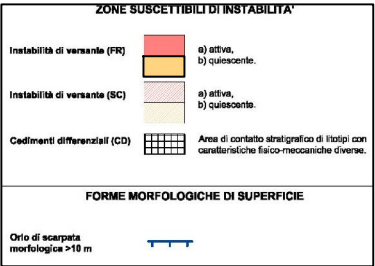
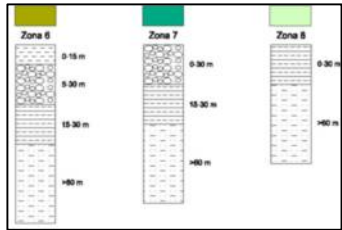
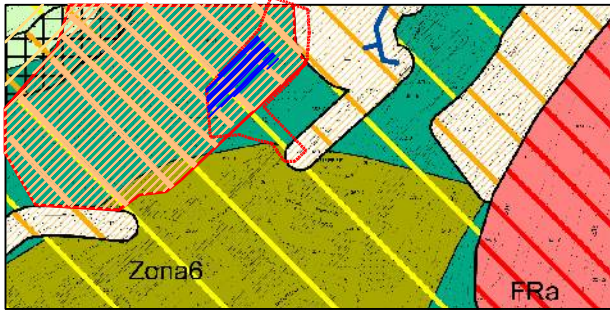
area interessata da variante urbanistica

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO SOVRAPPOSTO



area interessata da variante urbanistica

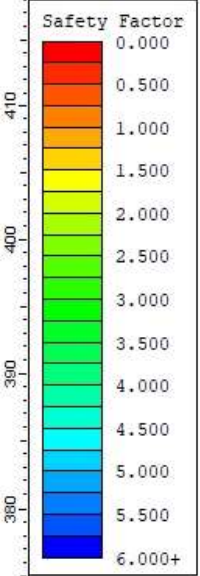
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
STATO MODIFICATO






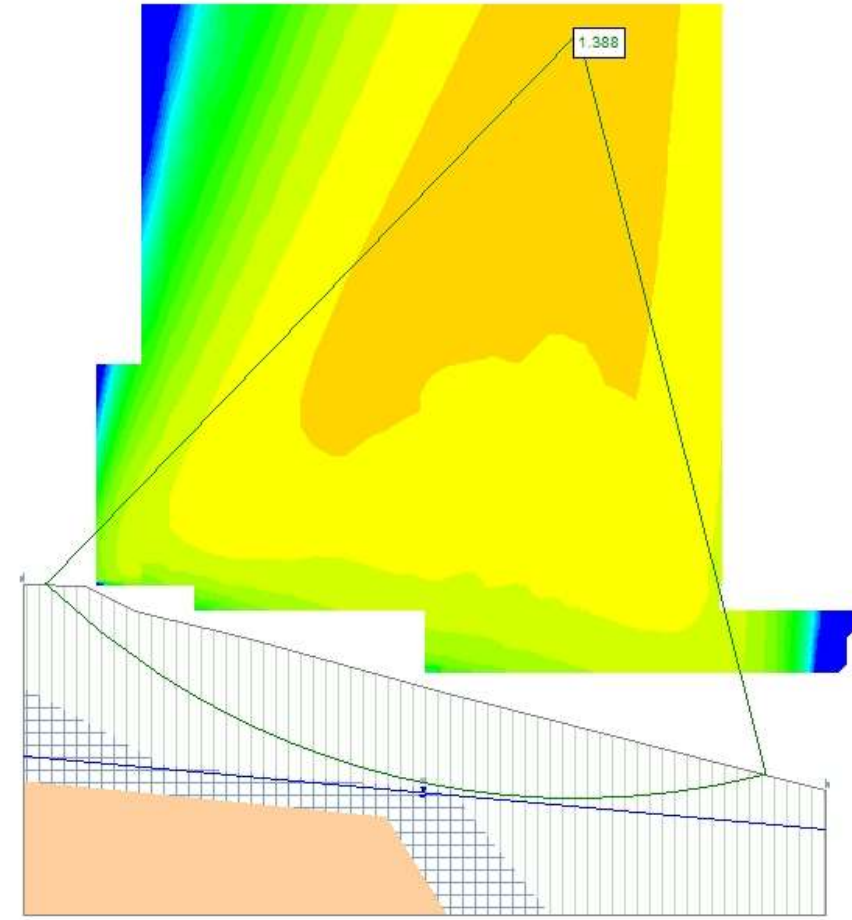
area interessata da variante urbanistica

Nell'area di variante (e nell'area circostante) è stata individuata una litologia come nella zona 6 inoltre viene attribuita una pericolosità sismica 3

**ANALISI DI STABILITA'
DI UNA SEZIONE DEL PENDIO
OGGETTO DI VARIANTE
PROFILO TOPOGRAFICO PS2**



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu	Ru
ghiaia		20	Mohr-Coulomb	1	31	Water Surface	Custom	1	
argilla limosa		15.7	Mohr-Coulomb	7.7	20	None			0
limo argilloso grigio		20	Mohr-Coulomb	13	22	None			0



Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: PROFILO ATTUALE.slim
Slide Modeler Version: 6.037
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/12/2022, 10:12:32

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: NTC2018_SEISMIC

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used


Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Janbu corrected
Ordinary/Fellenius
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.057
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.028

Material Properties

Property	ghiaia	argilla limosa	limo argilloso grigio
Color	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	15.7	20
Cohesion [kPa]	1	7.7	13
Friction Angle [deg]	31	20	22
Water Surface	Water Table	None	None
Hu Value	1		
Ru Value		0	0

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

FS: 1.392000
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=99483.7 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Total Slice Area=268.182 m2

Method: bishop simplified


FS: 1.445050
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103275 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Total Slice Area=268.182 m2

Method: janbu simplified

FS: 1.387550
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Horizontal Force=1697.22 kN
Driving Horizontal Force=1223.17 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: janbu corrected

FS: 1.461290
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042

 <small>SLIDEINTERPRET 6.037</small>	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim

Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Horizontal Force=1787.41 kN
Driving Horizontal Force=1223.17 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: spencer

FS: 1.444080
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103206 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=1704.98 kN
Driving Horizontal Force=1180.66 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.443760
Center: 41.602, 398.172
Radius: 57.146
Left Slip Surface Endpoint: 1.928, 357.042
Right Slip Surface Endpoint: 55.708, 342.794
Resisting Moment=103183 kN-m
Driving Moment=71468.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=1704.94 kN
Driving Horizontal Force=1180.9 kN
Total Slice Area=268.182 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: ordinary/fellenius

Number of Valid Surfaces: 17300
Number of Invalid Surfaces: 2808

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 57 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 17300
Number of Invalid Surfaces: 2808

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 57 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: janbu simplified


Number of Valid Surfaces: 16929
Number of Invalid Surfaces: 3179

Error Codes:

Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -103 reported for 863 surfaces
Error Code -106 reported for 9 surfaces
Error Code -108 reported for 428 surfaces
Error Code -114 reported for 1113 surfaces
Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 16929
Number of Invalid Surfaces: 3179

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project				
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program				
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 428 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 15074
Number of Invalid Surfaces: 5034

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 636 surfaces
- Error Code -111 reported for 1647 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 15080
Number of Invalid Surfaces: 5028

Error Codes:

- Error Code -102 reported for 18 surfaces
- Error Code -103 reported for 863 surfaces
- Error Code -106 reported for 9 surfaces
- Error Code -108 reported for 555 surfaces
- Error Code -111 reported for 1722 surfaces
- Error Code -114 reported for 1113 surfaces
- Error Code -1000 reported for 748 surfaces

Error Codes

- The following errors were encountered during the computation:
- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
 - 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
 - 106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
 - 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
 - 111 = safety factor equation did not converge
 - 114 = Surface with Reverse Curvature.
 - 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.392

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.92833	9.64424	7.99152	0	7.99152
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	10.6527	14.8285	23.6596	0	23.6596
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	12.6374	17.5912	32.009	0	32.009
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	14.8505	20.6719	41.3194	0	41.3194
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	17.8076	24.7882	53.7598	0	53.7598
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	20.6186	28.7011	65.5854	0	65.5854
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.2235	32.3271	76.5442	0	76.5442
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.437	35.4083	85.8565	0	85.8565
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.2555	37.9396	93.5063	0	93.5063
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.7876	40.0723	99.9518	0	99.9518
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	29.9882	41.7436	105.003	0	105.003
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	30.8103	42.888	108.462	0	108.462
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	31.2389	43.4845	110.264	0	110.264
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	31.2657	43.5219	110.377	0	110.377
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.9355	43.0622	108.988	0	108.988
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	30.2163	42.0611	105.962	0	105.962
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	29.0894	40.4924	101.221	0	101.221


18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.5607	38.3645	94.7905	0	94.7905
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.6406	35.6917	86.7131	0	86.7131
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.3432	32.4938	77.0481	0	77.0481
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.6869	28.7962	65.873	0	65.873
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.6939	24.6299	53.2818	0	53.2818
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.3907	20.0319	39.3855	0	39.3855
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	10.8081	15.0449	24.3136	0	24.3136
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	6.98109	9.71768	8.21345	0	8.21345

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44505

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.8182	9.85264	8.62131	0	8.62131
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.9315	17.2416	30.9525	0	30.9525
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	14.1304	20.4191	40.5556	0	40.5556
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.4178	23.7246	50.5453	0	50.5453
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	19.4231	28.0674	63.6705	0	63.6705
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	22.0675	31.8886	75.2192	0	75.2192
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	24.357	35.1971	85.218	0	85.218
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	26.1545	37.7946	93.0682	0	93.0682
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.518	39.7649	99.023	0	99.023
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.6044	41.3348	103.767	0	103.767
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	29.3965	42.4794	107.227	0	107.227
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.8707	43.1646	109.298	0	109.298
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	30.0299	43.3947	109.993	0	109.993
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	29.8779	43.1751	109.329	0	109.329
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.463	42.5755	107.517	0	107.517
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	28.7544	41.5516	104.422	0	104.422
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	27.7294	40.0703	99.9458	0	99.9458
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	26.3833	38.1252	94.0676	0	94.0676
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	24.7105	35.7079	86.7619	0	86.7619
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	22.7031	32.8071	77.9947	0	77.9947
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.3515	29.4089	67.7246	0	67.7246
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.644	25.4964	55.9005	0	55.9005
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.5663	21.049	42.4593	0	42.4593
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.1014	16.0421	27.3272	0	27.3272
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.22882	10.446	10.4146	0	10.4146

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38755

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	7.04623	9.77699	8.39269	0	8.39269
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	12.3381	17.1197	30.584	0	30.584
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	14.62	20.286	40.1533	0	40.1533
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.9956	23.5822	50.1153	0	50.1153
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	20.1164	27.9125	63.2024	0	63.2024
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	22.8657	31.7273	74.7313	0	74.7313
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	25.2492	35.0345	84.7264	0	84.7264
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	27.1239	37.6358	92.5883	0	92.5883
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	28.5497	39.6141	98.5669	0	98.5669
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	29.6886	41.1944	103.343	0	103.343
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	30.5225	42.3515	106.84	0	106.84
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	31.0268	43.0512	108.955	0	108.955
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	31.204	43.2971	109.698	0	109.698
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	31.0577	43.0941	109.085	0	109.085
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.6379	42.5116	107.324	0	107.324
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.9123	41.5048	104.281	0	104.281
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	28.8568	40.0403	99.8554	0	99.8554
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.4666	38.1113	94.0253	0	94.0253
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.7351	35.7087	86.7642	0	86.7642
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.6538	32.8208	78.0361	0	78.0361
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.2123	29.4331	67.7978	0	67.7978
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.398	25.5281	55.9961	0	55.9961
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.1953	21.0843	42.5658	0	42.5658
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.586	16.0761	27.4301	0	27.4301
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.54789	10.4731	10.4965	0	10.4965

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name
			PROFILO ATTUALE.slim

SLIDEINTERPRET 6.037

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.46129


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.69066	9.77699	8.39269	0	8.39269
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.7155	17.1197	30.584	0	30.584
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.8823	20.286	40.1533	0	40.1533
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	16.1379	23.5822	50.1153	0	50.1153
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	19.1013	27.9125	63.2024	0	63.2024
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	21.7118	31.7273	74.7313	0	74.7313
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.975	35.0345	84.7264	0	84.7264
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.7552	37.6358	92.5883	0	92.5883
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	27.109	39.6141	98.5669	0	98.5669
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	28.1904	41.1944	103.343	0	103.343
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.9823	42.3515	106.84	0	106.84
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.4611	43.0512	108.955	0	108.955
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.6294	43.2971	109.698	0	109.698
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	29.4905	43.0941	109.085	0	109.085
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.0918	42.5116	107.324	0	107.324
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	28.4028	41.5048	104.281	0	104.281
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	27.4007	40.0403	99.8554	0	99.8554
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	26.0806	38.1113	94.0253	0	94.0253
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	24.4364	35.7087	86.7642	0	86.7642
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	22.4602	32.8208	78.0361	0	78.0361
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	20.1419	29.4331	67.7978	0	67.7978
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	17.4696	25.5281	55.9961	0	55.9961
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	14.4286	21.0843	42.5658	0	42.5658
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.0013	16.0761	27.4301	0	27.4301
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.16701	10.4731	10.4965	0	10.4965

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.44408

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.74804	9.74471	8.29512	0	8.29512
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.3382	16.3732	28.328	0	28.328
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.3986	19.3487	37.3203	0	37.3203
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	15.5779	22.4958	46.8318	0	46.8318
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	18.4563	26.6524	59.3943	0	59.3943
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	21.049	30.3964	70.7094	0	70.7094
7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	23.3511	33.7208	80.7561	0	80.7561
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	25.2231	36.4242	88.9265	0	88.9265
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	26.7086	38.5693	95.4098	0	95.4098
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	27.9481	40.3593	100.819	0	100.819
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.919	41.7613	105.056	0	105.056
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.5916	42.7326	107.992	0	107.992
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.9619	43.2674	109.608	0	109.608
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	30.0269	43.3612	109.891	0	109.891
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	29.8278	43.0738	109.023	0	109.023
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.3279	42.3519	106.841	0	106.841
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	28.4967	41.1515	103.213	0	103.213
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	27.3215	39.4544	98.0847	0	98.0847
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	25.7873	37.2389	91.3891	0	91.3891
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	23.8764	34.4795	83.0493	0	83.0493
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.5678	31.1456	72.9733	0	72.9733
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.8364	27.2013	61.053	0	61.053
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.6526	22.6036	47.1579	0	47.1579
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.981	17.3015	31.1333	0	31.1333
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.87192	11.3677	13.2001	0	13.2001

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.44376

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	2.15118	32.4159	argilla limosa	7.7	20	6.80964	9.83149	8.5574	0	8.5574
2	2.15118	87.5111	argilla limosa	7.7	20	11.7299	16.9351	30.0262	0	30.0262
3	2.15118	109.266	argilla limosa	7.7	20	13.685	19.7579	38.5573	0	38.5573
4	2.15118	131.476	argilla limosa	7.7	20	15.7091	22.6801	47.3887	0	47.3887
5	2.15118	160.797	argilla limosa	7.7	20	18.4222	26.5973	59.2273	0	59.2273
6	2.15118	185.734	argilla limosa	7.7	20	20.8269	30.0691	69.7201	0	69.7201

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
SLIDEINTERPRET 6.037	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name PROFILO ATTUALE.slim

7	2.15118	206.535	argilla limosa	7.7	20	22.9625	33.1523	79.0379	0	79.0379
8	2.15118	221.959	argilla limosa	7.7	20	24.7202	35.6901	86.7078	0	86.7078
9	2.15118	232.771	argilla limosa	7.7	20	26.1639	37.7744	93.0071	0	93.0071
10	2.15118	240.673	argilla limosa	7.7	20	27.4403	39.6172	98.5765	0	98.5765
11	2.15118	245.574	argilla limosa	7.7	20	28.5221	41.179	103.297	0	103.297
12	2.15118	247.324	argilla limosa	7.7	20	29.3669	42.3987	106.983	0	106.983
13	2.15118	246.029	argilla limosa	7.7	20	29.9499	43.2404	109.527	0	109.527
14	2.15118	241.799	argilla limosa	7.7	20	30.2413	43.6612	110.798	0	110.798
15	2.15118	235.163	argilla limosa	7.7	20	30.2529	43.6779	110.849	0	110.849
16	2.15118	225.887	argilla limosa	7.7	20	29.9176	43.1939	109.386	0	109.386
17	2.15118	213.823	argilla limosa	7.7	20	29.1785	42.1268	106.161	0	106.161
18	2.15118	199	argilla limosa	7.7	20	28.0038	40.4307	101.035	0	101.035
19	2.15118	181.433	argilla limosa	7.7	20	26.3705	38.0727	93.9086	0	93.9086
20	2.15118	161.13	argilla limosa	7.7	20	24.2682	35.0374	84.7354	0	84.7354
21	2.15118	138.082	argilla limosa	7.7	20	21.7001	31.3298	73.5299	0	73.5299
22	2.15118	112.273	argilla limosa	7.7	20	18.6845	26.976	60.3719	0	60.3719
23	2.15118	83.6699	argilla limosa	7.7	20	15.2536	22.0226	45.4018	0	45.4018
24	2.15118	52.2309	argilla limosa	7.7	20	11.4509	16.5323	28.8087	0	28.8087
25	2.15118	17.898	argilla limosa	7.7	20	7.32645	10.5776	10.8124	0	10.8124


Interslice Data

Global Minimum Query (ordinary/fellenius) - Safety Factor: 1.392

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	0	0	0
3	6.23072	353.288	0	0	0
4	8.3819	351.674	0	0	0
5	10.5331	350.209	0	0	0
6	12.6843	348.883	0	0	0
7	14.8354	347.682	0	0	0
8	16.9866	346.599	0	0	0
9	19.1378	345.626	0	0	0
10	21.289	344.758	0	0	0
11	23.4402	343.989	0	0	0
12	25.5914	343.315	0	0	0
13	27.7425	342.732	0	0	0
14	29.8937	342.238	0	0	0
15	32.0449	341.831	0	0	0
16	34.1961	341.508	0	0	0
17	36.3473	341.268	0	0	0
18	38.4984	341.11	0	0	0
19	40.6496	341.034	0	0	0
20	42.8008	341.039	0	0	0
21	44.952	341.124	0	0	0
22	47.1032	341.292	0	0	0
23	49.2544	341.541	0	0	0
24	51.4055	341.873	0	0	0
25	53.5567	342.291	0	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44505

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	4.18586	0	0
3	6.23072	353.288	38.6852	0	0
4	8.3819	351.674	80.0175	0	0
5	10.5331	350.209	126.216	0	0
6	12.6843	348.883	178.105	0	0
7	14.8354	347.682	231.549	0	0
8	16.9866	346.599	283.244	0	0
9	19.1378	345.626	330.192	0	0
10	21.289	344.758	370.294	0	0
11	23.4402	343.989	402.334	0	0

	Project	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description			
	Drawn By	Scale	Company	
	Date	01/12/2022, 10:12:32	File Name	PROFILO ATTUALE.slim


12	25.5914	343.315	425.418	0	0
13	27.7425	342.732	438.967	0	0
14	29.8937	342.238	442.746	0	0
15	32.0449	341.831	436.837	0	0
16	34.1961	341.508	421.615	0	0
17	36.3473	341.268	397.711	0	0
18	38.4984	341.11	366.049	0	0
19	40.6496	341.034	327.855	0	0
20	42.8008	341.039	284.667	0	0
21	44.952	341.124	238.356	0	0
22	47.1032	341.292	191.153	0	0
23	49.2544	341.541	145.684	0	0
24	51.4055	341.873	105.017	0	0
25	53.5567	342.291	72.7248	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38755

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.24722	0	0
3	6.23072	353.288	36.2199	0	0
4	8.3819	351.674	75.8549	0	0
5	10.5331	350.209	120.187	0	0
6	12.6843	348.883	169.971	0	0
7	14.8354	347.682	221.122	0	0
8	16.9866	346.599	270.374	0	0
9	19.1378	345.626	314.781	0	0
10	21.289	344.758	352.278	0	0
11	23.4402	343.989	381.671	0	0
12	25.5914	343.315	402.083	0	0
13	27.7425	342.732	412.958	0	0
14	29.8937	342.238	414.078	0	0
15	32.0449	341.831	405.543	0	0
16	34.1961	341.508	387.742	0	0
17	36.3473	341.268	361.325	0	0
18	38.4984	341.11	327.235	0	0
19	40.6496	341.034	286.718	0	0
20	42.8008	341.039	241.336	0	0
21	44.952	341.124	192.985	0	0
22	47.1032	341.292	143.926	0	0
23	49.2544	341.541	96.818	0	0
24	51.4055	341.873	54.7689	0	0
25	53.5567	342.291	21.3954	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.46129

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.24722	0	0
3	6.23072	353.288	36.2199	0	0
4	8.3819	351.674	75.8549	0	0
5	10.5331	350.209	120.187	0	0
6	12.6843	348.883	169.971	0	0
7	14.8354	347.682	221.122	0	0
8	16.9866	346.599	270.374	0	0
9	19.1378	345.626	314.781	0	0
10	21.289	344.758	352.278	0	0
11	23.4402	343.989	381.671	0	0
12	25.5914	343.315	402.083	0	0
13	27.7425	342.732	412.958	0	0
14	29.8937	342.238	414.078	0	0
15	32.0449	341.831	405.543	0	0
16	34.1961	341.508	387.742	0	0
17	36.3473	341.268	361.325	0	0
18	38.4984	341.11	327.235	0	0

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale	Company		
	Date		01/12/2022, 10:12:32		File Name	PROFILO ATTUALE.slim


19	40.6496	341.034	286.718	0	0
20	42.8008	341.039	241.336	0	0
21	44.952	341.124	192.985	0	0
22	47.1032	341.292	143.926	0	0
23	49.2544	341.541	96.818	0	0
24	51.4055	341.873	54.7689	0	0
25	53.5567	342.291	21.3954	0	0
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.44408

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	3.67576	0.805113	12.3546
3	6.23072	353.288	34.7434	7.60997	12.3546
4	8.3819	351.674	72.3899	15.8558	12.3546
5	10.5331	350.209	114.915	25.1703	12.3546
6	12.6843	348.883	163.16	35.7376	12.3546
7	14.8354	347.682	213.324	46.7252	12.3546
8	16.9866	346.599	262.288	57.4499	12.3546
9	19.1378	345.626	307.143	67.2746	12.3546
10	21.289	344.758	345.777	75.7367	12.3546
11	23.4402	343.989	376.886	82.5506	12.3546
12	25.5914	343.315	399.457	87.4944	12.3546
13	27.7425	342.732	412.768	90.4099	12.3546
14	29.8937	342.238	416.423	91.2106	12.3546
15	32.0449	341.831	410.344	89.879	12.3546
16	34.1961	341.508	394.744	86.4622	12.3546
17	36.3473	341.268	370.11	81.0664	12.3546
18	38.4984	341.11	337.238	73.8665	12.3546
19	40.6496	341.034	297.262	65.1103	12.3546
20	42.8008	341.039	251.669	55.1239	12.3546
21	44.952	341.124	202.339	44.319	12.3546
22	47.1032	341.292	151.586	33.2024	12.3546
23	49.2544	341.541	102.219	22.3894	12.3546
24	51.4055	341.873	57.6132	12.6192	12.3546
25	53.5567	342.291	21.8098	4.77708	12.3546
26	55.7079	342.794	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.44376

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	1.92836	357.042	0	0	0
2	4.07954	355.07	4.06172	0.136368	1.92292
3	6.23072	353.288	37.3152	2.48588	3.81132
4	8.3819	351.674	76.3449	7.52856	5.63187
5	10.5331	350.209	119.407	15.4096	7.35344
6	12.6843	348.883	167.508	26.375	8.94805
7	14.8354	347.682	216.967	39.7864	10.3912
8	16.9866	346.599	264.912	54.6787	11.6623
9	19.1378	345.626	308.697	69.82	12.7445
10	21.289	344.758	346.422	83.9669	13.6248
11	23.4402	343.989	376.905	96.0229	14.293
12	25.5914	343.315	399.15	105.03	14.7423
13	27.7425	342.732	412.363	110.245	14.9679
14	29.8937	342.238	416.011	111.22	14.9679
15	32.0449	341.831	409.846	107.844	14.7422
16	34.1961	341.508	393.927	100.36	14.2931
17	36.3473	341.268	368.64	89.3521	13.6248
18	38.4984	341.11	334.773	75.7178	12.7445
19	40.6496	341.034	293.559	60.5916	11.6623
20	42.8008	341.039	246.705	45.2395	10.3912
21	44.952	341.124	196.392	30.9228	8.94801
22	47.1032	341.292	145.266	18.7467	7.35343
23	49.2544	341.541	96.3992	9.50616	5.63187
24	51.4055	341.873	53.2395	3.54673	3.81132
25	53.5567	342.291	19.5496	0.656359	1.92293

 SLIDEINTERPRET 6.037	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale	Company		
	Date		01/12/2022, 10:12:32		File Name	PROFILO ATTUALE.slim

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.244056	344.222
60.0994	338.756

External Boundary

X	Y
31.492	349.053
20.9193	351.887
16.7431	353.053
8.55328	355.053
4.94945	356.969
0.244056	357.082
0.244056	349.321
0.244056	342.457
0.244056	332.414
31.8616	332.414
39.58	332.414
60.0994	332.414
60.0994	341.659

Material Boundary

X	Y
0.244056	349.321
10.8184	343.616
32.223	341.755
39.58	332.414

Material Boundary

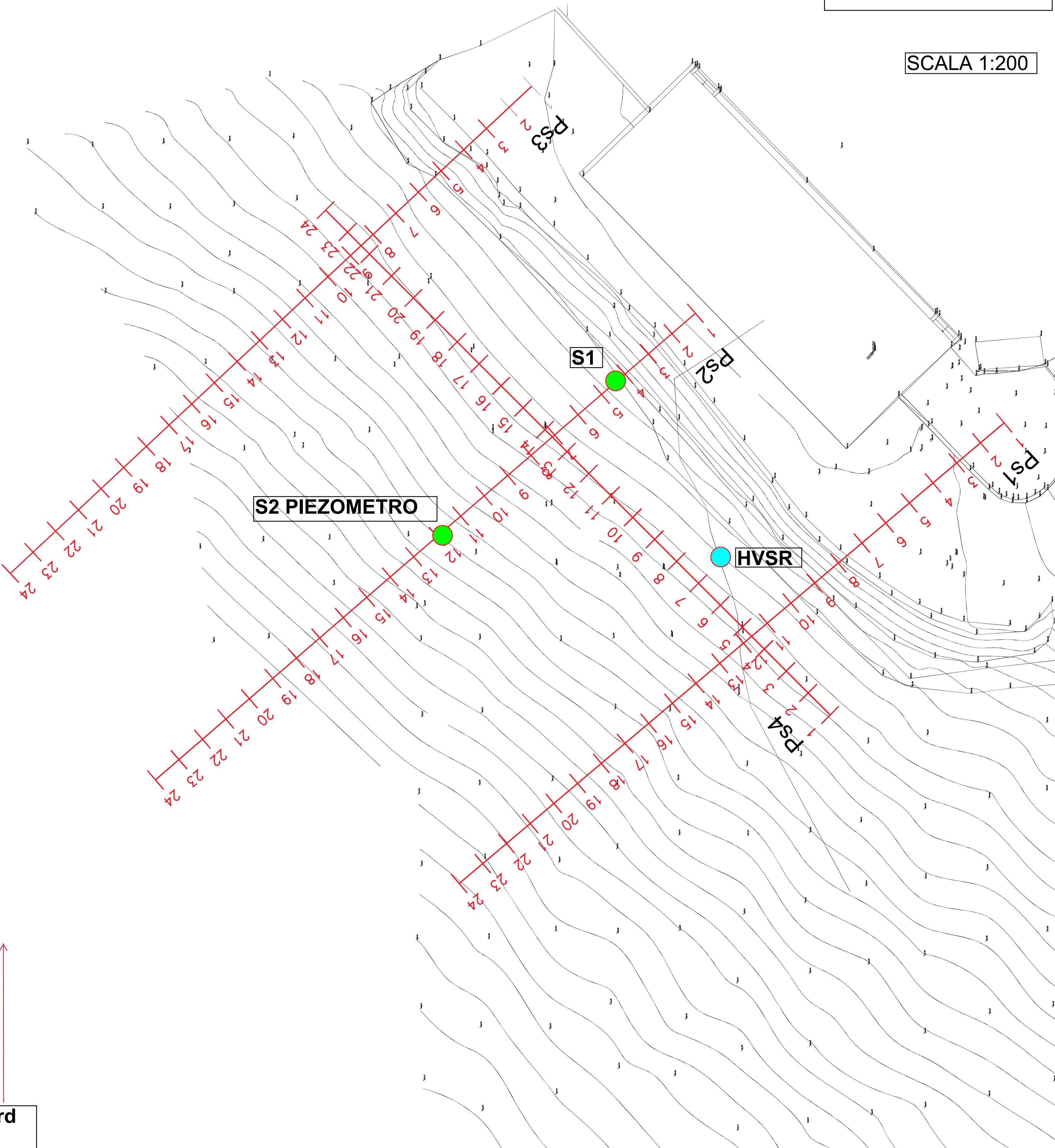
X	Y
0.244056	342.457
11.2056	341.335
27.2887	339.718
31.8616	332.414

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:200

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:200



**RAPPORTO
DI
INDAGINE GEOFISICA**



IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°283-22-S

Montelupo Fiorentino 29-11-2022

SETTORE: Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH, HVSR, MASW

COMMITTENTE: COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE

CANTIERE: Parcheggio Piazza Mazzini, Barberino Val D'Elsa (FI)

RICHIEDENTE:

RIFERIMENTO: R.P.E. n°156-468-22

Indice:

1	Scopo dell'indagine	3
2	Sismica a rifrazione con onde P e SH	3
2.1	Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici	3
2.2	Procedure di campagna	5
2.3	Metodo di elaborazione dei dati	6
3	MASW (Multichannel Analysis of surface waves)	7
3.1	Principi teorici	7
3.2	Acquisizione ed elaborazione	8
4	HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	8
4.1	Principi teorici	8
4.2	Acquisizione ed elaborazione	10
5	Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq	11
6	Risultati dell'indagine	12
7	Presentazione dei dati	13
8	Caratteristiche della strumentazione	13

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Su incarico del COMUNE DI BARBERINO TAVARNELLE, in data 8/4 e 24/11 2022, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con registrazione di onde P e SH, 1 prova *Multichannel Acquisition of Surface Waves* (MASW) e 1 misura a stazione singola HVSR, presso Piazza Mazzini, Barberino Val D'Elsa (FI). Scopo delle indagini è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni presenti, il calcolo dei parametri elastico-dinamici ed il calcolo del parametro V_sEQ .

2 Sismica a rifrazione con onde P e SH

2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato σ_{ij} e la deformazione prodotta ϵ_{kl}) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità C_{ijkl} sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (G , E , K , ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu)(1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\mu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante E viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson ν è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **p** del materiale. Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((K + 4/3 G) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (G / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di **V_p** e **V_s** ed il valore **p** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$\nu = (V_p^2 - 2 V_s^2) / (2 (V_p^2 - V_s^2))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 (1 + \nu)$$

$$K = (2 \rho V_s^2 (1 + \nu)) / (3 (1 - 2 \nu))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra **V_p** e **V_s** non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle **V_p** per i principali litotipi e il range di **V_s** relative comprese fra i rapporti di **V_p/V_s** di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto **V_p/V_s** può aumentare.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5

Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 – 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità nei principali materiali.

2.2 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici 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 compressione può essere effettuata sia mediante massa battente da 5-60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico (minibang): l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le energizzazioni vengono effettuate, mediante massa battente, alternativamente su entrambi i lati e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset 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.

2.3 Metodo di elaborazione dei dati

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 (t_0), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Inversione Tomografica: Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza. Il software utilizzato per la ricostruzione dei tempi di arrivo e dei percorsi d'onda si basa sulla soluzione del cammino più breve (Algoritmo di Dijkstra), che consente di tener conto sia di onde dirette, rifratte e diffratte che generano i primi arrivi sui sismogrammi. Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo (S.I.R.T.) per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shot effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shot per mantenere costante il dettaglio. Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo del *Kriging* che è ideale per distribuzioni regolari di dati.

3 MASW (Multichannel Analysis of surface waves)

3.1 Principi teorici

La tecnica MASW si basa sulla registrazione e lo studio della curva di dispersione delle onde superficiali, il cui contributo predominante è caratterizzato dalle onde di Rayleigh che sono onde di superficie che si producono per riflessione di onde S (di taglio) alla superficie. Se il mezzo è omogeneo hanno velocità di fase pari al 92% di quella delle onde S che le hanno generate, altrimenti sono dispersive. I punti investiti da un'onda di Rayleigh si muovono descrivendo ellissi in modo retrogrado rispetto al moto dell'onda. L'ampiezza delle ellissi diminuisce con la distanza dalla

superficie ovvero con la profondità. Partendo dall'assunzione di una variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità (terreno stratificato orizzontalmente) il terreno, agendo da filtro, separa le varie componenti dell'onda di volume caratterizzate ciascuna da diversa velocità di propagazione (velocità di fase) e da diversa lunghezza d'onda. Tale comportamento delle onde si chiama dispersione e proprio sull'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh si basa la tecnica MASW per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizza le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione delle onde superficiali. Nella tecnica d'indagine MASW la profondità di investigazione è, in linea teorica, correlata alla lunghezza del profilo e inversamente correlata alla frequenza propria dei sensori usati, mentre la risoluzione verticale è direttamente correlata al numero di sensori utilizzati per registrare il campo d'onda sismico. Il limite principale del metodo è l'assunzione che siano minime le variazioni orizzontali dei parametri geofisici al di sotto dei sensori. Il maggior pregio è nella possibilità di ottenere buoni dati anche in condizioni in cui risulta difficile l'acquisizione diretta delle onde di taglio.

3.2 Acquisizione ed elaborazione

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un allineamento di 24 geofoni verticali con spaziatura 2 m. Sono state utilizzate 8 registrazioni con offset (distanza fra il punto di scoppio ed il geofono più vicino) compreso tra 0 m e 20 m, eseguite lungo le due direzioni dello stendimento. Le energizzazioni, per ogni postazione, sono state ripetute e sommate fino ad ottenere un sismogramma con un buon rapporto segnale rumore, quindi rimontate per ottenere due sismogrammi con 96 canali a spaziatura 0.5 m. La fase di elaborazione consiste nell'ottenere la curva di dispersione relativa ad ogni registrazione, ovvero la trasformazione delle serie temporali nel dominio della frequenza F e del numero d'onda K . Sullo spettro Frequenza (Hz) - Velocità di Fase (m/s) vengono individuati i punti di massimo spettrale di energia che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh.

La velocità delle onde S viene stimata su un modello di strati del terreno che viene implementato con un processo iterativo fino a trovare la combinazione finale di velocità delle onde di taglio e spessori degli strati, tale da minimizzare gli scarti fra la curva di dispersione calcolata sul modello e quella misurata sullo spettro della dispersione delle onde superficiali. Essendo questo tipo di elaborazione un procedimento inverso, esso risente di tutti i problemi e delle limitazioni dovute alla convergenza dei metodi iterativi ed alla non unicità delle soluzioni.

4 HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

4.1 Principi teorici

La tecnica dei rapporti spettrali deriva dal lavoro di Nakamura (1989). La frequenza fondamentale dei terreni è importante al fine di evitare, in caso di sisma, fenomeni di risonanza fra la frequenza degli edifici e la frequenza dei terreni su cui sono poggiati.

Il rapporto fra lo spettro delle componenti orizzontale e verticale dei tremori è una tecnica che permette di valutare alcune caratteristiche dei terreni, principalmente il periodo fondamentale. Nei terreni soffici la componente orizzontale del moto tende ad essere superiore alla componente verticale, mentre in roccia le due componenti tendono ad avere la stessa ampiezza. Il picco di frequenza individuato sulle curve H/V è legato alla velocità delle onde di taglio dalla relazione:

$$f_0 = V_s / (4 * H)$$

dove f_0 è la frequenza, V_s la velocità delle onde di taglio e H lo spessore di sedimenti la cui frequenza di risonanza è f_0 .

La natura della sorgente di energia utilizzata, ovvero il rumore ambientale, non è direttamente riferibile ad un determinato tipo di onde, di compressione, di taglio, rayleigh, per cui va ricordato che non può essere utilizzato direttamente per il calcolo delle onde di taglio e del parametro VsEQ ai fini della categoria di appartenenza. Nel presente lavoro sono state seguite le specifiche definite dal progetto Europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations) che ha studiato in dettaglio l'uso delle vibrazioni dovute a rumori ambientali per capire gli effetti di sito collegati ad eventi sismici. Come ricordato nel lavoro del progetto SESAME, la caratteristica principale dei rapporti H/V è di essere sperimentali, quindi la scelta in fase di acquisizione dati ed elaborazione, può influenzare il risultato finale. Al fine di limitare questi effetti indesiderati il progetto SESAME ha definito una serie di linee guida per l'acquisizione e l'individuazione delle frequenze fondamentali sulle curve H/V. Di seguito si riporta la tabella di prescrizioni finalizzate alla corretta acquisizione di dati secondo le specifiche del SESAME.

Tipo di parametro	Raccomandazioni principali	
Durata delle registrazioni	Frequenza minima di interesse:	Tempo minimo di registrazione:
	0.2	30'
	0.5	20'
	1.0	10'
	2.0	10'
	5.0	5'
	10.0	2'
Densità spaziale delle misure	Microzonazione: iniziare con una maglia larga (circa 500 m) e in caso di variazioni laterali intensificare le misure fino a 250 m di spaziatura	
	Risposta di sito singola: non usare mai una misura singola, ma	

	almeno tre misure
Parametri di registrazione	Livellare il sensore come raccomandato dal costruttore. Fissare il gain massimo possibile evitando la saturazione del segnale.
Accoppiamento sensore terreno	Poggiare il sensore direttamente sul terreno tutte le volte che è possibile Evitare di poggiare il sensore su terreno soffice (fango, erba, etc..) o saturato dalla pioggia.
Accoppiamento artificiale con il terreno	Evitare di poggiare il sensore su gommapiuma, cartone o simili. Su pendii che non consentono il livellamento del sensore utilizzare un ripiano fatto con sabbia per ottenere una superficie piana. Su neve o ghiaccio utilizzare poggiare il sensore su una piastra metallica per evitare che si inclini a causa dello scioglimento della neve o del ghiaccio.
Prossimità di strutture	Evitare di effettuare le registrazioni in prossimità di strutture come edifici e alberi alti, soprattutto in caso di vento (con velocità superiore a 5 m/s), possono inserire picchi a bassa frequenza nelle registrazioni. Evitare di effettuare le registrazioni al di sopra di tubature o vani interrati.
Condizioni meteorologiche	<u>Vento</u> : proteggere il sensore dal vento. <u>Pioggia</u> : evitare le registrazioni in caso di pioggia forte. <u>Temperatura</u> : controllare le indicazioni del costruttore riguardo gli shock termici. <u>Perturbazioni meteorologiche</u> : indicare se le registrazioni sono state effettuate in un periodo di bassa pressione.
Disturbi	<u>Sorgenti monocromatiche</u> : evitare di registrare in prossimità di macchine da cantiere, pompe idrauliche, generatori, etc... etc... <u>Transienti</u> : in caso di presenza di eventi transienti (traffico, pedoni, etc ...) si raccomanda di aumentare la durata delle registrazioni al fine di ottenere un numero sufficiente di finestre prive di transienti.

Tabella - II

4.2 Acquisizione ed elaborazione

Le acquisizioni del rumore ambientale sono state effettuate con una stazione singola composta da tre velocimetri, di cui uno verticale e due orizzontali, disposti in direzioni perpendicolari fra. Le registrazioni effettuate hanno avuto una durata superiore a 30 m, per ovviare a qualsiasi perturbazione transiente, essendo stata effettuata in contesto antropizzato e non lontano da strade. Le registrazioni sono state poi suddivise in finestre della lunghezza di 30 s. Le finestre sono state poi filtrate per eliminare quelle con noise. Delle singole finestre è stato calcolato lo spettro di Fourier per le tre componenti. I singoli spettri sono stati liscati con il metodo di Konno & Homaci e successivamente è stato effettuato il rapporto fra le componenti orizzontali e quella verticale per ogni singola finestra. In relazione vengono riportate le registrazioni effettuate e le finestre scelte per

l'elaborazione, i rapporti H/V per ogni singola finestra e la curva media risultante. Per ogni stazione è stato calcolato anche l'angolo di arrivo delle componenti del rumore, per valutare se il picco individuato è fonte di un rumore direzionale o se è generato da vibrazioni che provengono da tutte le direzioni.

Per valutare in maniera obiettiva il picco di frequenza e la sua qualità il progetto SESAME stabilisce una serie di criteri che devono essere rispettati:

<p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ and</p> <p>ii) $n_c(f_0) > 200$ and</p> <p>iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ • f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{\min} = lower-bound estimate of h
<p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella – III

5 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{seq}

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = H / S_{i=1,N} (h_i / V_{s,i})$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

Categorie di Suolo di Fondazione
<p>A</p> <p>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.</p>
<p>B</p> <p>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec</p>
<p>C</p> <p>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</p>
<p>D</p> <p>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</p>
<p>E</p> <p>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</p>

Tabella IV – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

6 Risultati dell'indagine

Sono stati eseguiti 4 profili con 24 canali a spaziatura 2.5 m, dei quali 3 con registrazione di onde di compressione P e di taglio SH e uno con registrazione di onde SH.

Sezione Tomografica Ps1 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 25 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 0.8 ms pari al 3.65 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 264 m/s e 1822 m/s.

Sezione Tomografica Ps1 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di

1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 34 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.77 ms pari al 7.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 106 m/s e 710 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 438 m/s.

Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.24 e 0.46.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 27 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.4 ms pari al 7.7%. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 327 m/s e 1975 m/s.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 34 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 4.5 ms pari al 9.7%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 167 m/s e 577 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 427 m/s.

Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.25 e 0.47.

Sezione Tomografica Ps3 – Onde SH: sono stati registrati 8 punti di energizzazione per un totale di 192 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 61 x 27 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 14 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.2 ms pari al 7.5%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 171 m/s e 809 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 50 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 461 m/s. Nella parte centrale della sezione, metri 25-26, in alcune celle la velocità delle onde di taglio del modello finale supera 800 m/s e il valore di VsEQ corrispondente è 317 m/s.

Sezione Tomografica Ps4 – Onde P: sono stati registrati 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 63 x 16 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 21 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 0.21 ms pari al 1.2%. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 293 m/s e 1908 m/s.

Sezione Tomografica Ps4 – Onde SH: sono stati registrati 9 punti di energizzazione per un totale di 216 tempi di arrivo. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 63 x 16 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 28 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.5 ms pari al 5.7%. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 152 m/s e 822 m/s.

Il valore di VsEQ medio, calcolato fra la progressiva 10 m e 30 e da 46 a 55 m della sezione per eliminare gli effetti di bordo, è 477 m/s; nella parte di sezione compresa fra 30 m e 46 m i valori di velocità delle onde di taglio superano 800 m/s alla profondità media di 13 m con corrispettivo VsEQ di 325 m/s. Il modulo di Poisson ha valori compresi fra 0.27 e 0.47.

HVSR1: la misura a stazione singola mostra la presenza di un debole picco alla frequenza di 8.1 Hz con un rapporto H/V di 2.5 volte, che potrebbe essere riferibile al contrasto di velocità posto a circa 13 m di profondità correlabile con il passaggio ad un orizzonte di ghiaie. Il picco mostra una marcata direzionalità ed andrebbe verificato.

Analisi MASW: le curve di dispersione ricavate dalle registrazioni sono state elaborate congiuntamente per ottenere la curva che descrive l'andamento della Velocità delle onde S con la profondità: questo procedimento è stato effettuato per minimizzare gli errori dovuti a possibili variazioni laterali lungo il profilo. Il valore di VsEQ, calcolato da piano campagna fino alla profondità di 30 m è 539 m/s.

7 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini
- sezioni tomografiche Onde P e SH, Modulo Poisson, rapporto Vp/Vs
- Curva velocità profondità, curve di dispersione per le prove MASW
- Rapporto H/V, direzionalità, spettri, criteri Sesame per le misure HVSR
- registrazioni di campagna e dromocrone relative
- documentazione fotografica
- Posizione S2 pag. 13 – 24
- Posizione SCbis pag. 25 – 31
- Posizione S3 pag. 32 – 38
- Posizione S4 pag. 39 - 45

8 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75–208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri analogici anti-aliasing -3dB all'83% della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24-48 dB/oct;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay da 0 a 9999 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 8 Hz;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante sensore accoppiato alla sorgente di energia;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg / minibang calibro 8 / grave da 30/60 kg.

○HVSR

▪Tromino Micromed

Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

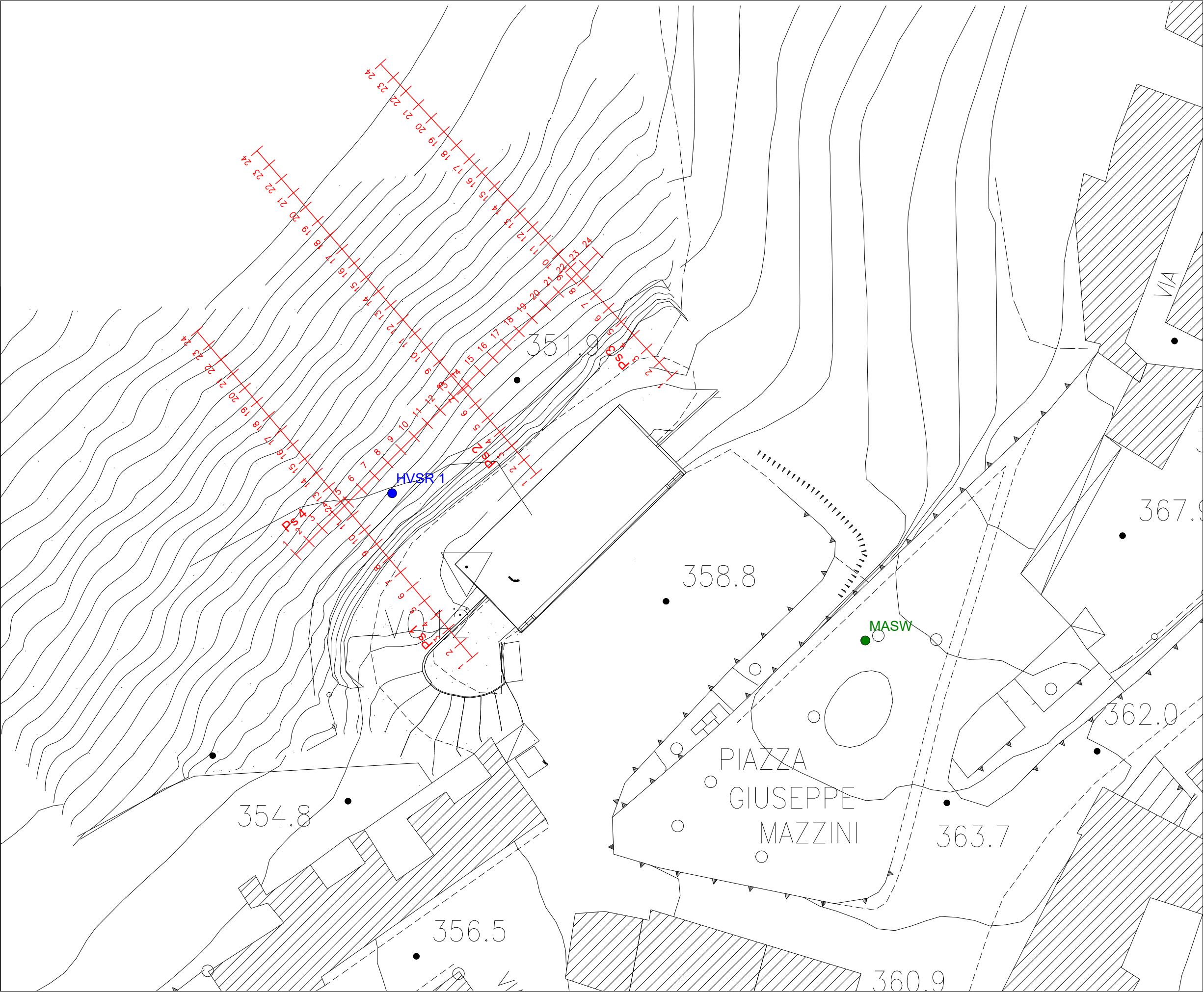
Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Ubicazione indagini

Scala 1:500



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

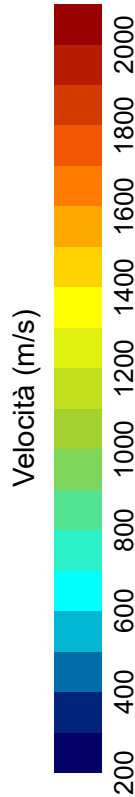
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

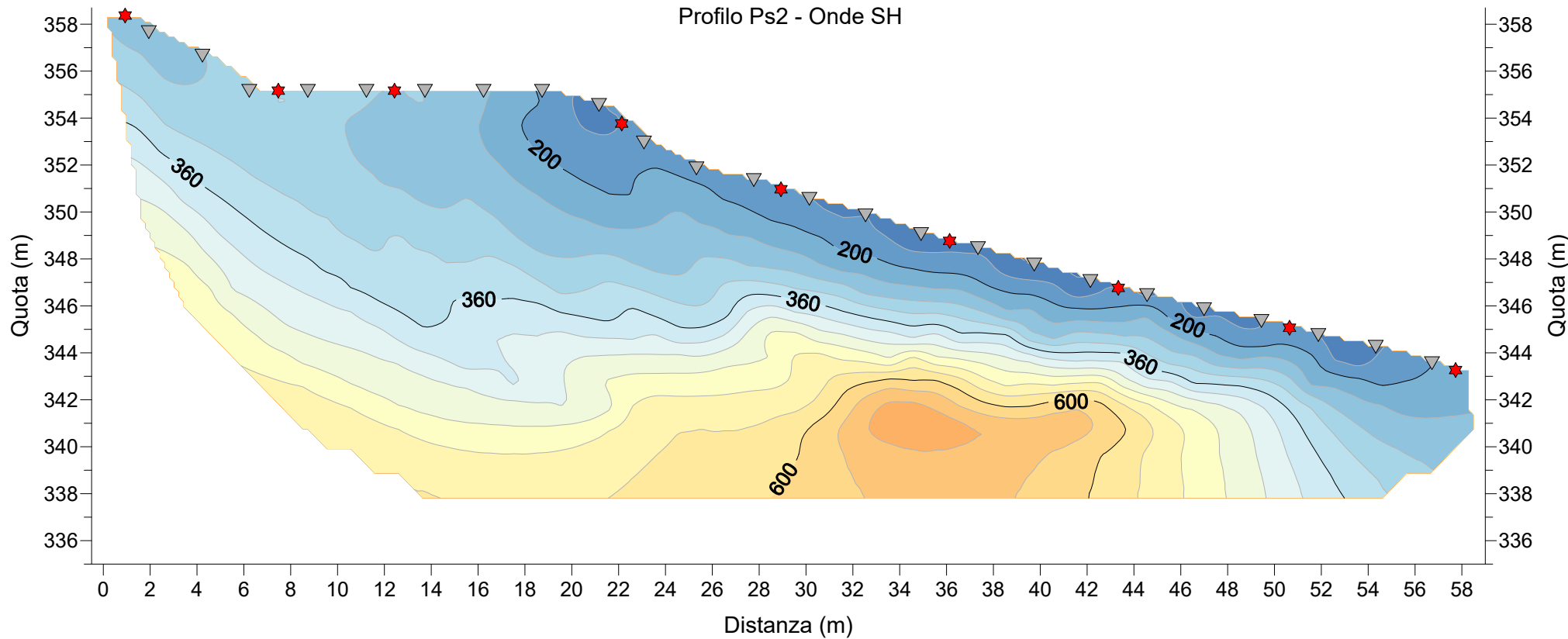
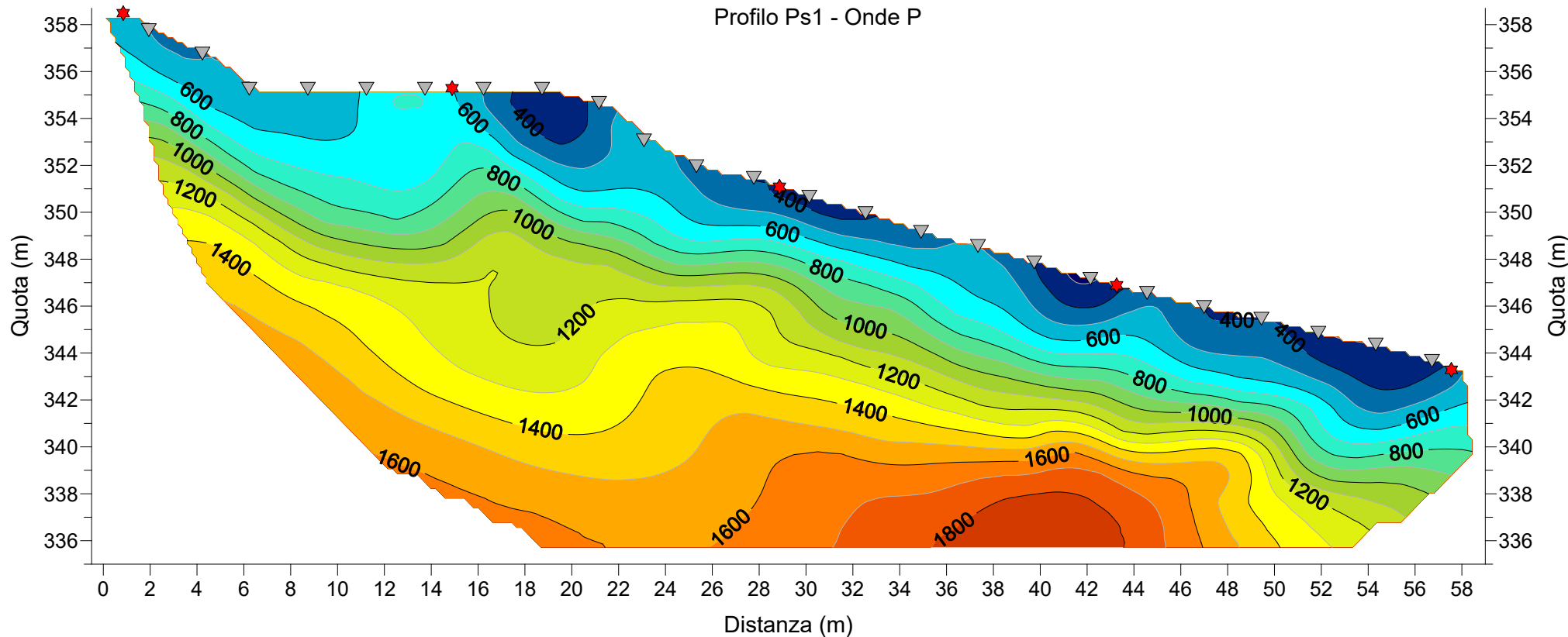
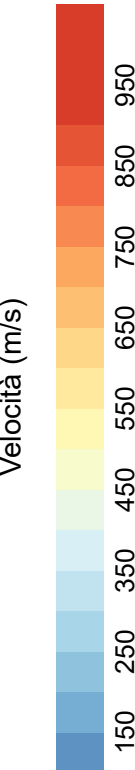
Geofono ▼

Energizzazione ★

Onde P



Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

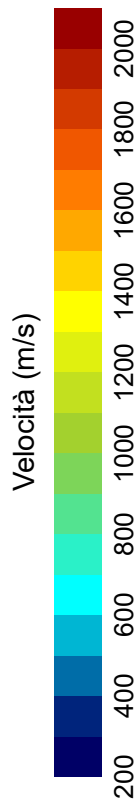
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

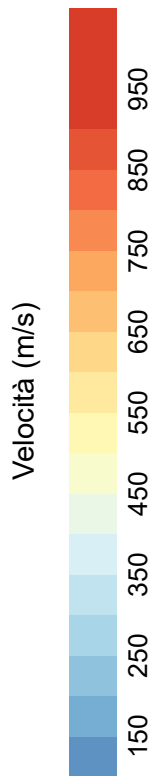
Geofono ▼

Energizzazione ★

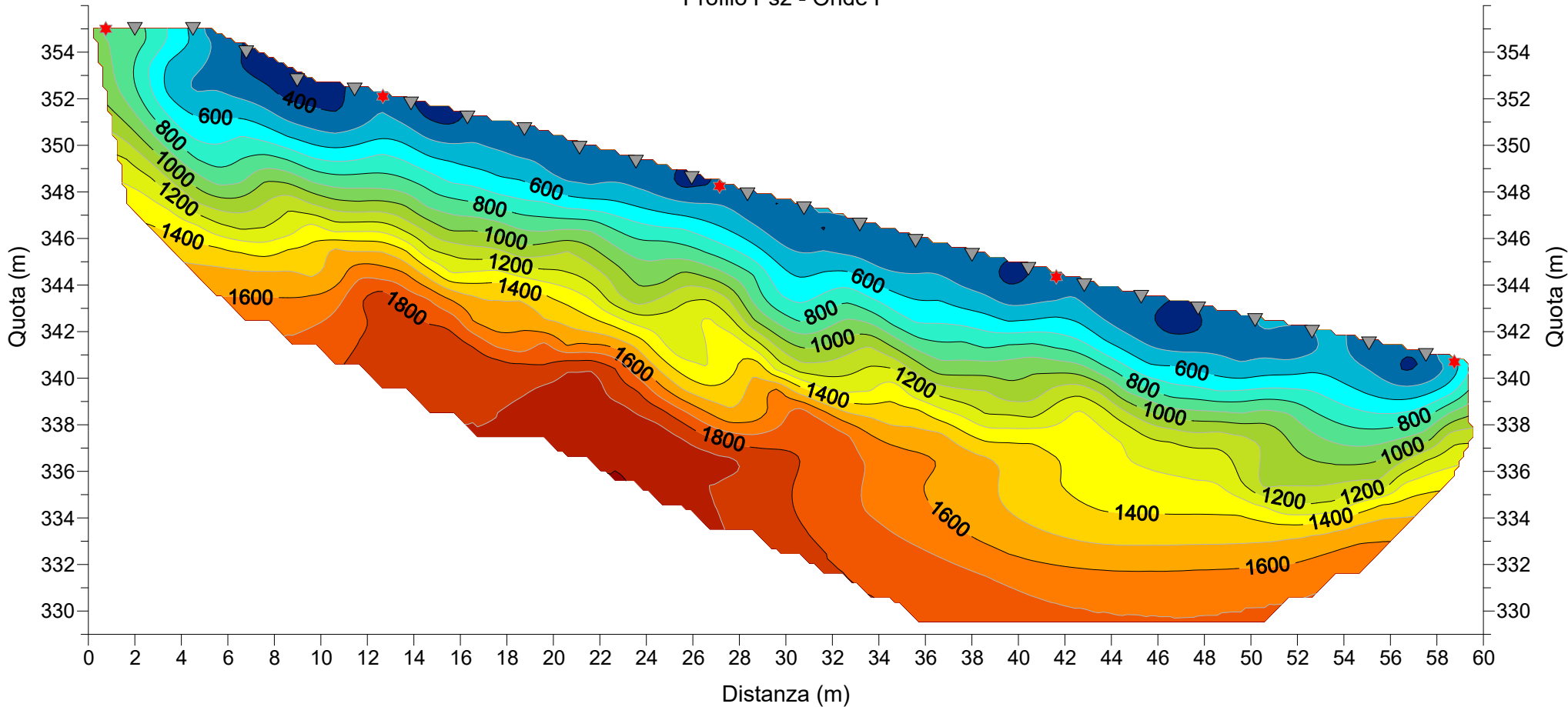
Onde P



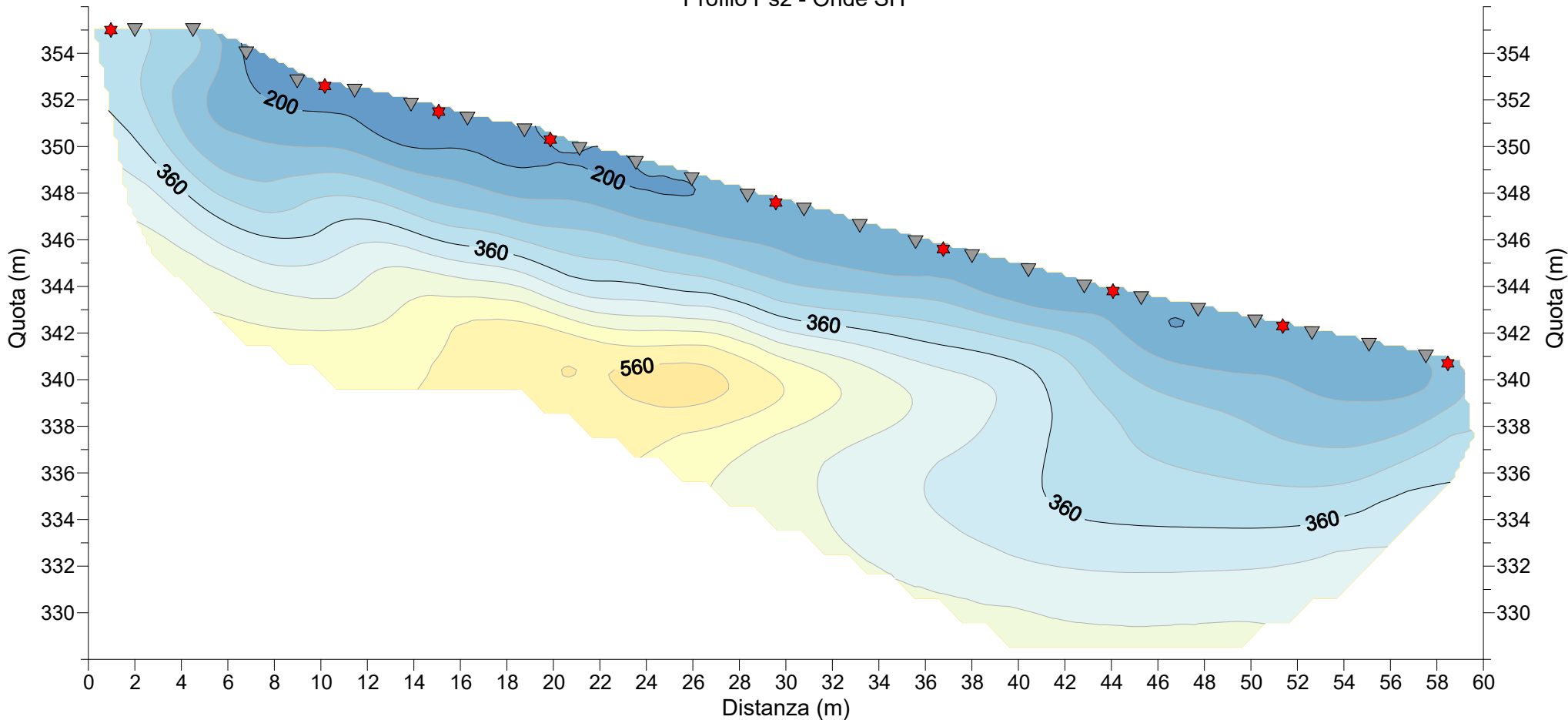
Onde SH



Profilo Ps2 - Onde P



Profilo Ps2 - Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

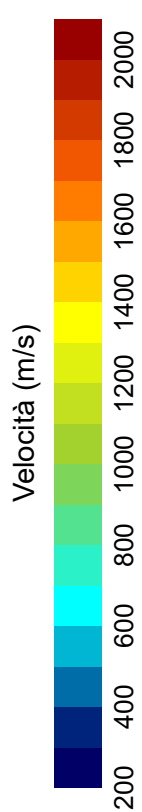
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

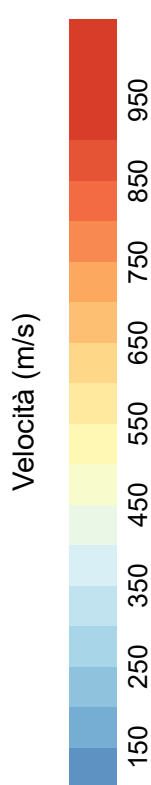
Geofono ▼

Energizzazione ★

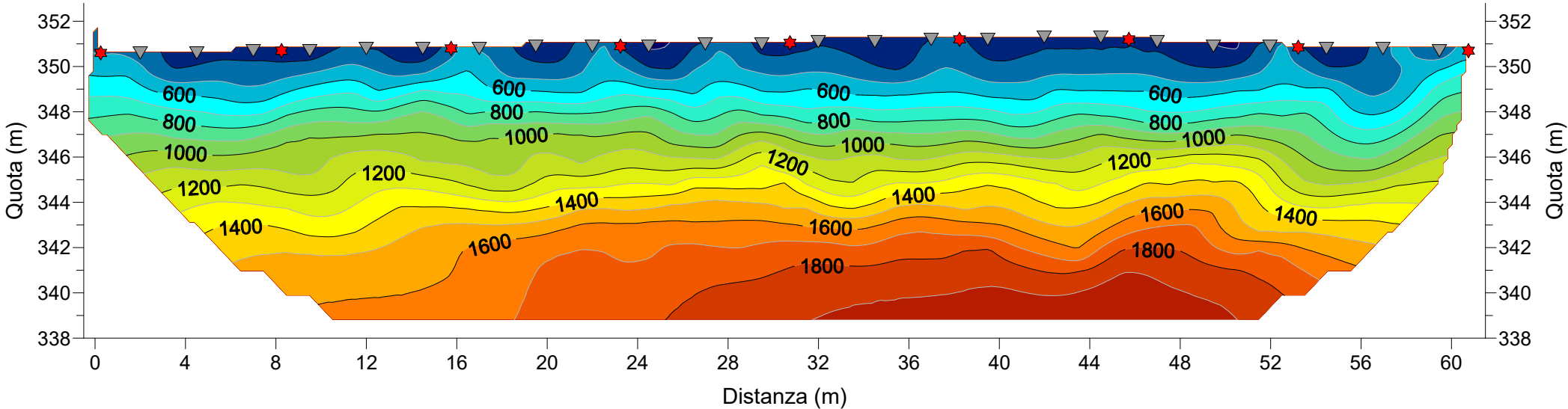
Onde P



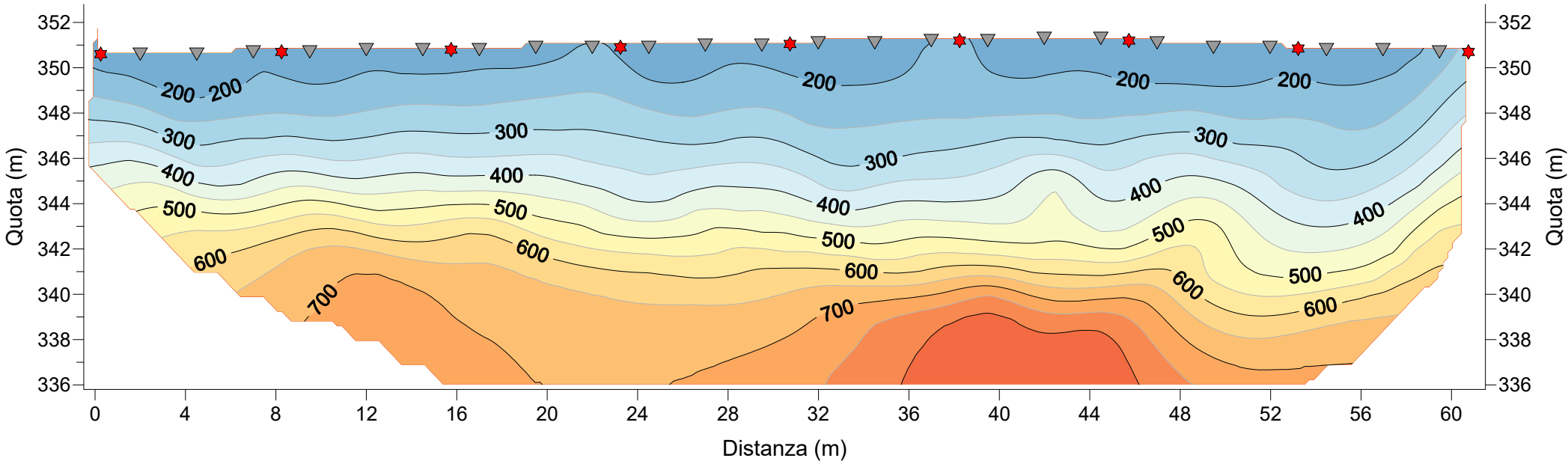
Onde SH



Profilo Ps4 - Onde P



Profilo Ps4 - Onde SH



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

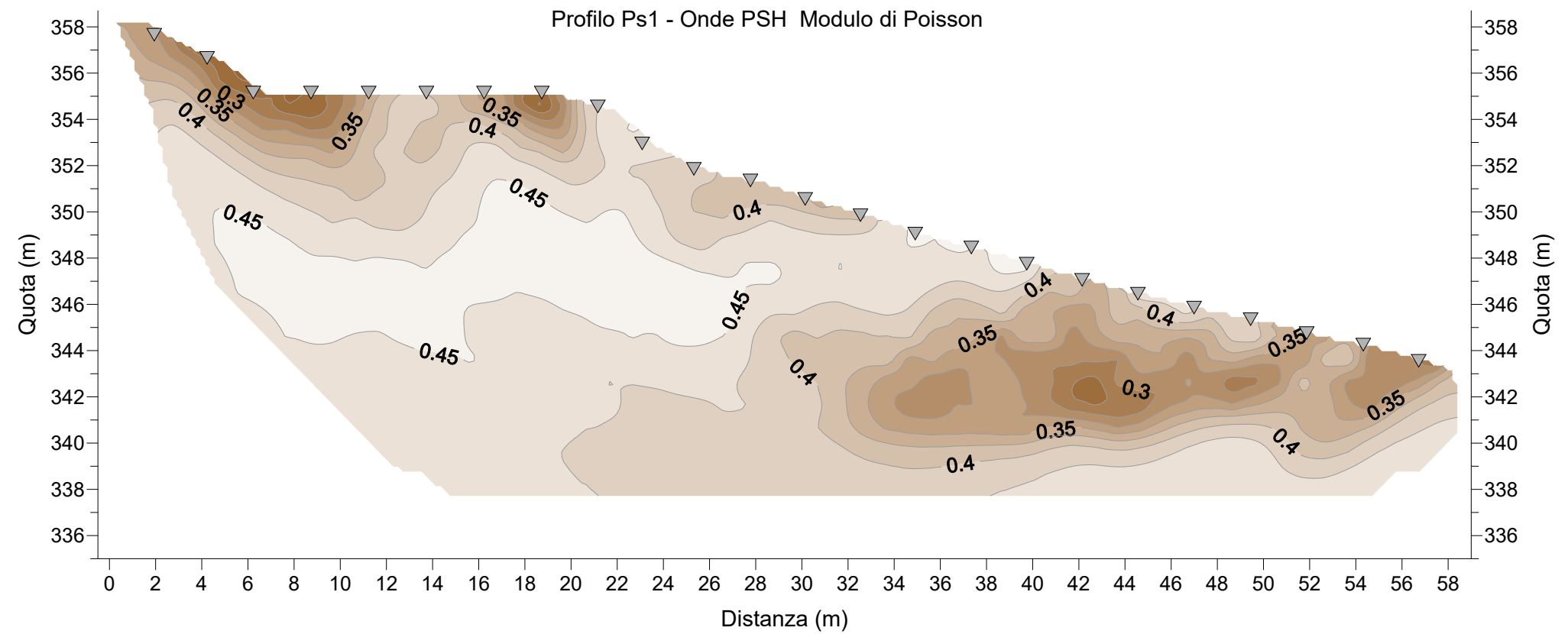
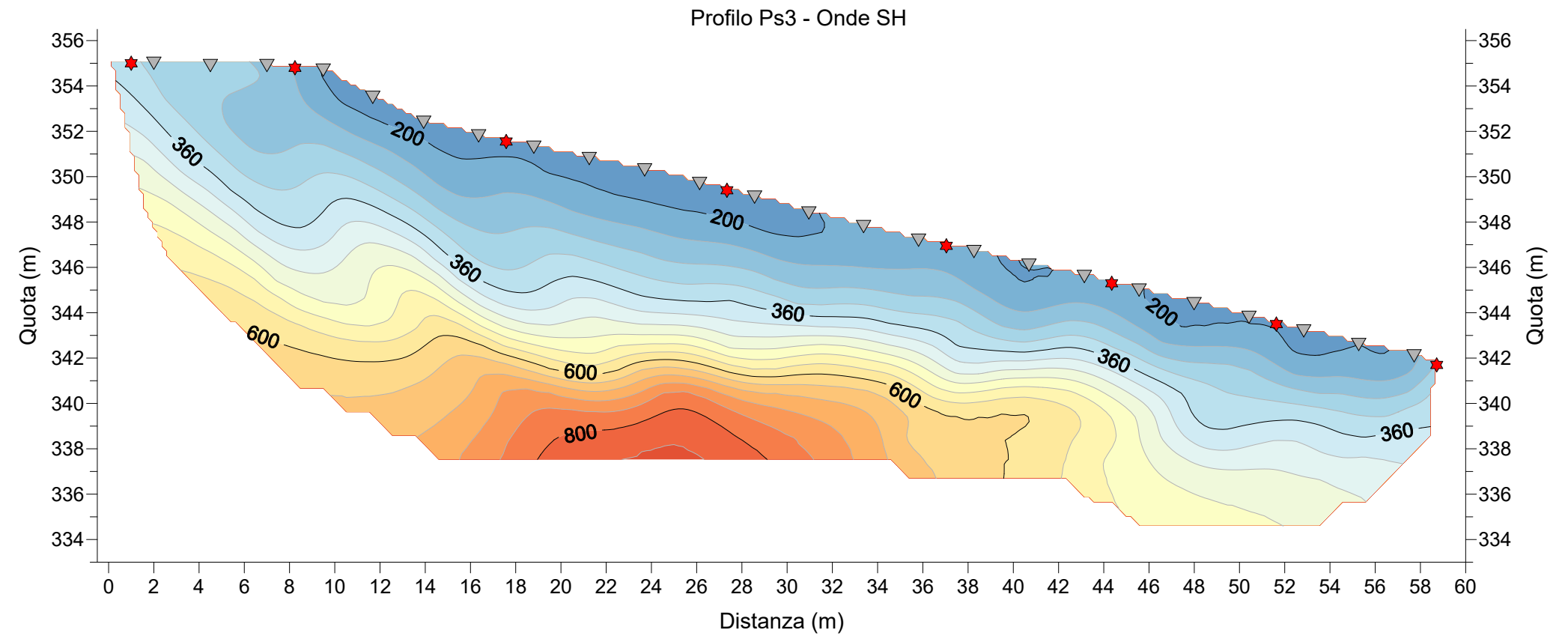
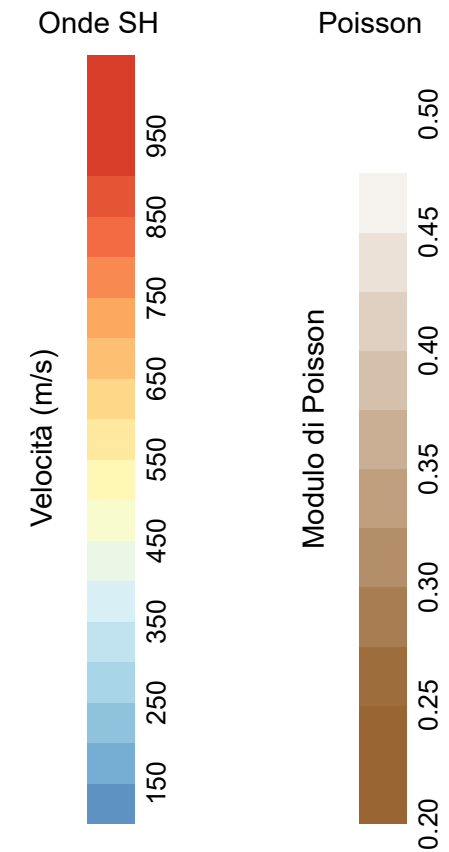
Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

Geofono ▼

Energizzazione ★



Rapporto di prova n° 283-22

IGETECMA S.N.C.

Committente:
Comune di Barberino Tavarnelle

Cantiere: Piazza G. Mazzini
Barberino Val D'Elsa (FI)

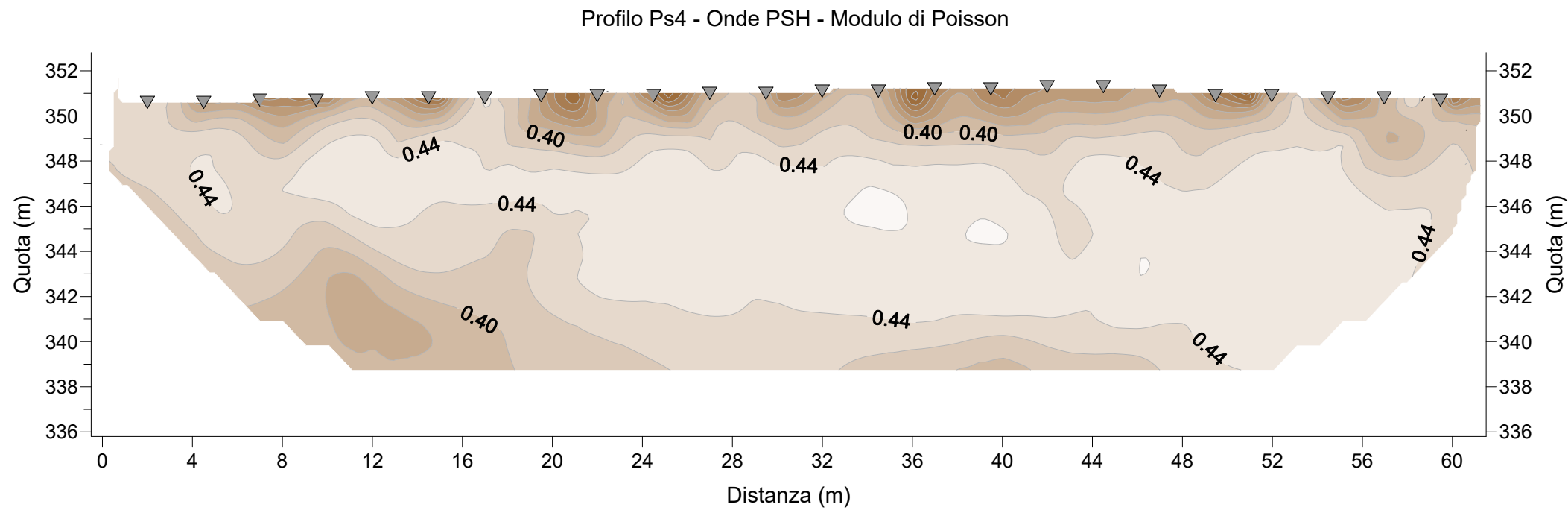
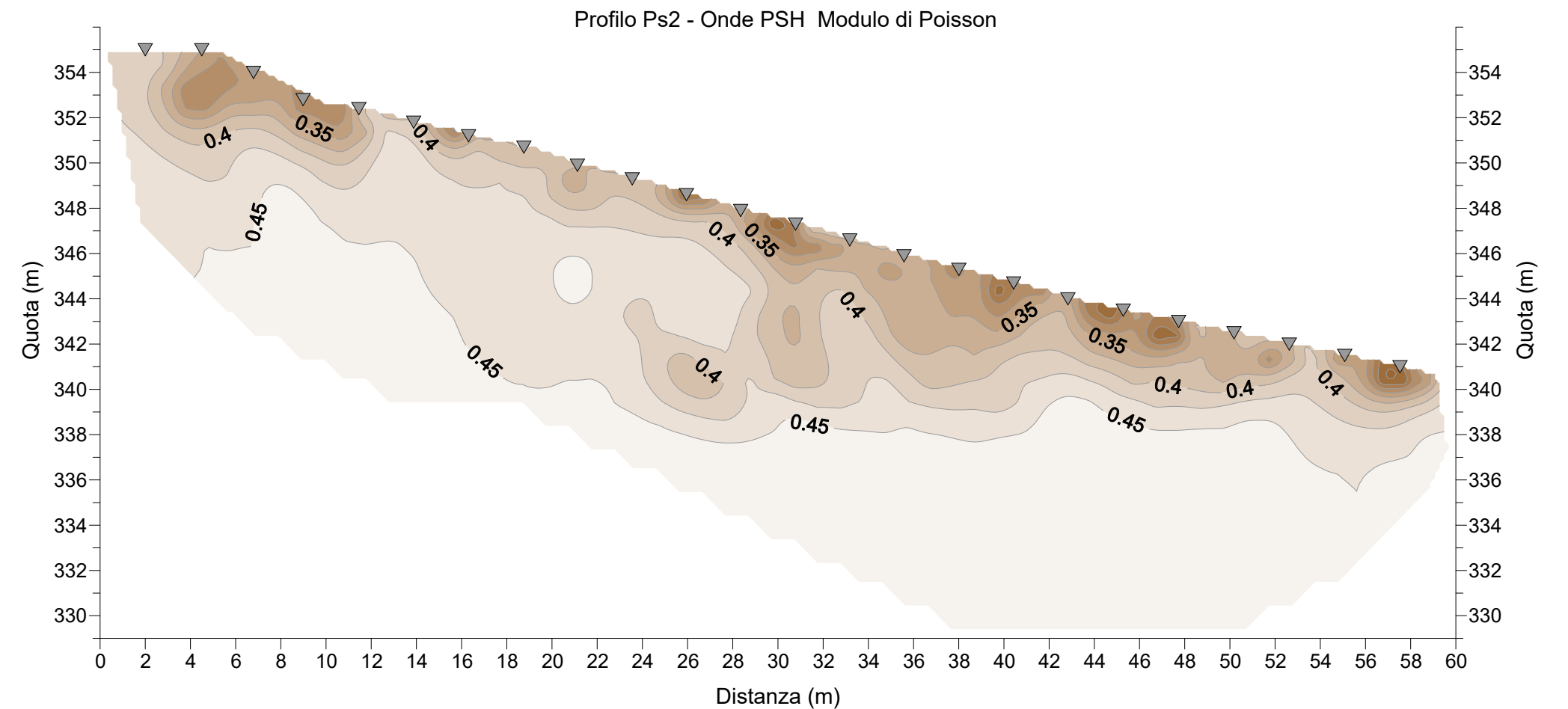
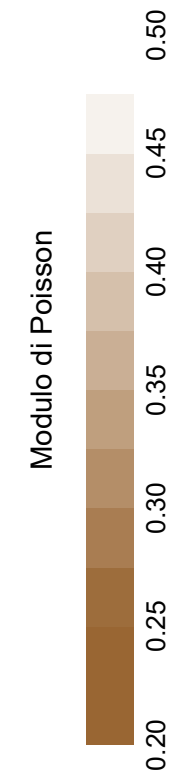
Tipo di indagine:
Tomografia sismica onde P e SH

Scala 1:250

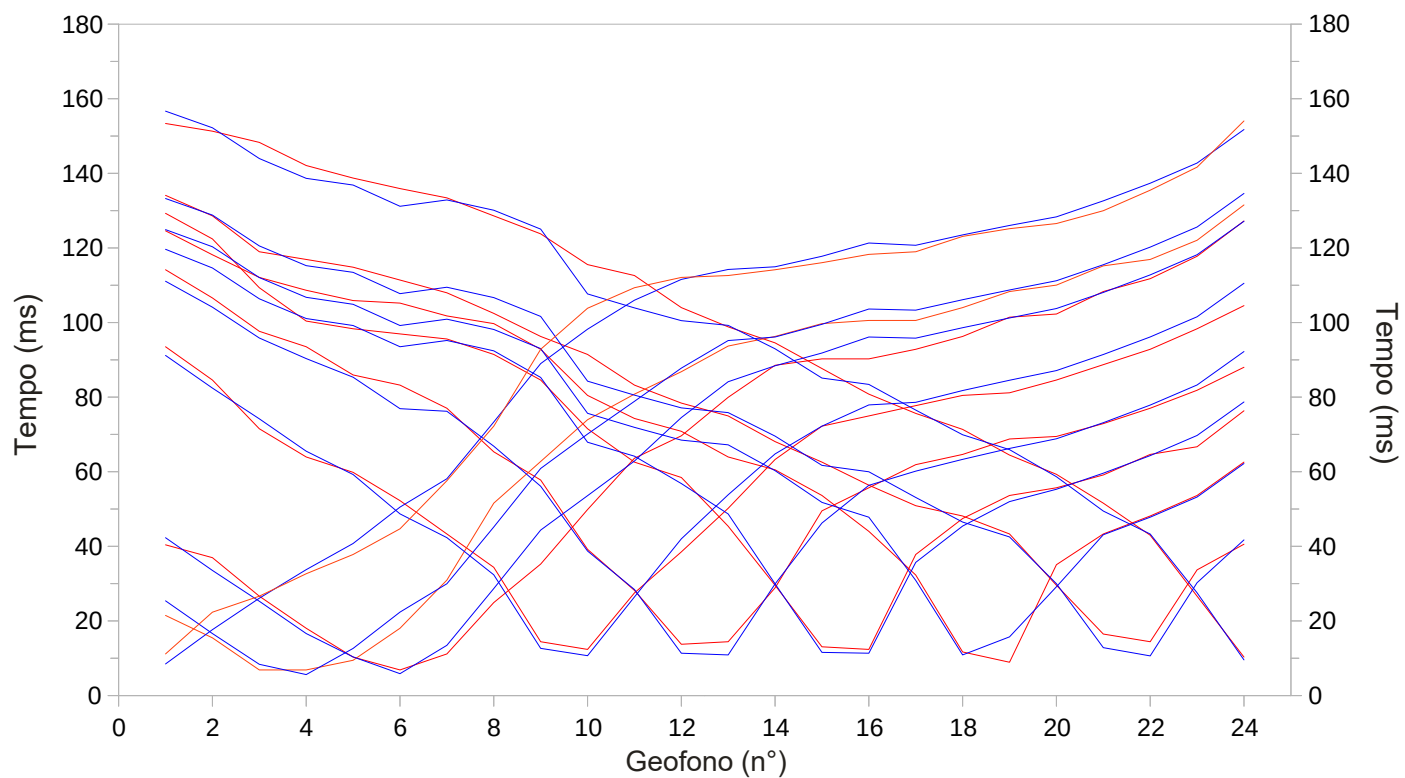
Geofono ▼

Energizzazione ★

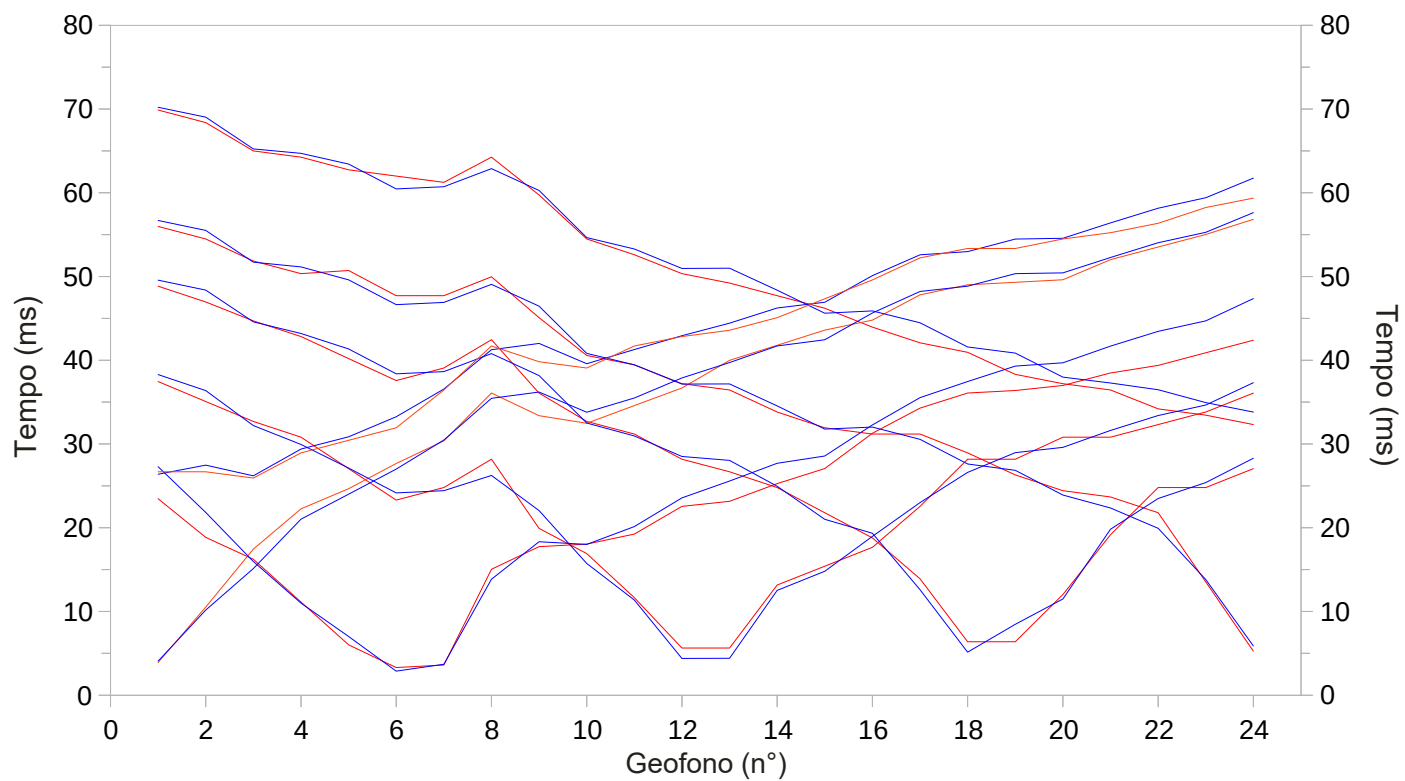
Poisson



Ps1 - Dromocrone Onde SH



Ps1 - Dromocrone Onde P



Tempi misurati
Tempi ricalcolati

Ps1 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	11.2	21.5	40.4	93.5	114.2	129.3	124.6	134.1	153.4
2	22.4	15.5	37.0	84.6	106.6	122.4	118.2	128.6	151.3
3	26.7	6.9	26.7	71.5	97.7	109.3	112.1	119.0	148.3
4	32.7	6.9	18.1	64.0	93.5	100.4	108.7	116.9	142.1
5	37.8	9.5	10.3	59.8	86.0	98.3	105.9	114.8	138.7
6	44.7	18.1	6.9	52.3	83.2	97.0	105.2	111.4	135.9
7	57.6	31.0	11.2	43.3	77.0	95.6	101.8	108.0	133.4
8	72.2	51.6	24.9	34.4	65.3	91.5	99.7	102.5	128.6
9	92.8	62.8	35.2	14.4	57.8	84.6	92.8	96.3	123.8
10	103.8	73.9	49.9	12.4	39.2	71.5	80.5	91.5	115.5
11	109.3	80.8	63.6	27.5	28.2	62.6	74.3	83.2	112.6
12	112.1	86.8	69.6	38.5	13.8	58.5	70.8	78.4	104.0
13	112.6	93.7	79.9	50.2	14.4	45.4	64.0	75.0	98.9
14	114.2	96.3	88.5	63.3	28.9	29.6	60.5	68.1	94.6
15	116.1	99.7	90.3	72.2	49.5	13.1	53.6	62.6	87.7
16	118.3	100.6	90.3	75.0	55.7	12.4	44.0	56.4	80.8
17	119.0	100.6	92.8	77.7	61.9	37.8	32.3	50.9	75.6
18	123.1	104.0	96.3	80.5	64.6	47.5	11.7	48.1	71.4
19	125.2	108.3	101.4	81.2	68.8	53.6	8.9	43.3	64.5
20	126.5	110.0	102.3	84.6	69.5	55.7	35.1	29.6	59.3
21	130.0	115.2	108.3	88.7	72.9	59.1	43.3	16.5	51.6
22	135.5	116.9	111.8	92.8	77.0	64.6	48.1	14.4	43.0
23	141.7	122.1	117.8	98.3	81.8	66.7	53.6	33.7	26.7
24	154.0	131.5	127.2	104.5	88.0	76.3	62.6	40.6	10.3

Ps1 - Onde SH - Tempi ricalcolati

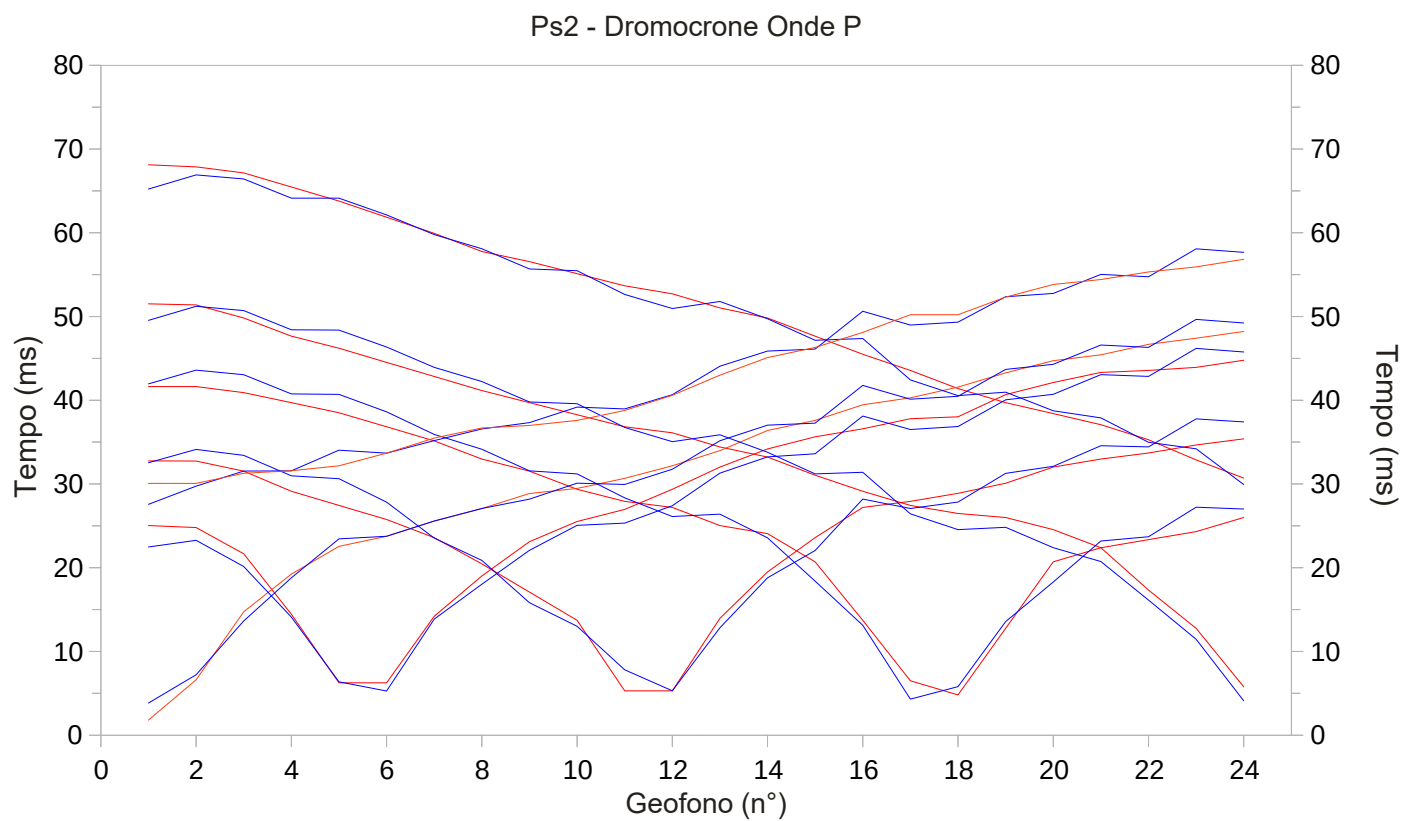
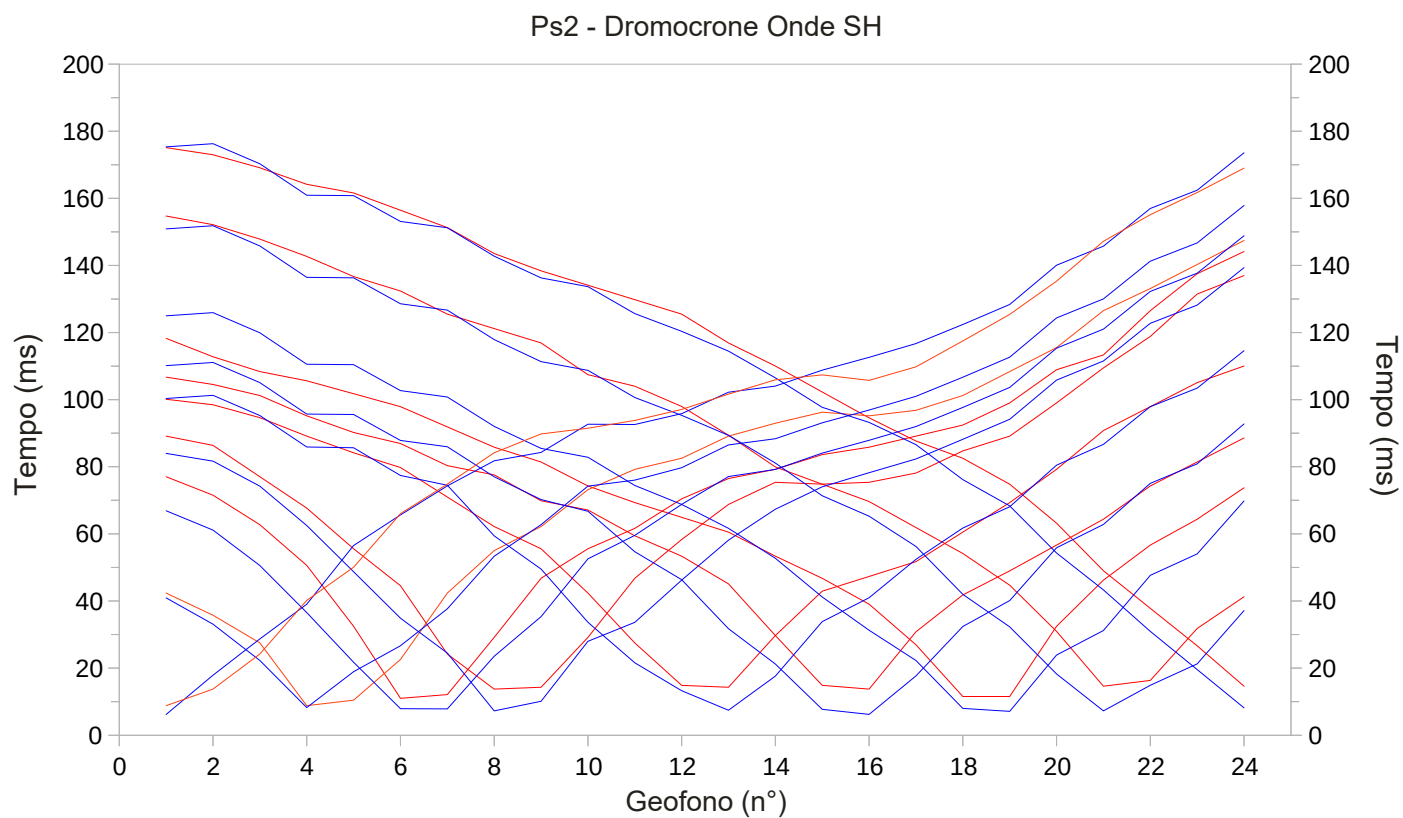
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	8.47	25.39	42.30	91.19	111.07	119.64	124.92	133.25	156.66
2	17.66	16.63	33.54	82.43	104.12	114.63	120.31	128.80	152.21
3	26.09	8.38	25.29	74.18	95.87	106.38	112.06	120.55	143.96
4	33.75	5.62	16.62	65.51	90.34	101.07	106.76	115.24	138.65
5	40.76	12.64	10.36	59.25	85.34	99.21	104.89	113.45	136.86
6	50.51	22.38	5.87	48.70	76.91	93.52	99.20	107.76	131.16
7	58.10	29.98	13.46	42.32	76.21	95.20	100.91	109.47	132.88
8	73.32	45.19	28.68	32.36	66.84	92.43	98.14	106.69	130.10
9	88.99	60.86	44.35	12.66	56.11	85.28	93.02	101.65	125.05
10	98.22	70.09	53.58	10.69	38.73	67.91	75.65	84.27	107.68
11	105.98	78.87	62.86	26.43	28.43	64.16	71.90	80.53	103.94
12	111.57	87.80	74.52	42.00	11.35	56.82	68.47	77.10	100.51
13	114.24	95.18	84.12	53.82	10.90	48.69	67.21	75.83	99.24
14	114.96	96.13	88.42	64.77	29.91	29.96	60.29	69.56	92.97
15	117.76	99.53	91.83	72.22	46.24	11.57	51.78	61.70	85.11
16	121.32	103.63	96.12	77.90	56.36	11.35	47.81	59.99	83.40
17	120.71	103.33	95.83	78.59	60.15	35.70	30.88	53.11	76.52
18	123.50	106.12	98.61	81.75	63.31	45.43	10.89	46.50	69.91
19	126.02	108.74	101.23	84.52	66.24	51.99	15.74	42.52	65.92
20	128.33	111.20	103.76	87.13	68.84	55.30	29.16	29.99	58.66
21	132.63	115.50	108.07	91.43	73.14	59.60	43.10	12.84	49.46
22	137.35	120.22	112.78	96.14	77.86	64.32	47.82	10.64	43.30
23	142.75	125.62	118.18	101.55	83.26	69.72	53.22	30.25	27.54
24	151.73	134.60	127.16	110.53	92.24	78.70	62.20	41.73	9.55

Ps1 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	26.7	3.9	23.5	37.4	48.8	56.0	69.9
2	26.7	10.5	18.8	35.1	47.0	54.5	68.4
3	25.9	17.4	16.2	32.7	44.7	51.8	65.0
4	28.9	22.3	11.1	30.8	42.8	50.3	64.2
5	30.4	24.7	6.0	27.1	40.2	50.7	62.7
6	31.9	27.7	3.3	23.3	37.6	47.7	62.0
7	36.4	30.4	3.6	24.8	39.1	47.7	61.2
8	41.7	36.1	15.0	28.2	42.5	50.0	64.2
9	39.8	33.4	17.7	19.9	36.1	45.1	59.7
10	39.1	32.5	18.0	16.9	32.7	40.6	54.5
11	41.7	34.6	19.2	11.6	31.2	39.5	52.6
12	42.8	36.7	22.6	5.6	28.2	37.2	50.3
13	43.6	40.0	23.2	5.6	26.7	36.4	49.2
14	45.1	41.8	25.3	13.2	24.8	33.8	47.7
15	47.3	43.6	27.1	15.4	21.8	31.9	46.2
16	49.6	44.8	31.3	17.7	18.8	31.2	44.0
17	52.2	47.8	34.3	22.5	13.9	31.2	42.1
18	53.4	49.0	36.1	28.2	6.4	28.9	41.0
19	53.4	49.3	36.4	28.2	6.4	26.3	38.3
20	54.5	49.6	37.0	30.8	12.0	24.4	37.2
21	55.2	52.0	38.5	30.8	19.2	23.7	36.4
22	56.4	53.5	39.4	32.3	24.8	21.8	34.2
23	58.2	55.0	40.9	33.8	24.8	13.5	33.4
24	59.4	56.8	42.4	36.1	27.1	5.3	32.3

Ps1 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	26.39	4.07	27.28	38.29	49.57	56.70	70.21
2	27.48	10.16	21.83	36.37	48.38	55.51	69.03
3	26.19	15.12	15.97	32.19	44.58	51.72	65.24
4	29.39	21.02	11.00	29.94	43.19	51.14	64.71
5	30.86	24.00	7.01	27.12	41.35	49.61	63.43
6	33.24	26.99	2.87	24.15	38.39	46.64	60.46
7	36.56	30.47	3.69	24.42	38.65	46.90	60.72
8	41.26	35.45	13.84	26.24	40.80	49.06	62.88
9	42.01	36.20	18.33	22.04	38.17	46.46	60.28
10	39.59	33.79	18.00	15.73	32.50	40.83	54.64
11	41.27	35.49	20.14	11.36	30.96	39.46	53.28
12	42.94	37.88	23.56	4.39	28.50	37.15	50.97
13	44.43	39.72	25.57	4.41	28.04	37.17	50.99
14	46.24	41.71	27.70	12.52	24.95	34.54	48.37
15	46.93	42.45	28.56	14.80	21.00	31.77	45.62
16	50.11	45.65	32.27	18.97	19.34	32.01	45.89
17	52.59	48.22	35.53	22.99	12.60	30.55	44.48
18	52.97	48.85	37.45	26.60	5.14	27.61	41.59
19	54.47	50.34	39.30	28.96	8.46	26.85	40.86
20	54.57	50.44	39.70	29.59	11.49	23.90	37.99
21	56.40	52.27	41.69	31.61	19.82	22.36	37.28
22	58.16	54.03	43.45	33.40	23.49	19.92	36.48
23	59.41	55.28	44.70	34.65	25.39	13.82	34.94
24	61.75	57.62	47.37	37.31	28.30	5.88	33.80



Tempi misurati
Tempi ricalcolati

Ps2 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	8.8	42.4	77.0	89.1	100.1	106.7	118.3	154.7	175.1
2	13.8	35.8	71.5	86.4	98.5	104.5	112.8	152.2	173.0
3	24.2	27.5	62.7	77.0	94.6	101.2	108.4	147.9	169.1
4	40.2	8.8	50.6	67.7	89.1	95.2	105.6	142.7	164.2
5	50.1	10.5	32.5	55.6	84.2	90.2	101.8	136.7	161.6
6	66.0	22.6	11.0	44.6	79.8	86.9	97.9	132.4	156.5
7	74.8	42.4	12.1	24.2	71.0	80.3	91.9	125.5	151.3
8	84.2	55.0	29.2	13.8	62.2	77.6	85.8	121.2	143.6
9	89.8	62.2	46.8	14.3	55.6	69.9	81.4	116.9	138.4
10	91.5	73.2	55.6	29.2	42.4	67.1	74.3	107.5	134.1
11	93.8	79.2	61.6	46.8	27.5	59.4	69.3	104.0	129.8
12	97.1	82.5	70.4	58.3	14.9	53.4	64.9	98.0	125.5
13	101.7	89.1	76.5	68.8	14.3	45.1	60.5	89.4	116.9
14	105.9	93.0	79.2	75.4	29.7	29.7	53.4	79.9	110.0
15	107.4	96.3	83.6	74.8	42.9	14.9	46.8	74.8	102.3
16	105.8	95.2	85.8	75.4	47.3	13.8	39.1	69.6	94.6
17	109.8	96.8	89.1	78.1	51.7	30.8	27.0	61.9	87.7
18	117.5	101.2	92.4	84.7	60.5	41.8	11.6	54.2	82.5
19	125.4	108.4	99.0	89.1	69.3	49.0	11.6	44.7	74.8
20	135.3	115.5	108.9	99.0	79.2	56.7	32.5	31.0	63.2
21	147.2	126.5	113.3	109.5	90.8	64.4	46.2	14.6	49.0
22	155.1	133.1	126.5	118.8	97.9	74.3	56.7	16.3	37.8
23	161.7	140.3	137.5	131.5	105.1	81.4	64.4	31.8	26.7
24	169.0	147.4	144.1	137.0	110.0	88.6	73.7	41.3	14.6

Ps2 - Onde SH - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.18	40.93	66.88	83.97	100.36	110.15	125.00	150.88	175.34
2	17.88	33.09	61.13	81.67	101.30	111.09	125.94	151.82	176.28
3	28.71	22.26	50.57	74.21	95.25	105.07	119.92	145.81	170.29
4	39.04	8.25	36.55	62.49	85.90	95.72	110.57	136.45	160.94
5	56.53	18.93	21.74	48.71	85.66	95.59	110.44	136.32	160.80
6	65.64	26.66	7.91	34.88	77.39	87.84	102.71	128.59	153.11
7	74.30	37.67	7.84	24.48	74.49	85.94	100.81	126.69	151.21
8	81.77	53.34	23.54	7.27	59.40	77.00	92.03	117.91	142.76
9	84.28	62.73	35.33	10.11	49.51	70.23	85.46	111.34	136.29
10	92.67	74.24	52.56	27.99	33.66	66.74	82.83	108.75	133.69
11	92.58	76.01	59.55	33.64	21.59	54.67	74.42	100.66	125.63
12	95.85	79.71	68.79	46.21	13.26	46.34	68.76	95.33	120.37
13	102.23	86.49	77.06	58.12	7.45	31.73	61.65	89.36	114.46
14	104.05	88.34	79.20	67.34	17.61	21.22	52.72	81.10	106.52
15	108.80	93.09	84.06	74.01	33.84	7.72	41.18	71.36	97.73
16	112.62	96.91	87.89	78.22	40.96	6.22	31.29	65.27	93.21
17	116.72	101.01	91.99	82.32	52.42	17.67	22.27	56.26	86.58
18	122.41	106.70	97.69	88.18	61.73	32.40	7.98	41.96	76.16
19	128.37	112.66	103.65	94.14	68.08	40.13	7.10	32.29	68.32
20	140.06	124.35	115.34	105.84	80.46	55.86	23.89	18.27	54.30
21	145.75	130.04	121.03	111.52	86.67	62.80	31.20	7.27	43.30
22	156.99	141.28	132.27	122.76	97.91	75.05	47.64	14.88	30.95
23	162.41	146.70	137.70	128.19	103.44	80.86	54.03	21.27	19.55
24	173.57	157.86	148.85	139.34	114.60	92.76	69.80	37.15	8.16

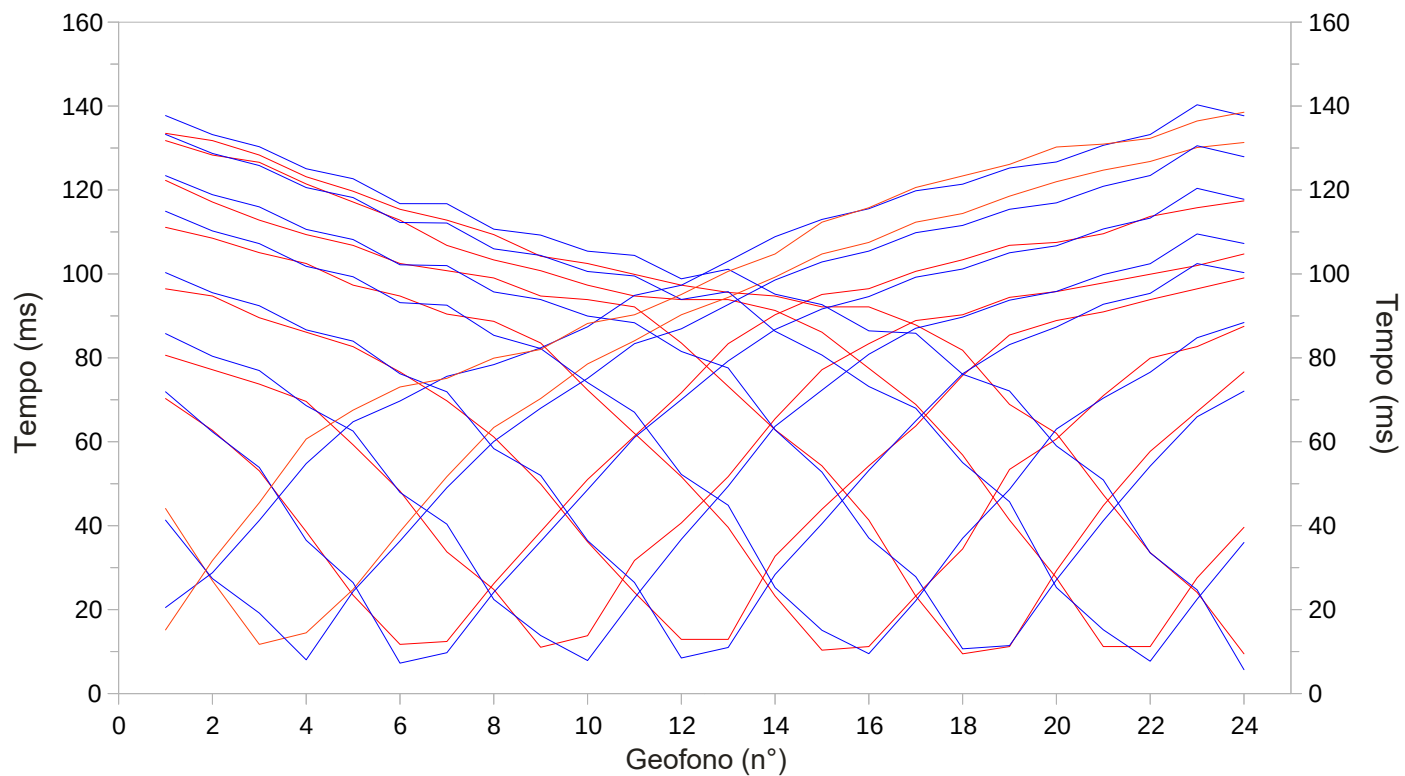
Ps2 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	30.1	1.8	25.0	32.8	41.6	51.5	68.1
2	30.1	6.6	24.8	32.7	41.6	51.4	67.9
3	31.3	14.7	21.7	31.5	40.9	49.8	67.2
4	31.6	19.2	14.4	29.1	39.7	47.7	65.5
5	32.2	22.6	6.3	27.4	38.5	46.2	63.8
6	33.7	23.8	6.3	25.8	36.8	44.5	61.9
7	35.5	25.6	14.2	23.6	35.1	42.8	59.9
8	36.7	27.1	19.0	20.5	33.0	41.2	57.8
9	37.0	28.9	23.1	17.1	31.5	39.7	56.6
10	37.6	29.5	25.5	13.7	29.4	38.3	55.1
11	38.8	30.7	27.0	5.3	27.9	36.8	53.7
12	40.6	32.2	29.4	5.3	27.2	36.1	52.7
13	43.0	34.0	32.0	14.0	25.0	34.4	51.0
14	45.1	36.4	34.2	19.5	24.1	33.2	49.8
15	46.3	37.6	35.6	23.6	20.7	31.0	47.7
16	48.1	39.5	36.6	27.2	13.7	29.1	45.5
17	50.2	40.3	37.8	27.9	6.5	27.4	43.6
18	50.2	41.6	38.0	28.9	4.8	26.5	41.4
19	52.3	43.3	40.7	30.1	12.8	26.0	39.7
20	53.8	44.7	42.1	32.0	20.7	24.6	38.4
21	54.4	45.4	43.3	33.0	22.4	22.4	37.1
22	55.3	46.7	43.6	33.7	23.3	17.3	35.3
23	55.9	47.4	43.9	34.7	24.3	12.8	32.9
24	56.8	48.2	44.8	35.4	26.0	5.8	30.7

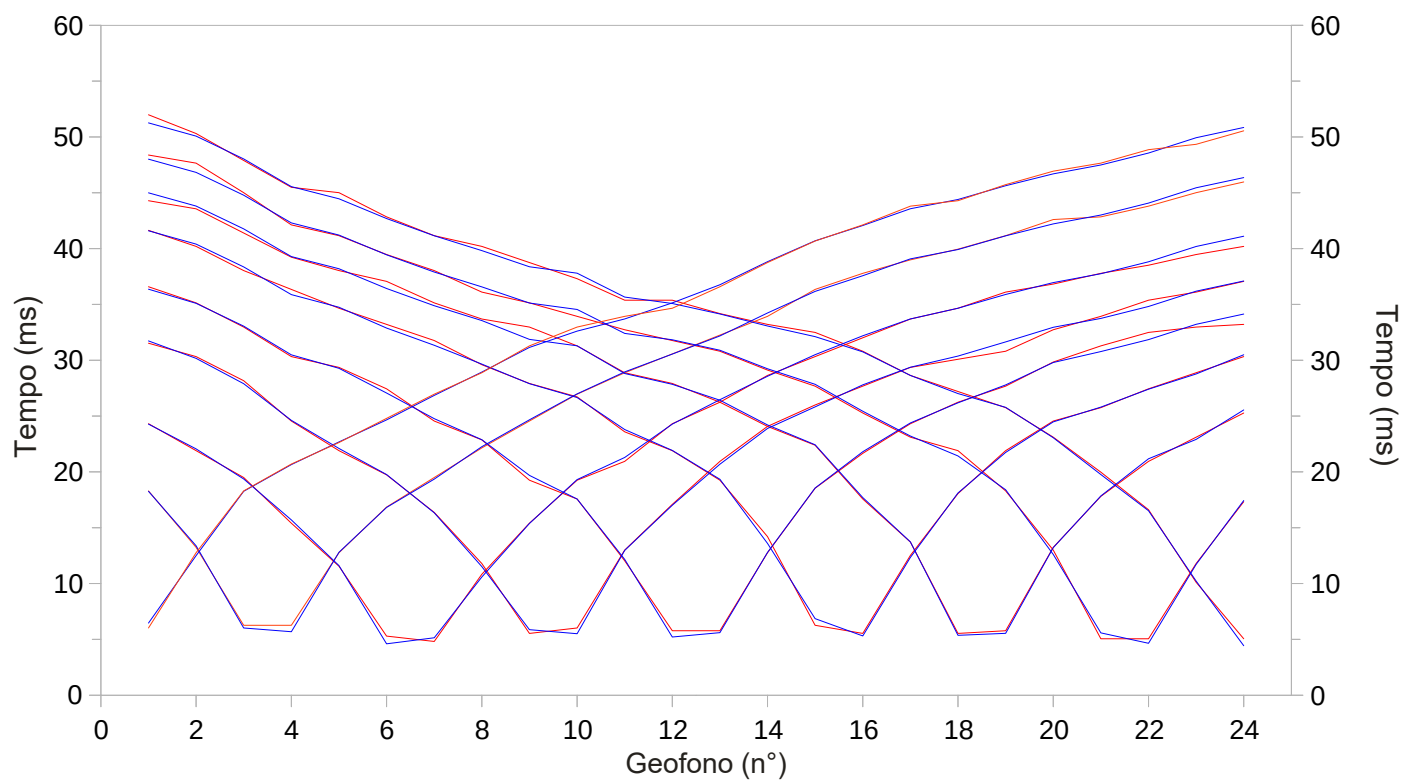
Ps2 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	27.56	3.84	22.48	32.54	41.95	49.54	65.22
2	29.74	7.21	23.27	34.13	43.60	51.22	66.91
3	31.54	13.64	20.15	33.41	43.06	50.71	66.42
4	31.57	18.79	14.11	30.97	40.75	48.42	64.13
5	34.04	23.45	6.38	30.62	40.70	48.38	64.13
6	33.68	23.76	5.28	27.83	38.62	46.36	62.13
7	35.18	25.58	13.87	23.53	35.92	43.93	59.79
8	36.56	27.07	18.03	20.87	34.15	42.24	58.09
9	37.33	28.18	22.07	15.82	31.56	39.80	55.68
10	39.18	30.09	25.06	13.00	31.20	39.59	55.47
11	38.97	29.94	25.33	7.80	28.34	36.74	52.63
12	40.66	31.75	27.40	5.30	26.11	35.05	50.96
13	44.07	35.16	31.29	12.82	26.39	35.87	51.80
14	45.88	37.02	33.23	18.79	23.57	33.79	49.73
15	46.11	37.26	33.60	22.05	18.40	31.20	47.16
16	50.63	41.78	38.12	28.19	13.13	31.39	47.37
17	48.98	40.13	36.50	27.07	4.31	26.43	42.43
18	49.33	40.48	36.85	27.84	5.80	24.55	40.56
19	52.37	43.68	40.06	31.26	13.57	24.82	40.97
20	52.76	44.29	40.71	32.10	18.29	22.40	38.75
21	55.03	46.60	43.06	34.56	23.19	20.74	37.89
22	54.75	46.32	42.85	34.42	23.70	16.13	34.97
23	58.09	49.66	46.19	37.77	27.23	11.45	34.20
24	57.66	49.23	45.76	37.41	27.01	4.11	29.93

Ps4 - Dromocrone Onde SH



Ps4 - Dromocrone Onde P



Tempi misurati
Tempi ricalcolati

Ps4 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	15.2	44.1	70.3	80.6	96.5	111.1	122.3	131.8	133.5
2	31.7	26.9	62.7	77.2	94.7	108.5	117.1	128.3	131.8
3	45.5	11.7	53.1	73.7	89.6	105.1	112.8	126.6	128.3
4	60.6	14.5	38.6	69.6	86.1	102.5	109.4	121.4	123.2
5	67.5	24.8	23.4	59.3	82.7	97.3	106.8	117.1	119.7
6	73.0	38.6	11.7	48.2	76.6	94.7	102.5	112.8	115.4
7	75.1	51.7	12.4	33.8	69.8	90.4	100.8	106.8	112.8
8	79.9	63.4	26.2	24.8	61.1	88.7	99.0	103.3	109.4
9	82.0	70.3	38.6	11.0	50.0	83.5	94.7	100.8	104.2
10	88.2	78.6	51.0	13.8	36.2	72.3	93.9	97.3	102.5
11	90.3	84.1	61.3	31.7	24.1	62.0	92.1	94.7	99.9
12	95.1	90.3	71.7	40.7	12.9	51.7	83.5	93.9	97.3
13	100.6	94.4	83.4	51.7	12.9	39.6	73.2	93.9	95.6
14	104.7	99.2	90.3	65.5	32.7	23.3	62.9	91.3	94.7
15	112.3	104.7	95.1	77.2	43.9	10.3	54.3	86.1	92.1
16	115.8	107.5	96.5	83.4	54.3	11.2	41.3	77.5	92.1
17	120.6	112.3	100.6	88.9	63.7	23.3	23.3	68.9	87.8
18	123.4	114.4	103.4	90.3	75.8	34.4	9.5	56.8	81.8
19	126.1	118.5	106.8	94.4	85.4	53.4	11.2	41.3	68.9
20	130.2	122.0	107.5	95.8	88.9	60.6	29.3	27.6	62.0
21	130.9	124.7	109.6	97.9	91.0	71.0	44.8	11.2	47.4
22	132.3	126.8	113.7	99.9	93.9	79.9	57.7	11.2	33.6
23	136.4	130.1	115.8	102.0	96.5	82.7	67.2	27.6	24.1
24	138.5	131.3	117.4	104.7	99.0	87.5	76.6	39.6	9.5

Ps4 - Onde SH - Tempi ricalcolati

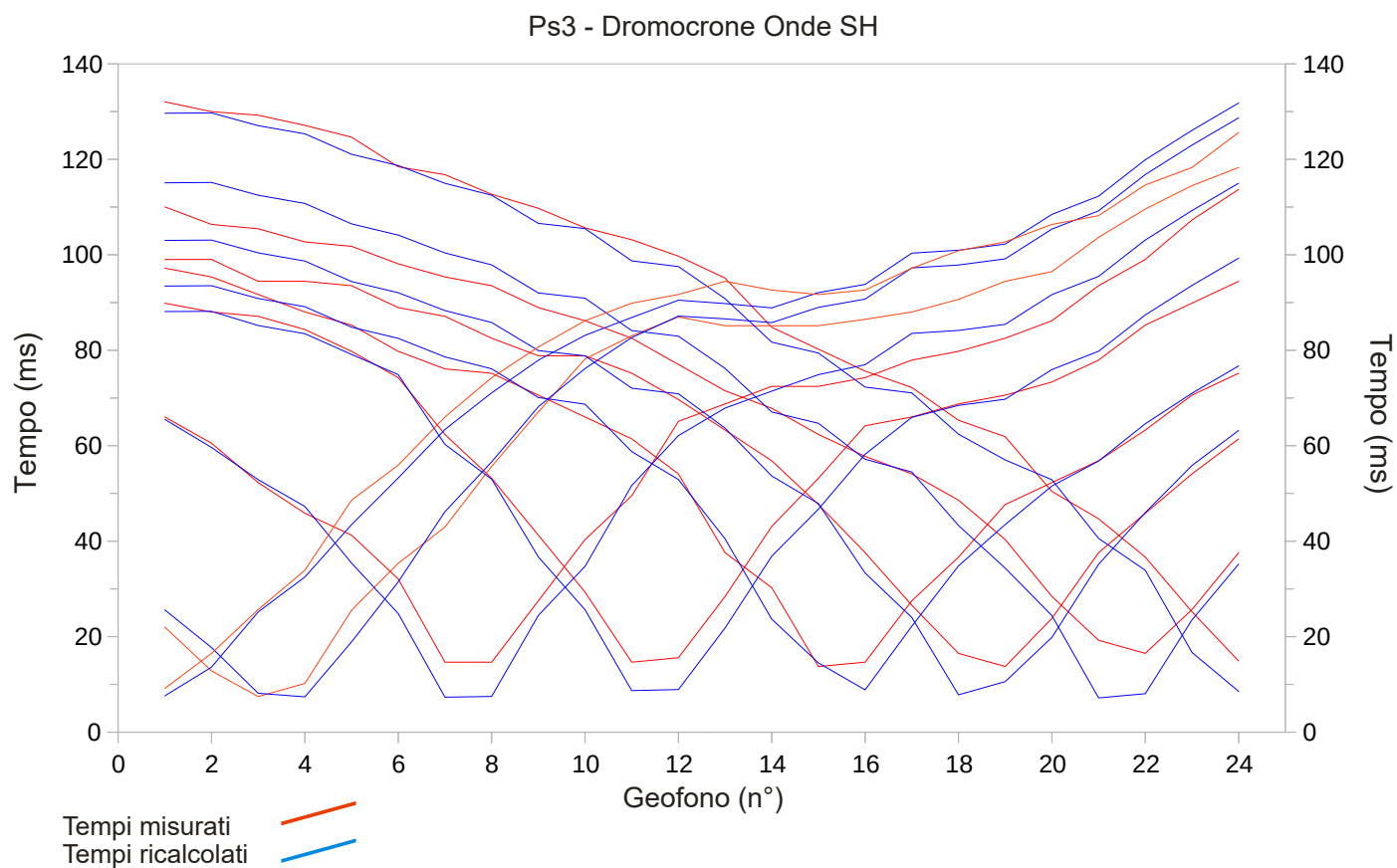
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	20.51	41.31	71.90	85.79	100.31	114.93	123.42	133.24	137.73
2	28.79	27.40	62.35	80.39	95.52	110.24	118.88	128.70	133.19
3	41.26	19.17	53.88	76.98	92.42	107.21	115.97	125.82	130.31
4	54.79	8.04	36.52	68.61	86.66	101.81	110.61	120.57	125.05
5	64.76	24.32	26.44	62.55	83.98	99.32	108.19	118.19	122.68
6	69.70	36.35	7.24	47.92	76.23	93.15	102.17	112.26	116.75
7	75.57	49.05	9.73	40.36	71.91	92.55	101.98	112.12	116.73
8	78.39	60.06	24.13	22.42	58.35	85.37	95.70	105.97	110.67
9	82.39	67.99	36.27	13.83	51.98	82.21	93.90	104.41	109.25
10	87.40	75.10	48.56	7.86	36.45	74.11	89.96	100.58	105.42
11	94.88	83.37	61.01	22.74	26.47	67.02	88.37	99.50	104.41
12	97.30	86.93	70.03	36.75	8.47	52.22	81.53	93.91	98.84
13	103.01	92.71	79.26	49.40	10.99	44.86	77.60	95.77	101.13
14	108.86	98.55	86.75	63.67	28.37	25.24	62.83	86.34	95.17
15	112.97	102.85	91.64	72.29	40.46	15.08	52.76	80.66	92.68
16	115.54	105.43	94.60	80.86	53.16	9.50	37.05	73.16	86.43
17	119.80	109.82	99.23	87.06	64.94	22.09	27.84	67.99	85.86
18	121.38	111.55	101.18	89.72	76.20	37.00	10.66	55.04	76.08
19	125.23	115.41	105.03	93.74	83.16	48.64	11.43	45.70	72.09
20	126.68	116.93	106.70	95.83	87.34	63.02	27.10	25.26	59.02
21	130.64	120.88	110.71	99.84	92.77	70.38	41.19	15.20	50.91
22	133.20	123.45	113.29	102.43	95.38	76.57	54.20	7.71	33.51
23	140.30	130.54	120.39	109.52	102.47	84.79	65.93	22.47	24.70
24	137.68	127.93	117.79	107.26	100.31	88.42	72.05	36.00	5.68

Ps4 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.0	18.3	24.3	31.5	36.6	41.6	44.3	48.4	52.0
2	12.8	13.2	21.9	30.3	35.1	40.2	43.6	47.7	50.3
3	18.3	6.3	19.5	28.2	33.0	38.0	41.4	45.0	47.9
4	20.7	6.3	15.4	24.6	30.3	36.3	39.2	42.1	45.5
5	22.6	12.8	11.6	21.9	29.4	34.7	38.0	41.2	45.0
6	24.8	16.8	5.3	19.7	27.4	33.2	37.1	39.5	42.8
7	27.0	19.5	4.8	16.4	24.6	31.8	35.1	38.0	41.2
8	28.9	22.1	10.8	11.8	22.9	29.6	33.7	36.1	40.2
9	31.3	24.6	15.4	5.5	19.3	27.9	33.0	35.1	38.8
10	33.0	27.0	19.3	6.0	17.6	26.7	31.3	33.9	37.3
11	33.9	28.9	20.9	13.0	12.0	23.6	28.9	32.7	35.4
12	34.7	30.6	24.3	17.1	5.8	21.9	27.9	31.8	35.4
13	36.6	32.3	26.2	20.9	5.8	19.3	26.2	30.8	34.2
14	38.8	33.9	28.6	24.1	12.8	14.2	24.1	29.1	33.2
15	40.7	36.3	30.3	26.0	18.5	6.3	22.4	27.7	32.5
16	42.1	37.8	32.0	27.7	21.7	5.5	17.6	25.3	30.8
17	43.8	39.0	33.7	29.4	24.3	12.5	13.7	23.1	28.6
18	44.3	40.0	34.7	30.1	26.2	18.1	5.5	21.9	27.2
19	45.7	41.2	36.1	30.8	27.7	21.9	5.8	18.3	25.8
20	46.9	42.6	36.8	32.7	29.8	24.6	13.2	13.0	23.1
21	47.7	42.8	37.8	33.9	31.3	25.8	17.8	5.1	20.0
22	48.9	43.8	38.5	35.4	32.5	27.4	20.9	5.1	16.6
23	49.3	45.0	39.5	36.1	33.0	28.9	23.1	11.8	10.1
24	50.5	46.0	40.2	37.1	33.2	30.3	25.3	17.3	5.1

Ps4 - Onde P - Tempi ricalcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.46	18.26	24.28	31.73	36.36	41.59	45.00	48.01	51.26
2	12.50	13.38	22.06	30.17	35.10	40.40	43.81	46.83	50.07
3	18.26	6.02	19.36	27.90	33.06	38.36	41.77	44.78	48.03
4	20.65	5.68	15.70	24.61	30.49	35.88	39.29	42.30	45.55
5	22.68	12.80	11.60	22.10	29.28	34.75	38.19	41.21	44.46
6	24.65	16.81	4.60	19.76	27.06	32.88	36.43	39.44	42.69
7	26.85	19.35	5.14	16.33	24.76	31.34	34.89	37.90	41.15
8	28.95	22.25	10.59	11.52	22.88	29.66	33.55	36.57	39.82
9	31.15	24.66	15.38	5.87	19.68	27.90	31.87	35.13	38.38
10	32.61	26.98	19.31	5.51	17.57	26.66	31.30	34.55	37.80
11	33.70	28.96	21.29	12.97	12.16	23.79	28.81	32.41	35.66
12	35.14	30.55	24.28	17.01	5.21	21.92	27.84	31.84	35.09
13	36.77	32.18	26.46	20.69	5.60	19.34	26.42	30.90	34.14
14	38.82	34.24	28.57	23.89	12.79	13.59	24.20	29.24	33.07
15	40.70	36.17	30.50	25.82	18.56	6.86	22.43	27.84	32.12
16	42.07	37.57	32.20	27.79	21.81	5.31	17.70	25.43	30.75
17	43.57	39.08	33.70	29.37	24.38	12.34	13.73	23.21	28.64
18	44.40	39.92	34.66	30.38	26.18	18.11	5.37	21.43	27.01
19	45.63	41.15	35.89	31.65	27.79	21.74	5.54	18.39	25.78
20	46.70	42.21	36.96	32.95	29.80	24.48	13.22	12.61	23.06
21	47.49	43.01	37.75	33.75	30.78	25.80	17.84	5.58	19.76
22	48.56	44.08	38.82	34.82	31.85	27.40	21.17	4.65	16.52
23	49.93	45.45	40.19	36.19	33.22	28.77	22.91	11.71	10.22
24	50.84	46.36	41.11	37.10	34.14	30.49	25.55	17.43	4.43



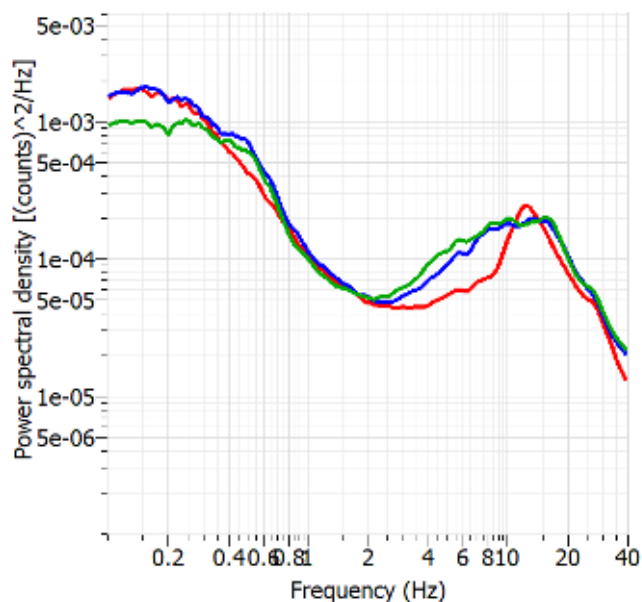
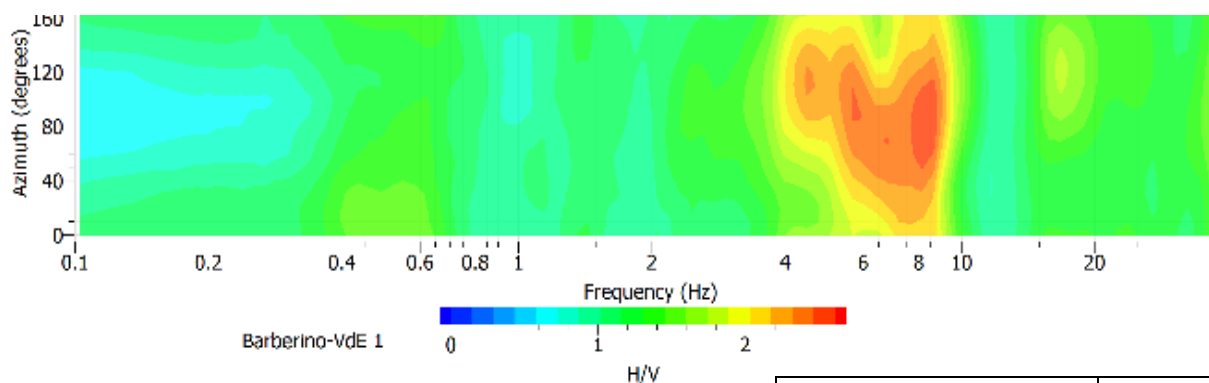
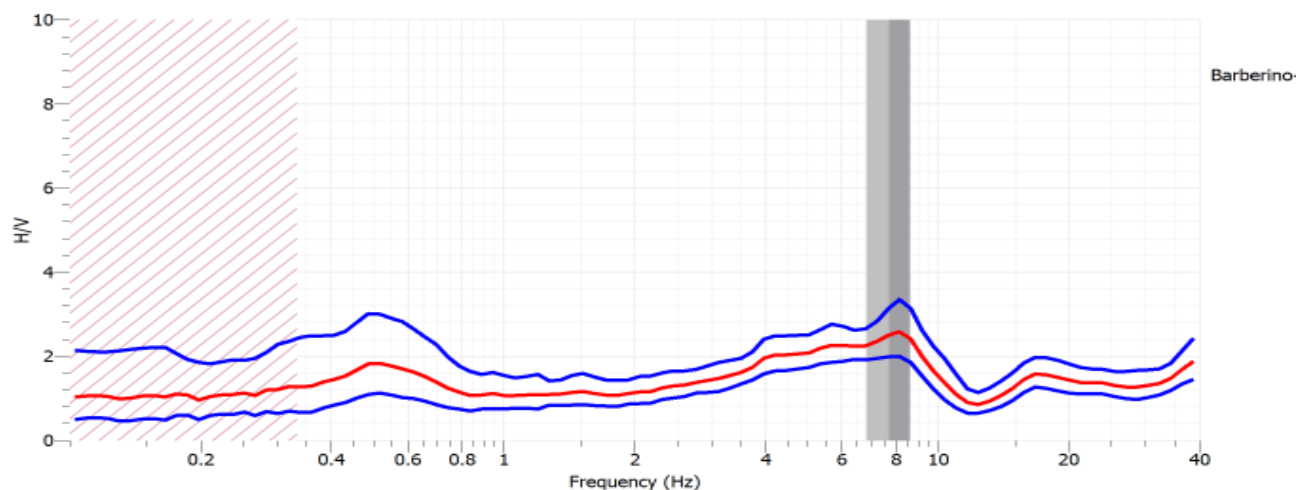
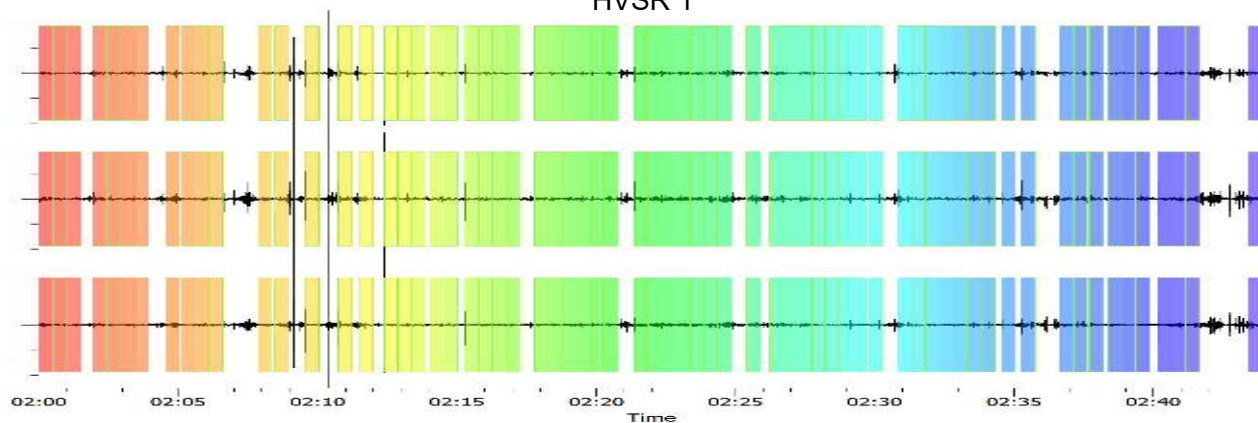
Ps3 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	9.2	22.0	66.0	89.9	97.2	99.0	110.0	132.0
2	16.5	12.8	60.5	88.0	95.4	99.0	106.4	130.0
3	25.7	7.5	52.3	87.1	91.7	94.4	105.4	129.2
4	33.9	10.2	45.8	84.4	88.0	94.4	102.7	127.1
5	48.6	25.5	41.3	79.8	85.3	93.5	101.8	124.6
6	55.9	35.4	32.1	74.3	79.8	88.9	98.1	118.4
7	66.0	43.0	14.7	62.3	76.1	87.1	95.4	116.8
8	74.3	55.7	14.7	53.2	75.2	82.5	93.5	112.7
9	80.7	67.1	27.5	41.3	70.6	78.9	88.9	109.7
10	86.2	78.2	40.3	29.3	66.0	78.9	86.2	105.6
11	89.9	83.0	49.5	14.7	61.4	75.2	82.5	103.2
12	91.7	87.0	65.1	15.6	54.1	69.7	77.0	99.7
13	94.4	85.1	68.8	28.4	37.6	63.3	71.5	95.1
14	92.6	85.1	72.4	43.1	30.3	56.8	67.9	84.8
15	91.7	85.1	72.4	53.2	13.8	47.7	62.3	80.2
16	92.6	86.5	74.3	64.2	14.7	37.6	57.8	75.6
17	97.2	88.0	77.9	66.0	27.5	26.6	54.1	72.2
18	100.9	90.6	79.8	68.8	36.7	16.5	48.6	65.3
19	102.7	94.4	82.5	70.6	47.7	13.8	40.3	61.9
20	106.4	96.5	86.2	73.4	52.3	23.8	28.4	50.4
21	108.2	103.7	93.5	77.9	56.8	37.6	19.3	44.7
22	114.6	109.6	99.0	85.3	63.3	45.8	16.5	36.7
23	118.3	114.5	107.3	89.9	70.6	54.1	25.7	25.2
24	125.6	118.3	113.7	94.4	75.2	61.4	37.6	14.9

Ps3 - Onde P - Tempi ricalcolati

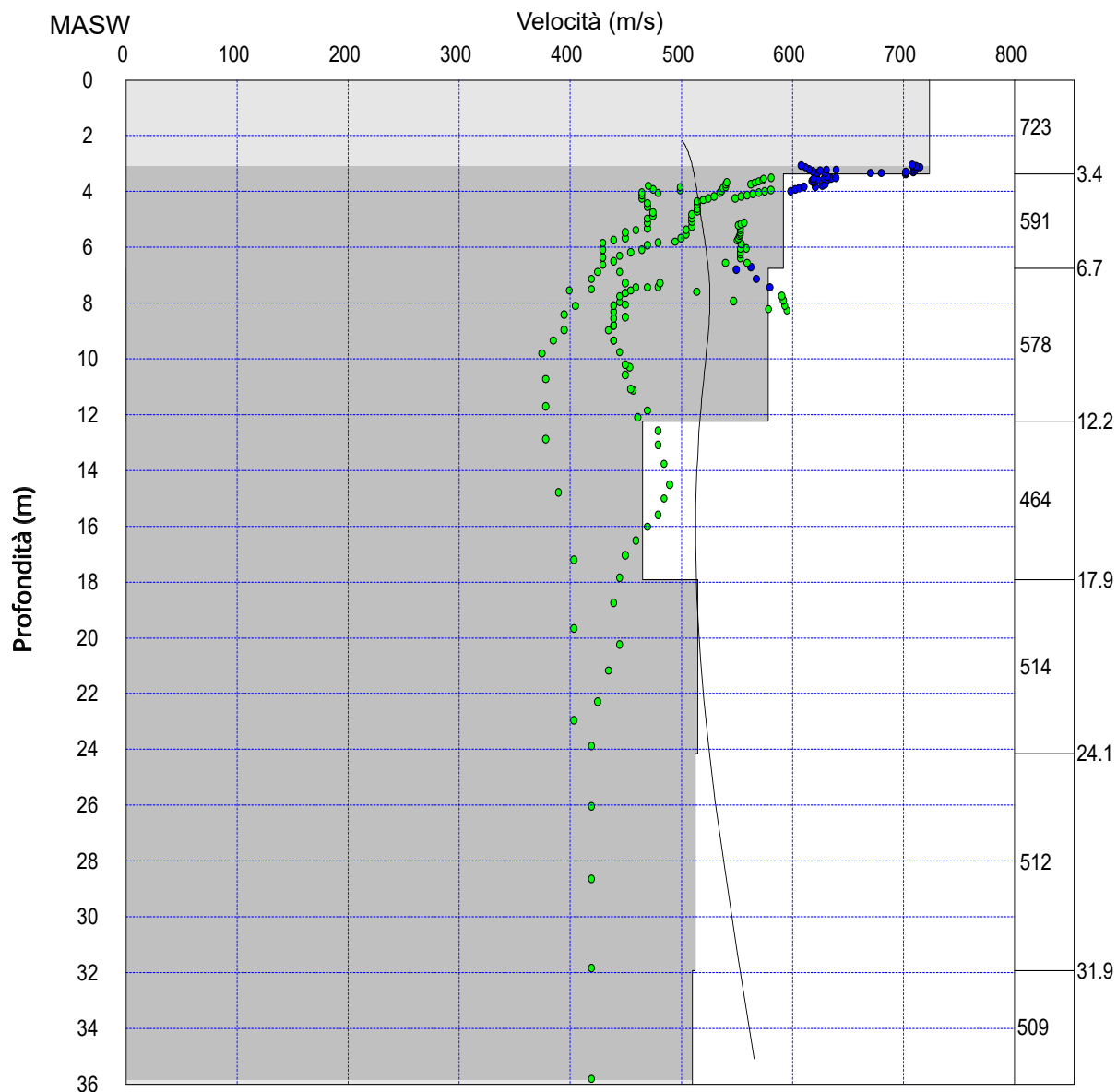
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	7.60	25.61	65.51	88.11	93.44	103.00	115.07	129.64
2	13.62	17.72	59.63	88.15	93.52	103.08	115.15	129.72
3	25.20	8.15	52.88	85.18	90.84	100.41	112.48	127.05
4	32.50	7.41	47.27	83.46	89.13	98.69	110.76	125.33
5	43.47	18.91	35.42	79.12	84.84	94.40	106.47	121.04
6	53.25	31.50	24.84	74.89	82.49	92.05	104.12	118.69
7	63.40	46.19	7.33	60.26	78.62	88.32	100.39	114.97
8	71.09	56.62	7.48	52.99	76.12	85.82	97.89	112.47
9	77.93	68.18	24.46	36.70	70.10	79.94	92.01	106.58
10	83.12	76.18	34.73	25.65	68.71	78.84	90.91	105.48
11	86.86	82.66	51.65	8.71	58.77	72.06	84.13	98.72
12	90.49	87.16	62.11	8.93	52.92	70.88	82.95	97.54
13	89.79	86.58	67.89	21.82	40.50	63.68	76.20	90.82
14	88.88	85.79	71.44	36.85	23.68	53.66	67.08	81.70
15	92.08	88.99	74.90	46.72	14.51	47.87	64.69	79.42
16	93.80	90.71	76.97	58.22	8.87	33.33	57.17	72.29
17	100.35	97.25	83.54	65.93	22.19	24.03	54.49	71.08
18	100.96	97.87	84.16	68.46	34.83	7.82	43.29	62.41
19	102.24	99.15	85.44	69.74	43.49	10.59	34.36	57.02
20	108.46	105.37	91.66	75.96	51.56	19.85	24.43	52.87
21	112.29	109.19	95.48	79.79	56.79	35.14	7.18	40.60
22	119.89	116.80	103.09	87.39	64.59	46.00	8.06	33.91
23	126.06	122.97	109.26	93.58	71.00	55.86	23.51	16.71
24	131.79	128.69	114.98	99.30	76.73	63.19	35.21	8.55

HVSr 1



Tempo di registrazione:	42 m	Num. Finestre - nw:	66
Lung. Finestra (s) - lw:	30	Campionamento (Hz)	128
f0 Massimo del rapporto H/V a 8.14 ± 0.89 Hz (tra 0.3333 e 64 Hz)			
Affidabilità' (3 condizioni verificate)			
1	f0 > 20/lw 8.14	> 0.67	OK
2	lw * nw * f0 > 200	16121 > 200	OK
Massimo[σA(f)] < 3 (per f0 < 0.5)			
3	Massimo[σA(f)] < 2 (per f0 > 0.5)	1.44 < 2	OK
intervallo: 0.5*f0 < f < 2*f0 4.07 - 16.28			
Chiarezza' (almeno 5 condizioni verificate)			
1	Esiste f- tale che A(f-) < A(f0)/2	2.31	OK
	intervallo: f0/4 < f < f0	2.04 - 8.14	
2	Esiste f+ tale che A(f+) < A(f0)/2	10.99	OK
	intervallo: f0 < f < f0*4	8.14 - 32.6	
3	A(f0) > 2	2.50	OK
Fpicco[A(f) ± σ(f)] = f0 ± 5%			
4		8.14	OK
	intervallo: f0 ± 5%	7.73 - 8.55	
5	σ(f) < ε(f0)	0.89 < 0.41	NO
6	σA(f0) < θ(f0)	1.30 < 1.60	OK

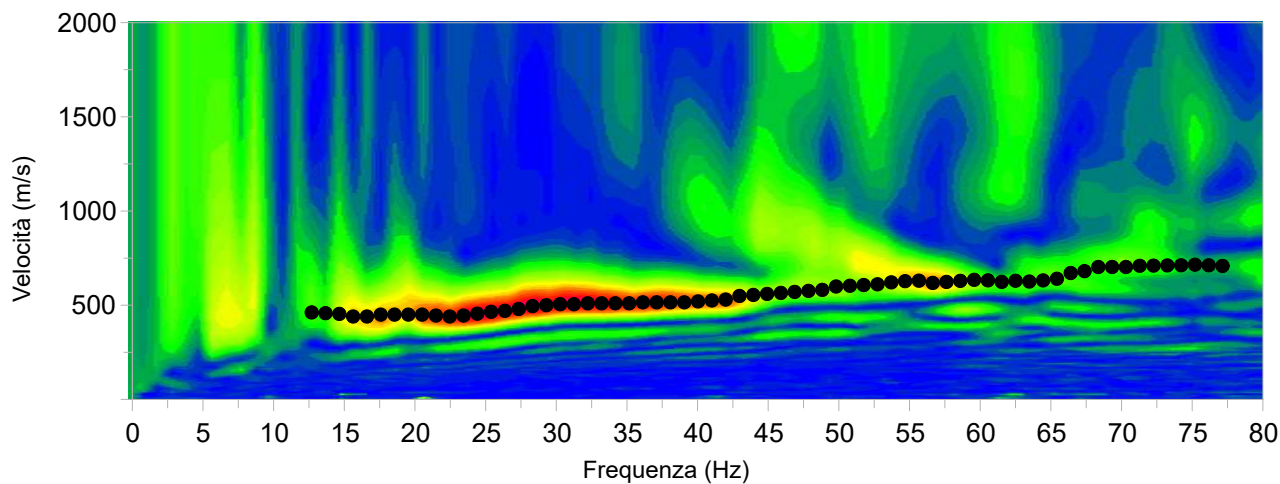
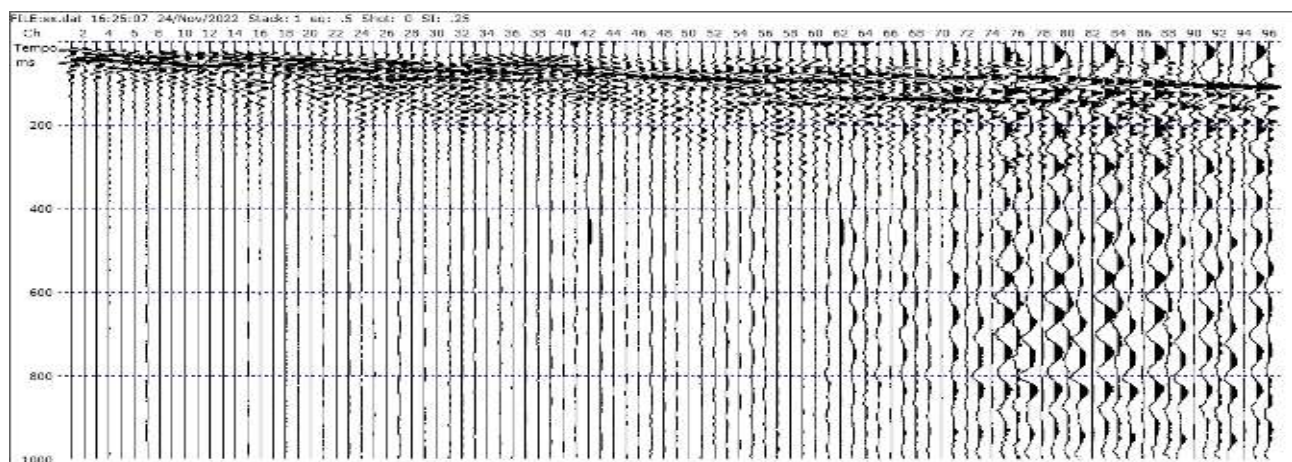
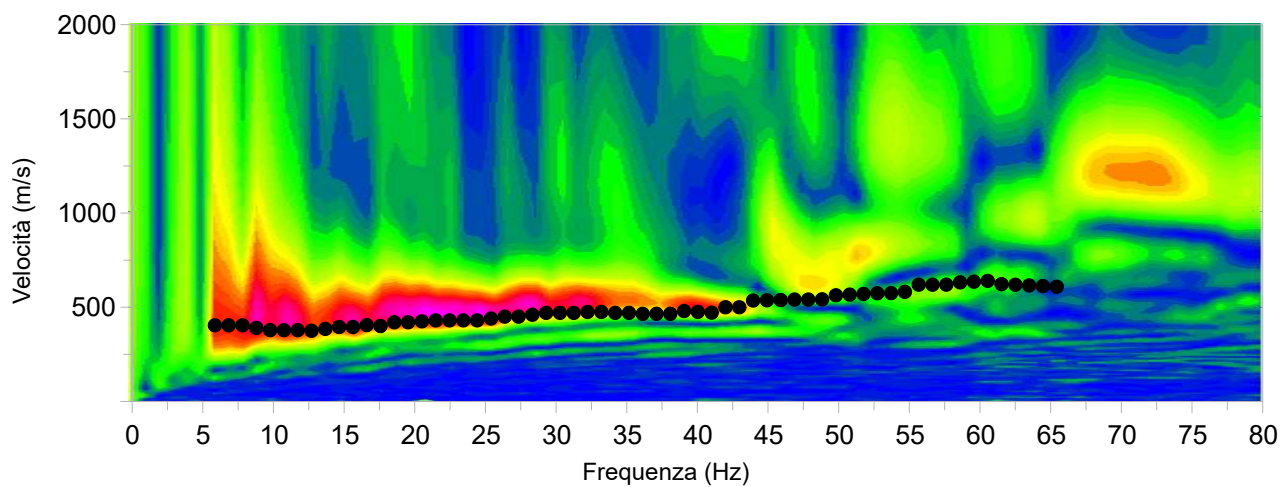
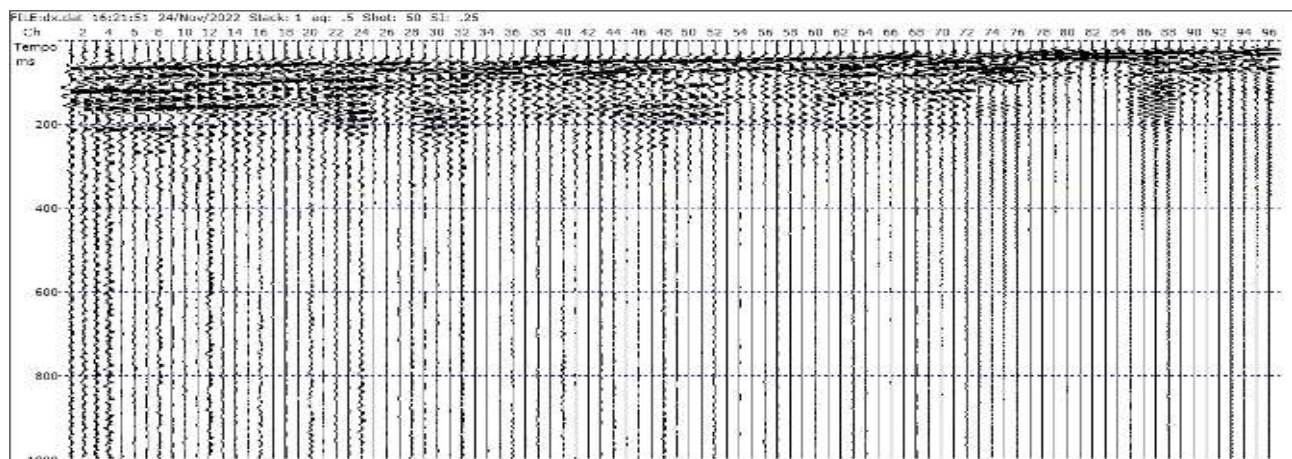
IGETECMA s.n.c.



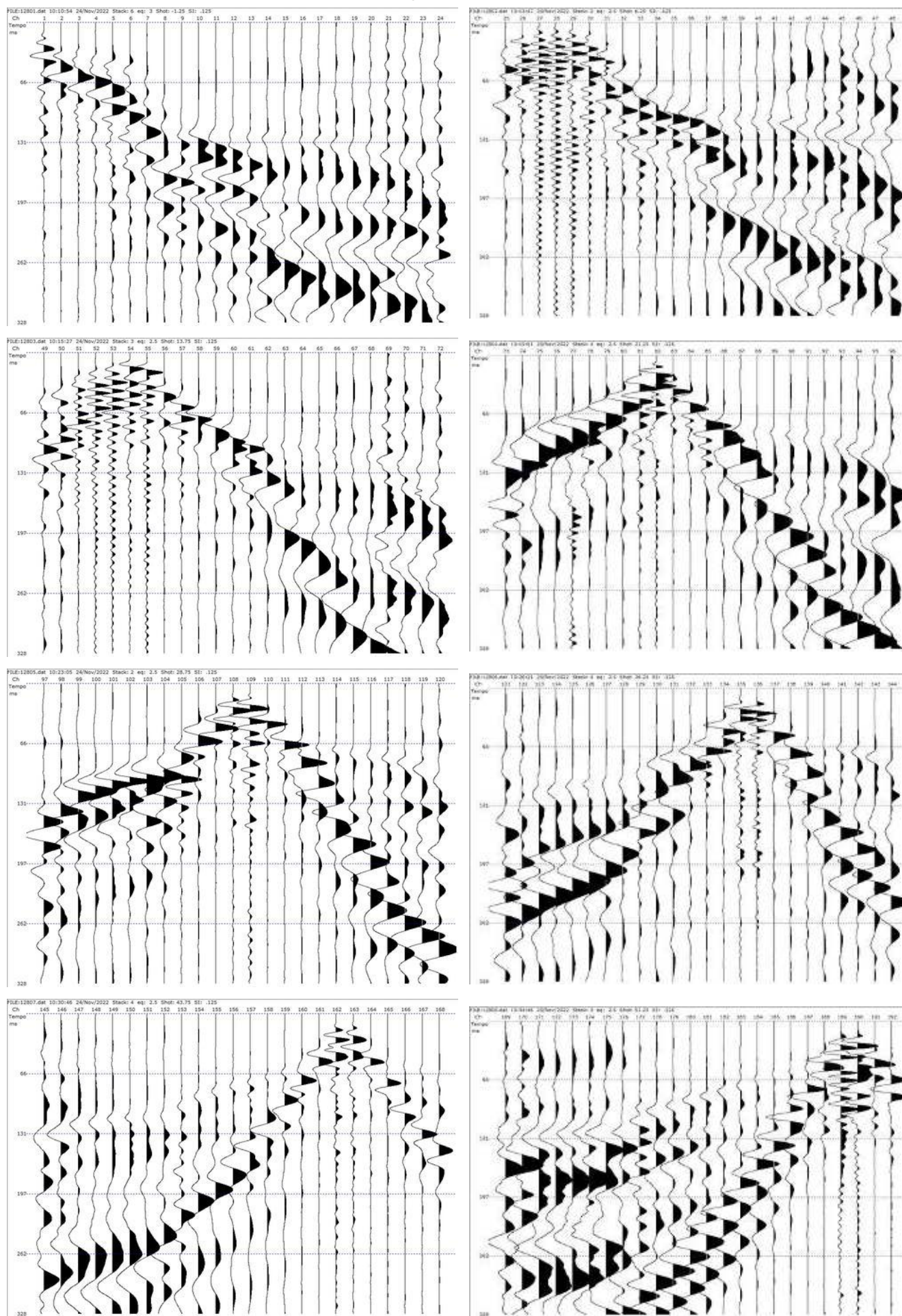
Masw attiva				Masw attiva				Masw passiva							
V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)
404	5.9	465	36.1	461	12.7	525	41.0	420	3.9	445	18.6	552	32.2	0	0.0
404	6.8	465	37.1	458	13.7	530	42.0	420	4.4	445	19.0	553	32.7	0	0.0
404	7.8	465	38.1	454	14.6	549	43.0	420	4.9	450	19.5	554	33.2	0	0.0
390	8.8	480	39.1	440	15.6	554	43.9	420	5.4	455	20.0	554	33.7	0	0.0
378	9.8	475	40.0	440	16.6	560	44.9	420	5.9	460	20.5	554	34.2	0	0.0
378	10.7	471	41.0	450	17.6	565	45.9	425	6.3	470	21.0	554	34.7	0	0.0
378	11.7	500	42.0	450	18.6	570	46.9	435	6.8	480	21.5	552	35.2	0	0.0
375	12.7	500	43.0	450	19.5	576	47.9	445	7.3	481	22.0	555	35.6	0	0.0
385	13.7	535	43.9	450	20.5	581	48.8	440	7.8	514	22.5	557	36.1	0	0.0
395	14.6	537	44.9	445	21.5	599	49.8	445	8.3	547	22.9	0	0.0	0	0.0
395	15.6	538	45.9	440	22.5	603	50.8	450	8.8	579	23.4	0	0.0	0	0.0
405	16.6	541	46.9	445	23.4	607	51.8	460	9.3	596	23.9	0	0.0	0	0.0
400	17.6	541	47.9	455	24.4	611	52.7	470	9.8	594	24.4	0	0.0	0	0.0
420	18.6	542	48.8	465	25.4	621	53.7	480	10.3	593	24.9	0	0.0	0	0.0
420	19.5	563	49.8	470	26.4	627	54.7	485	10.7	591	25.4	0	0.0	0	0.0
425	20.5	567	50.8	480	27.3	630	55.7	490	11.2	580	25.9	0	0.0	0	0.0
430	21.5	570	51.8	495	28.3	618	56.6	485	11.7	568	26.4	0	0.0	0	0.0
430	22.5	574	52.7	500	29.3	624	57.6	480	12.2	550	26.9	0	0.0	0	0.0
430	23.4	575	53.7	505	30.3	629	58.6	480	12.7	540	27.3	0	0.0	0	0.0
430	24.4	581	54.7	505	31.2	635	59.6	470	13.2	563	27.8	0	0.0	0	0.0
440	25.4	620	55.7	510	32.2	632	60.5	455	13.7	559	28.3	0	0.0	0	0.0
450	26.4	620	56.6	510	33.2	624	61.5	450	14.2	554	28.8	0	0.0	0	0.0
450	27.3	620	57.6	510	34.2	630	62.5	450	14.6	554	29.3	0	0.0	0	0.0
460	28.3	632	58.6	510	35.2	626	63.5	445	15.1	554	29.8	0	0.0	0	0.0
470	29.3	636	59.6	515	36.1	631	64.5	440	15.6	554	30.3	0	0.0	0	0.0
470	30.3	640	60.5	515	37.1	640	65.4	435	16.1	559	30.8	0	0.0	0	0.0
470	31.2	622	61.5	515	38.1	671	66.4	440	16.6	554	31.2	0	0.0	0	0.0
475	32.2	619	62.5	515	39.1	681	67.4	440	17.1	551	31.7	0	0.0	0	0.0

MASW

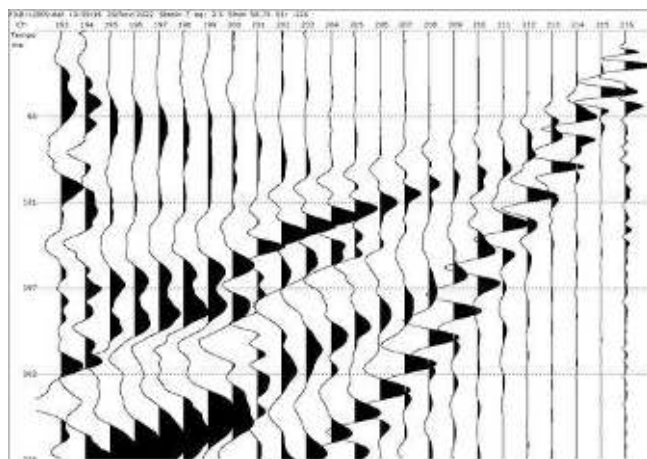
Curve di dispersione



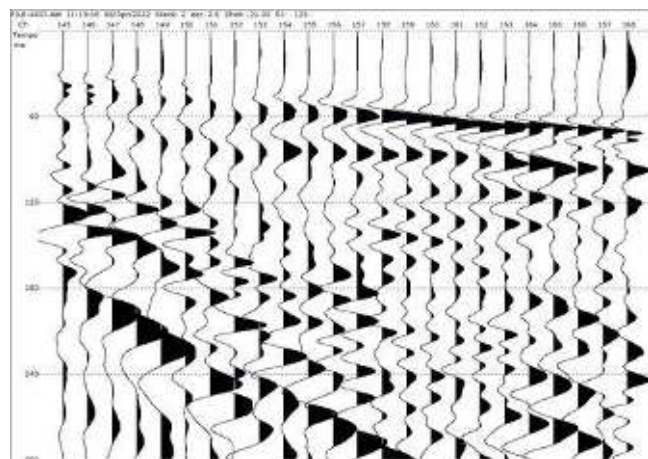
Ps1 - Regrazioni Onde SH



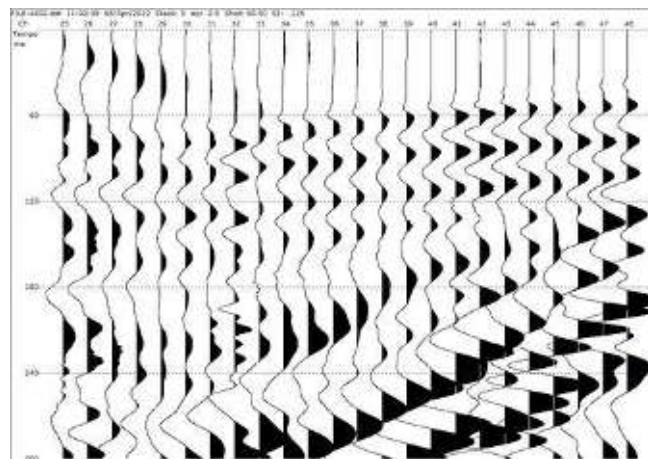
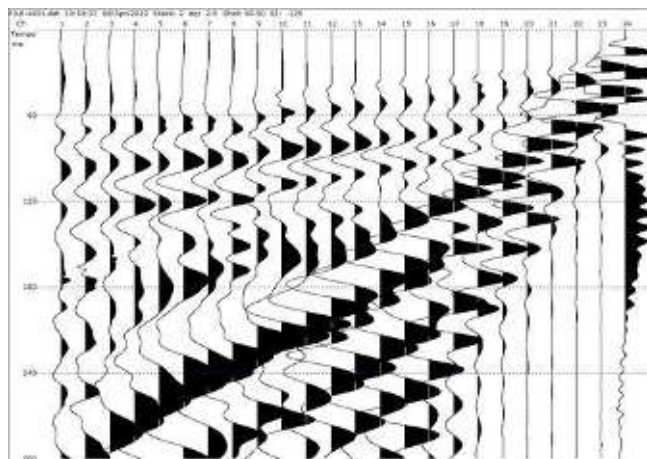
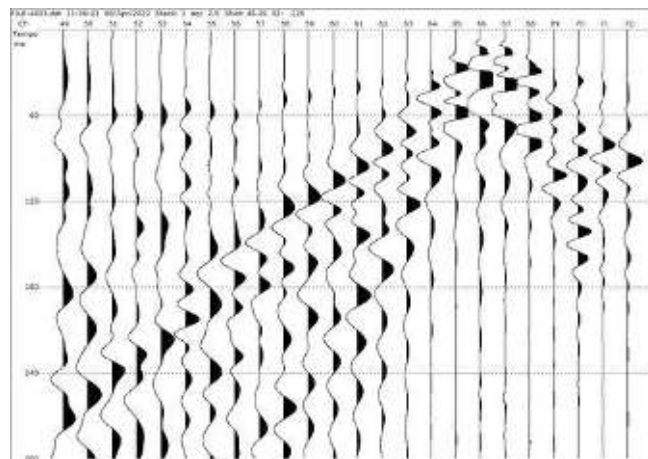
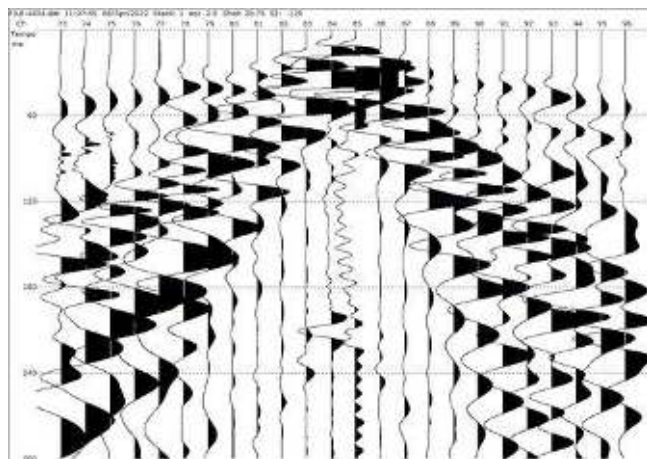
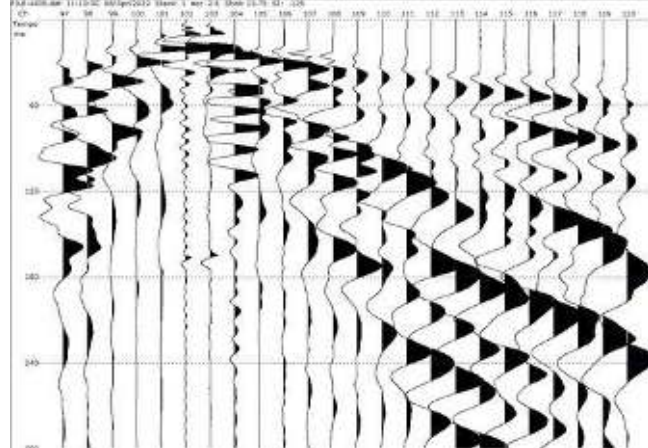
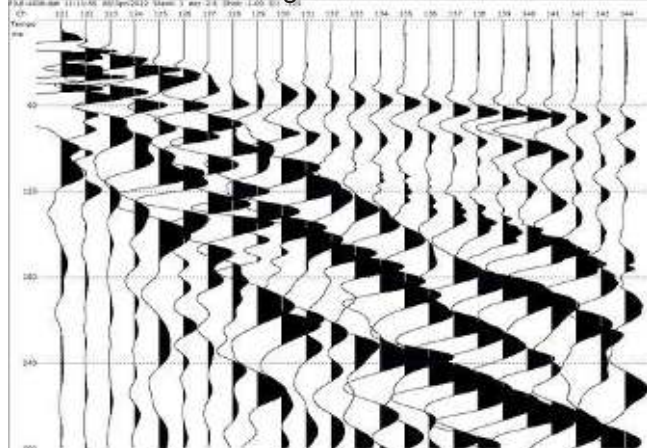
Ps1 - Regrazioni Onde SH



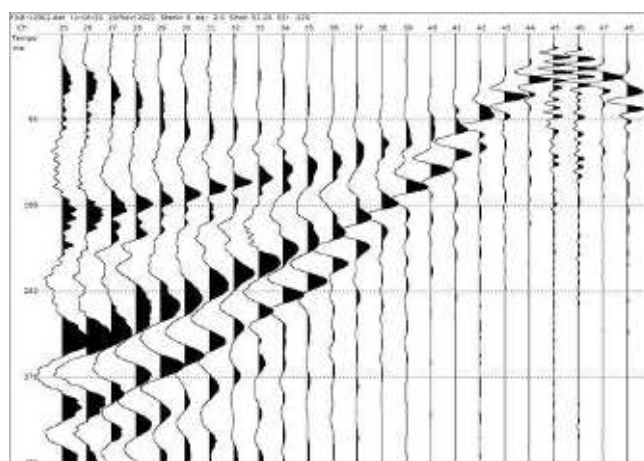
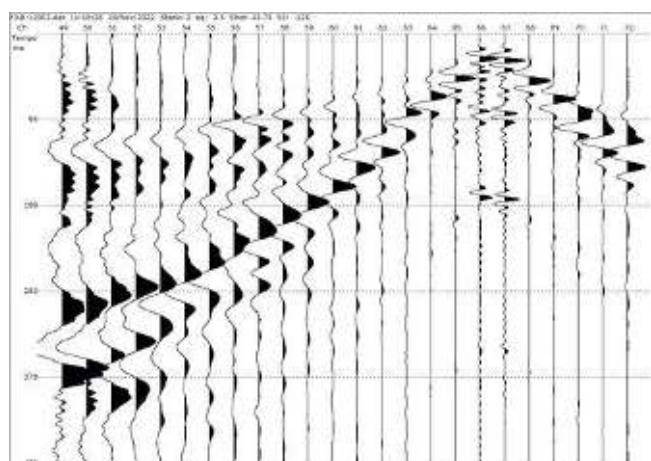
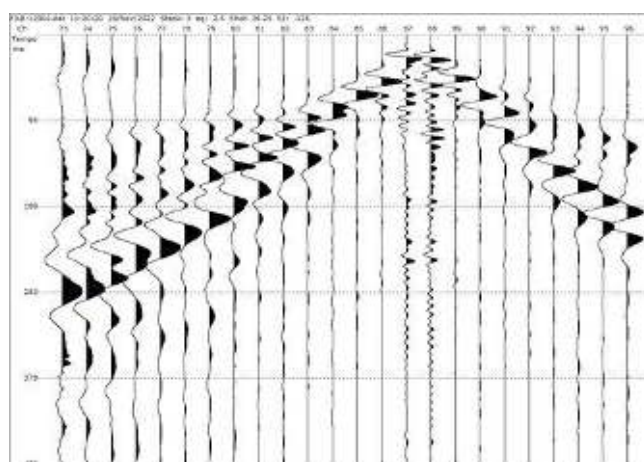
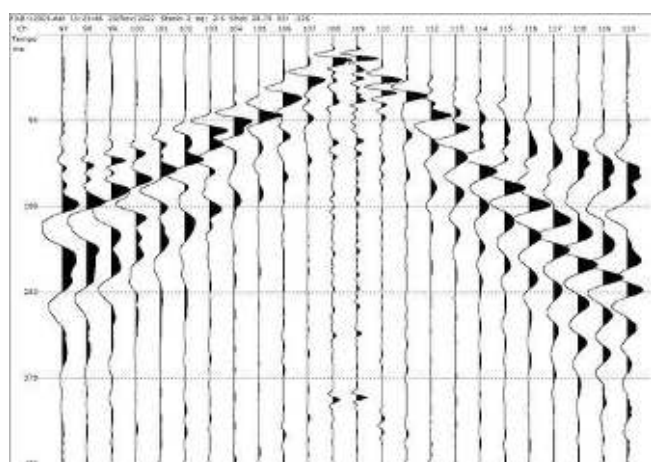
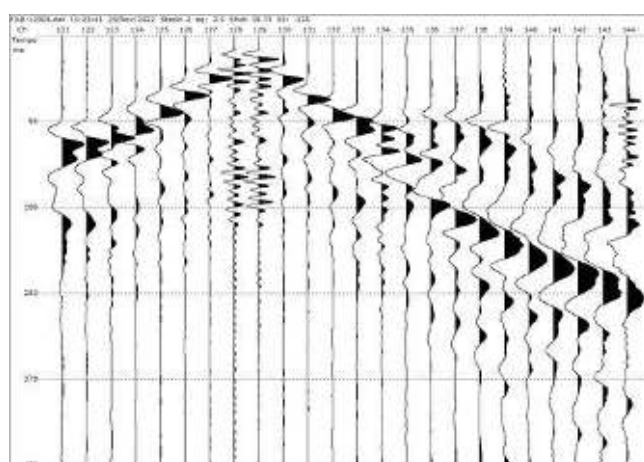
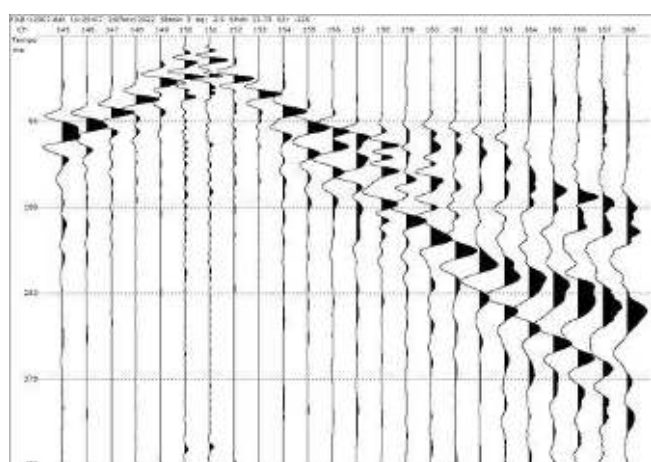
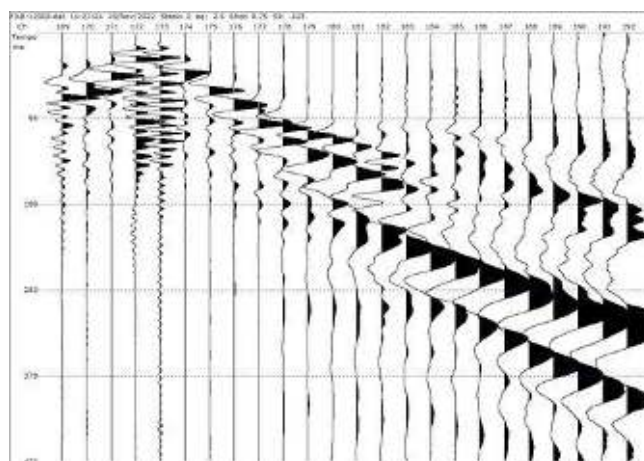
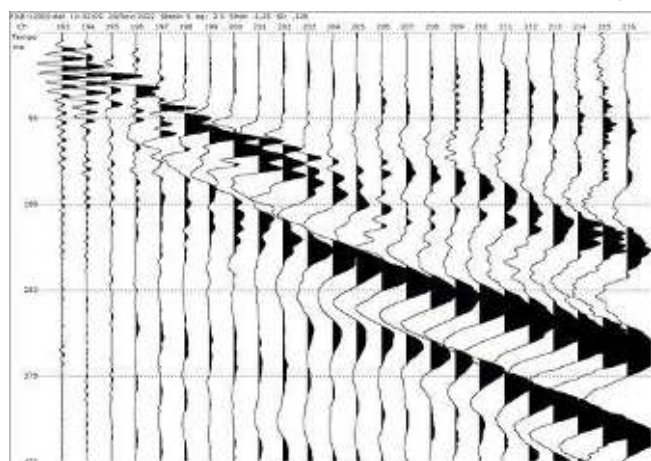
Ps1 - Regrazioni Onde P



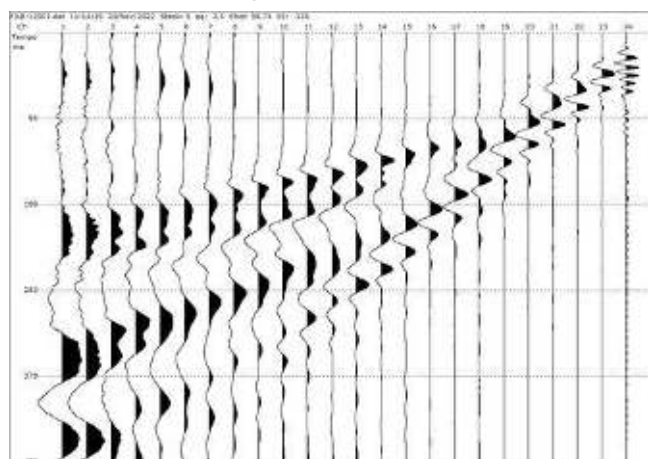
Ps1 - Regrazioni Onde P



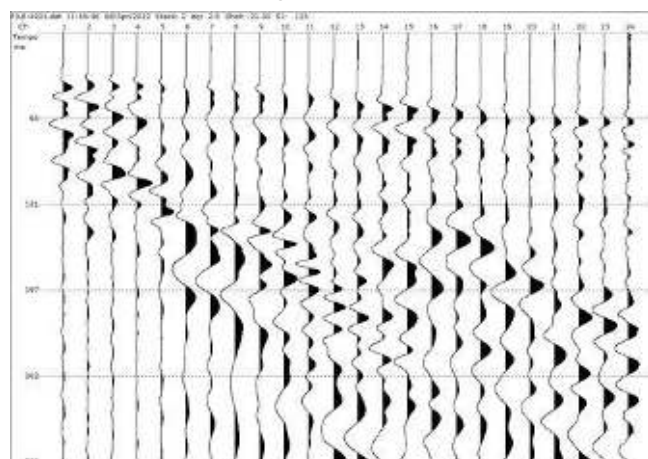
Ps2 - Regrazioni Onde SH



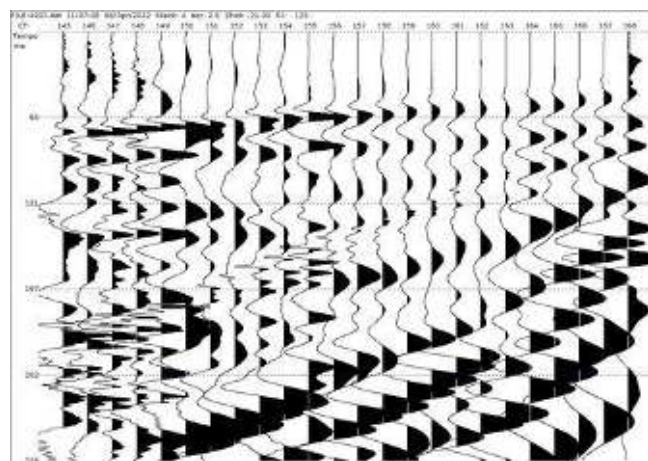
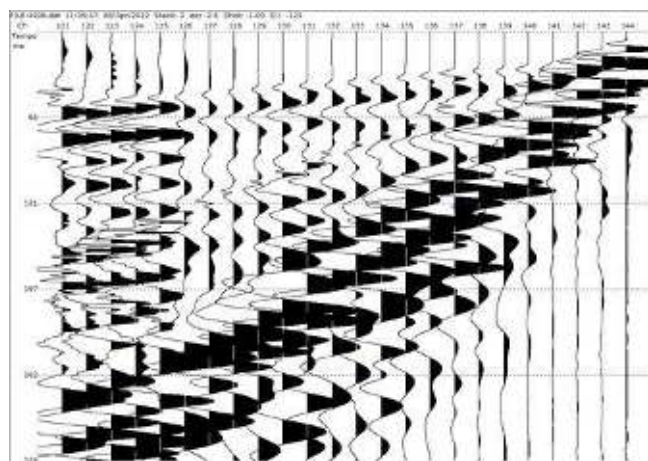
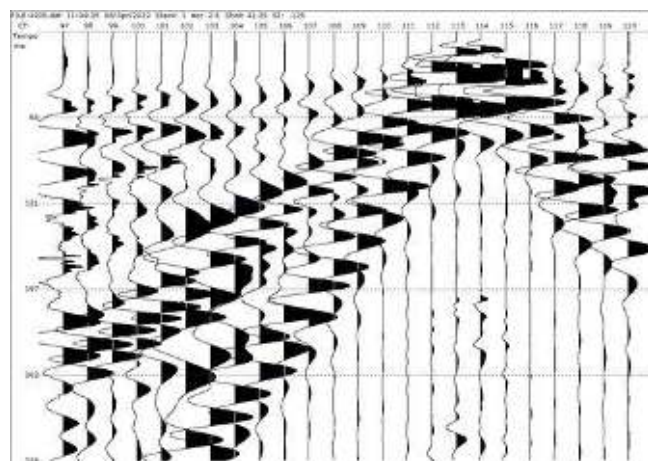
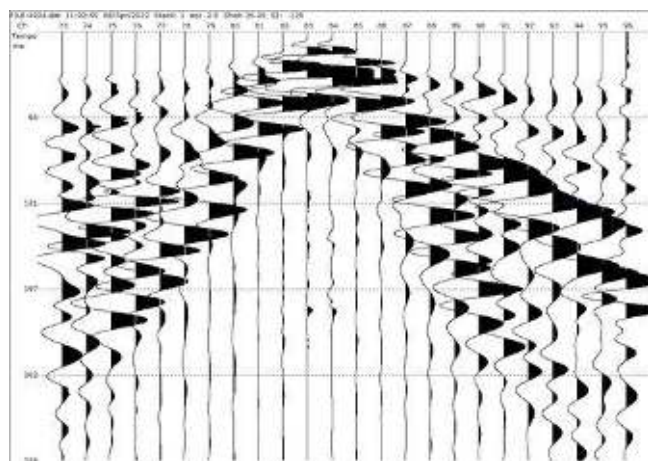
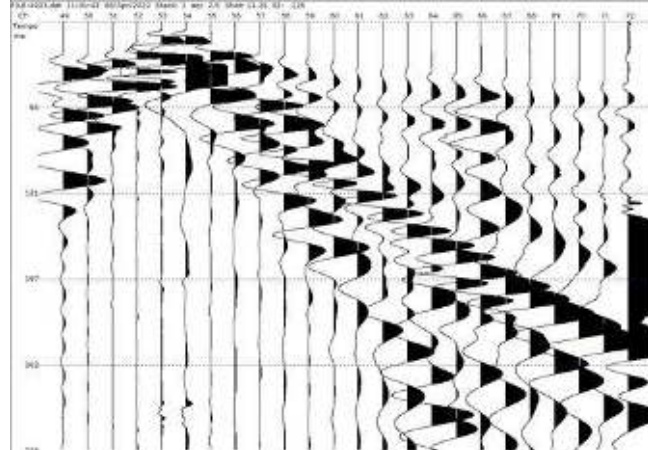
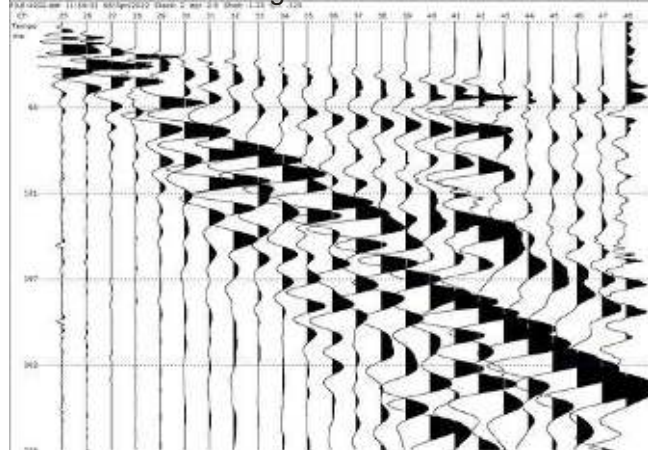
Ps2 - Regrazioni Onde SH



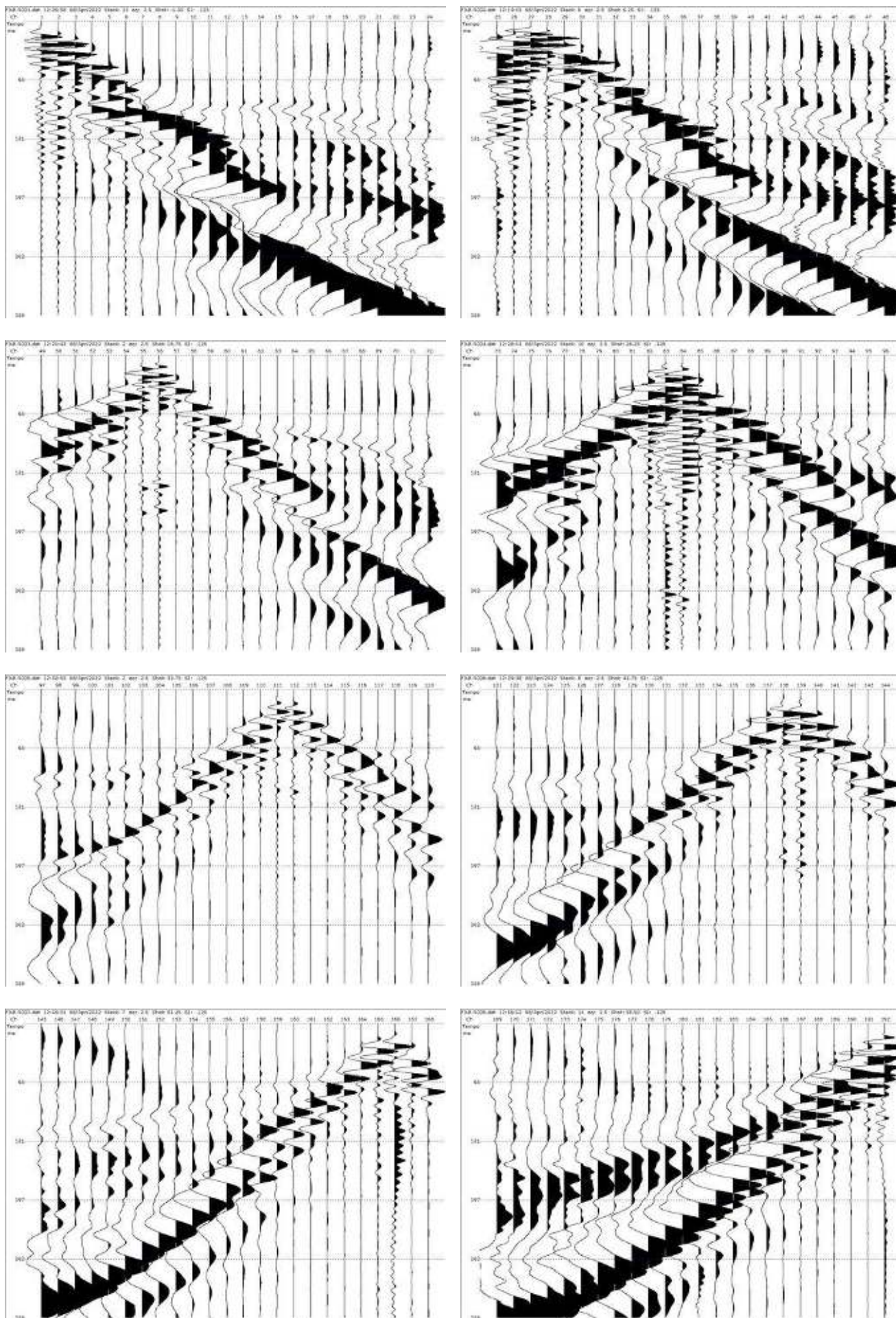
Ps2 - Regrazioni Onde P

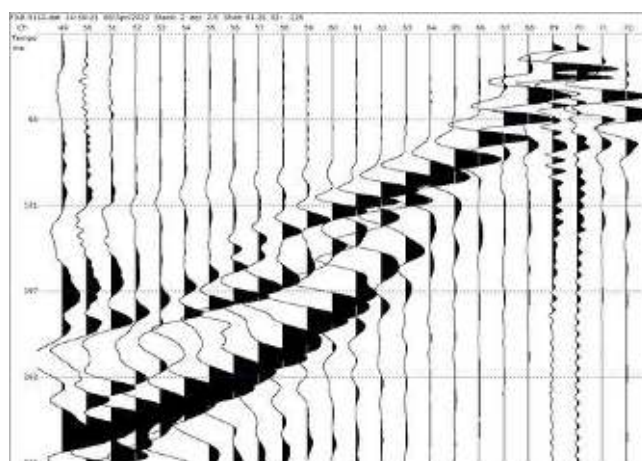
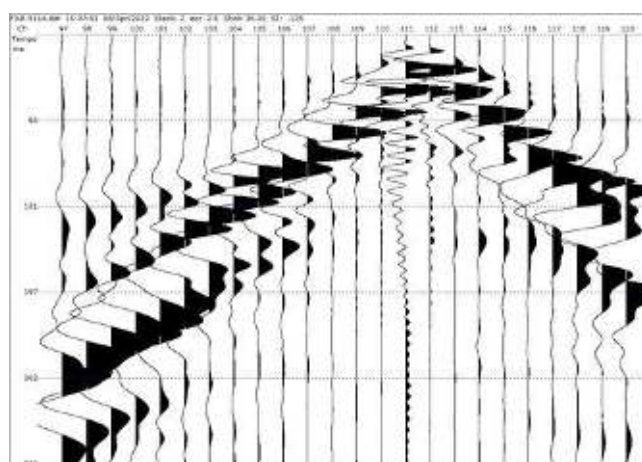
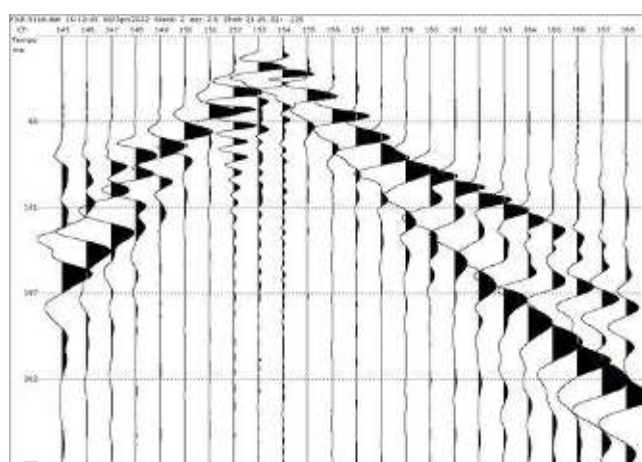
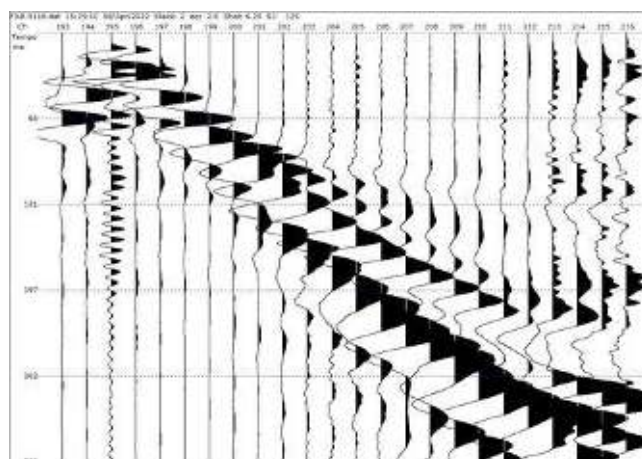


Ps2 - Regrazioni Onde P

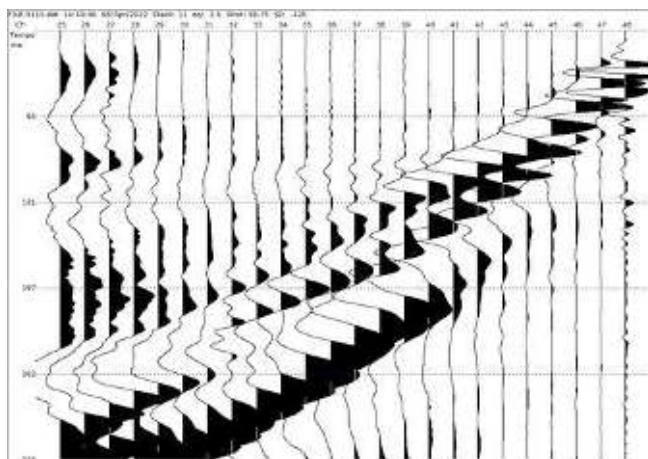


Ps3 - Regrazioni Onde SH

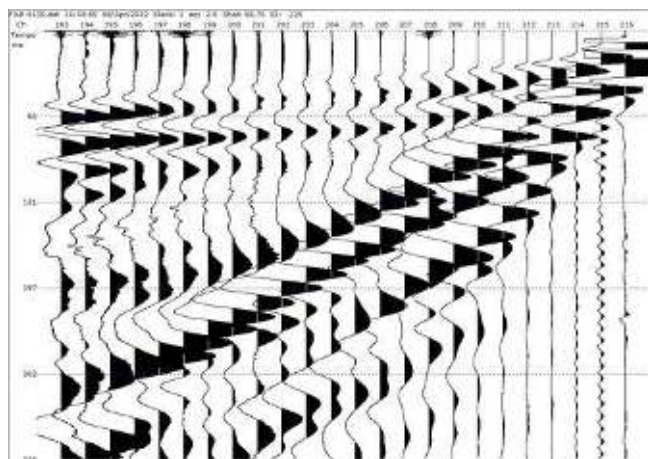




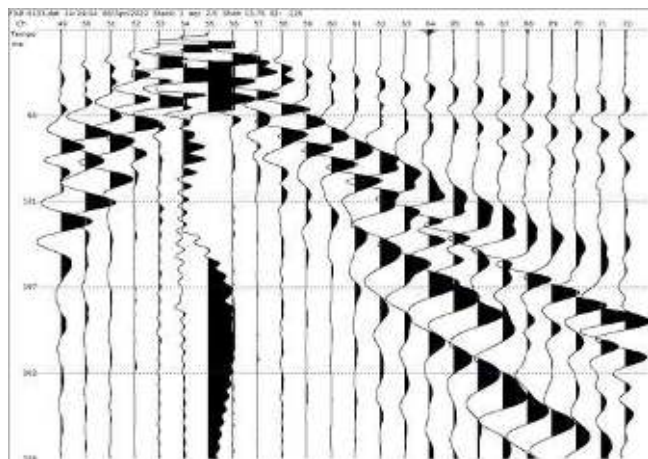
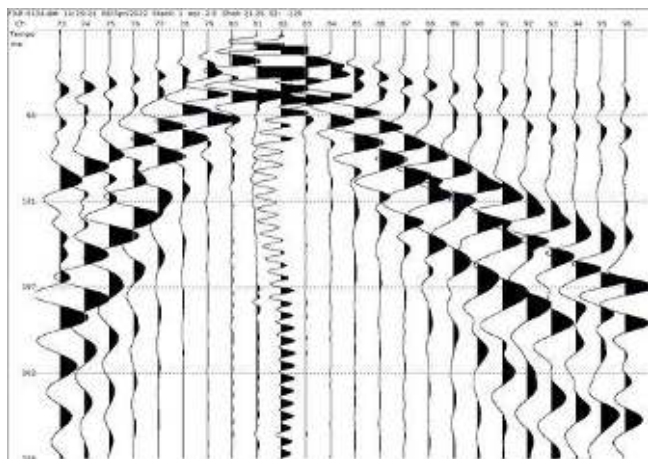
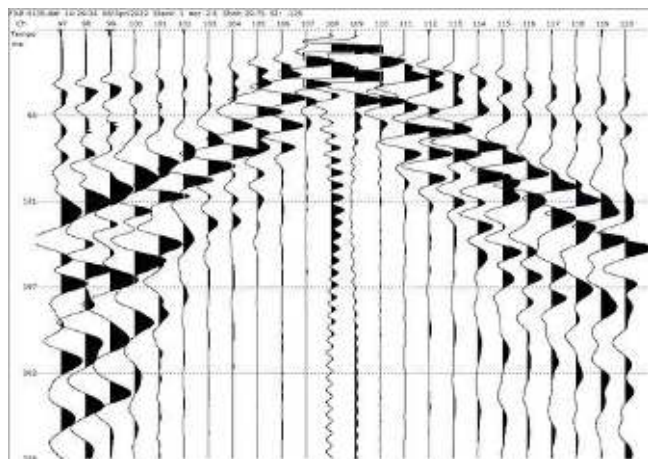
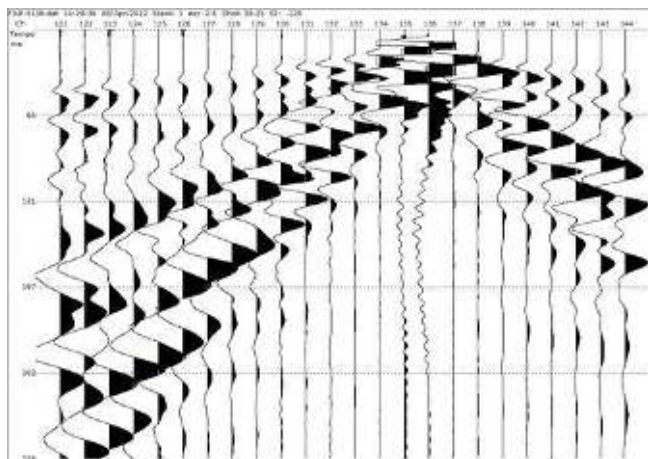
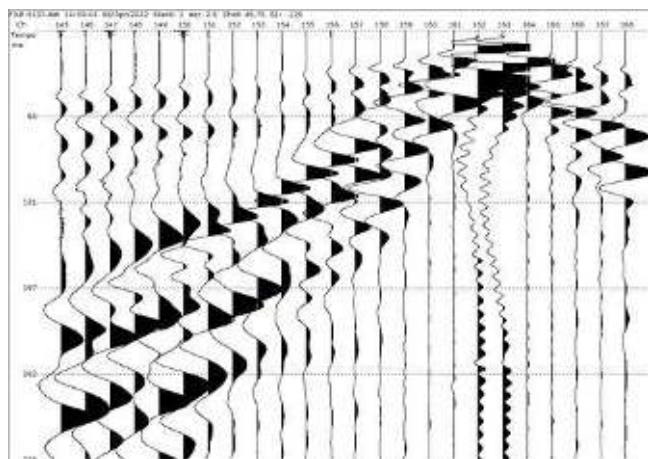
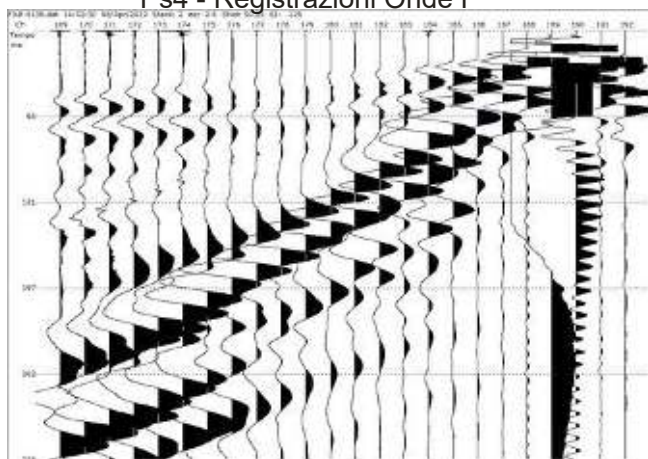
Ps4 - Regrazioni Onde SH



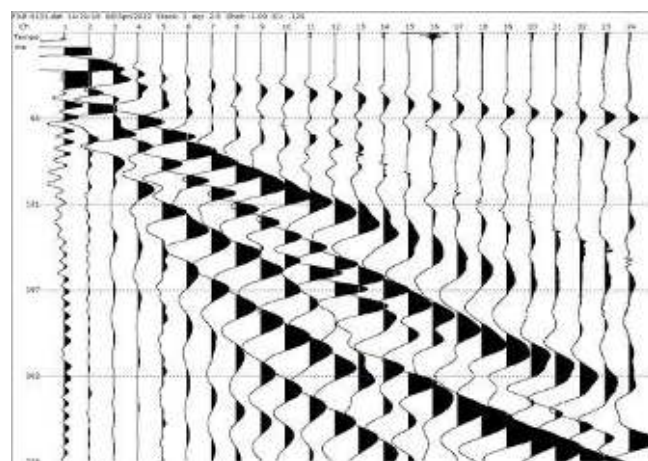
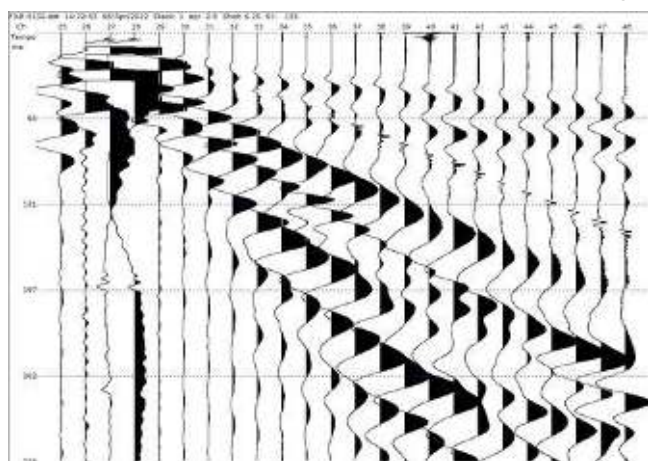
Ps4 - Regrazioni Onde P



Ps4 - Regrazioni Onde P



Ps4 - RegISTRAZIONI Onde P



Documentazione fotografica



Documentazione fotografica



**certificazioni analisi
di laboratorio**



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1314-1315/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/07/22 - 01/08/22

CAMPIONI:

S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 4 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1314/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

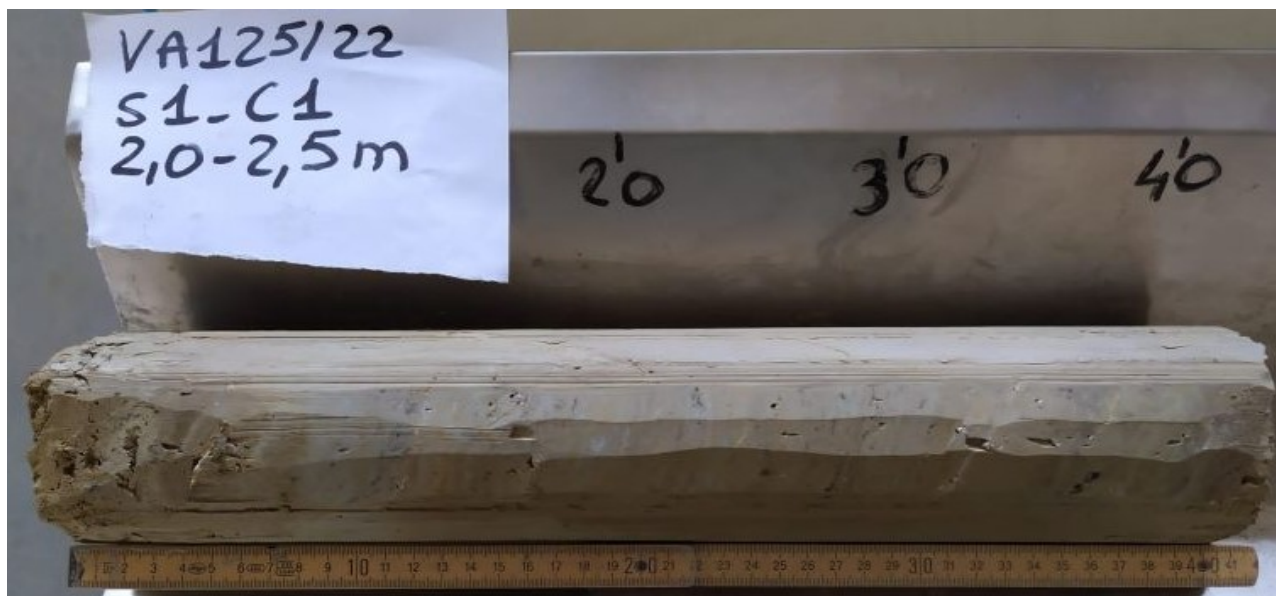
Data apertura campione: 21/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 41 cm: argilla limosa molto consistente con sporadiche concrezioni carbonatiche
colore oliva - marrone giallastro chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1314/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 25/07/22

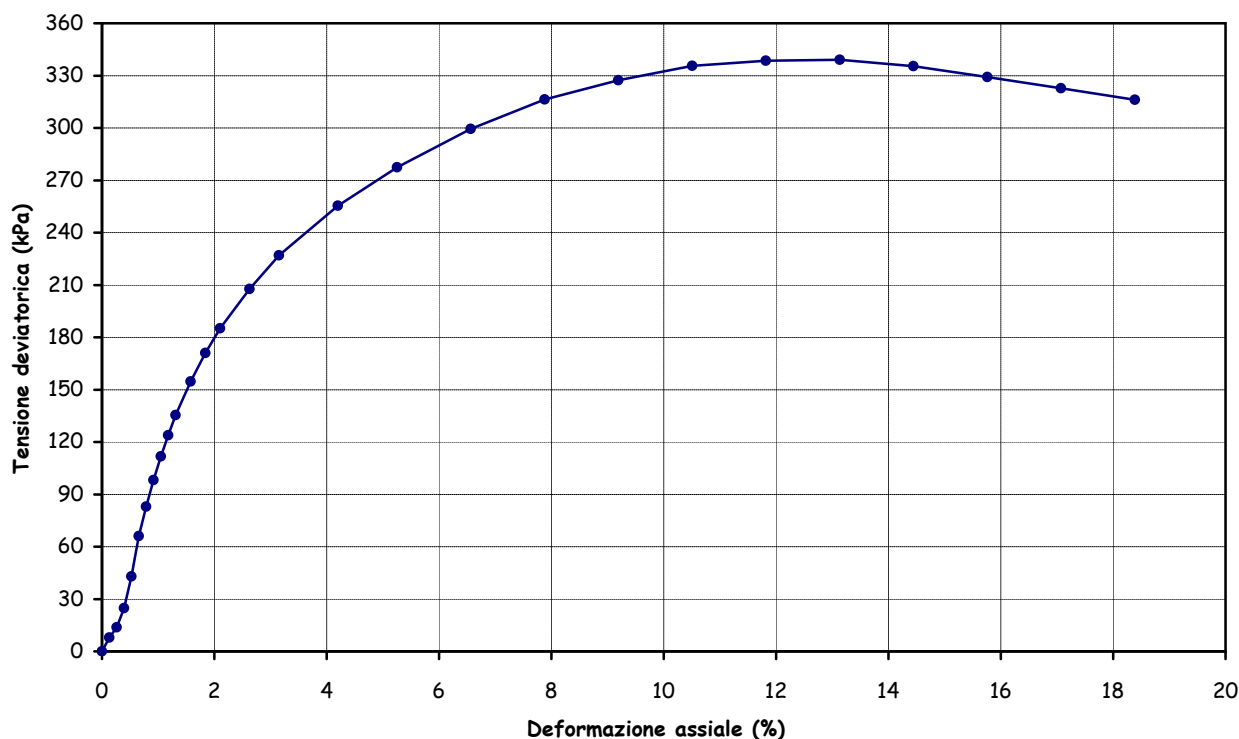
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.8	Sigma a rottura (kPa)	339.1
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.6	Coesione non drenata (kPa)	169.6
Contenuto d'acqua (%)	19.39	Modulo elastico	15031
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	7.8
0.26	13.8
0.39	24.9
0.53	43.0
0.66	66.1
0.79	83.0
0.92	98.2
1.05	111.8
1.18	123.9

ε (%)	σ (kPa)
1.31	135.5
1.58	154.7
1.84	171.1
2.10	185.1
2.63	207.8
3.15	227.0
4.20	255.4
5.25	277.4
6.57	299.4

ε (%)	σ (kPa)
7.88	316.4
9.19	327.4
10.51	335.6
11.82	338.5
13.13	339.1
14.45	335.4
15.76	329.3
17.07	322.8
18.38	316.1

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1315/2022****CAMPIONE S1C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 01/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.7	20.7	20.6
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.2	21.4	21.7
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.3	17.3	17.3
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.4	17.6	17.9
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.45	19.38	19.31
Contenuto d'acqua finale (%)	21.95	21.37	21.10
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	49.3	67.1	92.8

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	3.0	0.03	2.2	0.03	6.9
0.04	3.6	0.06	7.2	0.08	14.9
0.07	5.8	0.11	12.7	0.13	21.6
0.11	9.4	0.15	16.6	0.20	28.2
0.15	13.0	0.22	22.1	0.26	33.2
0.19	15.7	0.28	26.5	0.35	42.1
0.25	18.8	0.36	31.5	0.43	47.9
0.31	21.8	0.43	36.8	0.54	56.0
0.36	24.3	0.53	42.9	0.65	61.6
0.42	27.6	0.62	47.9	0.76	66.0
0.51	32.1	0.74	52.4	0.88	70.8
0.58	35.4	0.85	55.7	1.02	75.8
0.66	38.7	0.96	59.1	1.18	80.0
0.75	42.1	1.09	61.8	1.33	83.6
0.83	43.7	1.23	63.8	1.49	86.4
0.94	46.5	1.37	65.5	1.67	89.2
1.04	48.2	1.52	66.3	1.85	91.4
1.15	49.3	1.68	67.1	2.04	92.8
1.26	49.3	1.84	66.6	2.22	92.2
1.37	49.3	2.00	65.5	2.42	92.0
1.48	49.0	2.16	64.1	2.60	90.6

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1315/2022

CAMPIONE S1C1 profondità 2.0 - 2.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

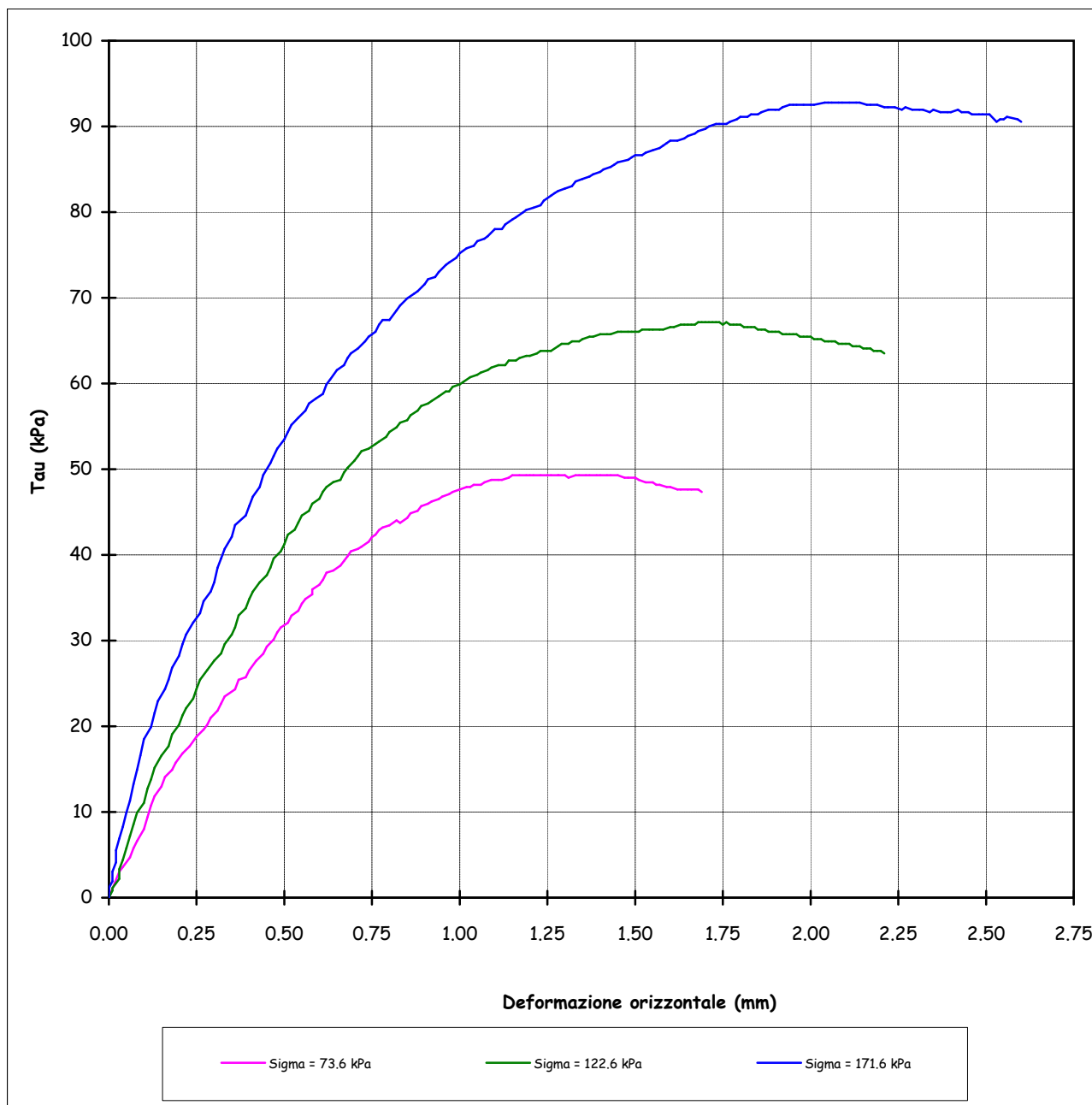
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 22/07/22 - 01/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1314-1315/2022

CAMPIONE	SIC1
Profondità metri	2.0 - 2.5
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.4
Peso volume secco (kN/m ³)	17.1
Umidità naturale (%)	19.38
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	169.6
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	15031
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	15.3
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	23.9

Michele Calm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1316-1318/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 20/07/22 - 28/07/22

CAMPIONI:

S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1316/2022

CAMPIONE S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

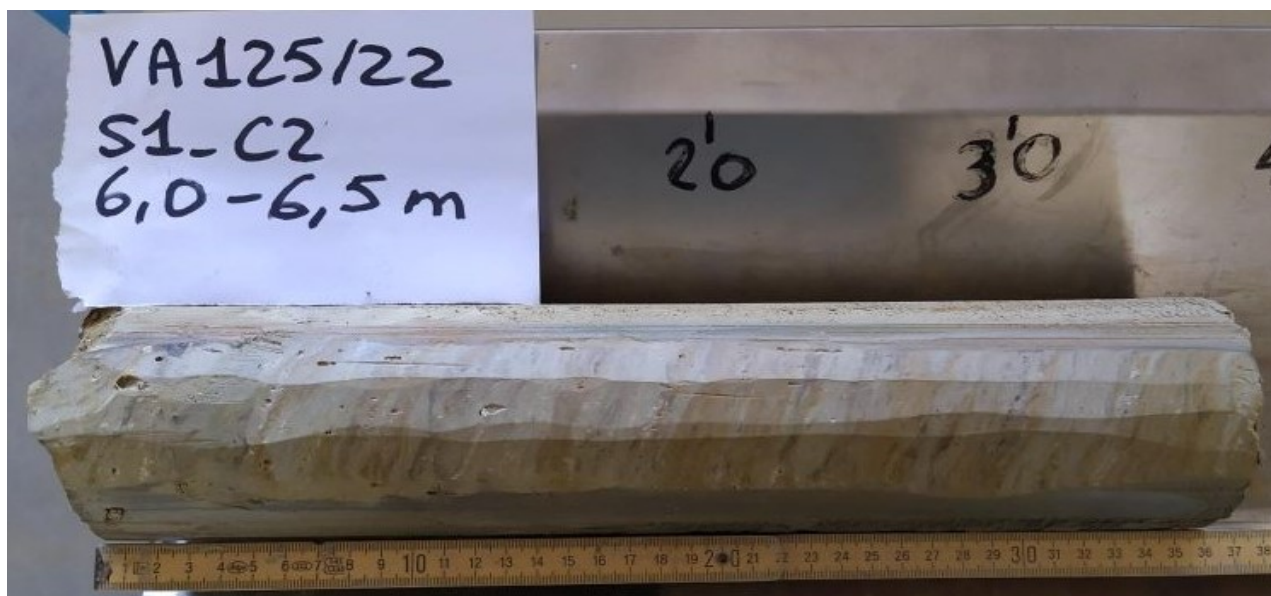
LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data apertura campione: 20/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 36 cm: limo argilloso duro con sporadiche concrezioni carbonatiche
colore oliva pallido - marrone oliva chiaro
prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1316/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 20/07/22 - 25/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 20.42%

Limite di liquidità (LL) = 51%

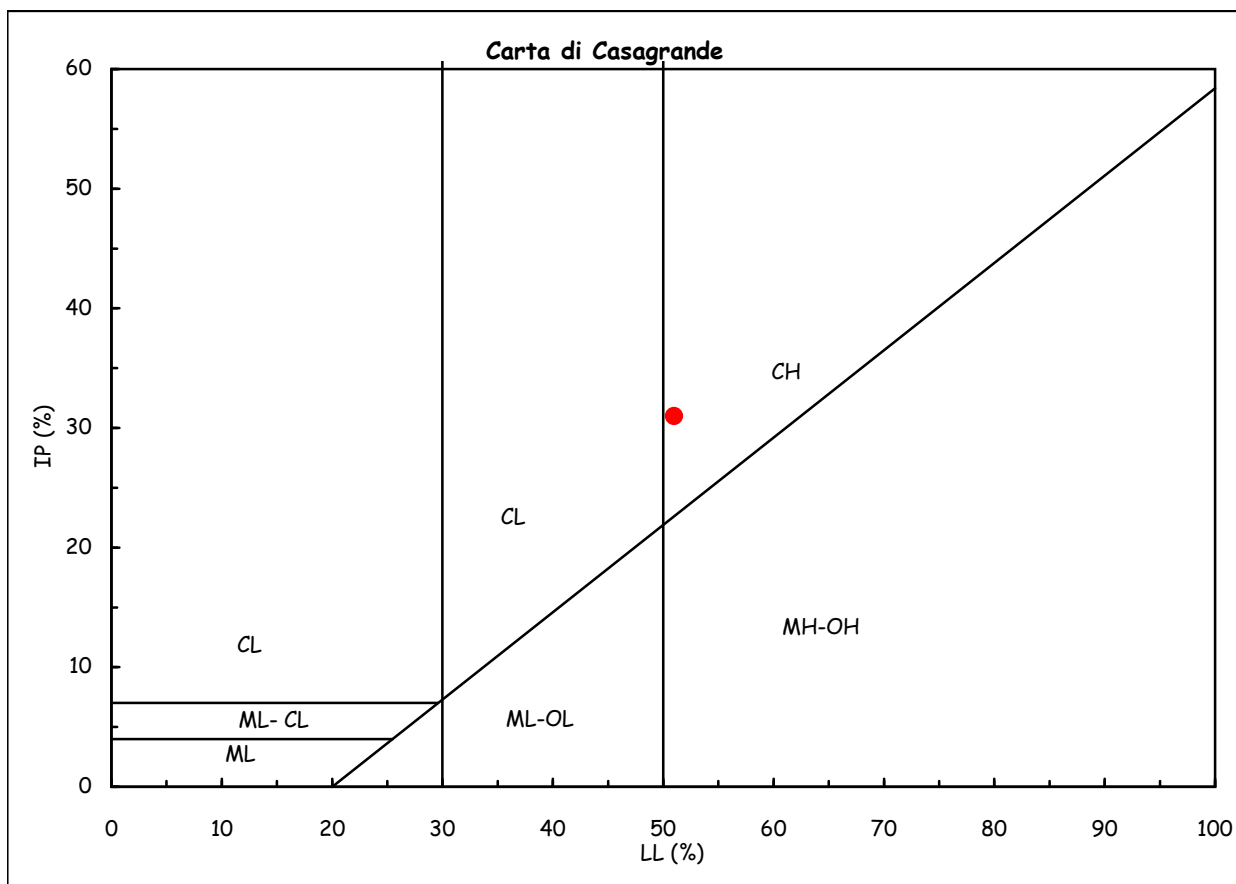
Limite di plasticità (LP) = 20%

Indice di plasticità (IP) = 31%

Indice di consistenza (Ic) = 0.99

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1317/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 20/07/22 - 22/07/22

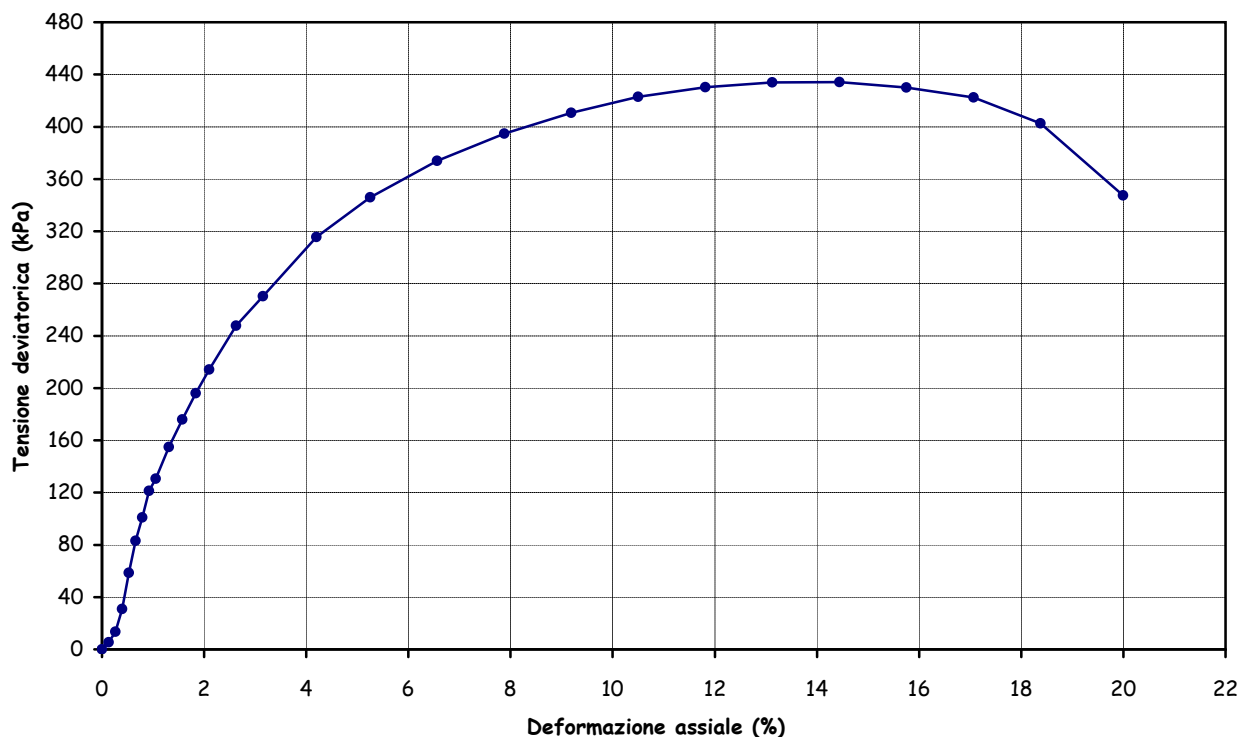
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.7	Sigma a rottura (kPa)	434.3
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.3	Coesione non drenata (kPa)	217.1
Contenuto d'acqua (%)	21.30	Modulo elastico	16834
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	5.5
0.26	13.6
0.39	30.9
0.53	58.5
0.66	83.0
0.79	101.1
0.92	121.2
1.05	130.5
1.31	154.7

ε (%)	σ (kPa)
1.58	175.9
1.84	196.1
2.10	214.1
2.63	247.8
3.15	270.3
4.20	315.6
5.25	346.0
6.56	373.9
7.88	394.8

ε (%)	σ (kPa)
9.19	410.7
10.50	422.9
11.81	430.4
13.13	434.0
14.44	434.3
15.75	429.9
17.06	422.3
18.38	402.6
19.99	347.5

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1318/2022****CAMPIONE S1C2** profondità 6.0 - 6.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 20/07/22 - 28/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.3	20.3	20.3
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.0	21.2	21.5
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.8	16.6	16.7
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.0	17.0	17.3
Contenuto d'acqua iniziale (%)	21.19	22.14	21.77
Contenuto d'acqua finale (%)	23.89	24.77	24.33
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.00175	0.00175	0.00175
Sigma (kPa)	98.1	147.1	196.1
Tau a rottura (kPa)	67.6	87.9	112.5

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	4.2	0.03	4.7	0.03	9.3
0.05	7.0	0.05	8.9	0.07	22.4
0.09	10.0	0.08	13.4	0.12	33.3
0.12	12.5	0.13	20.9	0.17	43.0
0.17	13.9	0.18	27.3	0.25	56.6
0.23	17.3	0.22	32.0	0.31	63.0
0.28	22.6	0.28	40.4	0.40	72.2
0.34	29.0	0.34	45.9	0.50	80.5
0.42	35.9	0.42	54.3	0.60	86.9
0.49	40.6	0.51	60.6	0.71	92.5
0.56	45.9	0.57	64.5	0.83	98.3
0.67	51.5	0.67	70.1	0.95	102.7
0.75	55.6	0.77	75.4	1.08	106.3
0.85	59.5	0.87	79.3	1.23	108.3
0.97	63.1	0.97	82.6	1.38	110.0
1.07	65.4	1.07	85.1	1.54	111.1
1.20	67.0	1.20	86.8	1.71	111.3
1.32	67.6	1.33	87.9	1.88	112.5
1.45	67.3	1.46	87.6	2.05	112.2
1.56	65.4	1.58	87.0	2.24	111.3
1.69	63.4	1.71	86.5	2.41	109.7

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1318/2022

CAMPIONE S1C2 profondità 6.0 - 6.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

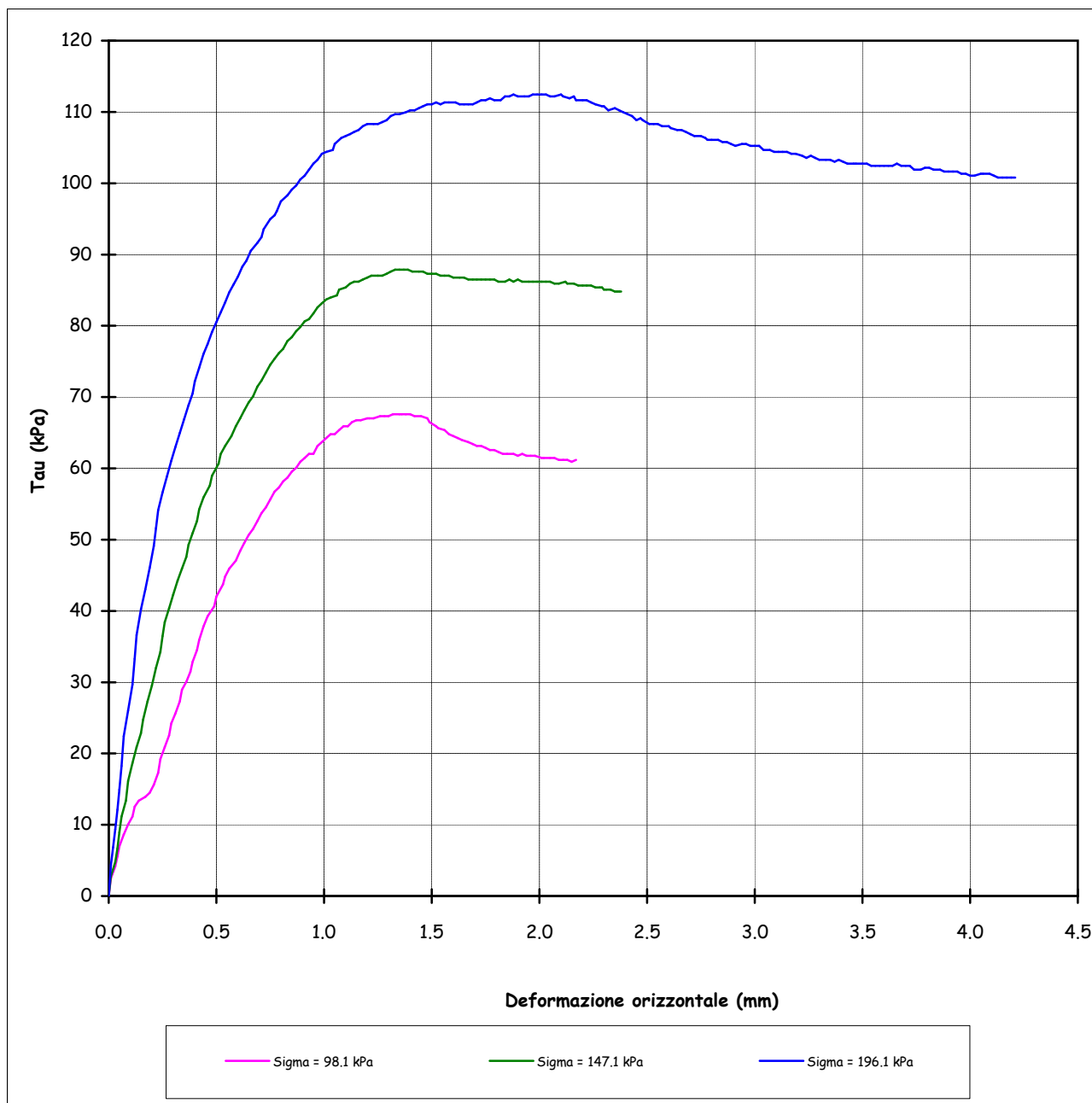
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 20/07/22 - 28/07/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1316-1318/2022

CAMPIONE	S1C2
Profondità metri	6.0 - 6.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	20.42
Limite liquido (%)	51
Limite plastico (%)	20
Indice di plasticità (%)	31
Indice di consistenza	0.99
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.17
Peso volume secco (kN/m ³)	16.59
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	217.1
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	16834
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	22.0
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	24.6

Michèle Galm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1319-1321/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 21/07/22 - 03/08/22

CAMPIONI:

S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1319/2022

CAMPIONE S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data apertura campione: 21/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 38 cm: argilla limosa dura con presenza di concrezioni carbonatiche
colore giallo oliva - grigio chiaro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1319/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 25/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 6.25%

Limite di liquidità (LL) = 55%

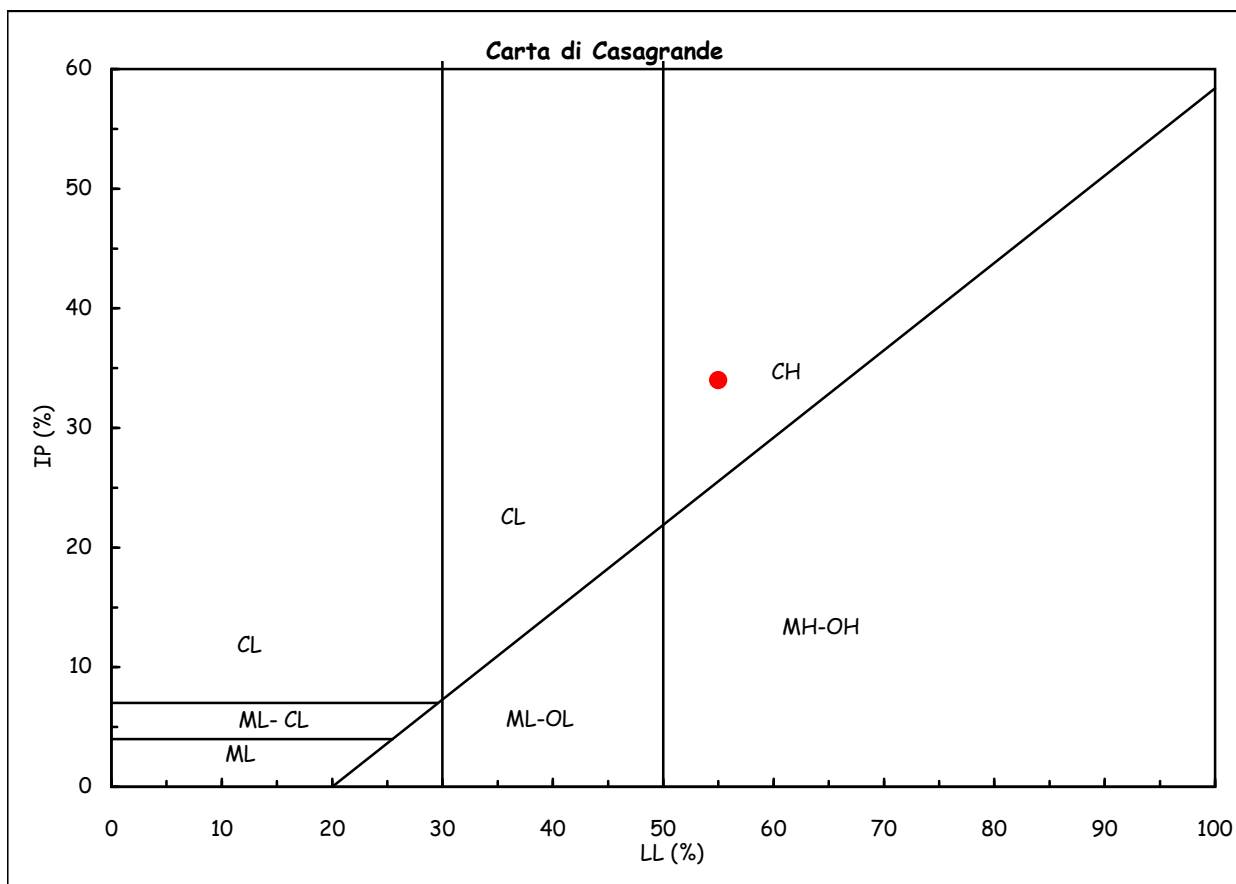
Limite di plasticità (LP) = 21%

Indice di plasticità (IP) = 34%

Indice di consistenza (Ic) = 1.43

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1320/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 21/07/22 - 23/07/22

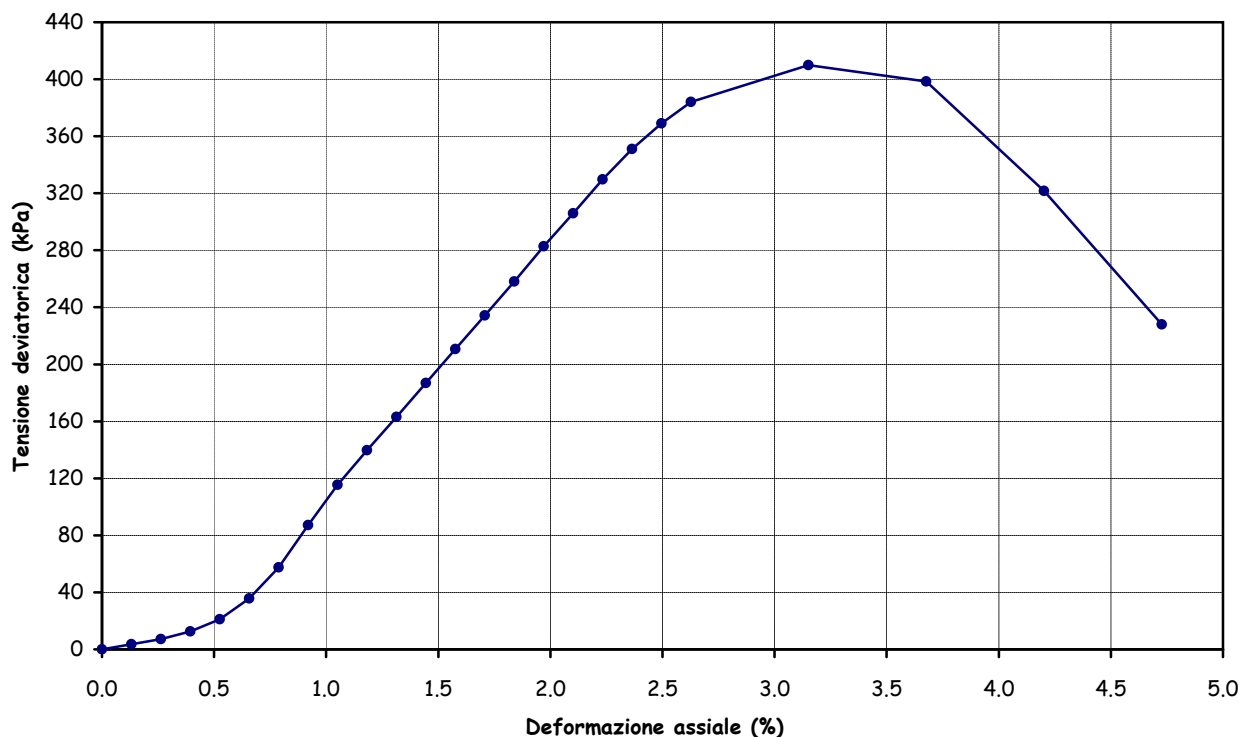
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.3	Sigma a rottura (kPa)	409.9
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.1	Coesione non drenata (kPa)	204.9
Contenuto d'acqua (%)	20.23	Modulo elastico	18635
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	3.6
0.26	7.3
0.39	12.7
0.53	21.2
0.66	35.8
0.79	57.5
0.92	87.1
1.05	115.4
1.18	139.7

ε (%)	σ (kPa)
1.31	163.1
1.44	186.9
1.58	210.6
1.71	234.2
1.84	258.1
1.97	282.9
2.10	306.0
2.23	329.7
2.36	351.1

ε (%)	σ (kPa)
2.50	369.0
2.63	384.0
3.15	409.9
3.68	398.5
4.20	321.6
4.73	227.9

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1321/2022****CAMPIONE S2C1** profondità 2.0 - 2.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 03/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.3	20.2	20.2
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.9	21.2	21.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.9	16.7	16.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.9	16.9	17.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.59	21.21	21.47
Contenuto d'acqua finale (%)	23.84	25.38	25.38
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.00175	0.00175	0.00175
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	61.3	76.7	102.6

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	6.7	0.03	4.5	0.09	8.6
0.06	11.7	0.08	10.6	0.19	13.4
0.10	15.9	0.13	14.2	0.31	19.2
0.16	19.8	0.19	17.3	0.46	28.4
0.21	22.8	0.26	21.4	0.63	40.4
0.28	27.0	0.33	25.9	0.82	52.4
0.34	30.9	0.43	30.9	1.04	63.8
0.42	34.5	0.54	36.8	1.28	73.3
0.51	37.6	0.65	42.6	1.52	80.3
0.60	41.8	0.75	47.9	1.81	86.4
0.70	44.6	0.88	53.8	2.11	91.5
0.81	48.5	1.02	59.4	2.43	95.1
0.92	51.8	1.16	64.4	2.79	98.5
1.06	55.2	1.32	68.3	3.16	100.1
1.19	57.4	1.49	71.4	3.54	101.2
1.33	59.4	1.65	73.6	3.96	101.5
1.46	60.8	1.84	75.6	4.41	101.8
1.62	61.3	2.03	76.7	4.86	102.6
1.77	61.3	2.22	76.4	5.31	101.8
1.93	60.8	2.42	75.8	5.77	101.2
2.08	59.4	2.61	74.7	6.24	101.0

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1321/2022

CAMPIONE S2C1 profondità 2.0 - 2.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

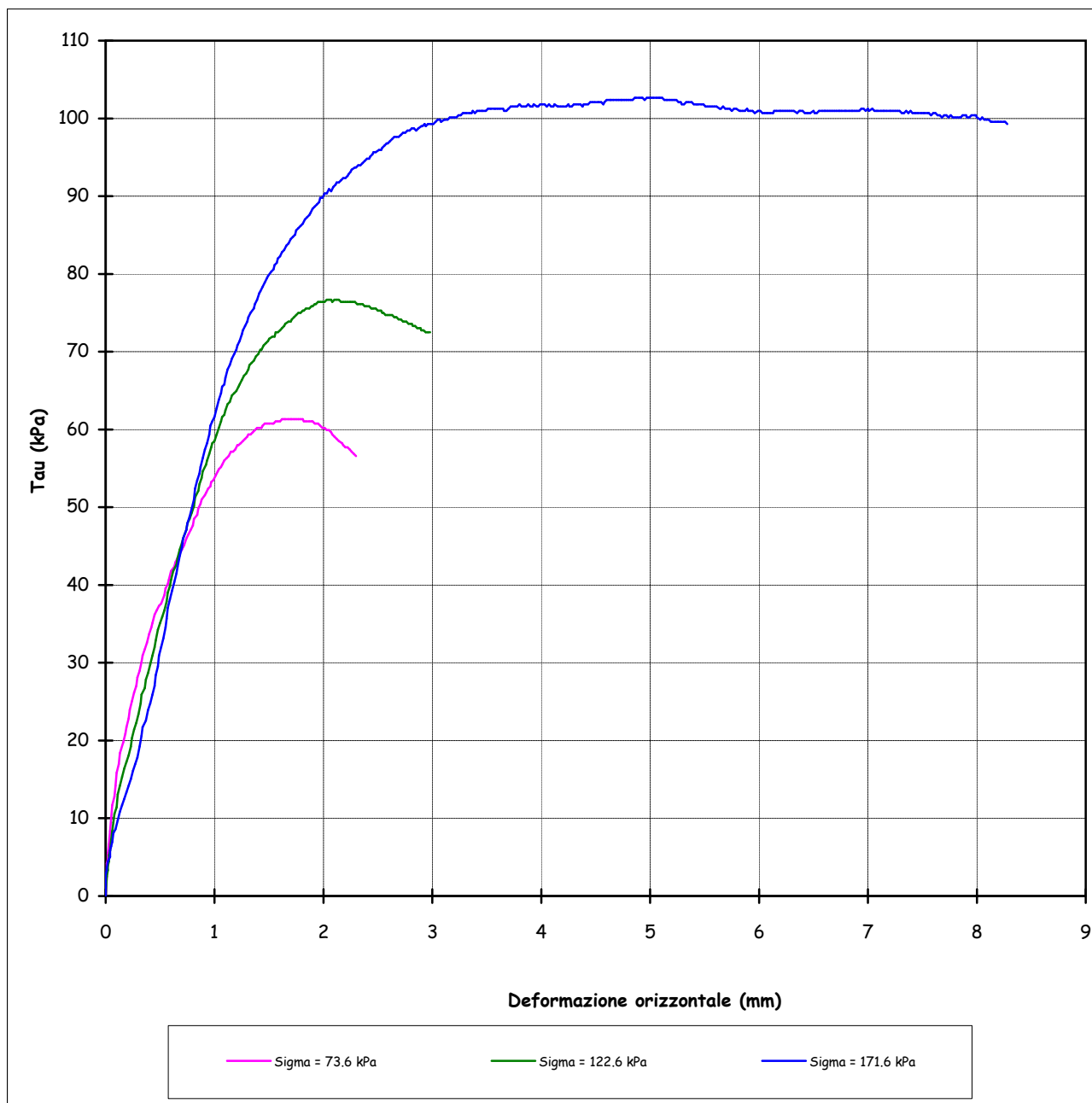
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 22/07/22 - 03/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1319-1321/2022

CAMPIONE	S2C1
Profondità metri	2.0 - 2.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	6.25
Limite liquido (%)	55
Limite plastico (%)	21
Indice di plasticità (%)	34
Indice di consistenza	1.43
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.0
Peso volume secco (kN/m ³)	16.6
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	204.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	18635
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	28.5
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22.9

Michèle Colan





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1322-1324/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 22/07/22 - 03/08/22

CAMPIONI:

S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 5 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1322/2022

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

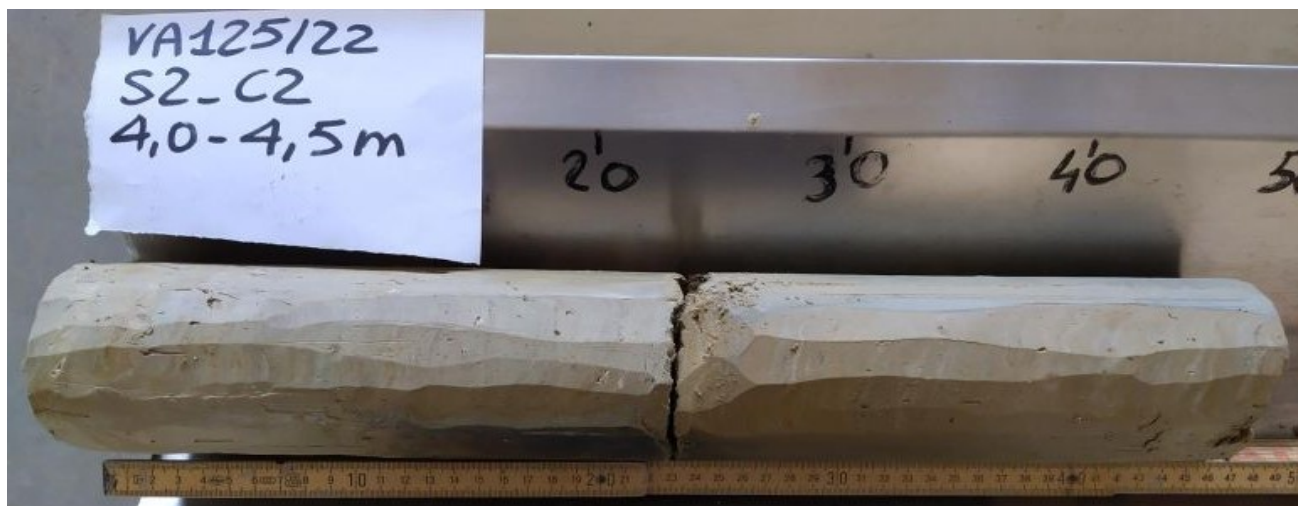
Data apertura campione: 22/07/22

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 28 cm: argilla limosa molto consistente
colore oliva pallido - marrone giallastro chiaro

28 - 46 cm: limo argilloso molto consistente (prove eseguite su questo livello)
colore marrone giallastro chiaro
prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1322/2022****CAMPIONE S2C2** profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 28/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)**

Contenuto d'acqua (Wn) = 21.46%

Limite di liquidità (LL) = 51%

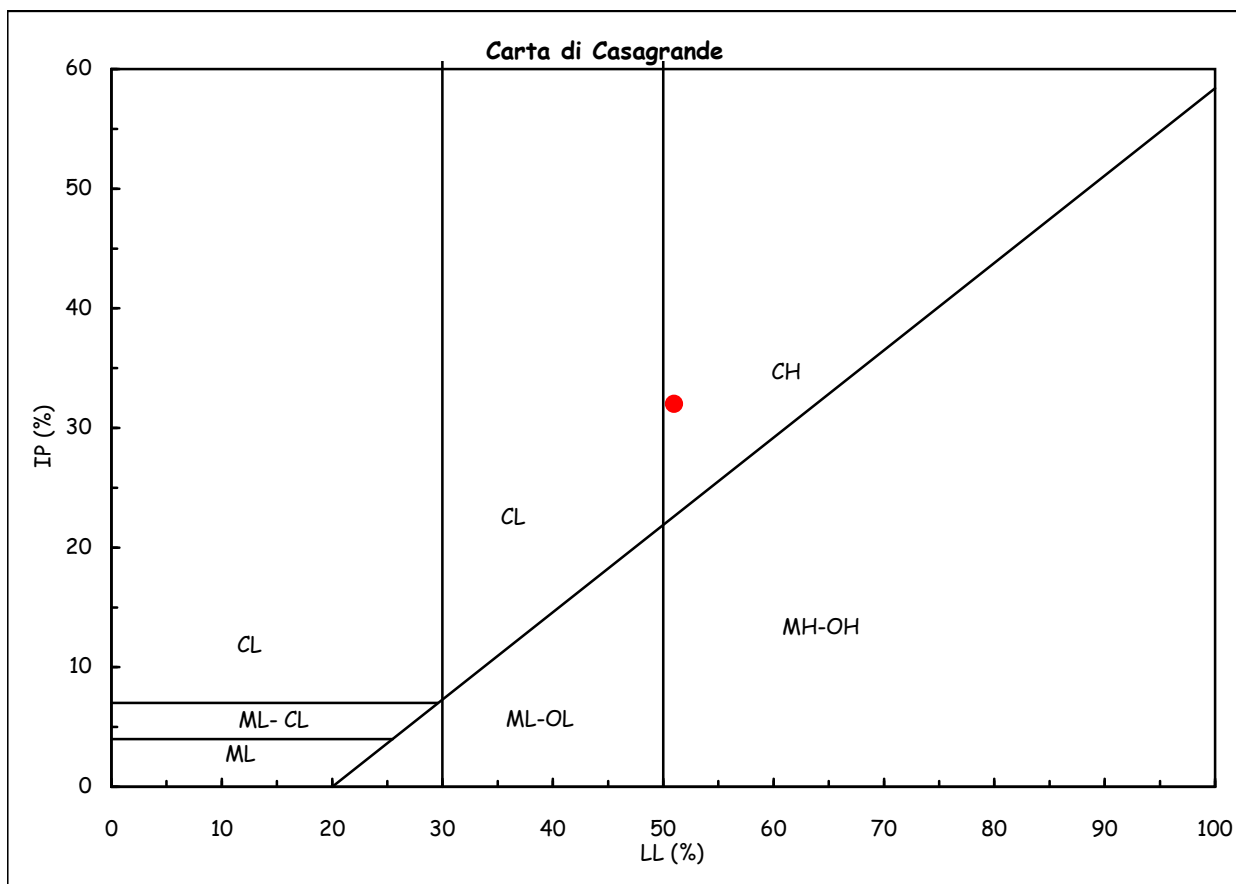
Limite di plasticità (LP) = 19%

Indice di plasticità (IP) = 32%

Indice di consistenza (Ic) = 0.92

Indice di attività (Iat) = --

CH = argille inorganiche di
alta plasticità



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1323/2022****CAMPIONE S2C2** profondità 4.0 - 4.5 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 22/07/22 - 25/07/22

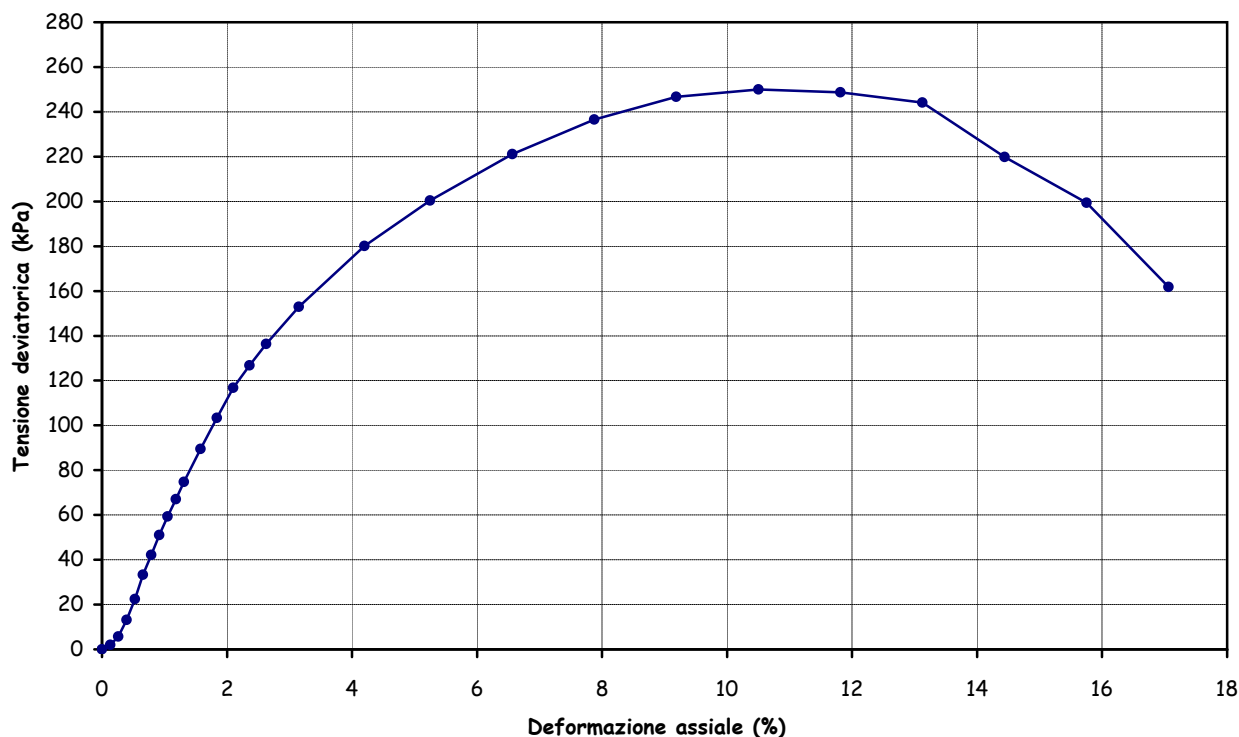
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.6	Sigma a rottura (kPa)	250.0
Peso di volume secco (kN/m ³)	16.2	Coesione non drenata (kPa)	125.0
Contenuto d'acqua (%)	20.94	Modulo elastico	6722
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

ε (%)	σ (kPa)
0.13	2.0
0.26	5.7
0.39	13.2
0.53	22.4
0.66	33.3
0.79	42.2
0.92	51.0
1.05	59.3
1.18	67.0

ε (%)	σ (kPa)
1.31	74.8
1.58	89.4
1.84	103.4
2.10	116.8
2.36	126.8
2.63	136.3
3.15	152.9
4.20	180.2
5.25	200.5

ε (%)	σ (kPa)
6.56	221.2
7.88	236.6
9.19	246.7
10.50	250.0
11.81	248.6
13.13	244.2
14.44	219.9
15.75	199.4
17.06	161.8

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1324/2022**

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m	Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022
COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle	V.A. n. 125/22 del 27/06/22
LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)	Data prova: 25/07/22 - 03/08/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.2	20.2	20.1
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.7	20.8	21.0
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	16.7	16.5	16.4
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.7	16.8	17.0
Contenuto d'acqua iniziale (%)	21.26	21.91	22.38
Contenuto d'acqua finale (%)	23.54	23.70	24.01
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	55.0	69.2	95.7

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.03	16.5	0.03	11.7	0.04	27.6
0.06	21.5	0.06	23.5	0.08	42.2
0.11	27.6	0.10	32.1	0.14	54.4
0.16	33.5	0.14	36.6	0.21	62.5
0.22	38.8	0.20	44.4	0.28	67.3
0.29	42.4	0.26	48.3	0.37	70.6
0.36	45.0	0.33	51.7	0.46	74.2
0.44	46.6	0.40	54.2	0.57	78.4
0.54	48.9	0.48	56.1	0.69	82.9
0.63	50.3	0.57	58.3	0.81	86.5
0.74	51.9	0.66	60.3	0.95	89.3
0.86	53.3	0.77	62.8	1.10	91.0
0.97	53.9	0.87	64.5	1.25	92.9
1.10	53.9	0.99	65.6	1.41	94.3
1.25	54.4	1.11	66.4	1.59	94.9
1.39	54.4	1.24	67.3	1.77	94.9
1.53	54.7	1.38	68.4	1.97	95.1
1.70	55.0	1.52	69.2	2.18	95.7
1.86	54.7	1.66	69.2	2.39	95.4
2.02	53.9	1.80	69.2	2.60	95.1
2.19	52.8	1.95	68.7	2.80	94.6

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1324/2022

CAMPIONE S2C2 profondità 4.0 - 4.5 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

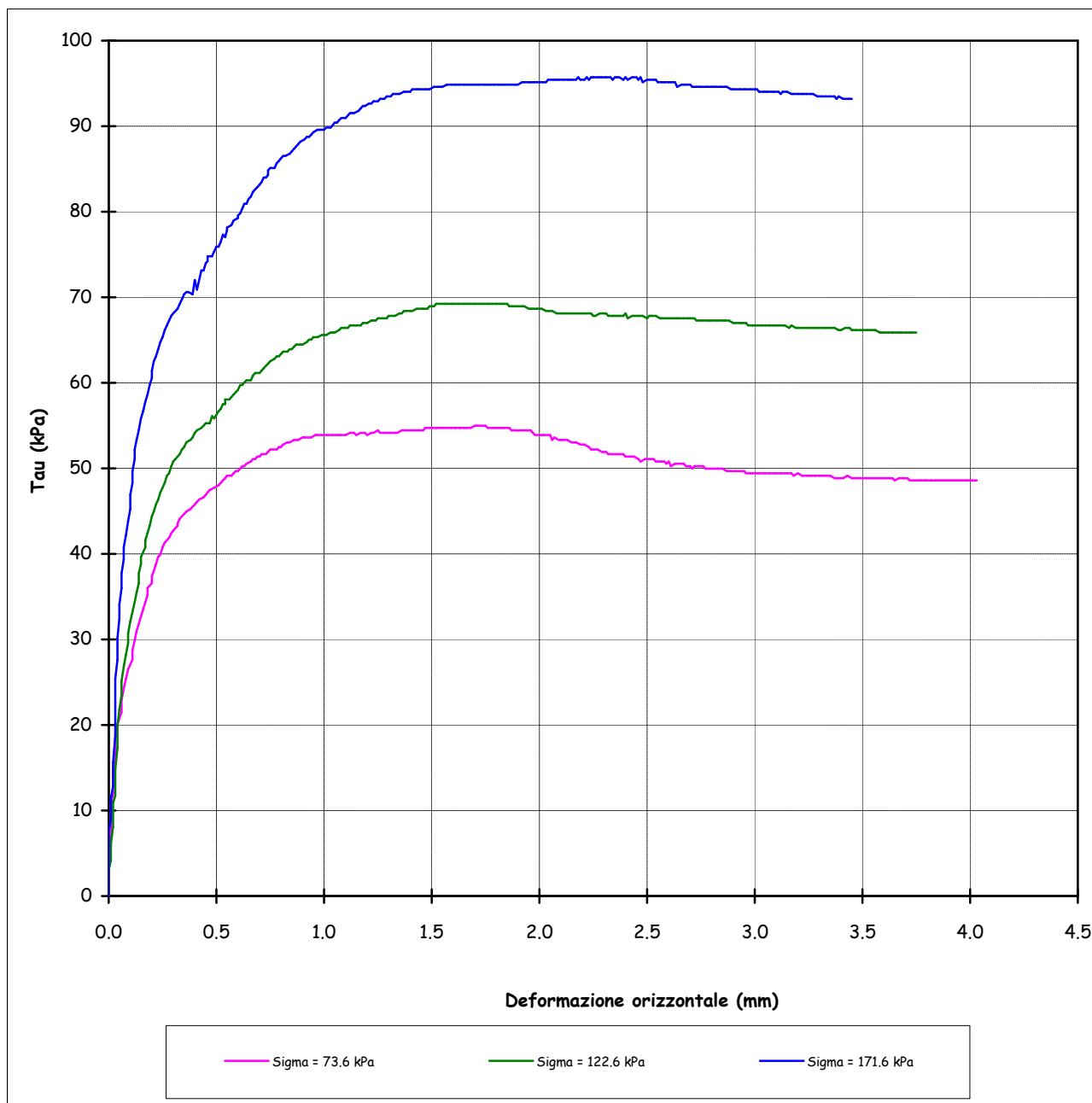
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 25/07/22 - 03/08/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1322-1324/2022

CAMPIONE	S2C2
Profondità metri	4.0 - 4.5
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	21.46
Limite liquido (%)	51
Limite plastico (%)	19
Indice di plasticità (%)	32
Indice di consistenza	0.92
Indice di attività	--
Classificaz. Casagrande	CH
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.0
Peso volume secco (kN/m ³)	16.4
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	125.0
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	6722
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	22.4
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22.6

Michela Calm





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di Prova n. 1325-1326/2022

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 01/07/22 - 21/07/22

CAMPIONI:

S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 4 - Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1325/2022

CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

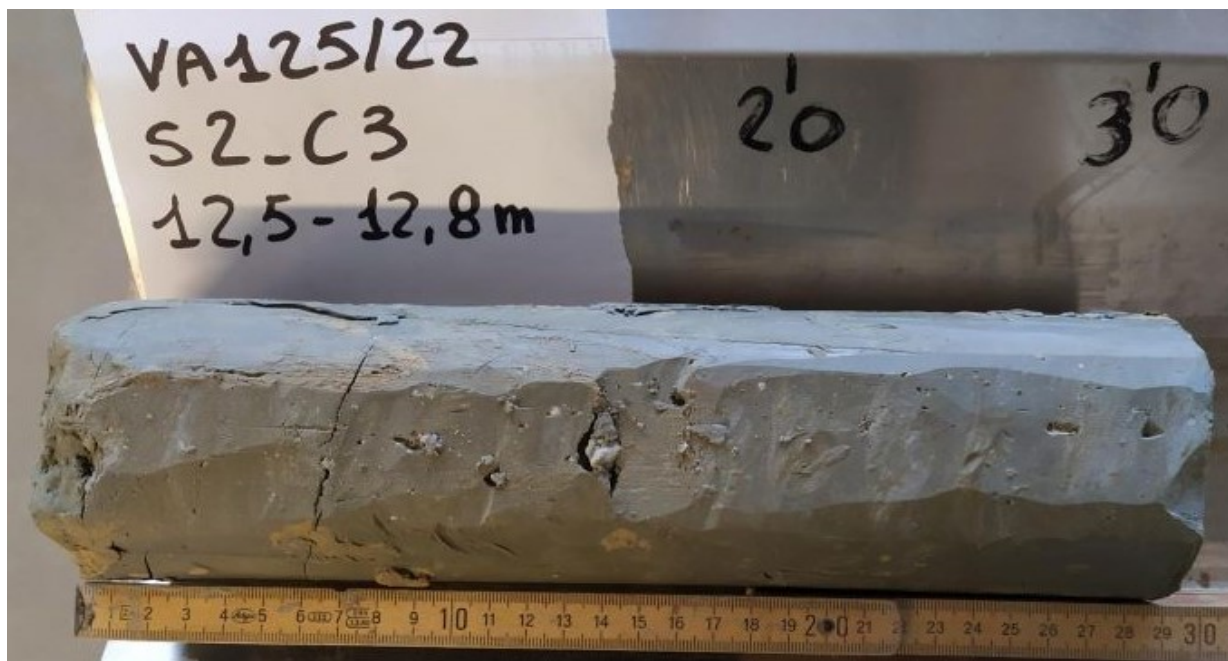
Data apertura campione: 01/07/22

Descrizione del campione

Campione semidisturbato prelevato da cassetta
da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 29 cm: argilla con limo dura con presenza sporadica di concrezioni carbonatiche
colore grigio oliva - oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, E.L.L. e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione a disturbo limitato Q-4

n.b. prova ELL non conclusa per carico che supera la portata dell'anello dinamometrico

Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1325/2022****CAMPIONE S2C3** profondità 12.5 - 12.8 m

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 19/07/22 - 20/07/22

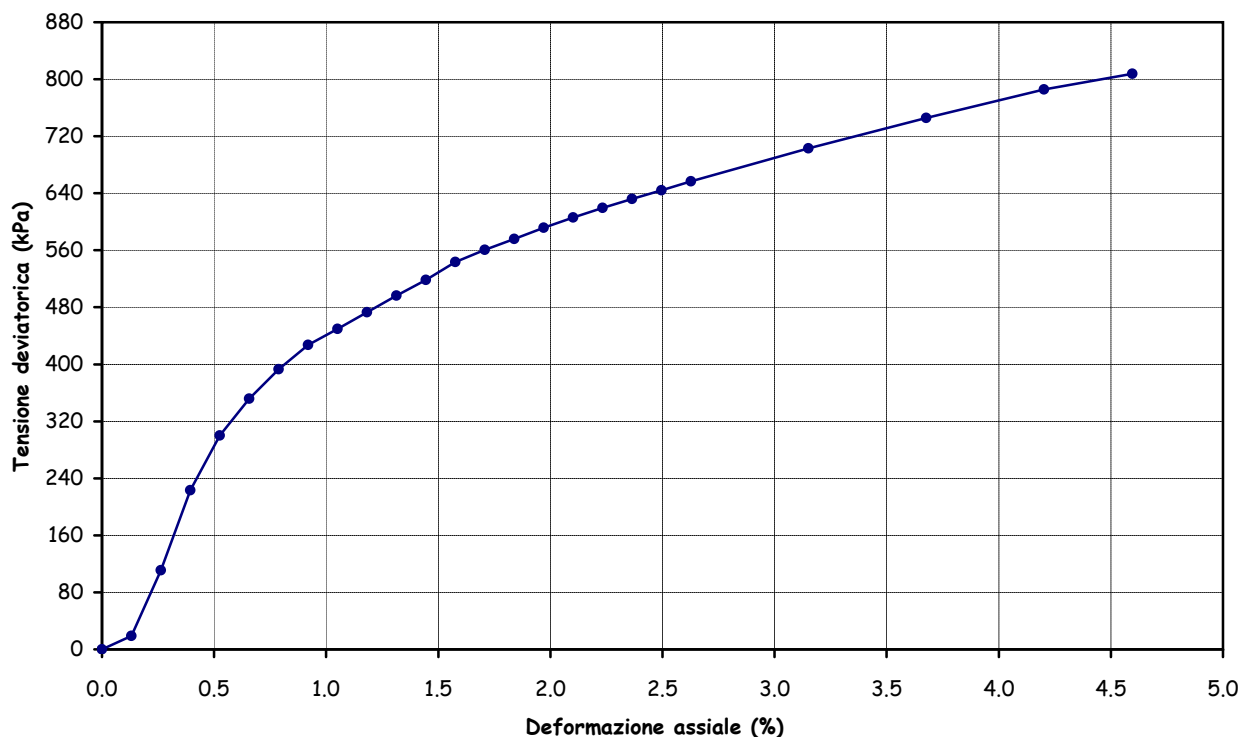
Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di compressione con espansione laterale libera (UNI CEN ISO/TS 17892-7)**

Peso di volume naturale (kN/m ³)	20.2	Sigma a rottura (kPa)	>	807.7
Peso di volume secco (kN/m ³)	17.3	Coesione non drenata (kPa)	>	403.9
Contenuto d'acqua (%)	16.33	Modulo elastico		85340
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)		

ε (%)	σ (kPa)
0.13	19.1
0.26	111.1
0.39	223.2
0.53	300.2
0.66	351.7
0.79	393.2
0.92	427.4
1.05	449.7
1.18	473.2

ε (%)	σ (kPa)
1.31	496.2
1.44	518.5
1.58	543.5
1.71	560.5
1.84	575.7
1.97	591.5
2.10	605.8
2.23	619.6
2.36	632.2

ε (%)	σ (kPa)
2.50	644.3
2.63	656.6
3.15	702.9
3.68	745.7
4.20	785.4
4.60	807.7

Grafico deformazione assiale - tensione deviatorica

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1326/2022****CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m**

Montelupo Fiorentino, li 09/08/2022

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

Data prova: 01/07/22 - 21/07/22

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	20.9	20.9	20.8
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	21.8	21.6	22.6
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	17.5	17.7	17.4
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	17.7	17.7	18.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	19.29	18.05	19.77
Contenuto d'acqua finale (%)	23.07	21.48	24.38
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0010	0.0010	0.0010
Sigma (kPa)	122.6	183.9	245.2
Tau a rottura (kPa)	85.7	110.8	143.5

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau	Scorrimento	Tau
(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)	(mm)	(kPa)
0.02	2.8	0.03	11.5	0.04	14.6
0.05	4.5	0.07	17.1	0.09	26.6
0.08	6.4	0.12	22.9	0.15	36.9
0.13	9.5	0.18	27.4	0.22	46.4
0.17	13.4	0.26	32.7	0.31	58.4
0.23	20.7	0.33	38.6	0.40	68.7
0.29	25.7	0.41	43.1	0.51	79.9
0.36	31.3	0.51	51.4	0.62	89.4
0.43	36.6	0.61	61.5	0.75	100.2
0.52	43.1	0.72	71.8	0.88	109.2
0.61	49.2	0.84	81.6	1.03	117.0
0.71	56.7	0.97	91.0	1.19	122.6
0.82	64.0	1.12	98.8	1.36	127.9
0.92	69.8	1.26	104.4	1.53	132.6
1.04	76.0	1.42	108.1	1.73	136.5
1.17	81.6	1.58	110.0	1.93	139.0
1.30	84.1	1.76	110.0	2.14	141.5
1.44	85.7	1.94	110.8	2.37	143.5
1.58	84.9	2.12	108.3	2.59	142.9
1.72	83.5	2.31	106.4	2.82	139.3
1.86	82.1	2.49	105.0	3.05	136.2

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N.1326/2022

CAMPIONE S2C3 profondità 12.5 - 12.8 m

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

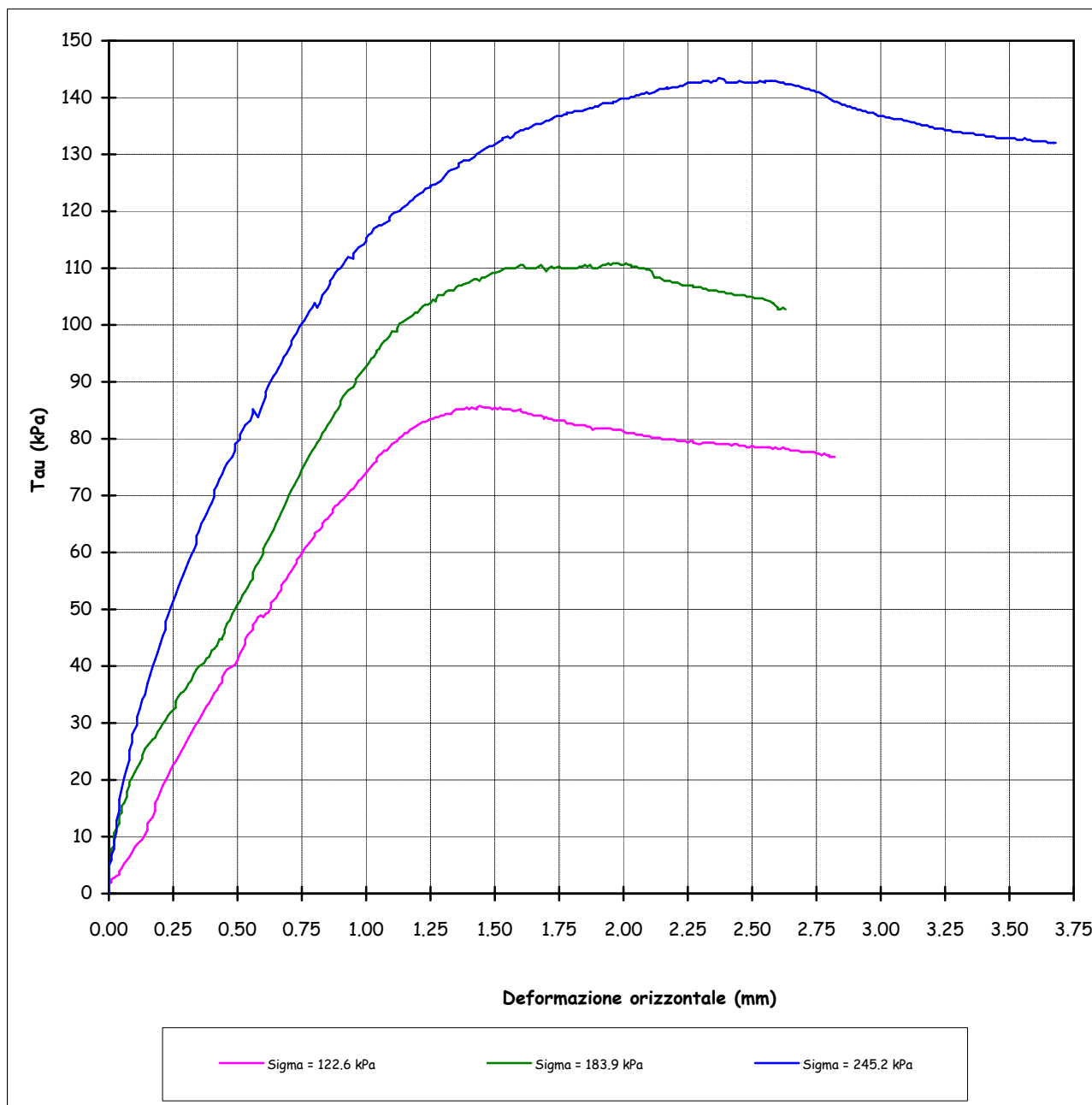
Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Data prova: 01/07/22 - 21/07/22

Prova di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Comune Barberino Tavarnelle

Montelupo Fiorentino, lì 09/08/2022

LOCALITA': Barberino Val d'Elsa (FI)

V.A. n. 125/22 del 27/06/22

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1325-1326/2022

CAMPIONE	S2C3
Profondità metri	12.5 - 12.8
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20.7
Peso volume secco (kN/m ³)	17.5
Umidità naturale (%)	18.36
Prova di Compressione E.L.L.	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	403.9
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	85340
Prova di taglio diretto	
Coesione, C' (kPa)	26.8
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	25.2

Michele Colm

