



Comune di San Giuliano Terme

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE EX HOTEL GRANDUCA
(P.U.C.)

Richiedente: Immobiliare Ponte s.r.l.

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E IDRAULICA

Giugno 2020

Dr. Geol. Fabrizio Alvares



PREMESSA

La seguente relazione di fattibilità geologica e idraulica viene redatta a supporto del progetto di riqualificazione dell'ex Hotel Granduca, sito in San Giuliano Terme (PI).

In Fig. 1 si riporta la corografia del sito d'intervento.



Fig.1 - Corografia

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

L'area di progetto è situata nella parte sud-orientale dell'abitato di San Giuliano Terme.

La morfologia si presenta del tutto pianeggiante, con quote del p.c. di circa 4 m s.l.m.; essa si colloca al margine della pianura alluvionale pisana, al limite dei rilievi dei Monti Pisani presenti immediatamente a nord.

Dal punto di vista geologico, così come illustrato nello stralcio della carta geomorfologica del Piano Strutturale di seguito riportata (Fig. 2), sull'area in esame affiorano litotipi prevalentemente sabbioso-limosi dei depositi alluvionali recenti e attuali, mentre ad est sono presenti i litotipi delle formazioni metamorfiche calcaree che caratterizzano la parte occidentale dei rilievi dei Monti Pisani.

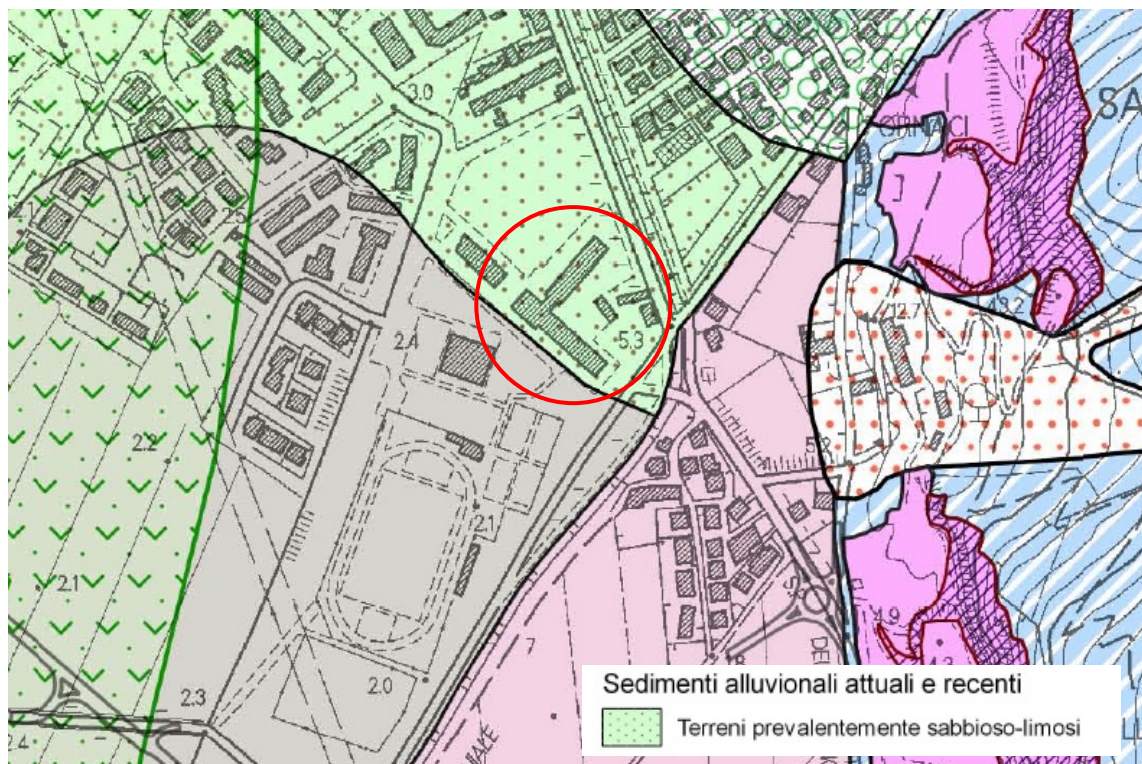


Fig. 2 - Carta geomorfologica (estratto del P.O.C.)

CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA E SISMICA

Nelle carte della pericolosità geologica e sismica estratte dal P.O.C., l'area ricade nelle classe di pericolosità geologica e sismica elevata G3 e S3

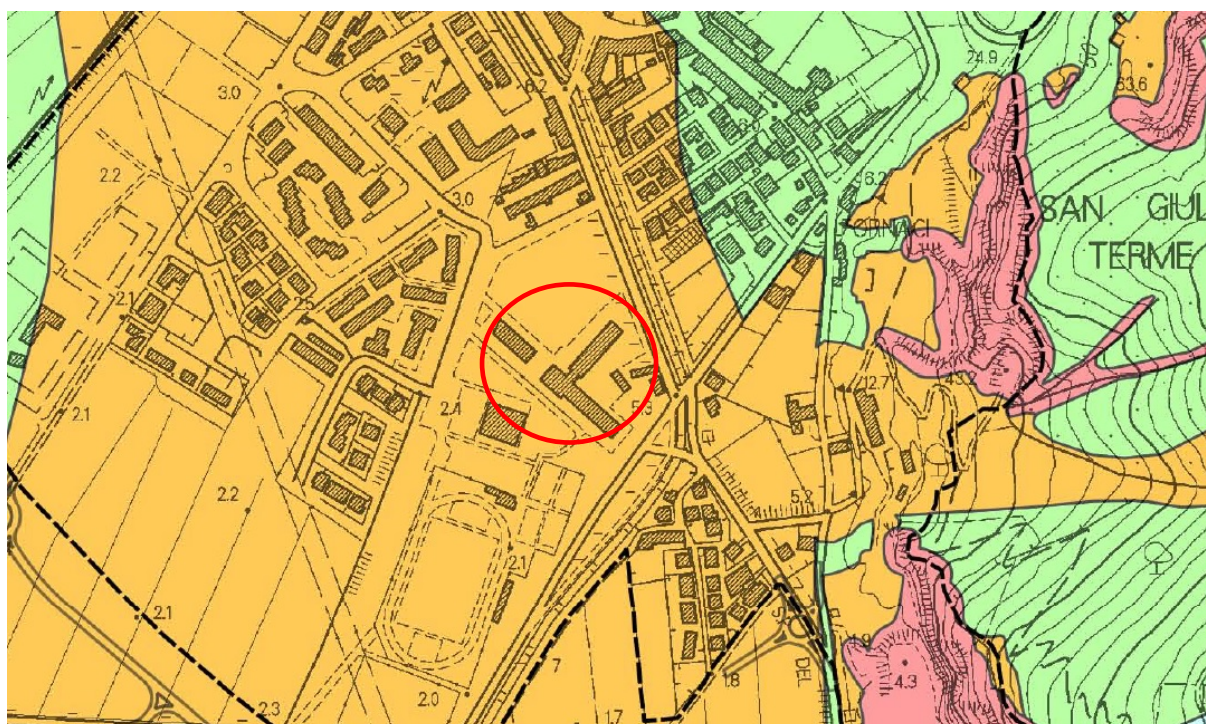


Fig. 3 - Carta della pericolosità geologica (estratto del P.O.C.)

CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

Come indicato nell'estratto della carta della carta di gestione rischio alluvioni dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, il sito di progetto ricade nelle aree P1: aree a pericolosità da alluvione bassa.

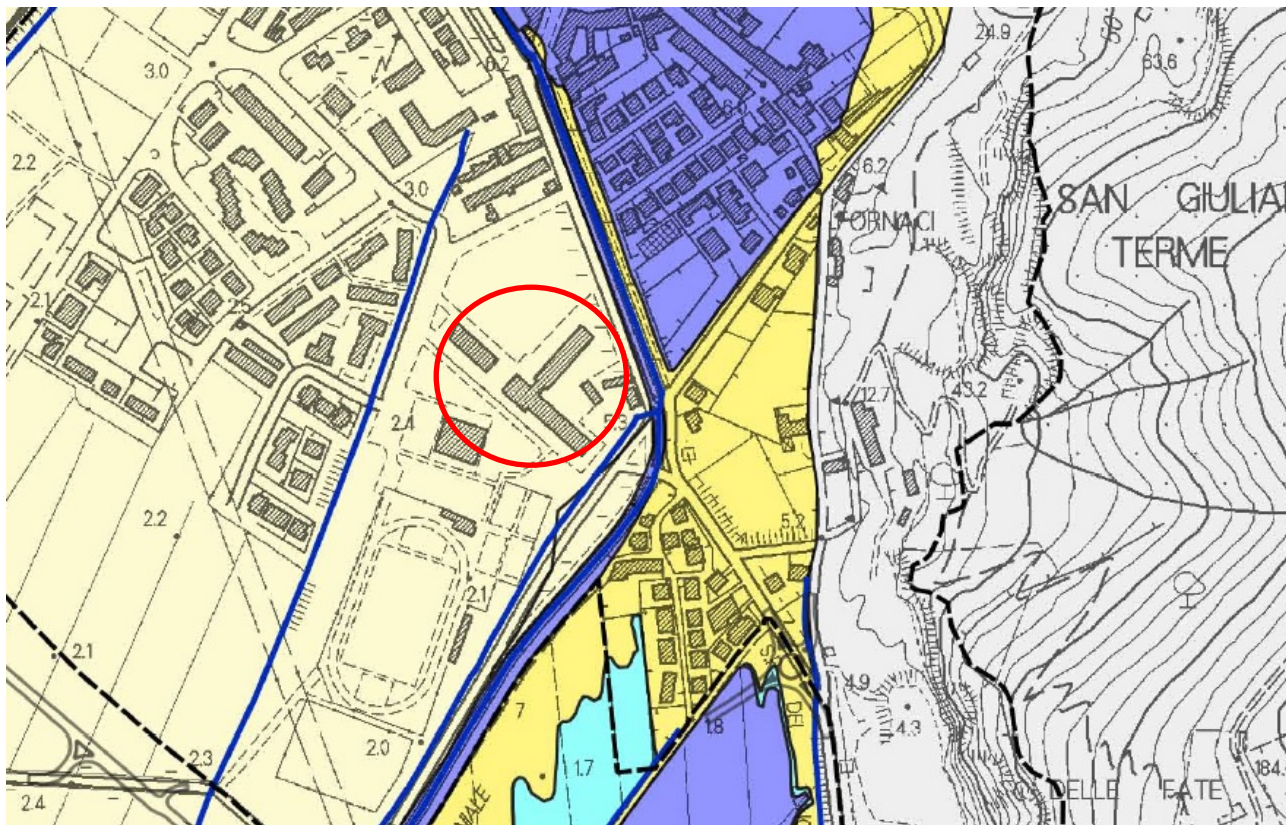


Fig. 4 – Carta della pericolosità idraulica (estratto dal P.O.C.)

CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

La fattibilità geologica dell'intervento è disciplinata dalla Scheda di fattibilità Comparto 11, di seguito allegata

U.T.O.E. n. 1 – SAN GIULIANO TERME

*limitazioni e prescrizioni di fattibilità geologica del **COMPARTO 11***

DPGR 53/r

Pericolosità	Classe	Note	Fattibilità
Geologica	G3	Subsidenza	F3
Idraulica	I2	200<Tr<500 - da Aut. Bacino Serchio	F2
Sismica	S3	Subsidenza, liquefazione, amplificazione stratigrafica	F3

Normative sovraordinate

PGRA	P1
PAI Serchio (fino all'adozione della variante PAI Serchio di adeguamento al PGRA Distrettuale)	Art.25

Battenti Tr200 (cm) - fonte: Autorità di Bacino Fiume Serchio

Battente minimo	0
Battente massimo	0

Oltre alle condizioni di fattibilità dettate dalle normative sovraordinate e dal DPGR 53/R, di cui all'Art.39 delle NTA, riportiamo di seguito ulteriori indicazioni e prescrizioni basate sulle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrauliche e sismiche puntuali del sito.

Fattibilità geologica e sismica condizionata (F3):

Le indagini geologiche e sismiche dovranno essere mirate oltre che alla caratterizzazione geotecnica del terreno, anche alla individuazione degli spessori e della variazione laterale dei depositi alluvionali.

In merito alla problematica da subsidenza, il progetto delle nuove edificazioni deve valutare la necessità di proporre misure di attenuazione del rischio quali accorgimenti costruttivi e fondazioni speciali.

Inoltre la prevalente costituzione sabbiosa dei depositi alluvionali ha comportato l'inserimento dell'area tra quelle "suscettibili di instabilità per fenomeni di liquefazione", individuate nella carta MOPS.

La campagna geognostica dovrà essere finalizzata anche alla caratterizzazione granulometrica dei terreni, al fine di acquisire tutti i dati utili alla ricostruzione della geometria dei litotipi con differente composizione granulometrica ed alla definizione della necessità o meno di procedere alla esecuzione di verifiche alla liquefazione.

Infine, l'indagine sismica dovrà verificare puntualmente la possibilità che si sviluppino fenomeni di amplificazione stratigrafica, definendo geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto e gli effetti del contrasto di rigidità sismica sulle strutture.

Fattibilità idraulica con normali vincoli (F2):

L'area è ricompresa interamente all'interno della classe di pericolosità media I2, riconducibile ad episodi di esondazione con tempo di ricorrenza compreso tra 200 e 500 anni.

Qualora si voglia perseguire il livello di sicurezza idraulica anche nei confronti di piene con tempi di ritorno superiore a 200 anni, si dovranno porre in atto accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste, tenendo comunque conto della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

In ogni caso, è richiesto il rialzamento del piano di calpestio dei fabbricati di almeno 20 cm rispetto al piano di campagna. Trattandosi di interventi al di fuori delle zone a pericolosità idraulica elevata non è richiesto il recupero dei volumi sottratti alla naturale esondazione.

Al limite sudest dell'area, scorre un fosso inserito nel reticolo idraulico di riferimento approvato dal Consiglio Regionale con DGRT n°1357 del 2017. Il fosso, proveniente dalla zona a monte dell'abitato di San Giuliano Terme,

sottopassa il canale demaniale nella zona immediatamente a monte del comparto in esame.

La sezione di ingresso del sottopasso è molto minore rispetto alla sezione del fosso in corrispondenza del comparto, per cui sono escludibili fragilità idrauliche provocate da esondazioni del fosso.

Gli interventi in progetto dovranno assicurare il mantenimento ed eventualmente il miglioramento dell'efficienza del fosso ed osservare quanto disposto al CAPO I della L.R. 41/2018.

Nelle tavole progettuali dovrà essere dettagliata la regimazione delle acque meteoriche affluenti sui lotti e dovranno essere adottati accorgimenti in grado di mantenere la funzionalità del recapito finale nel rispetto dell'invarianza idraulica ed eliminare eventuali situazioni di fragilità.

Sulla base delle suddette condizioni di fattibilità, è stata quindi programmata la seguente campagna di indagine geognostica, geotecnica e sismica.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Sulla base delle suddette prescrizioni di fattibilità, ai fini della definizione del modello geologico, geotecnico e sismico del sottosuolo, è stata condotta la seguente campagna di indagini:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo/distruzione di profondità 15 m dal p.c., con prelievo di campioni indisturbati di terreno da sottoporre alle prove geotecniche di laboratorio;
- Prove geotecniche di laboratorio
- Prova sismica MASW e HVSR

Si è fatto inoltre riferimento a n.3 prove CPT eseguite in passato nella fase di progetto della struttura alberghiera.



Sonda in lavorazione

Nella seguente figura è riportata l'ubicazione delle indagini.

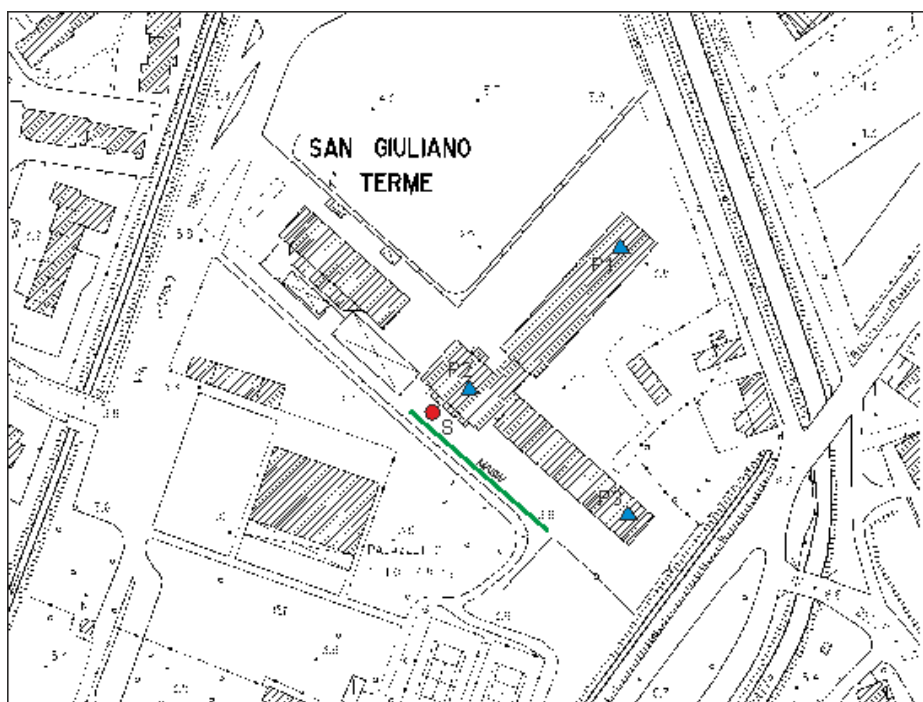


Fig. 5 - Ubicazione indagini

Il sondaggio è stato eseguito a cura di GAIA Servizi, per mezzo di una macchina perforatrice idraulica cingolata; durante la fase di perforazione sono stati prelevati n.3 campioni di terreno.

I campioni di terreno prelevati sono stati sottoposti alle seguenti prove geotecniche presso il laboratorio LABOTER di Pistoia:

- Peso di volume
- Umidità naturale
- Limiti di consistenza
- granulometria
- Taglio CD
- Prova edometrica

Nella tabella sottostante sono sintetizzati i risultati delle prove di laboratorio.

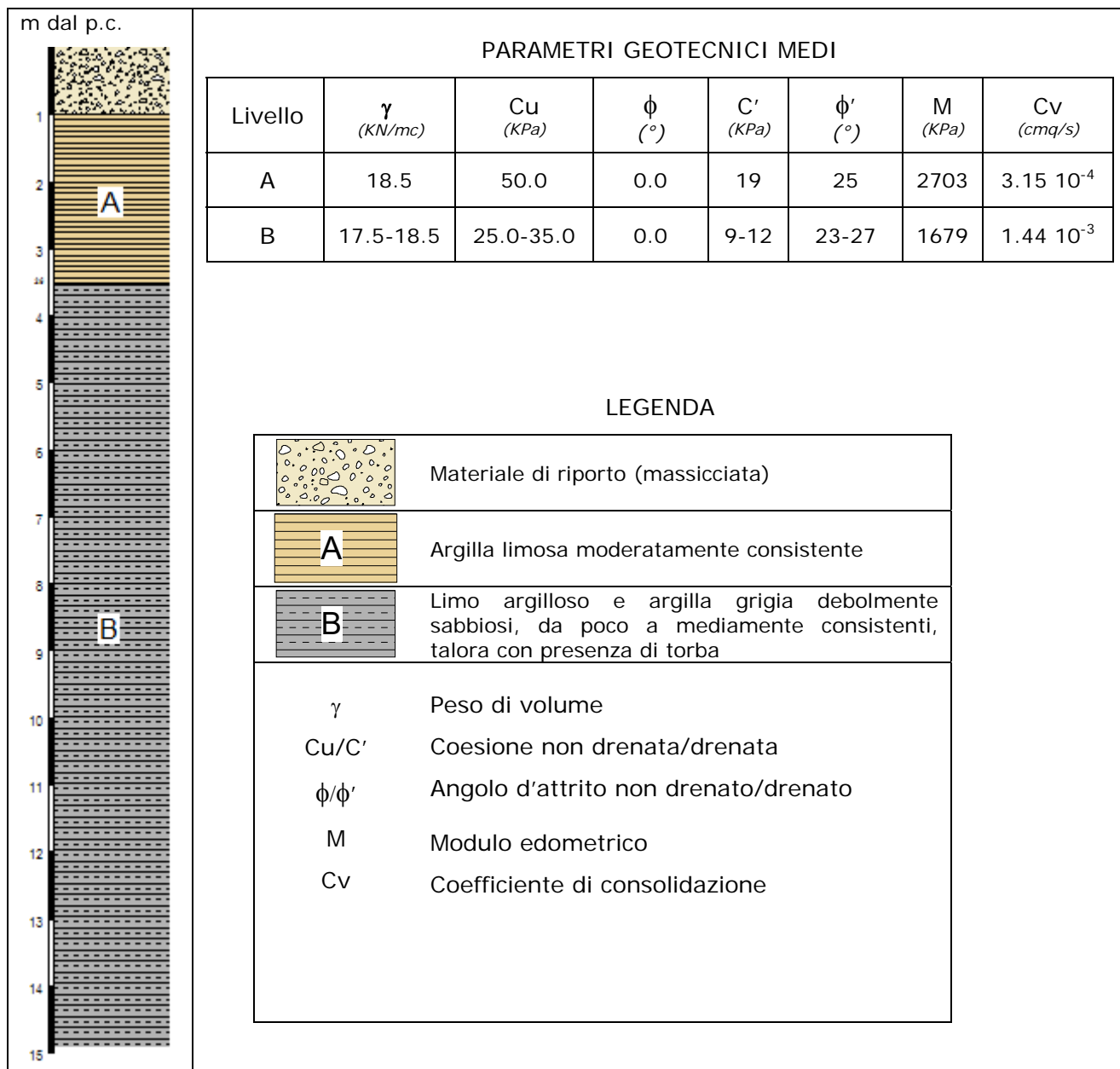
Riferimento			Caratteristiche fisiche			Limiti di consistenza				Granulometria				Taglio diretto	
Sond. n°	Camp. n°	Prof. m	W %	γ kN/mc	Indice vuoti	LL %	LP %	IP %	IC	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ϕ °	C' kPa
1	1	1,6-2,1	24,6	19,3	0,70	39,9	15,5	24,4	0,67	3,40	7,6	47,8	41,2	25,2	19
1	2	4,5-5,0	25,5	19,7	0,69	-	-	-	-	4,30	32,9	41,9	20,9	27,4	9
1	3	7,5-8,0	39,0	17,9	1,06	39,9	19,2	20,7	0,04	-	4,4	59,8	35,8	23,2	12

Le certificazioni delle prove di laboratorio sono riportati in Allegato.

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

I risultati della campagna d'indagine condotta, hanno permesso di definire le caratteristiche litolo-stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo dell'area in esame, che sono state sintetizzate nel seguente modello geotecnico:

MODELLO GEOTECNICO



LIVELLO A

Al di sotto di uno strato superficiale di materiale di riporto costituito da massicciata in ghiaia frammista a terreno di spessore circa 1.0 m, fino alla profondità media di - 3.6 m è presente un livello di argille limose, sovra consolidate. Tali litotipi sono contraddistinti da un Indice di Consistenza $I_c = 0,63$ corrispondente ad una consistenza al limite tra "plastica" a "solido-plastica". I parametri di resistenza al taglio sono $C_u = 50$ KPa, $C' = 19$ KPa e $\phi' = 25^\circ$.

LIVELLO B

Questo livello, presente dalla profondità di circa -3.6 m per tutta la profondità indagata, è caratterizzato da un'alternanza di livelli limoso-argillosi e sabbiosi e argille, normalconsolidati (NC), di consistenza da poco consistenti a molli, caratterizzati dai seguenti parametri geotecnici medi: $C_u=30$ KPa, $C'=10$ KPa e $\phi'=25^\circ$.


Nel sondaggio, alla profondità di 8.5 m, è stato rilevato uno strato di torbe di spessore circa 1 m.

AZIONE SISMICA LOCALE

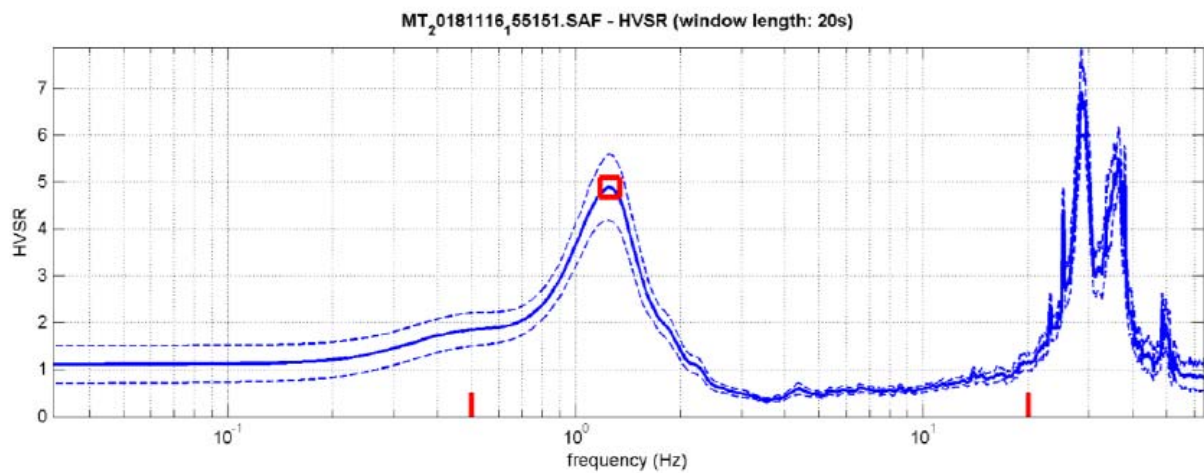
L'azione sismica locale è stata definita facendo riferimento all'approccio semplificato previsto dalle NTC 2018.

Dall'indagine sismica MASW eseguita, di cui in Appendice si riporta specifica relazione, è emersa una $V_{Seq} = 173 \text{ m/s}$ a cui corrisponde la "categoria di sottosuolo" **D**.

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

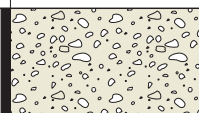

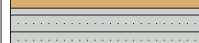








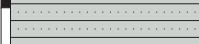




Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>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.</i>
 D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Per quanto concerne la possibilità che si possano sviluppare fenomeni di amplificazione stratigrafica indotti da un evento sismico, dall'elaborazione dei dati di microtremore registrati con la misura di sismica passiva HVSR, è stato ottenuto un picco principale alla frequenza di circa **1.3** Hz, caratterizzato da un rapporto spettrale $H/V = 4.8$, riconducibile ad una transizione litologica importante, tale da poter generare amplificazione sismica per alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$).



CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI SABBIOSI

La verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto tutti i campioni hanno evidenziato distribuzioni granulometriche esterne ai fusi granulometrici dei terreni suscettibili di liquefazione indicati al punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 (Fig. 7.11.1)

DITTA ESECUTRICE SONDAGGI GEOGNOSTICI: GAIA Servizi s.n.c.														SONDAGGIO N°										Dott. Fabrizio Alvares geologo																										
COMMITTENTE: IMMOBILIARE PONTE S.R.L.														1																																				
CANTIERE: Hotel Gran Duca - San Giuliano Terme																																																		
DATA: 7 Novembre 2018																																																		
I = CAMPIONE INDISTURBATO (Shelby)														R = CAMPIONE RIMANEGGIATO																																				
METODO DI PERFORAZIONE		TIPO DI CORONA		ATTREZZO DI PERFORAZIONE		PROFONDITA' (metri dal p.c.)		COLONNA STRATIGRAFICA		LIVELLO FALDA		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA				CAROTAGGIO %										POKET PENETROMETER (kg/cmq)										S.P.T (N. colpi)		CAMPIONI			STRUMENTAZIONE INSTALLATA									
																																						NUMERO	PROFONDITA'	TIPO										
CAROTAGGIO CONTINUO AD INSERTI DI WIDIA CAROTIERE SEMPLICE														1						Riporto costituito da massiccita		1																								C1				
														2						Argilla limosa di colore beige		2																								1.6			I	
														3								3																								2.1				
														3.6																																				
														4								4																								4.5			I	
														5								5																								5.0				
														6								6																												
														7								7																								7.5				
														8								8																								8.0			I	
														9								9																												
														10								10																												
														11								11																												
														12								12																												
														13								13																												
														14								14																												
15								15																																										





AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV GL
= ISO 9001 =

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Settore A – Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER snc di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente :	Immobiliare Ponte srl
Cantiere :	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme
Verbale Accettazione n° :	477 del 13/11/2018
Data Certificazione :	04/12/2018
Campioni n°:	3
Certificati da n° a n° :	04528 a 04544



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Taglio diretto		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m ³	γ_{sec} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	ϕ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa
1	1	1.6-2.1	24,6	19,3	15,5	19,6	0,70	41,3	94,1	39,9	15,5	24,4	0,63	3,4	7,6	47,8	41,2	A6 - I.G. = 14	25,2	19	2703	2247	4049	7130	10754
1	2		25,5	19,7	15,7	19,7	0,69	40,8	100,1					4,3	32,9	41,9	20,9		27,4	9					
1	3 R	7.0-7.5	39,0	17,9	12,9	17,9	1,06	51,4	99,6	39,9	19,2	20,7	0,04		4,4	59,8	35,8	A6 - I.G. = 12	23,2	12	590	957	1679	2856	5421

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.6-2.1

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	24,6	%
Peso di volume	19,3	kN/m ³
Peso di volume secco	15,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,6	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,704	
Porosità	41,3	%
Grado di saturazione	94,1	%
Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	15,5	%
Indice di plasticità	24,4	%
Indice di consistenza	0,63	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 14

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	3,4	%
Sabbia	7,6	%
Limo	47,8	%
Argilla	41,2	%
D 10	0,000728	mm
D 50	0,007154	mm
D 60	0,010421	mm
D 90	0,097331	mm
Passante set. 10	94,9	%
Passante set. 42	92,9	%
Passante set. 200	89,0	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	19,1	kPa	
ϕ	25,2	°	
c_{Res}		kPa	
ϕ_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	2703	0,000315	1,14E-08
24,6 ÷ 49,2	2247	0,001007	4,40E-08
49,2 ÷ 98,4	4049	0,002539	6,15E-08
98,4 ÷ 196,8	7130	0,002607	3,59E-08
196,8 ÷ 393,6	10754	0,002733	2,49E-08
393,6 ÷ 787,2	15968	0,002801	1,72E-08
787,2 ÷ 1574,4	24911	0,002652	1,04E-08

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	CS	TD	ED	0				
					10	150			Limo con argilla debolmente sabbioso MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/4 Light olive brown
					20	175			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
					30	200			< 24.5 kPa molto molle
					40				24.5 - 49.1 kPa molle
					50				49.1 - 98.1 kPa plastico
									98.1 - 196.2 kPa consistente
									196.2 - 392.4 kPa molto consistente
									>392,4 kPa duro
								54	



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04531	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 19/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl			
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.6-2.1

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	94,9	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	92,9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	89,0	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	15,5	%
Indice di plasticità	24,4	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6

INDICE DI GRUPPO: 14

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04528	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 15/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 16/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl			
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.6-2.1

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 24,6 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04529	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 15/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 15/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.6-2.1

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19,3 kN/m³



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04530 Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18 Inizio analisi: 21/11/18
Apertura campione: 15/11/18 Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

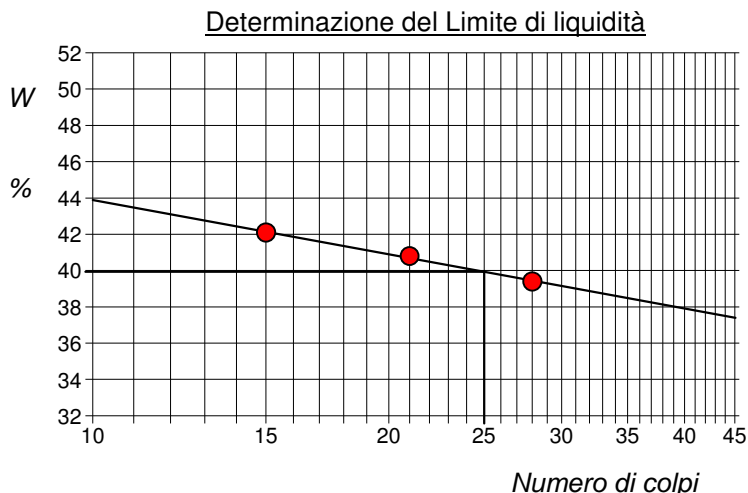
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.6-2.1

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	15,5	%
Indice di plasticità	24,4	%
Indice di consistenza	0,63	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

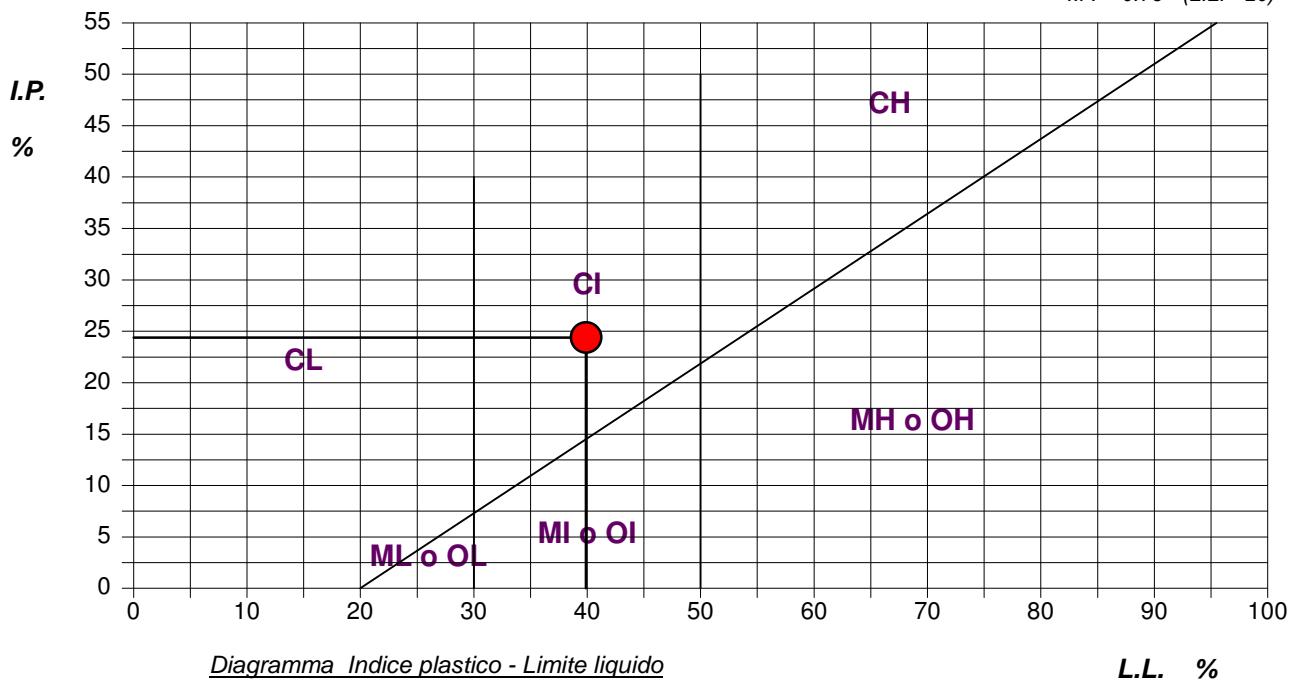
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04531** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 19/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

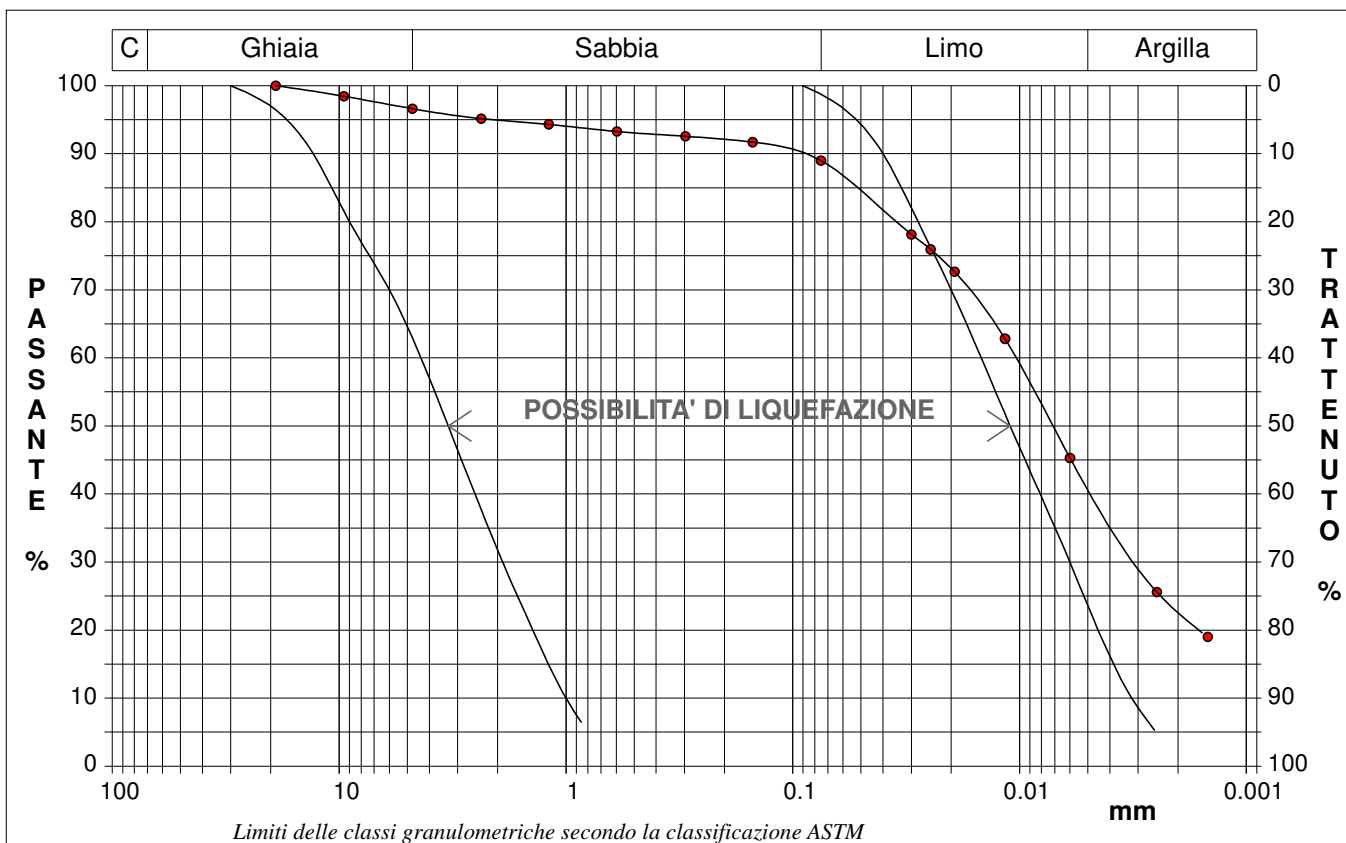
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.6-2.1

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	3,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	94,9 %	D10	0,00073 mm	
Sabbia	7,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	92,9 %	D30	0,00302 mm	
Limo	47,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	89,0 %	D50	0,00715 mm	
Argilla	41,2 %			D60	0,01042 mm	
Coefficiente di uniformità		14,32	Coefficiente di curvatura	1,21	D90	0,09733 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	93,28	0,0247	75,94	0,0015	19,00		
9,5200	98,45	0,2970	92,56	0,0193	72,66				
4,7500	96,62	0,1500	91,70	0,0116	62,80				
2,3600	95,15	0,0750	88,98	0,0060	45,28				
1,1900	94,31	0,0299	78,13	0,0025	25,57				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04532** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 19/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 29/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

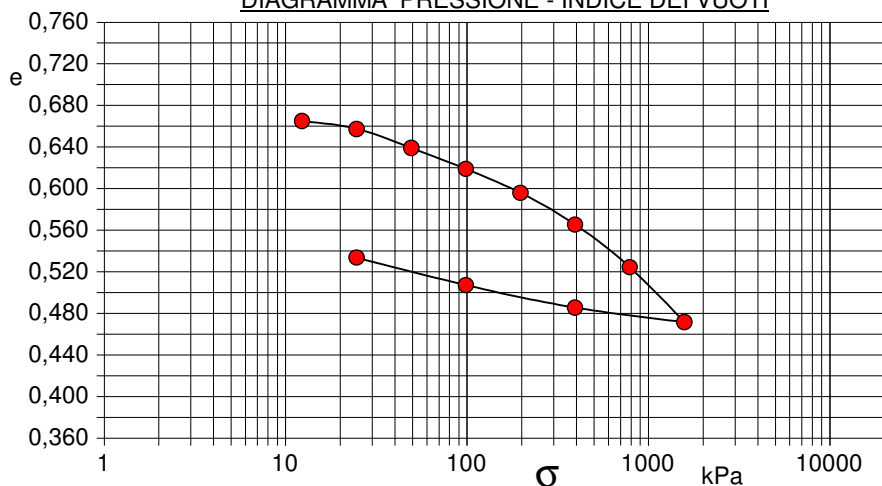
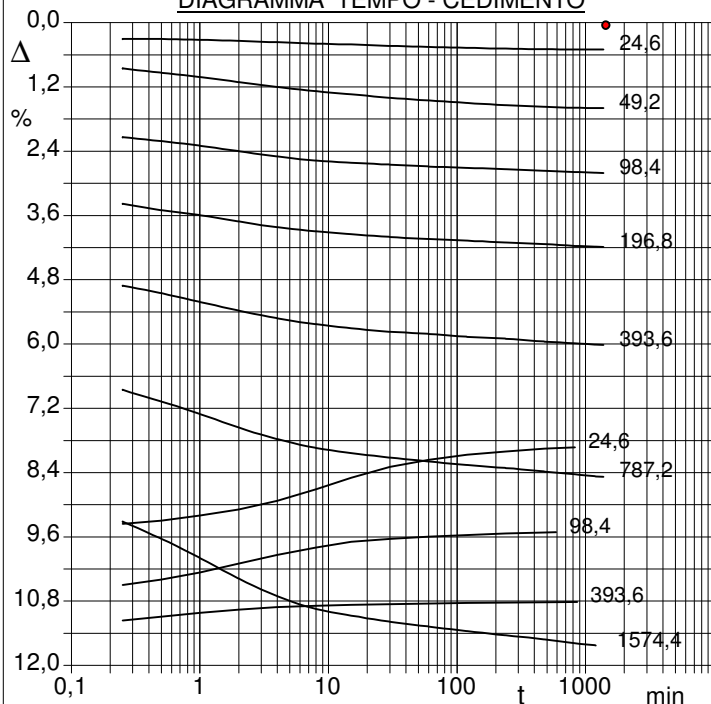
SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

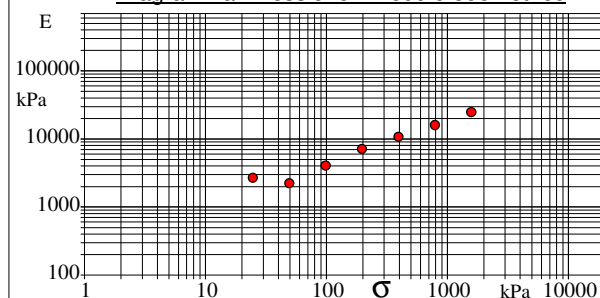
PROFONDITA': m 1.6-2.1

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campionePeso di volume (kN/m³) 19,72
Umidità (%) 24,1
Peso specifico (kN/m³) 26,47Altezza provino (cm) 2,00
Diametro provino (cm) 5,02
Sezione provino (cm²) 19,77
Volume provino (cm³) 39,53Volume dei vuoti (cm³) 15,80
Indice dei vuoti 0,67
Porosità (%) 39,97
Saturazione (%) 97,6DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	0,9	0,665				
24,6	10,0	0,657	0,025	2703	0,000315	1,14E-08
49,2	31,9	0,639	0,061	2247	0,001007	4,40E-08
98,4	56,2	0,619	0,067	4049	0,002539	6,15E-08
196,8	83,8	0,596	0,076	7130	0,002607	3,59E-08
393,6	120,4	0,565	0,101	10754	0,002733	2,49E-08
787,2	169,7	0,524	0,136	15968	0,002801	1,72E-08
1574,4	232,9	0,472	0,175	24911	0,002652	1,04E-08
393,6	216,3	0,486				
98,4	190,3	0,507				
24,6	158,6	0,534				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04532** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18 Inizio analisi: 19/11/18

Apertura campione: 15/11/18 Fine analisi: 29/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.6-2.1

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	0,9			0,02	10,0			0,02	31,9			0,02	56,2		
0,25	6,0			0,25	17,1			0,25	42,7			0,25	67,6		
0,50	6,1			0,50	18,7			0,50	44,2			0,50	70,0		
1,00	6,4			1,00	20,3			1,00	45,9			1,00	71,9		
2,00	6,8			2,00	22,2			2,00	48,0			2,00	74,2		
4,00	7,3			4,00	24,0			4,00	50,0			4,00	76,4		
8,00	7,8			8,00	25,6			8,00	51,5			8,00	77,9		
15,00	8,2			15,00	26,7			15,00	52,3			15,00	79,0		
30,00	8,6			30,00	28,0			30,00	53,0			30,00	80,0		
60,00	9,0			60,00	29,0			60,00	53,7			60,00	80,8		
120,00	9,4			120,00	30,0			120,00	54,2			120,00	81,4		
240,00	9,7			240,00	30,8			240,00	54,7			240,00	82,1		
480,00	9,9			480,00	31,4			480,00	55,3			480,00	82,7		
900,00	10,0			900,00	31,8			899,98	55,8			900,00	83,4		
1200,00	10,0			1200,00	31,9			1199,98	56,1			1200,00	83,6		
1440,00	10,0			1426,70	31,9			1439,98	56,2			1440,00	83,8		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	83,8			0,02	120,4			0,02	169,7			0,02	232,9		
0,25	98,2			0,25	137,1			0,25	186,3			0,25	223,3		
0,50	101,0			0,50	141,5			0,50	192,7			0,50	221,8		
1,00	104,3			1,00	146,1			1,00	199,9			1,00	220,4		
2,00	107,5			2,00	151,2			2,00	207,6			2,00	219,2		
4,00	110,4			4,00	155,5			4,00	214,2			4,00	218,2		
8,00	112,6			8,00	158,8			8,00	218,9			8,00	217,7		
15,00	114,1			15,00	160,7			15,00	221,4			15,00	217,4		
30,00	115,4			30,00	162,4			30,00	223,7			30,00	217,1		
60,00	116,2			60,00	163,8			60,00	225,5			60,00	216,9		
120,00	117,3			120,00	165,2			120,00	227,2			120,00	216,7		
240,00	118,0			240,00	166,3			240,00	228,8			240,00	216,5		
480,00	119,1			480,00	167,6			480,00	230,3			480,00	216,4		
900,00	119,8			900,00	168,8			900,00	231,9			858,58	216,3		
1200,00	120,2			1200,00	169,4			1200,00	232,5						
1440,00	120,4			1440,00	169,7			1367,88	232,9						

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	216,3			0,02	190,3										
0,25	210,0			0,25	187,2										
0,50	207,9			0,50	185,9										
1,00	205,3			1,00	184,0										
2,00	202,0			2,00	181,7										
4,00	198,8			4,00	178,5										
8,00	196,0			8,00	174,2										
15,00	193,8			15,00	169,9										
30,00	192,7			30,00	165,9										
60,00	191,9			60,00	163,3										
120,00	191,3			120,00	161,3										
240,00	190,8			240,00	160,1										
480,00	190,4			480,00	159,1										
588,32	190,3			824,40	158,6										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04534** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 29/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 03/12/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 1.6-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

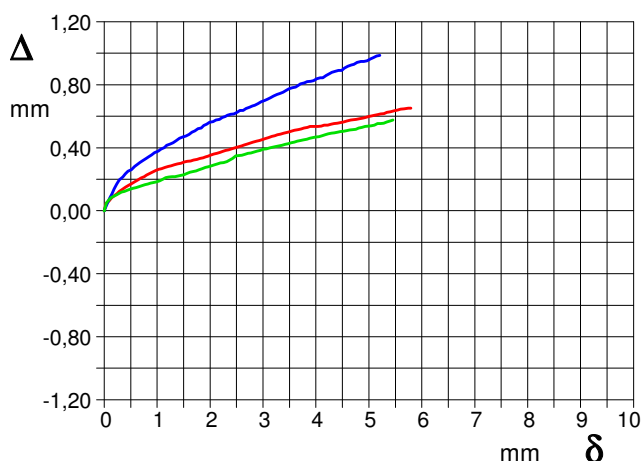
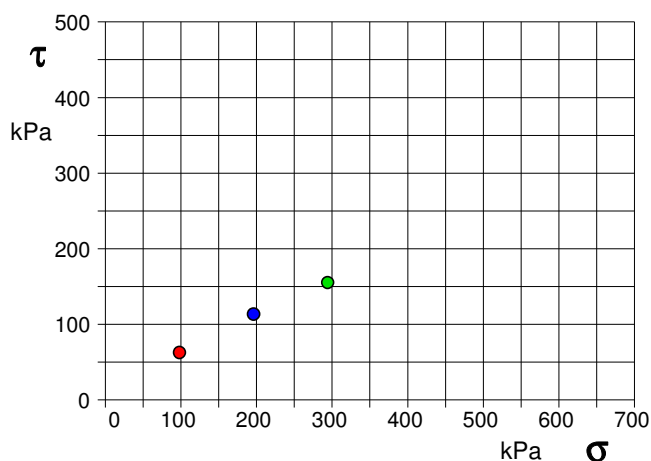
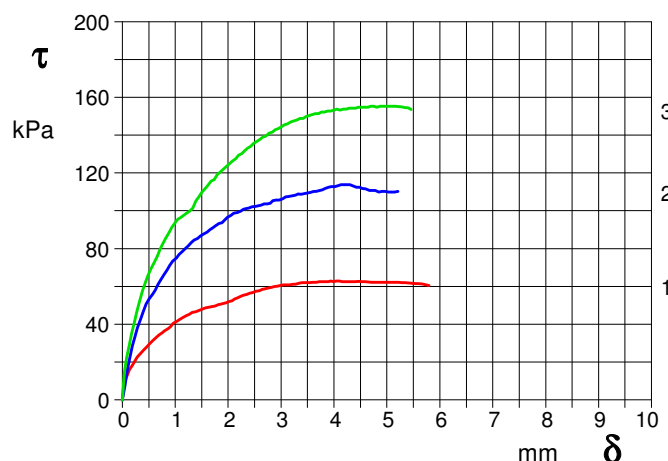
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	63	114	155
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,94	4,13	4,70
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,54	0,84	0,51
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 28,1	--- 26,5	--- ---
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3 25,3	19,3 25,8	19,4 ---

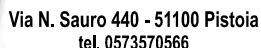
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

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



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04534** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 29/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 03/12/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

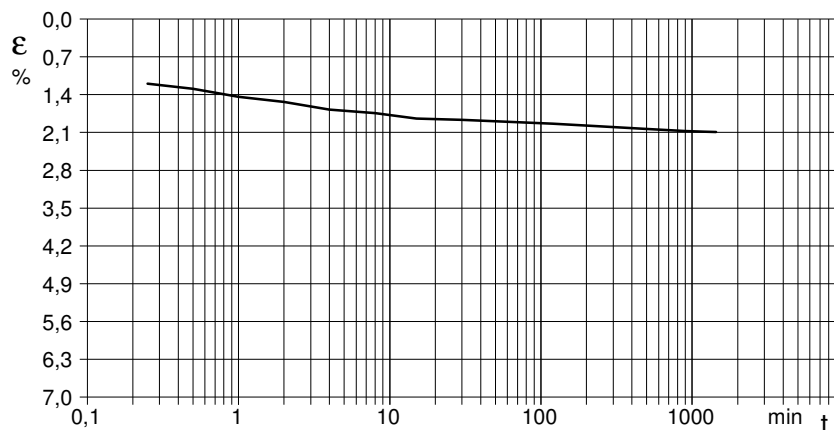
PROFONDITA': m 1.6-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

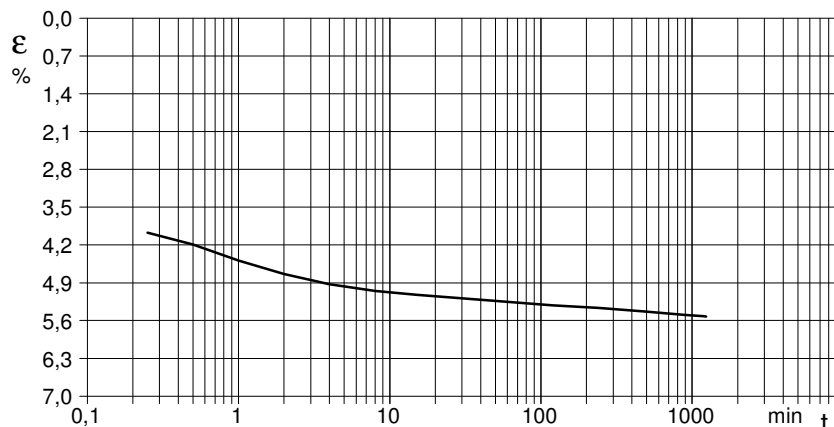
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

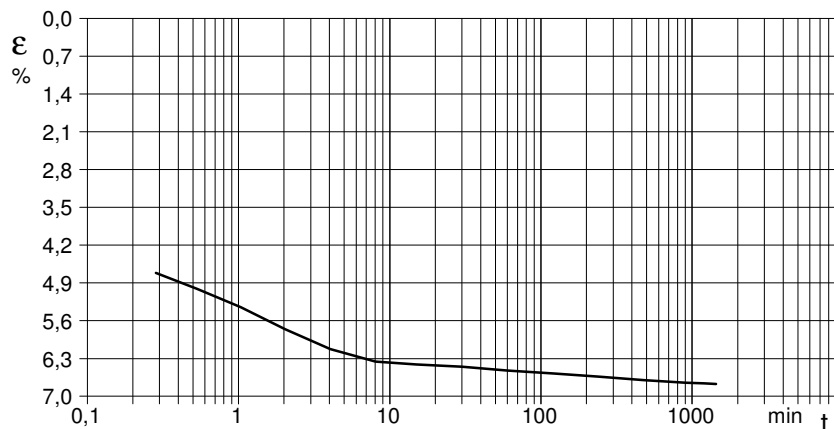
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,958
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,889
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	1,980
Altezza finale (cm)	1,846
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04534	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 29/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 03/12/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 1.6-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

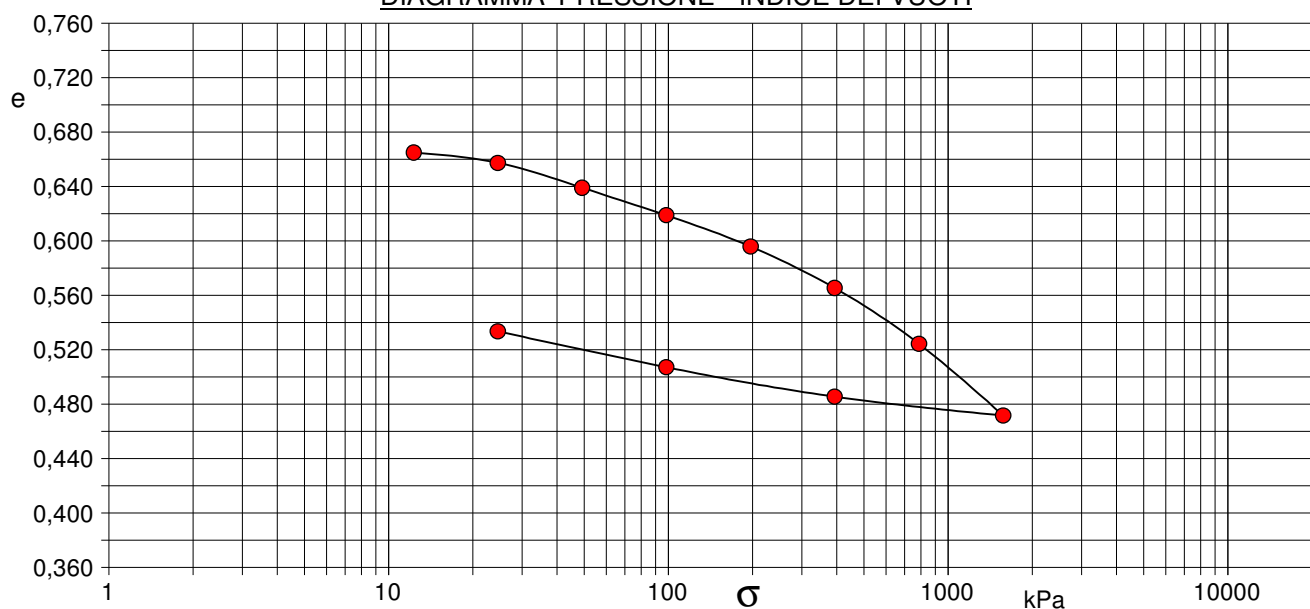
COMMITTENTE:	Immobiliare Ponte srl		
RIFERIMENTO:	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	1.6-2.1

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

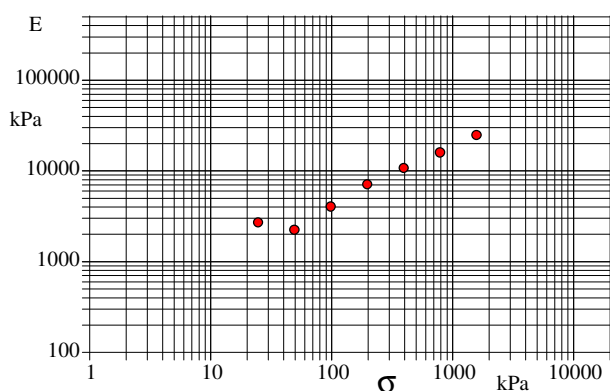
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,72	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,67
Umidità (%)	24,1	Volume provino (cm³)	39,53	Porosità (%)	39,97
Peso specifico (kN/m³)	26,47	Volume dei vuoti (cm³)	15,80	Saturazione (%)	97,6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

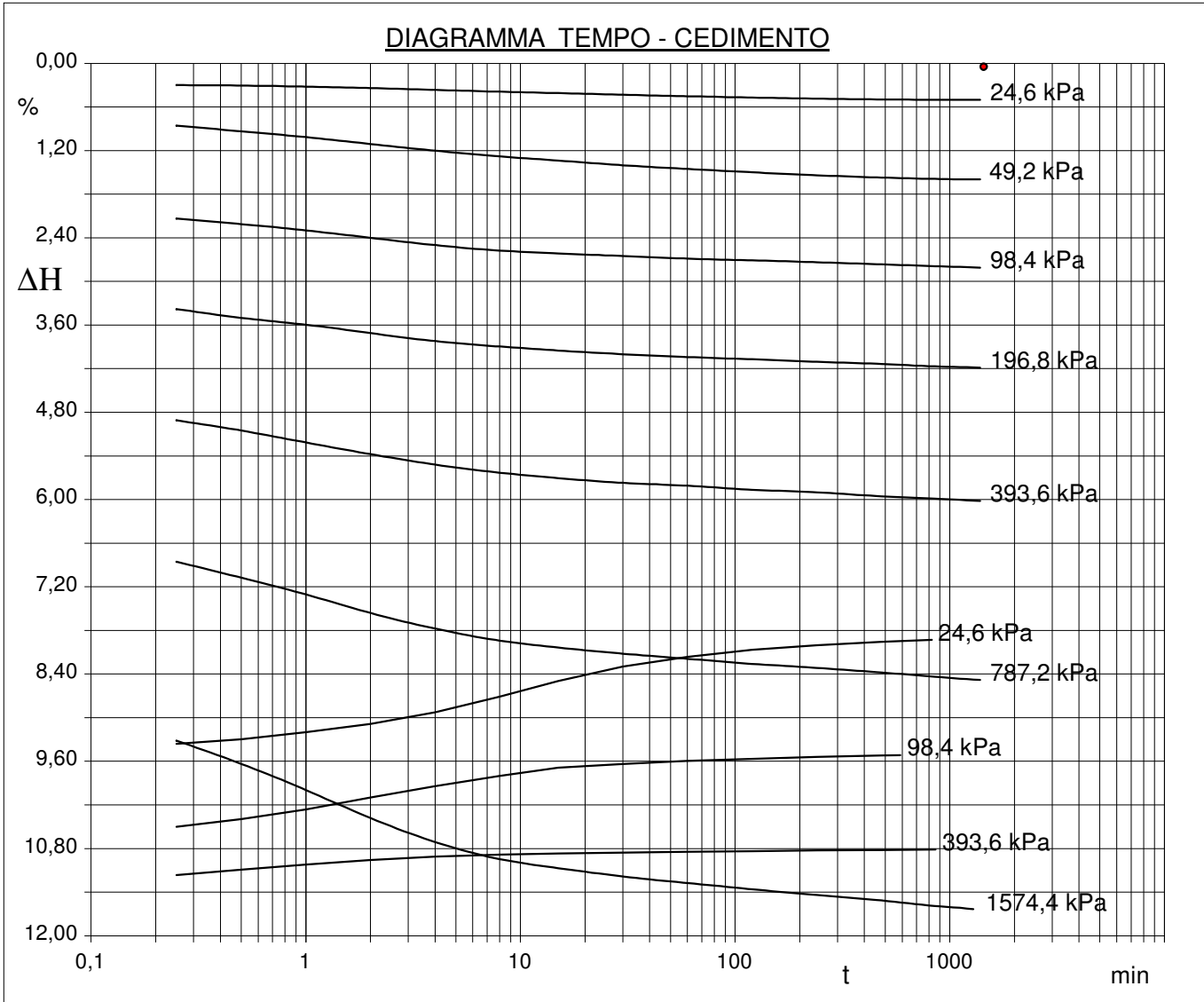


Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	0,9	0,665				
24,6	10,0	0,657	0,025	2703	0,000315	1,14E-08
49,2	31,9	0,639	0,061	2247	0,001007	4,40E-08
98,4	56,2	0,619	0,067	4049	0,002539	6,15E-08
196,8	83,8	0,596	0,076	7130	0,002607	3,59E-08
393,6	120,4	0,565	0,101	10754	0,002733	2,49E-08
787,2	169,7	0,524	0,136	15968	0,002801	1,72E-08
1574,4	232,9	0,472	0,175	24911	0,002652	1,04E-08
393,6	216,3	0,486				
98,4	190,3	0,507				
24,6	158,6	0,534				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 1.6-2.1
PROVA EDOMETRICA				
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11				



Pressione: 24,6 kPa	$C_v = 0,000315 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 49,2 kPa	$C_v = 0,001007 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 98,4 kPa	$C_v = 0,002539 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 196,8 kPa	$C_v = 0,002607 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 393,6 kPa	$C_v = 0,002733 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 787,2 kPa	$C_v = 0,002801 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 1574,4 kPa	$C_v = 0,002652 \text{ cm}^2/\text{sec}$

COMMITTENTE:	Immobiliare Ponte srl		
RIFERIMENTO:	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	1.6-2.1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	63	114	155
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	3,94	4,13	4,70
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,54	0,84	0,51
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 28,1	--- 26,5	--- ---
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3 25,3	19,3 25,8	19,4 ---

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 19,1 kPa
Angolo di attrito interno: 25,2 °

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

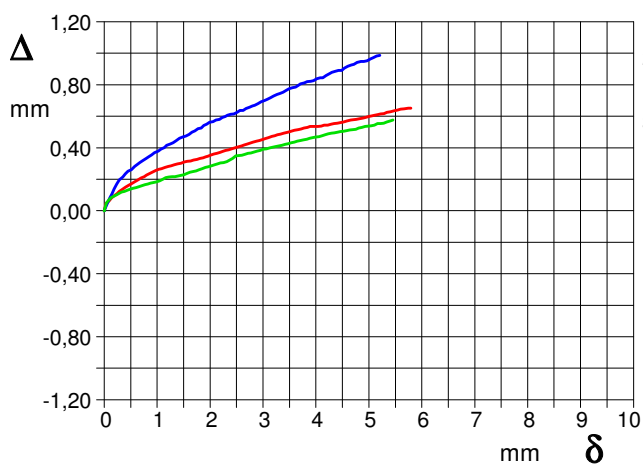
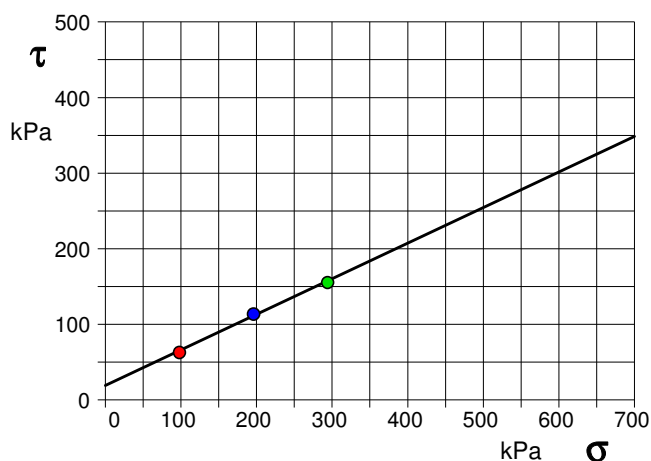


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

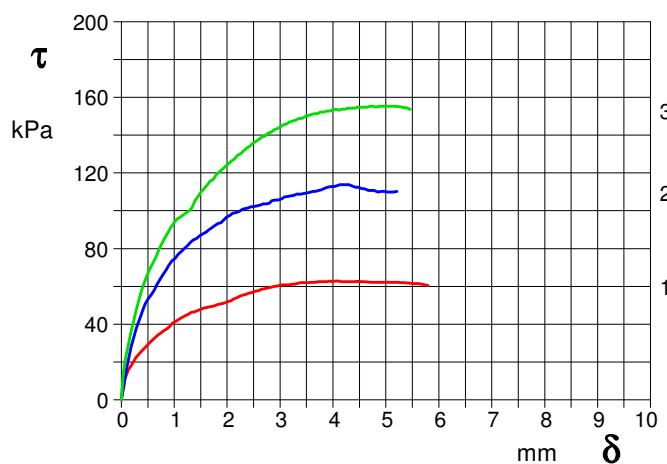


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Immobiliare Ponte srl	
RIFERIMENTO:	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme	
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25,5	%
Peso di volume	19,7	kN/m ³
Peso di volume secco	15,7	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,7	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,688	
Porosità	40,8	%
Grado di saturazione	100,0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		%
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	4,3	%
Sabbia	32,9	%
Limo	41,9	%
Argilla	20,9	%
D 10	0,001693	mm
D 50	0,039706	mm
D 60	0,065321	mm
D 90	0,188483	mm
Passante set. 10	95,5	%
Passante set. 42	95,2	%
Passante set. 200	62,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c	9,1	kPa
ϕ	27,4	°
c_{Res}		kPa
ϕ_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
					56	Limo con sabbia argilloso con resti di conchiglie MUNSELL SOIL COLOR: 10R 5/1 Reddish gray



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04535	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 15/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 16/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl		
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m

<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>
--

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

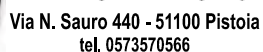
Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 25,5 %
--

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

--



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

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

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Peso di volume allo stato naturale = 19,7 kN/m³

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE:

Inizio analisi:

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi:

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	N.D.	%
Limite di plasticità	N.D.	%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		

C - Argille inorganiche

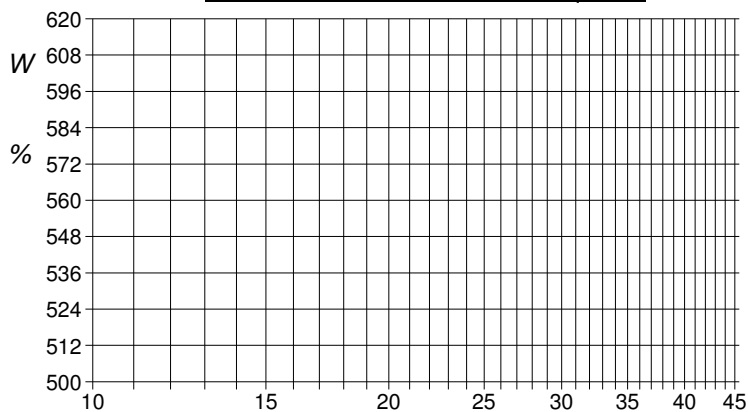
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

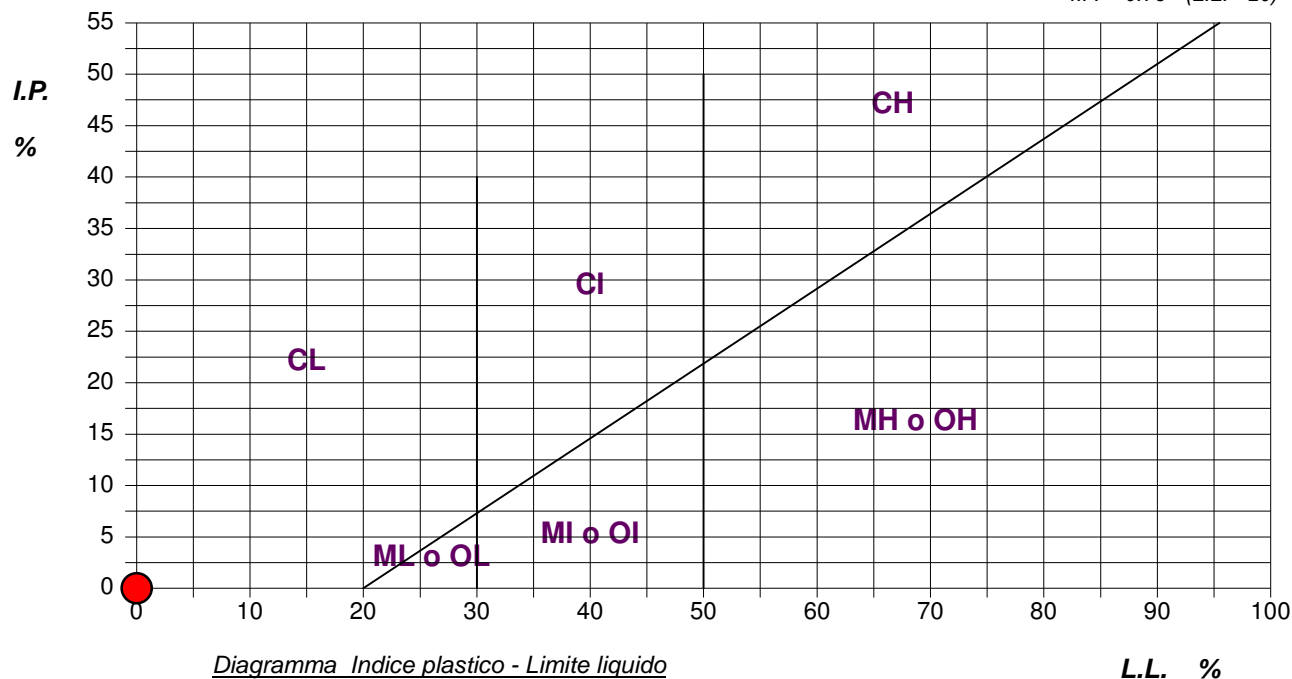
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità

Numero di colpi

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

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04537** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 20/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 23/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

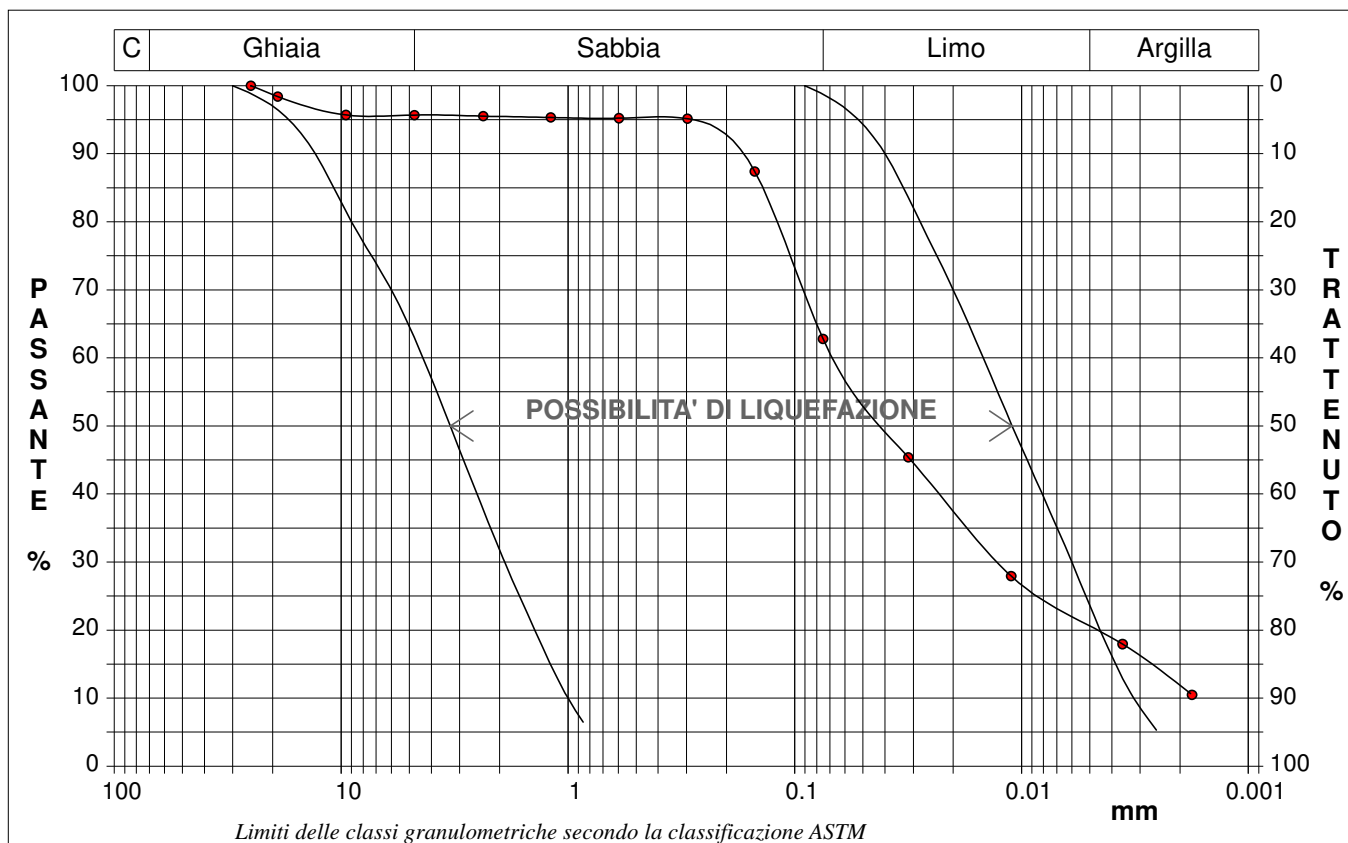
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	4,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	95,5 %	D10	0,00169 mm
Sabbia	32,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,2 %	D30	0,01257 mm
Limo	41,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	62,8 %	D50	0,03971 mm
Argilla	20,9 %			D60	0,06532 mm
Coefficiente di uniformità 38,59				Coefficiente di curvatura 1,43	D90



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00	1,1900	95,33	0,0315	45,38				
19,0000	98,39	0,5950	95,22	0,0111	27,92				
9,5200	95,69	0,2970	95,16	0,0036	17,95				
4,7500	95,68	0,1500	87,41	0,0018	10,47				
2,3600	95,52	0,0750	62,78						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04538** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 29/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 03/12/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

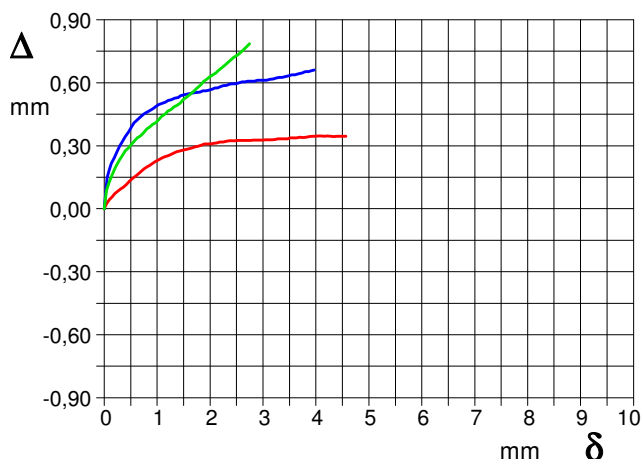
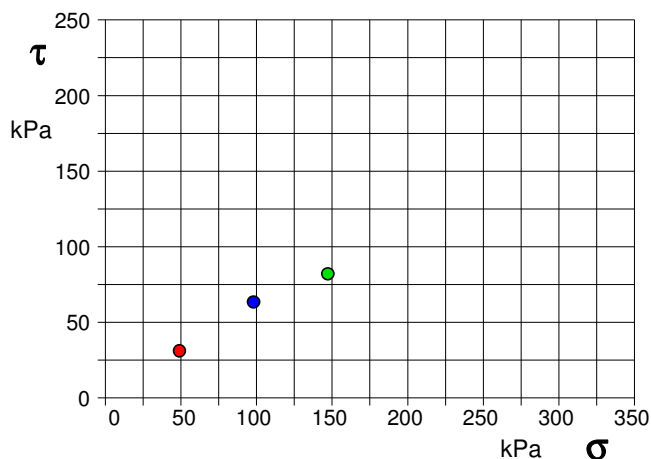
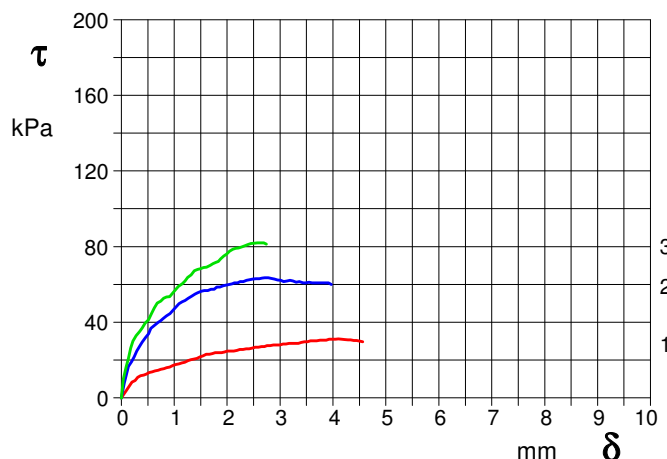
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	31	63	82
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,10	2,71	2,57
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,35	0,61	0,74
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,2	--- 21,1	--- 20,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 24,5	19,4 23,6	19,7 23,8

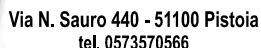
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

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



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl		
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	31	63	82
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,10	2,71	2,57
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,35	0,61	0,74
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,2	--- 21,1	--- 20,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 24,5	19,4 23,6	19,7 23,8

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 9,1 kPa
Angolo di attrito interno: 27,4 °

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

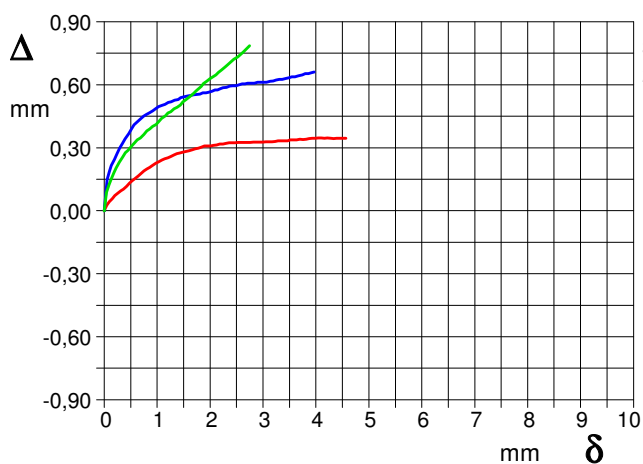
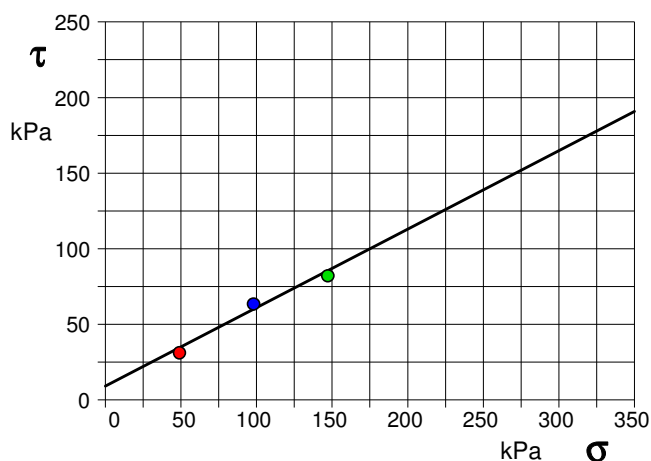


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

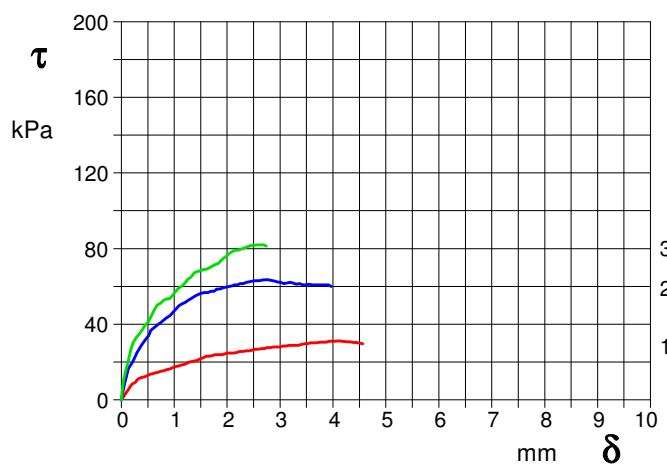


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO:	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	3 R	PROFONDITA': m	7.0-7.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	39,0	%
Peso di volume	17,9	kN/m³
Peso di volume secco	12,9	kN/m³
Peso di volume saturo	17,9	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	1,057	
Porosità	51,4	%
Grado di saturazione	99,6	%
Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	20,7	%
Indice di consistenza	0,04	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 12

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	4,4	%
Limo	59,8	%
Argilla	35,8	%
D 10	0,000830	mm
D 50	0,010487	mm
D 60	0,014781	mm
D 90	0,055437	mm
Passante set. 10	99,9	%
Passante set. 42	98,5	%
Passante set. 200	95,6	%

COMPRESSIONE

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

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	12,3	kPa	
ϕ	23,2	°	
c_{Res}		kPa	
ϕ_{Res}		°	

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	590	0,000493	8,20E-08
24,6 ÷ 49,2	957	0,000839	8,60E-08
49,2 ÷ 98,4	1679	0,001448	8,46E-08
98,4 ÷ 196,8	2856	0,001982	6,80E-08
196,8 ÷ 393,6	5421	0,002636	4,77E-08
393,6 ÷ 787,2	10118	0,001730	1,68E-08
787,2 ÷ 1574,4	19461	0,001932	9,74E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	ED			
						Limo con argilla con tracce torbose, molle MUNSELL SOIL COLOR: 2.5YR 5/1 Reddish gray
						Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
						< 24.5 kPa molto molle
						24.5 - 49.1 kPa molle
						49.1 - 98.1 kPa plastico
						98.1 - 196.2 kPa consistente
						196.2 - 392.4 kPa molto consistente
						>392,4 kPa duro
					50	



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04542	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 19/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 3 R		PROFONDITA': m 7.0-7.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,6	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	20,7	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6

INDICE DI GRUPPO: 12

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04539	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 15/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 16/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 3 R		PROFONDITA': m 7.0-7.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 39,0 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04540	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 15/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 15/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 3 R		PROFONDITA': m 7.0-7.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17,9 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04541** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 21/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3 R

PROFONDITA': m 7.0-7.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	39,9	%
Limite di plasticità	19,2	%
Indice di plasticità	20,7	%
Indice di consistenza	0,04	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche

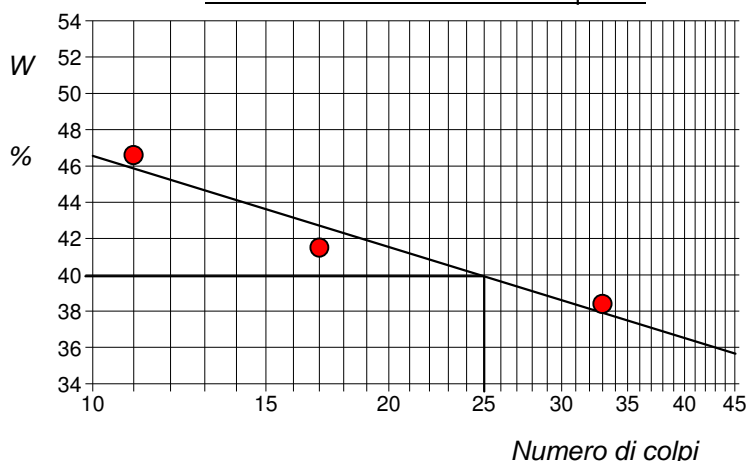
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

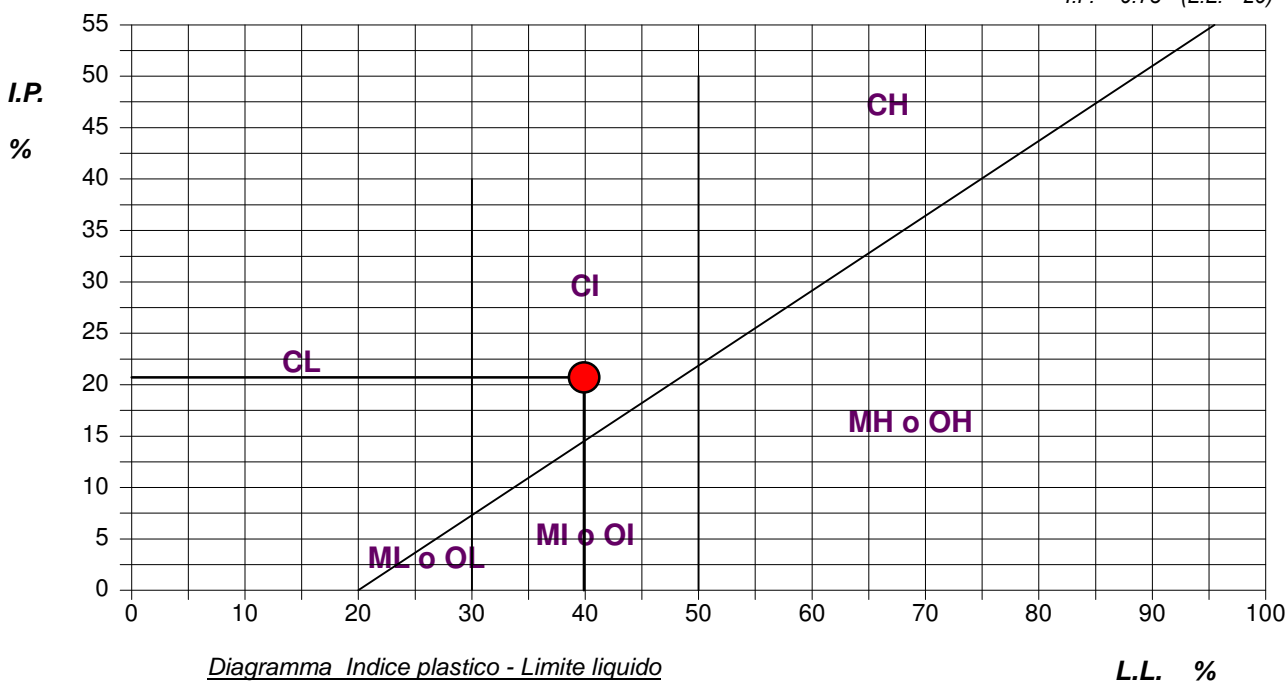
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquiditàABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04542** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 19/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 22/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

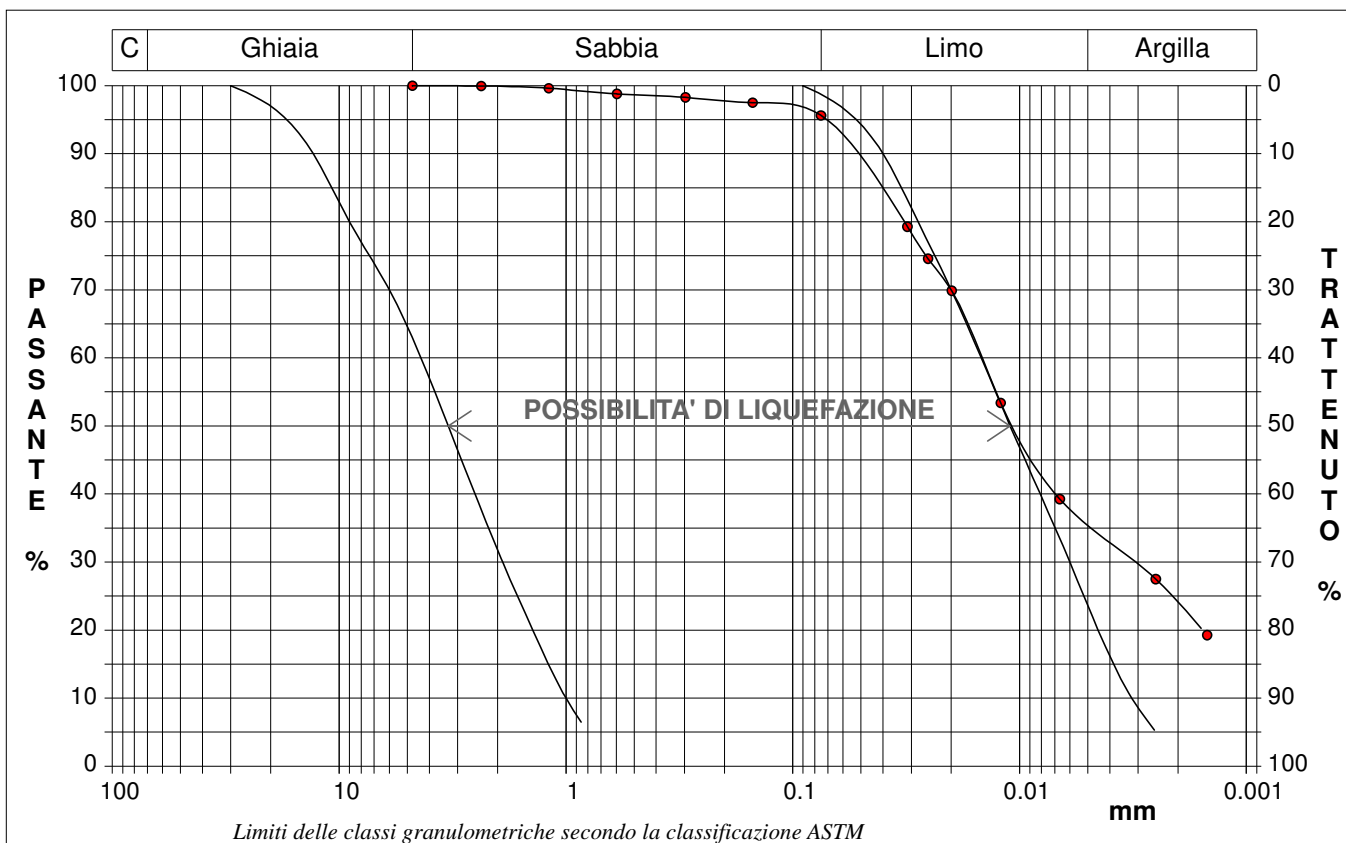
CAMPIONE: 3 R

PROFONDITA': m 7.0-7.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D10	0,00083 mm	
Sabbia	4,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,5 %	D30	0,00309 mm	
Limo	59,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,6 %	D50	0,01049 mm	
Argilla	35,8 %			D60	0,01478 mm	
Coefficiente di uniformità		17,82	Coefficiente di curvatura	0,78	D90	0,05544 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	97,51	0,0121	53,38				
2,3600	99,95	0,0750	95,64	0,0066	39,25				
1,1900	99,63	0,0312	79,27	0,0025	27,48				
0,5950	98,80	0,0253	74,57	0,0015	19,24				
0,2970	98,28	0,0199	69,86						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04543** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 19/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 29/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3 R

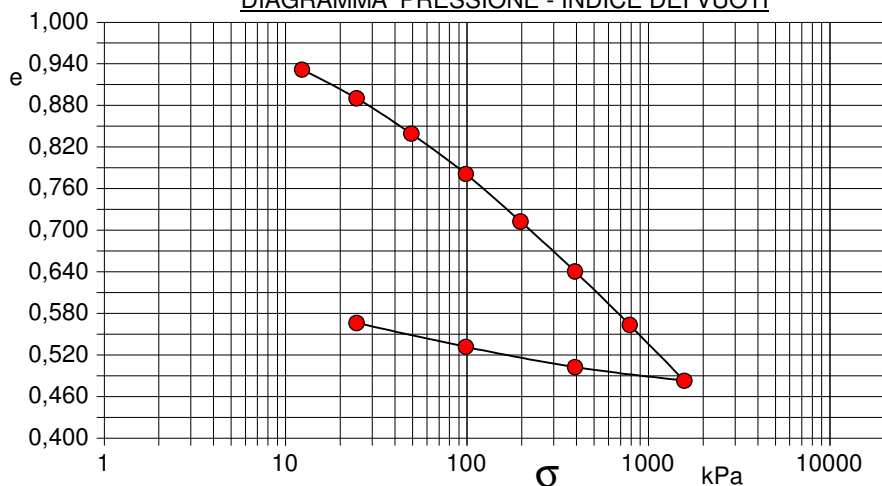
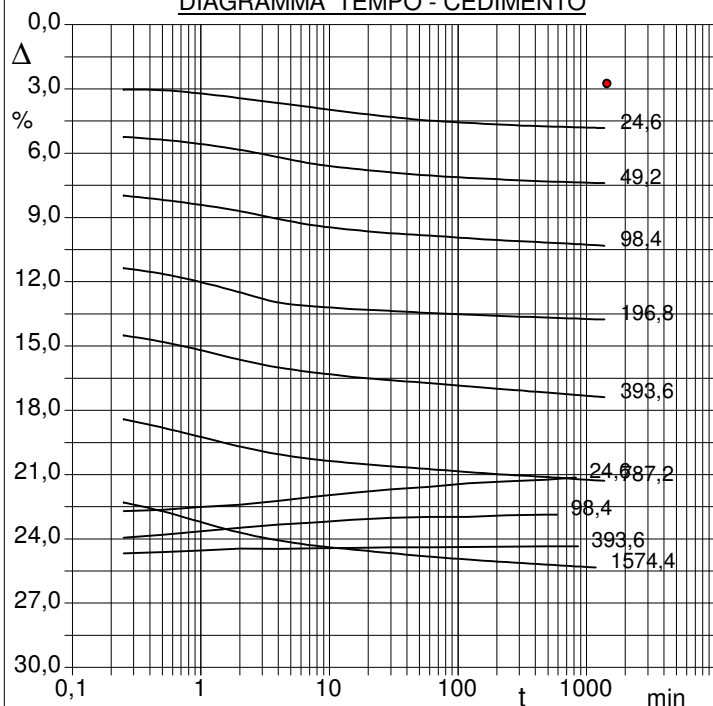
PROFONDITA': m 7.0-7.5

PROVA EDOMETRICA

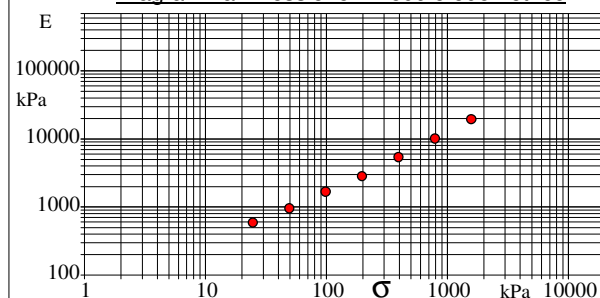
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

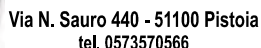
Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,55
Umidità (%)	39,2
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	19,50
Indice dei vuoti	0,99
Porosità (%)	49,65
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	54,8	0,932				
24,6	96,5	0,890	0,138	590	0,000493	8,20E-08
49,2	147,9	0,839	0,170	957	0,000839	8,60E-08
98,4	206,5	0,781	0,193	1679	0,001448	8,46E-08
196,8	275,4	0,713	0,227	2856	0,001982	6,80E-08
393,6	348,0	0,641	0,239	5421	0,002636	4,77E-08
787,2	425,8	0,563	0,257	10118	0,001730	1,68E-08
1574,4	506,7	0,483	0,267	19461	0,001932	9,74E-09
393,6	486,9	0,503				
98,4	457,5	0,532				
24,6	422,8	0,566				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04544** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18

Inizio analisi: 28/11/18

Apertura campione: 15/11/18

Fine analisi: 30/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3 R

PROFONDITA': m 7.0-7.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

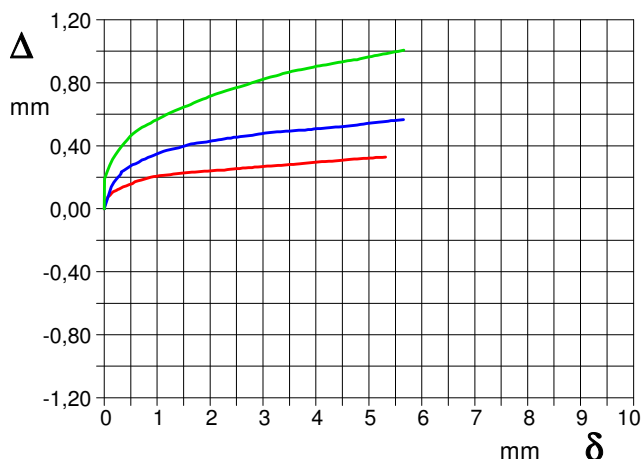
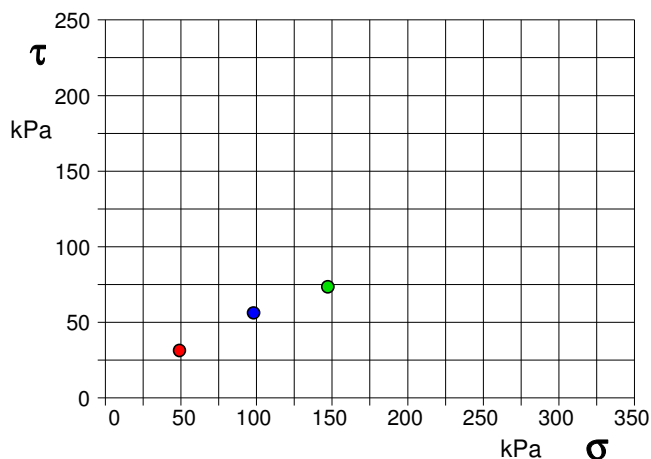
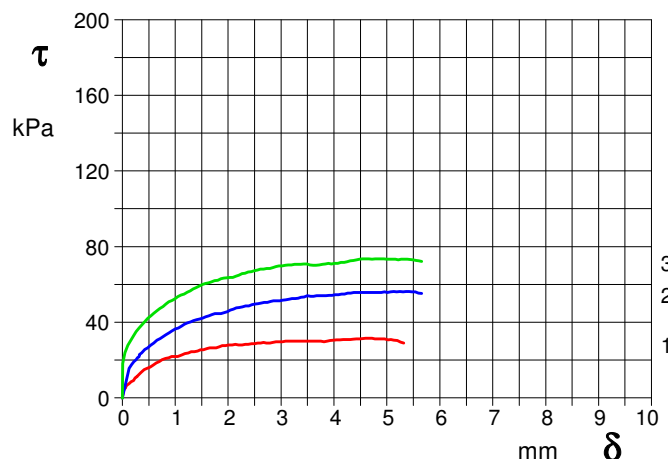
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	31	56	74
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,66	5,13	4,54
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,55	0,94
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 36,7	--- 37,2	--- 33,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,1 25,9	17,7 26,3	17,8 26,4

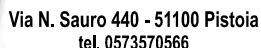
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

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



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 04544** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18

DATA DI EMISSIONE: 04/12/18 Inizio analisi: 28/11/18

Apertura campione: 15/11/18 Fine analisi: 30/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl

RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3 R

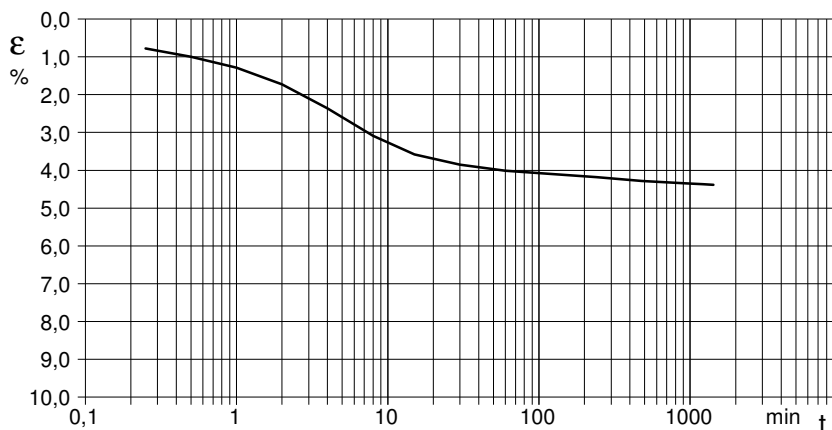
PROFONDITA': m 7.0-7.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

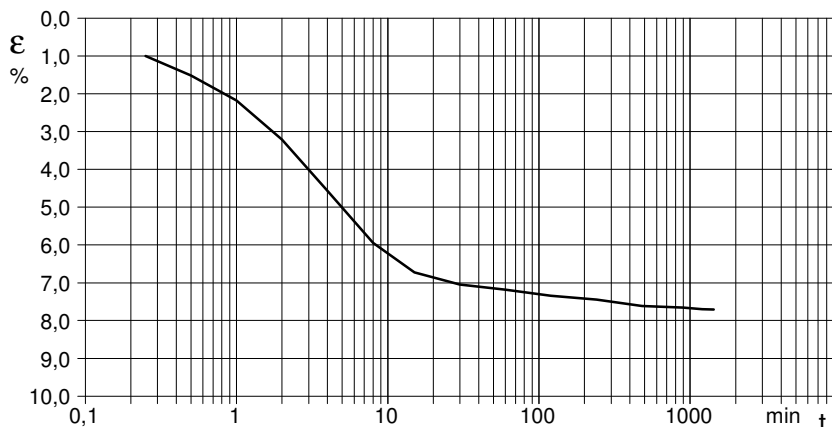
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

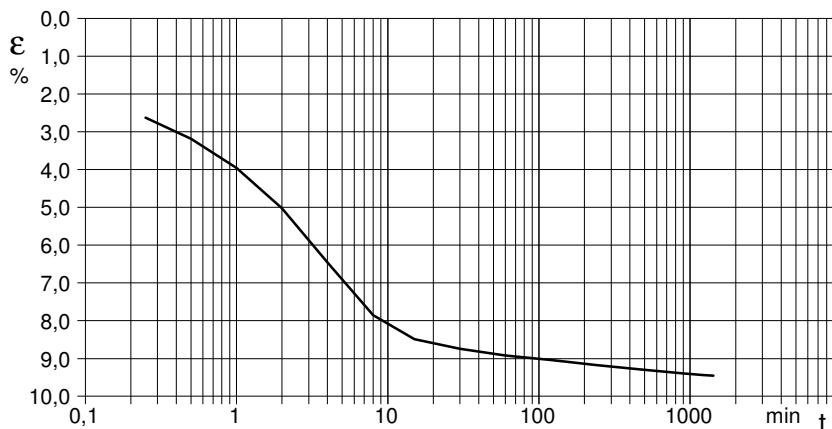
Pressione (kPa)	49
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,912
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	0
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,846
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	0
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	147
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,811
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	0
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04544	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 04/12/18	Inizio analisi: 28/11/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 477 del 12/11/18		Apertura campione: 15/11/18	Fine analisi: 30/11/18

COMMITTENTE: Immobiliare Ponte srl				
RIFERIMENTO: Hotel Grand Duca San Giuliano Terme				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	3 R	PROFONDITA': m 7.0-7.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	Immobiliare Ponte srl		
RIFERIMENTO:	Hotel Grand Duca San Giuliano Terme		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	3 R
		PROFONDITA': m	7.0-7.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	147
Tensione a rottura (kPa):	31	56	74
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,66	5,13	4,54
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,55	0,94
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 36,7	--- 37,2	--- 33,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,1 25,9	17,7 26,3	17,8 26,4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 12,3 kPa
Angolo di attrito interno: 23,2 °

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

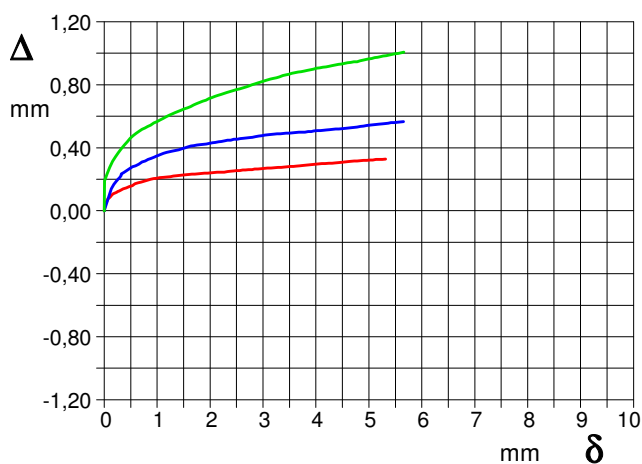
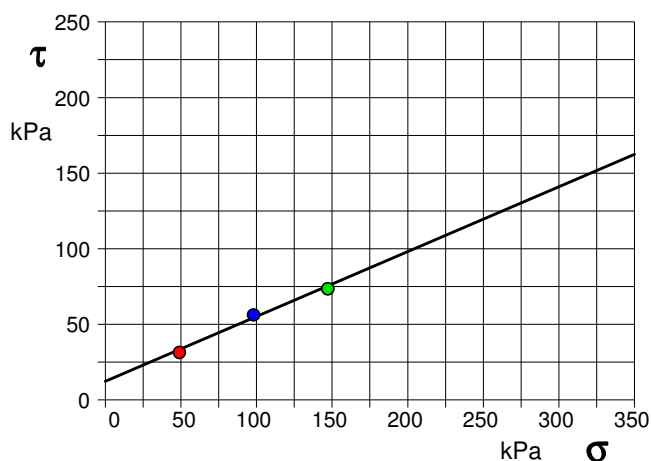


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

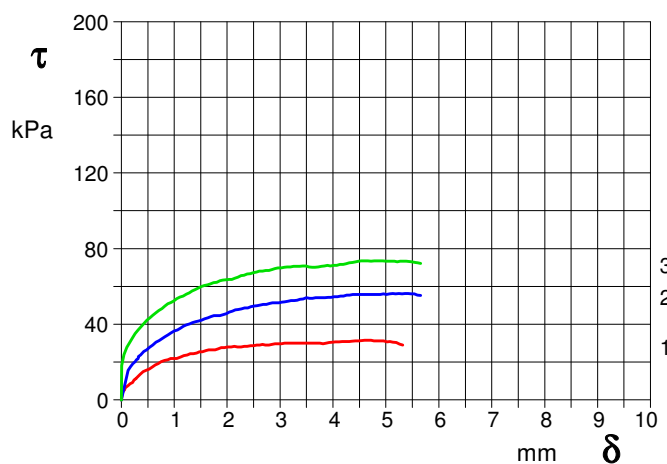


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

C. P. T.
CONE PENETRATION TEST

Penetrometro Statico da 20 tonnellate
munito di punta Begemann

Cantiere : S.S. del Brennero

Numero prove : 3

Committente : TURITECO s.r.l.

Località :

Comune : San Giuliano Terme

Data : 11.10.1990

Legenda

=====	argilla
=====~	argilla limosa
~~~~~	limo argilloso
~~~~~	limo
~~~~~:	limo sabbioso
~~~~~:~	sabbia limosa
~~~~~:	sabbia
~~~~~:~:~	sabbia e ghiaia
~~~~~:~:~:	ghiaia

12.8      livello acqua

R _{pt}	: resistenza di punta totale (Kg)
R _{at}	: resistenza di punta + resistenza laterale totali (Kg)
R _{tot}	: resistenza totale (t)
R _p	: resistenza di punta (Kg/cm ² )
R _{al}	: resistenza laterale locale (Kg/cm ² )
R _p /R _{al}	: rapporto Begemann
FR	: rapporto di frizione
Ø	: angolo d'attrito (°)
Dr	: densità relativa (%)
Cu	: coesione utile (Kg/cm ² )
mv	: coefficiente di compressibilità volumetrica (cm ³ /t)

Prova n.: 1

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.30 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
0.2	110	150	250	11	0.27	41	2.42	22	77	.	30.3
0.4	140	230	350	14	0.60	23	4.29	.	.	0.70	14.3
0.6	300	300	400	30	0.53	56	1.78	27	87	.	16.7
0.8	260	410	600	26	1.00	26	3.85	.	.	1.30	9.6
1.0	240	540	800	24	2.00	12	8.33	.	.	1.20	10.4
1.2	310	590	1100	31	1.87	17	6.02	.	.	1.55	6.5
1.4	240	570	1250	24	2.20	11	9.17	.	.	1.20	10.4
1.6	180	430	1300	18	1.67	11	9.26	.	.	0.90	13.9
1.8	140	330	1350	14	1.27	11	9.05	.	.	0.70	17.9
2.0	130	230	1350	13	0.67	19	5.13	.	.	0.65	15.4
2.2	130	200	1550	13	0.47	28	3.59	.	.	0.65	19.2
2.4	120	180	1650	12	0.40	30	3.33	.	.	0.60	20.8
2.6	100	160	1600	10	0.40	25	4.00	.	.	0.50	25.0
2.8	100	150	1600	10	0.33	30	3.33	.	.	0.50	25.0
3.0	120	150	1400	12	0.20	60	1.67	23	18	.	41.7
3.2	120	170	1300	12	0.33	36	2.78	22	17	.	27.8
3.4	110	160	1100	11	0.33	33	3.03	22	12	.	30.3
3.6	80	120	1000	8	0.27	30	3.33	.	.	0.40	31.3
3.8	90	110	950	9	0.13	67	1.40	23	10	.	55.6
4.0	90	120	1000	9	0.20	45	2.22	20	10	.	55.6
4.2	90	130	1150	9	0.27	34	2.96	20	10	.	37.0
4.4	80	120	1200	8	0.27	30	3.33	.	.	0.40	31.3
4.6	80	110	1250	8	0.20	40	2.50	20	10	.	41.7
4.8	80	110	1250	8	0.20	40	2.50	20	10	.	41.7
5.0	50	90	1200	5	0.27	19	5.33	.	.	0.25	40.0
5.2	160	210	1300	16	0.33	48	2.08	24	16	.	31.3
5.4	100	140	1350	10	0.27	37	2.67	20	10	.	33.3
5.6	100	150	1400	10	0.33	30	3.33	.	.	0.50	25.0
5.8	100	130	1450	10	0.20	50	2.00	22	10	.	50.0
6.0	90	120	1350	9	0.20	45	2.22	20	10	.	55.6
6.2	110	150	1400	11	0.27	41	2.42	22	10	.	30.3
6.4	100	120	1500	10	0.13	75	1.33	24	10	.	50.0
6.6	110	120	1450	11	0.07	165	0.61	24	10	.	60.6
6.8	110	120	1500	11	0.07	165	0.61	24	10	.	60.6
7.0	100	130	1400	10	0.20	50	2.00	22	10	.	50.0
7.2	130	170	1400	13	0.27	49	2.05	23	10	.	30.5
7.4	100	250	1400	10	0.47	39	2.59	23	12	.	18.5
7.6	170	270	1450	17	0.67	25	3.92	.	.	0.05	14.7
7.8	110	230	1500	11	0.00	14	7.27	.	.	0.55	18.2
8.0	90	140	1600	9	0.33	27	3.70	.	.	0.45	27.8
8.2	100	160	1750	10	0.40	25	4.00	.	.	0.50	25.0
8.4	100	150	1800	10	0.33	30	3.33	.	.	0.50	25.0
8.6	100	130	1850	10	0.20	50	2.00	22	10	.	50.0
8.8	90	120	1850	9	0.20	45	2.22	20	10	.	55.6
9.0	100	120	1750	10	0.13	75	1.33	24	10	.	50.0
9.2	70	130	1800	7	0.40	17	5.71	.	.	0.35	28.6
9.4	80	110	1950	8	0.20	40	2.50	20	10	.	41.7
9.6	80	110	2000	8	0.20	40	2.50	20	10	.	41.7
9.8	150	180	2050	15	0.20	75	1.33	26	10	.	33.3
10.0	190	230	2000	19	0.27	71	1.40	27	10	.	26.3

Prova n.: 1

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.30 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
10.2	100	300	2000	10	0.80	22	4.44	.	.	0.90	11.1
10.4	310	300	2000	31	0.47	66	1.51	30	23	.	16.1
10.6	210	320	1900	21	0.73	29	3.49	.	.	1.05	11.9
10.8	260	350	1900	26	0.60	43	2.31	24	16	.	12.0
11.0	160	210	1900	16	0.33	48	2.00	24	10	.	31.3
11.2	120	220	2200	12	0.67	18	5.56	.	.	0.60	16.7
11.4	120	220	2250	12	0.67	18	5.56	.	.	0.60	16.7
11.6	100	140	2400	10	0.27	37	2.67	20	10	.	33.3
11.8	100	140	2600	10	0.27	37	2.67	20	10	.	33.3
12.0	120	150	2600	12	0.20	60	1.67	23	10	.	41.7

Prova n.: 2

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.00 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
0.2	100	140	250	10	0.27	37	2.67	20.	74	.	33.3
0.4	120	180	250	12	0.40	30	3.33	.	.	0.60	20.8
0.6	210	270	350	21	0.40	52	1.90	25	75	.	23.8
0.8	200	360	500	20	1.07	19	5.33	.	.	1.00	10.0
1.0	160	370	700	16	1.40	11	8.75	.	.	0.80	15.6
1.2	180	400	800	18	1.47	12	8.15	.	.	0.90	13.9
1.4	180	320	900	18	0.93	19	5.19	.	.	0.90	11.1
1.6	150	280	950	15	0.87	17	5.78	.	.	0.75	13.3
1.8	130	210	1000	13	0.53	24	4.10	.	.	0.65	15.4
2.0	100	160	1000	10	0.40	25	4.00	.	.	0.50	25.0
2.2	80	140	1050	8	0.40	20	5.00	.	.	0.40	25.0
2.4	90	130	1100	9	0.27	34	2.96	20	13	.	37.0
2.6	90	130	1050	9	0.27	34	2.96	20	12	.	37.0
2.8	90	110	1050	9	0.13	67	1.48	23	10	.	55.6
3.0	130	180	900	13	0.33	39	2.56	22	21	.	25.6
3.2	160	200	850	16	0.27	60	1.67	24	27	.	31.3
3.4	120	160	900	12	0.27	45	2.22	22	15	.	41.7
3.6	130	190	900	13	0.40	32	3.00	.	.	0.65	25.6
3.8	150	180	900	15	0.20	75	1.33	26	21	.	33.3
4.0	150	200	1000	15	0.33	45	2.22	23	20	.	33.3
4.2	150	180	1100	15	0.20	75	1.33	26	18	.	33.3
4.4	150	180	1200	15	0.20	75	1.33	26	17	.	33.3
4.6	160	200	1150	16	0.27	60	1.67	24	19	.	31.3
4.8	140	170	1150	14	0.20	70	1.43	25	13	.	35.7
5.0	140	210	1100	14	0.47	30	3.33	.	.	0.70	17.9
5.2	80	200	1200	8	0.80	18	10.00	.	.	0.40	31.3
5.4	170	230	1300	17	0.40	42	2.35	23	17	.	19.6
5.6	180	220	1200	18	0.27	67	1.48	27	18	.	27.8
5.8	130	170	1250	13	0.27	49	2.05	23	10	.	38.5
6.0	150	180	1250	15	0.20	75	1.33	26	10	.	33.3
6.2	200	260	1300	20	0.40	50	2.00	25	20	.	25.0
6.4	180	230	1450	18	0.33	54	1.85	24	15	.	27.8
6.6	250	270	1500	25	0.13	187	0.53	28	26	.	26.7
6.8	250	280	1400	25	0.20	125	0.80	28	25	.	26.7
7.0	120	180	1200	12	0.40	30	3.33	.	.	0.60	20.8
7.2	120	160	1300	12	0.27	45	2.22	22	10	.	41.7
7.4	70	110	1350	7	0.27	26	3.81	.	.	0.35	35.7
7.6	50	100	1350	5	0.33	15	6.67	.	.	0.25	40.0
7.8	50	90	1350	5	0.27	19	5.33	.	.	0.25	40.0
8.0	60	110	1350	6	0.33	18	5.56	.	.	0.30	33.3
8.2	110	160	1500	11	0.33	33	3.03	22	10	.	30.3
8.4	160	170	1600	16	0.07	240	0.42	26	10	.	41.7
8.6	190	220	1550	19	0.20	95	1.05	27	10	.	35.1
8.8	200	270	1550	20	0.47	43	2.33	24	12	.	16.7
9.0	150	220	1700	15	0.47	32	3.11	.	.	0.75	22.2
9.2	310	350	1850	31	0.27	116	0.86	30	26	.	21.5
9.4	260	410	2000	26	1.00	26	3.85	.	.	1.30	9.6
9.6	320	380	2100	32	0.40	80	1.25	30	26	.	20.8
9.8	260	320	2050	26	0.40	65	1.54	29	18	.	19.2
10.0	220	250	1850	22	0.20	110	0.91	28	12	.	30.3

Prova n.: 2

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.00 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
10.2	120	160	1800	12	0.27	45	2.22	22	10	.	41.7
10.4	140	190	1800	14	0.33	42	2.38	23	10	.	23.8
10.6	110	210	1850	11	0.67	16	6.06	.	.	0.55	10.2
10.8	130	210	1950	13	0.53	24	4.10	.	.	0.65	15.4
11.0	220	300	2000	22	0.53	41	2.42	24	10	.	15.2
11.2	190	300	2200	19	0.73	26	3.86	.	.	0.95	13.2
11.4	150	280	2250	15	0.87	17	5.78	.	.	0.75	13.3
11.6	220	350	2400	22	0.87	25	3.94	.	.	1.10	11.4
11.8	280	360	2450	28	0.53	52	1.90	27	17	.	17.9
12.0	260	330	2350	26	0.47	56	1.79	27	14	.	19.2

Prova n.: 3

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.40 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
0.2	130	250	300	13	0.80	16	6.15	.	.	0.65	15.4
0.4	140	270	400	14	0.87	16	6.19	.	.	0.70	14.3
0.6	260	420	550	26	1.07	24	4.10	.	.	1.30	7.7
0.8	300	620	850	30	2.13	14	7.11	.	.	1.50	6.7
1.0	300	630	1050	30	2.20	14	7.33	.	.	1.50	6.7
1.2	320	670	1200	32	2.33	14	7.29	.	.	1.60	6.3
1.4	250	580	1300	25	2.20	11	8.80	.	.	1.25	10.0
1.6	120	450	1300	12	2.20	5	10.33	.	.	0.60	20.8
1.8	120	300	1350	12	1.20	10	10.00	.	.	0.60	20.8
2.0	120	240	1400	12	0.80	15	6.67	.	.	0.60	16.7
2.2	110	230	1500	11	0.80	14	7.27	.	.	0.55	18.2
2.4	160	210	1550	16	0.33	40	2.00	24	33	.	31.3
2.6	120	180	1500	12	0.40	30	3.33	.	.	0.60	20.8
2.8	130	170	1400	13	0.27	49	2.05	23	23	.	38.5
3.0	100	140	1250	10	0.27	37	2.67	20	12	.	33.3
3.2	80	120	1100	8	0.27	30	3.33	.	.	0.40	31.3
3.4	130	160	1000	13	0.20	65	1.54	24	18	.	38.5
3.6	100	150	800	10	0.33	30	3.33	.	.	0.50	25.0
3.8	60	140	850	6	0.53	11	8.89	.	.	0.30	41.7
4.0	130	160	950	13	0.20	65	1.54	24	15	.	38.5
4.2	140	230	1250	14	0.60	23	4.29	.	.	0.70	14.3
4.4	160	240	1400	16	0.53	30	3.33	.	.	0.80	15.6
4.6	180	240	1550	18	0.40	45	2.22	23	23	.	27.8
4.8	170	230	1600	17	0.40	42	2.35	23	20	.	19.6
5.0	270	340	1500	27	0.47	58	1.73	27	35	.	18.5
5.2	220	300	1550	22	0.53	41	2.42	24	27	.	15.2
5.4	160	220	1650	16	0.40	40	2.50	23	15	.	20.8
5.6	180	240	1700	18	0.40	45	2.22	23	18	.	27.8
5.8	170	220	1650	17	0.33	51	1.96	24	16	.	29.4
6.0	110	200	1800	11	0.60	18	5.45	.	.	0.55	18.2
6.2	270	350	1800	27	0.53	51	1.98	27	30	.	18.5
6.4	280	420	1900	28	0.93	30	3.33	.	.	1.40	8.9
6.6	230	350	1900	23	0.80	29	3.48	.	.	1.15	10.9
6.8	230	310	1900	23	0.53	43	2.32	24	22	.	14.5
7.0	200	280	1800	20	0.53	37	2.67	24	17	.	16.7
7.2	110	180	1700	11	0.47	24	4.24	.	.	0.55	18.2
7.4	110	180	1700	11	0.47	24	4.24	.	.	0.55	18.2
7.6	110	160	1700	11	0.33	33	3.03	22	10	.	30.3
7.8	110	180	1850	11	0.47	24	4.24	.	.	0.55	18.2
8.0	270	370	1900	27	0.67	40	2.47	25	24	.	12.3
8.2	150	360	2000	15	1.40	11	9.33	.	.	0.75	16.7
8.4	100	190	2150	10	0.60	17	6.00	.	.	0.50	20.0
8.6	70	130	2150	7	0.40	17	5.71	.	.	0.35	28.6
8.8	70	130	2150	7	0.40	17	5.71	.	.	0.35	28.6
9.0	110	150	2100	11	0.27	41	2.42	22	10	.	30.3
9.2	100	180	2200	10	0.53	19	5.33	.	.	0.50	20.0
9.4	100	180	2250	10	0.53	19	5.33	.	.	0.50	20.0
9.6	100	170	2300	10	0.47	21	4.67	.	.	0.50	20.0
9.8	140	220	2200	14	0.53	26	3.81	.	.	0.70	17.9
10.0	70	170	2100	7	0.67	10	9.52	.	.	0.35	35.7



Prova n.: 3

CANTIERE : S.S. del Brennero  
COMMITTENTE : TURITECO s.r.l.  
LOCALITA' :  
COMUNE : San Giuliano Terme  
DATA : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.40 m s.l.m.  
Quota relativa :

Prof	Rpt	Rat	Rtot	Rp	Ral	Rp/Ral	Fr	Ø	Dr	Cu	mv
10.2	100	160	2000	10	0.40	25	4.00	.	.	0.50	25.0
10.4	80	130	2000	8	0.33	24	4.17	.	.	0.40	25.0
10.6	100	140	1050	10	0.27	37	2.67	20	10	.	33.3
10.8	100	160	2000	10	0.40	25	4.00	.	.	0.50	25.0
11.0	80	160	2100	8	0.53	15	6.67	.	.	0.40	25.0
11.2	100	370	2500	10	1.27	14	7.04	.	.	0.90	11.1
11.4	310	400	2650	31	0.60	52	1.94	27	21	.	16.1
11.6	210	280	3000	21	0.47	45	2.22	24	10	.	23.8
11.8	220	320	3100	22	0.67	33	3.03	24	10	.	15.2
12.0	290	440	3300	29	1.00	29	3.45	.	.	1.45	0.6

# Carlo Meoni geologo

58038 Pennabene - Tel. 0587-730312 - FAX 733933

Prova n. :

1

Cantiere : S.S. del Brennero

Committente : TURITECO s.r.l.

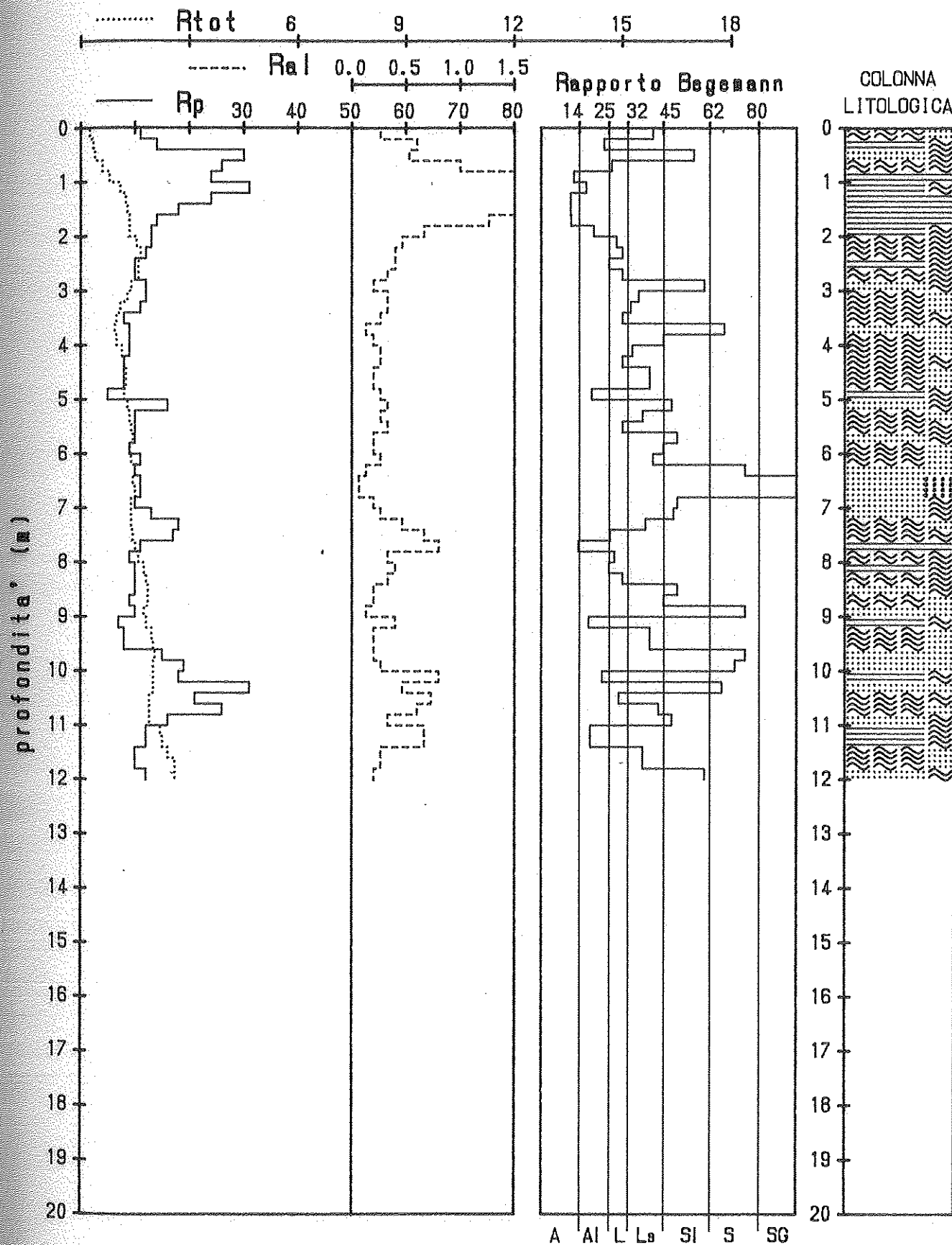
Localita' :

Comune : San Giuliano Terme

Data : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.30 m s.l.m.

Quota relativa : m



# Carlo Meoni geologo

58038 Ponzacco - Tel. 0587-730312 - FAX 733933

Prova n. : 2

Cantiere : S.S. del Brennero

Committente : TURITECO s.r.l.

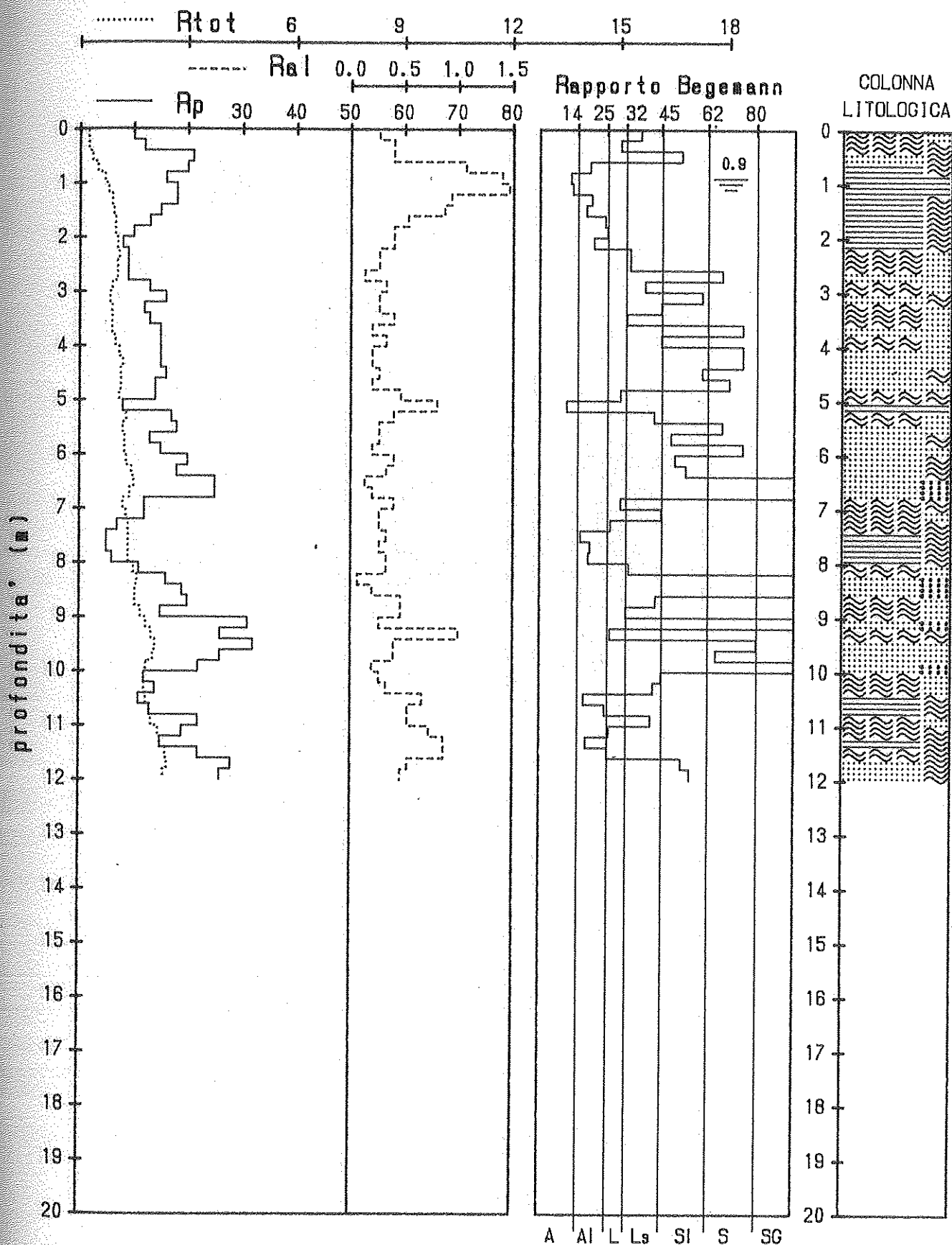
Localita' :

Comune : San Giuliano Terme

Data : 11.10.1990

Quota assoluta : 2.00 m s.l.m.

Quota relativa : m



# Carlo Meoni geologo

56038 Ponsacco - Tel. 0587-730312 - FAX 733933

Prova n. : 3

Cantiera : S.S. del Brennero

Committente : TURITECO s.r.l.

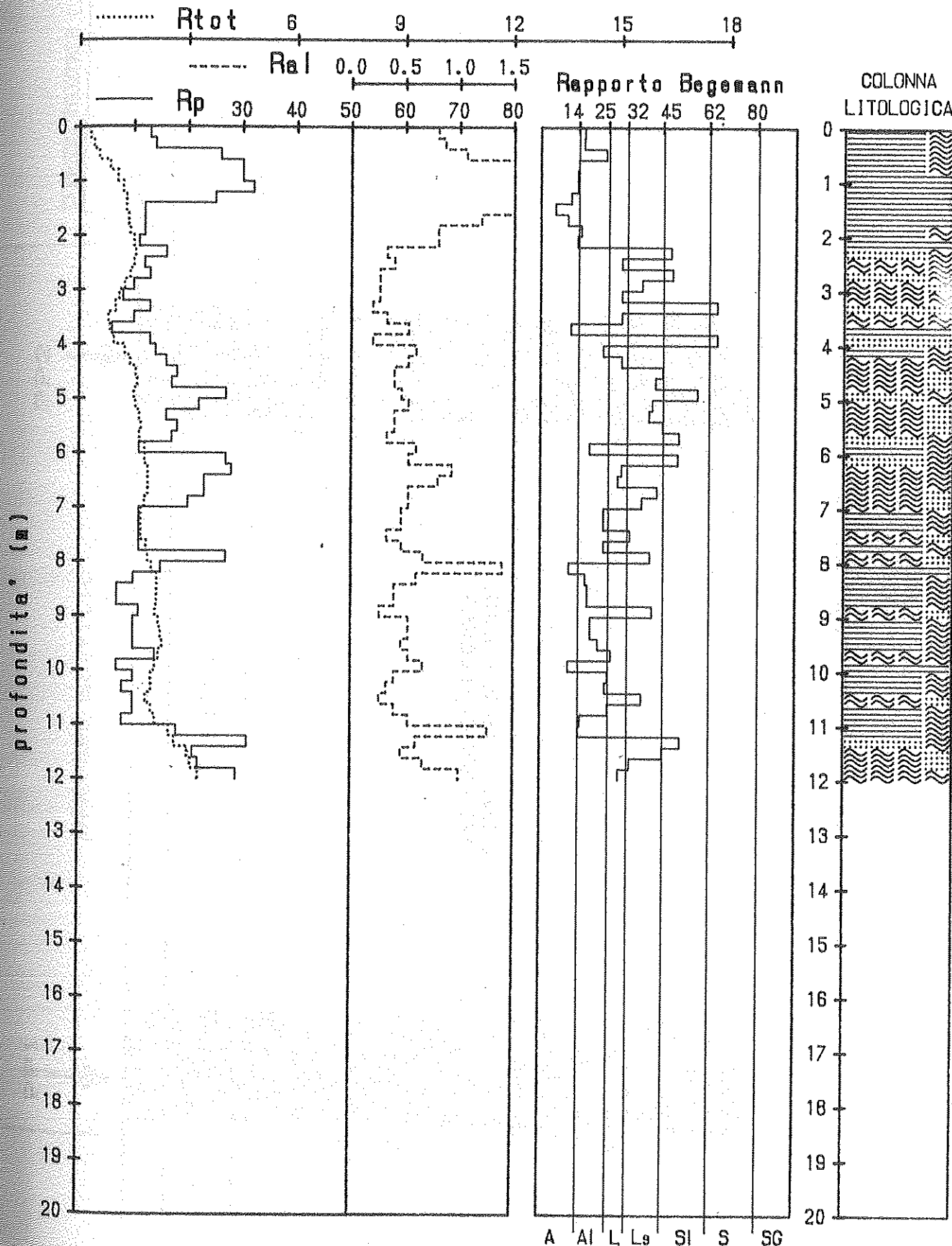
Localita' :

Comune : San Giuliano Terme

Quota assoluta : 2.40 m s.l.m.

Data : 11.10.1990

Quota relativa : m



Committente: IMMOBILIARE  
PONTE S.r.l.

Località: "Ex Hotel Granduca" –  
San Giuliano Terme

Data Indagine: 16/11/2018

Codice lavoro: 181116c

## INDAGINI SISMICHE MASW

## INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 17/11/2018

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167



## Sommario

PREMESSA .....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR .....	4
GENERALITA' .....	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE .....	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR .....	7
INDAGINI MASW .....	10
GENERALITA' .....	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	11
INDAGINI EFFETTUATE .....	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR .....	12



## PREMESSA

Per incarico della IMMOBILIARE PONTE S.r.l., sono state eseguite indagini geofisiche presso l' "ex Hotel Granduca", nel Comune di San Giuliano Terme.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

## INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

### GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

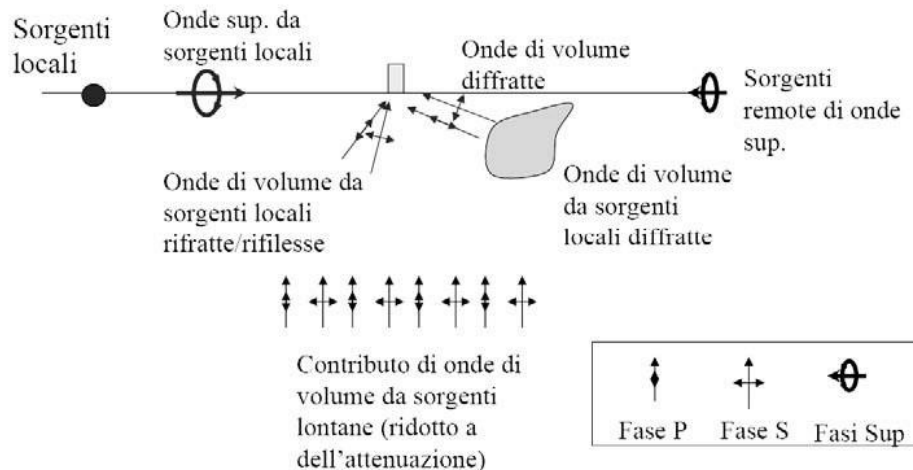
Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



**Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore**

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

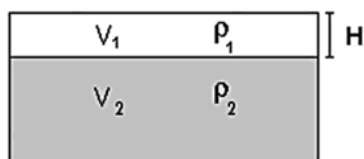
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva  $H/V$  relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure  $H/V$  risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello  $V_s$  specie in profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

## ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di  $f_0$  – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

## **HVSR 1**

Dataset: MT_20181116_155151.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

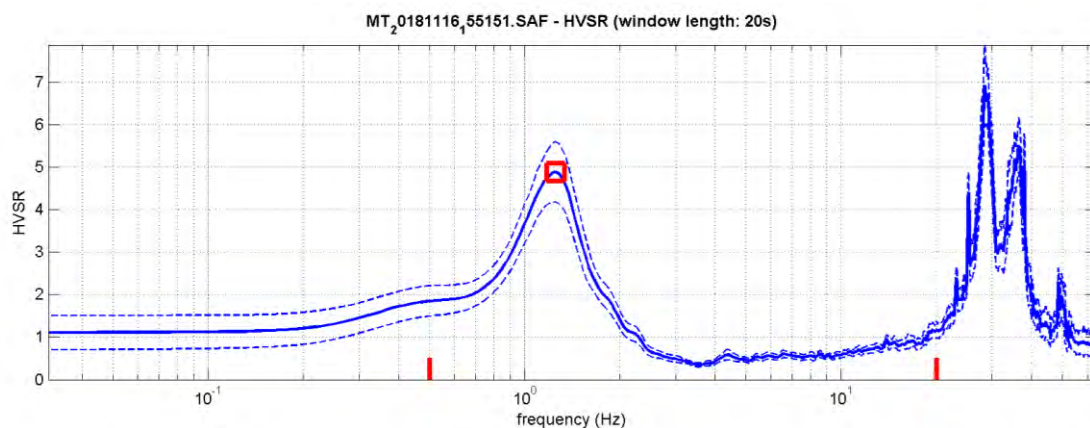
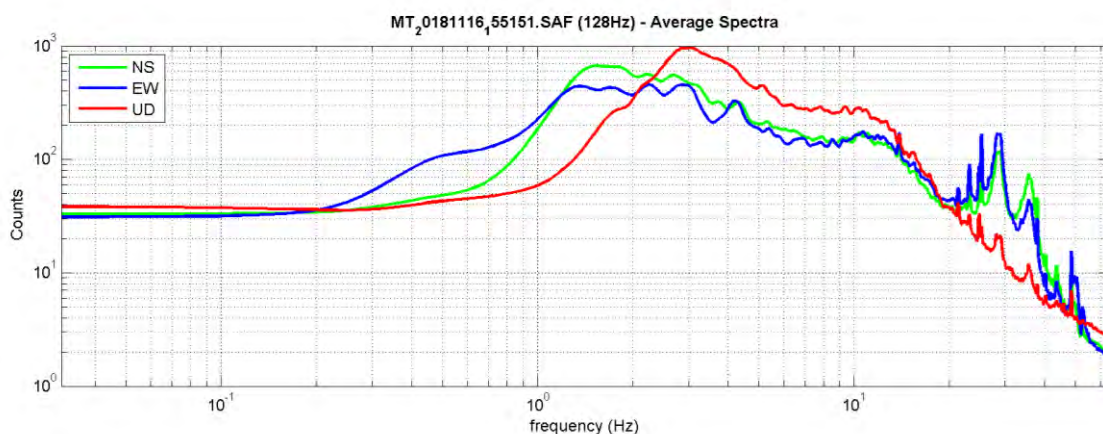
Window length (sec): 20

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 0

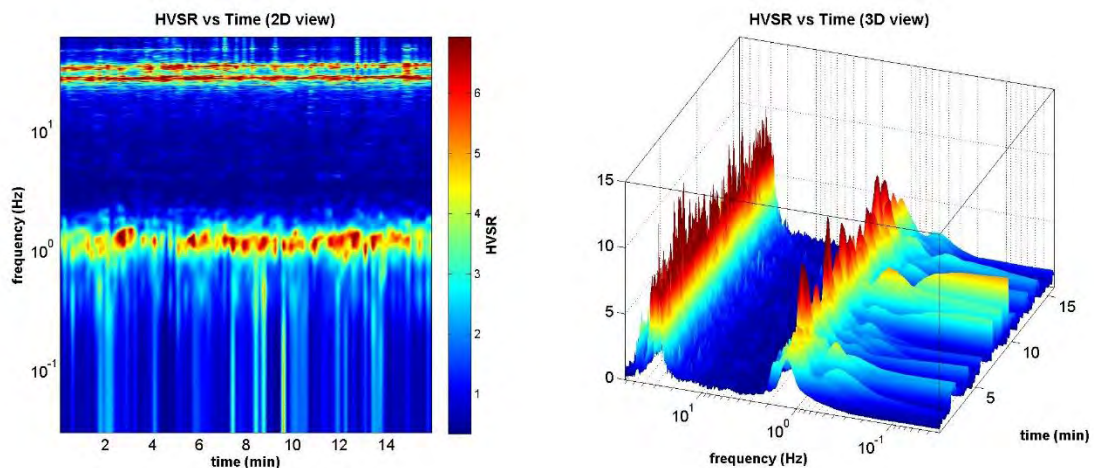
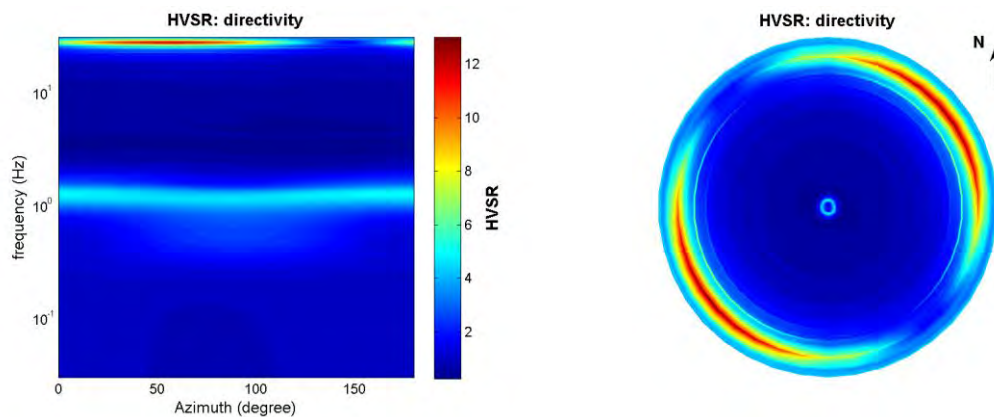
Smoothing (%): 5

### **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMiESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/s, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve



**PERSISTENZA H/V****DIREZIONALITA' H/V**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.3

Peak HVSr value: 4.9

**=== Criteria for a reliable H/V curve ===**

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]$ :  $1.251 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[n_c > 200]$ :  $2401 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===**

- #1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$ : yes, at frequency 0.5Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 1.7Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $4.9 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$ :  $0.127 > 0.125$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.712 < 1.78$  (OK)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.*



## INDAGINI MASW

### GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

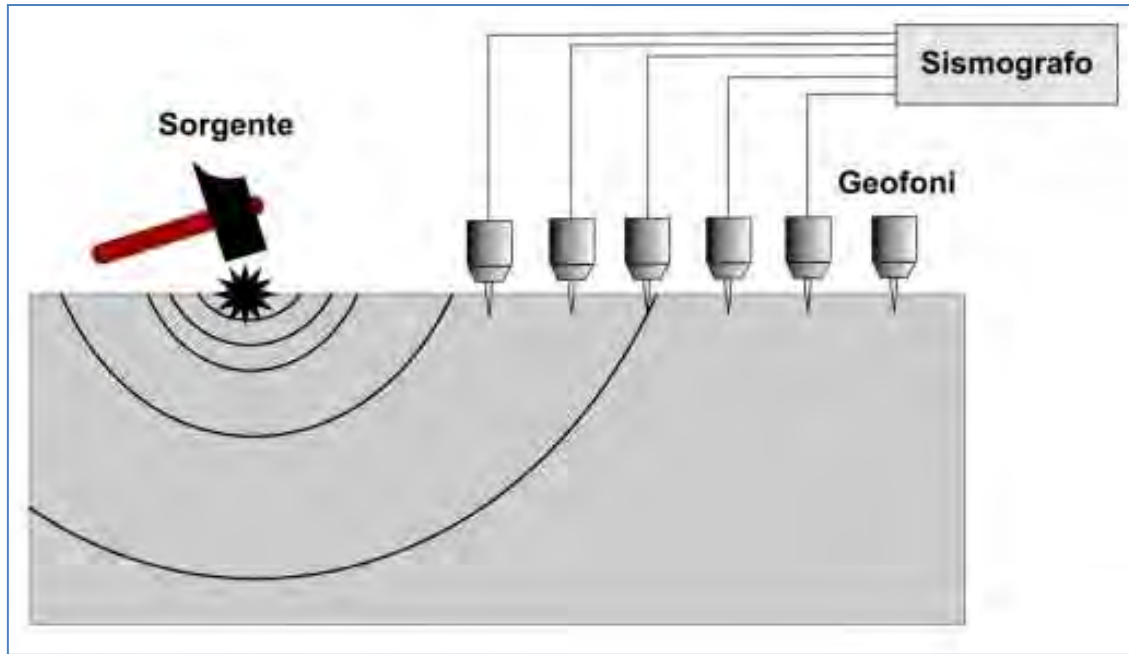


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

## INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 10m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 4: Stendimento sismico MASW1

## ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEG Y)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 15.



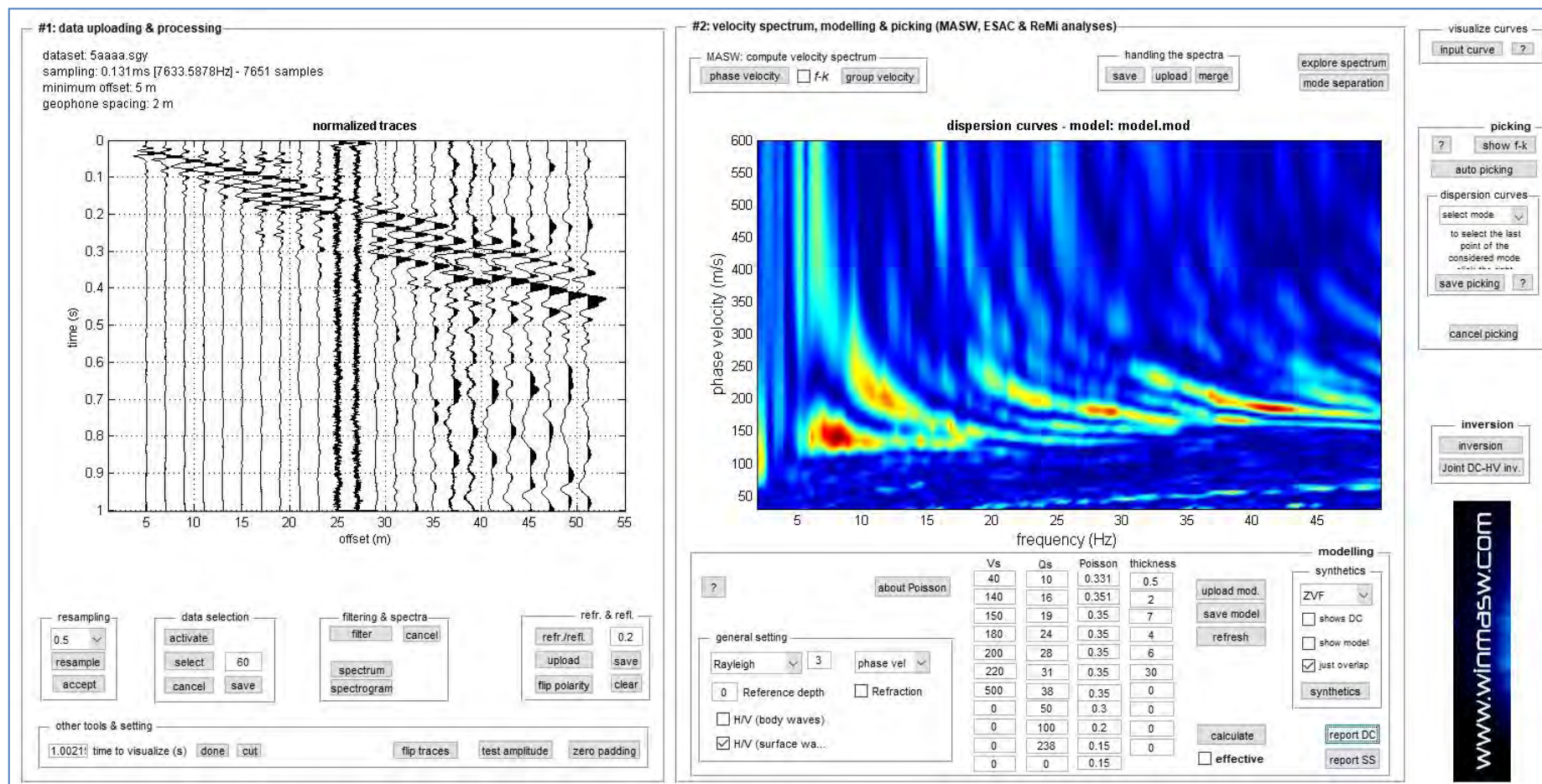


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

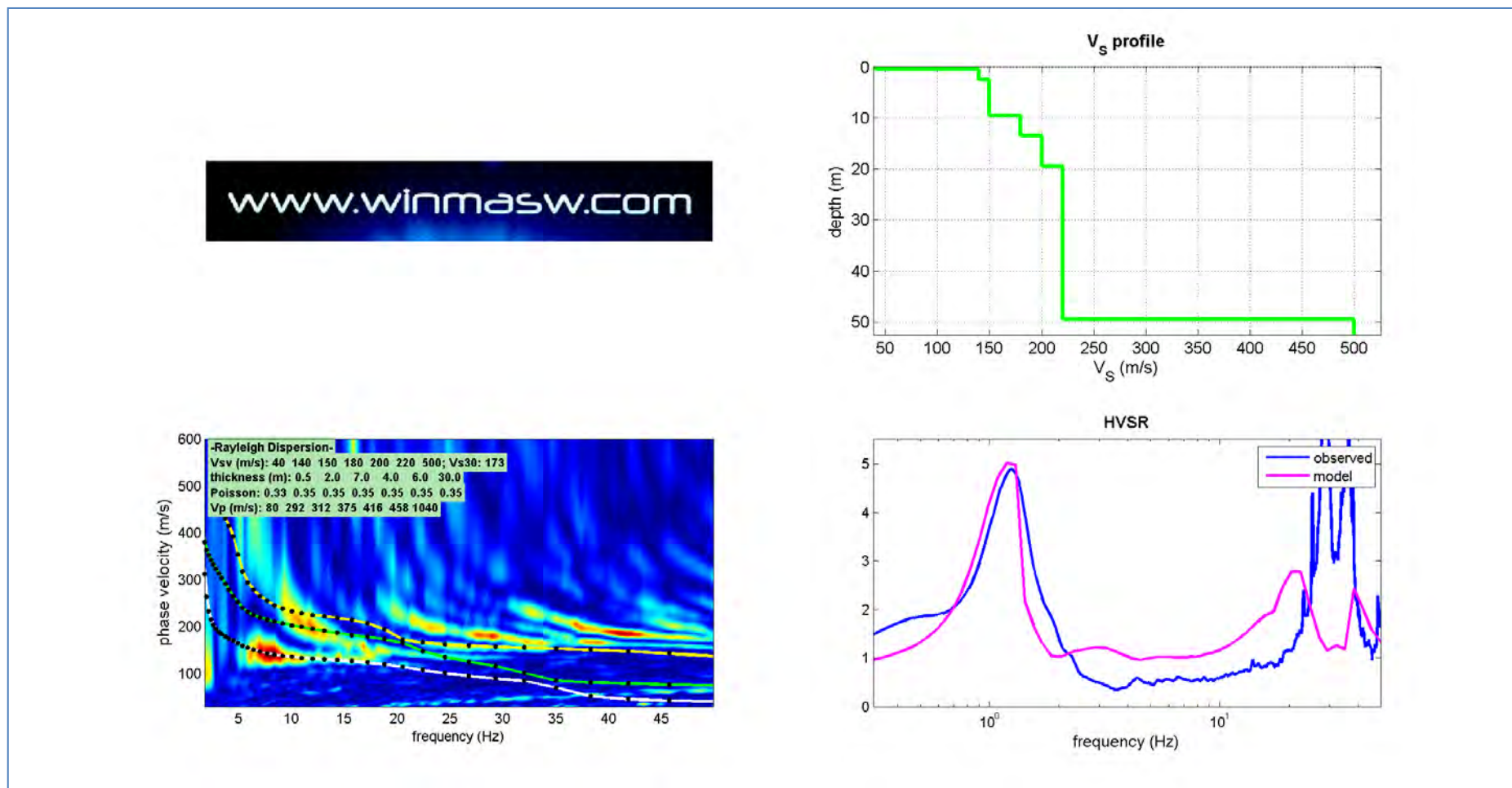


Figura 5: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**Mean model**

*Vs (m/s): 40, 140, 150, 180, 200, 220, 500*

*Thickness (m): 0.5, 2.0, 7.0, 4.0, 6.0, 30.0*

*Density (gr/cm3) (approximate values): 1.45 1.76 1.77 1.82 1.84 1.86 2.06*

*Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 2 34 40 59 74 90 516*

*Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0*

*Analyzing Phase velocities*

*Analysis: Rayleigh Waves*

*Approximate values for Vp and Poisson*

*Vp (m/s): 80 292 312 375 416 458 1040*

*Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35*

*Vs30 (m/s): 173*

*****

San Giuliano Terme (PI),

17 novembre 2018

**GAIA Servizi S.n.c.**

**Dott. Jacopo Martini**

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 San Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167