




COMUNE di TERRE DEL RENO



PROGRAMMA "SICURO, VERDE E SOCIALE.
RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA"
P.C. P.N.R.R.

Via Giovanni Verga n. 2 - COMUNE di TERRE DEL RENO

ID: FE_24

Titolare della progettazione  ACER FERRARA C.so V.Veneto, 7 - 44121 Ferrara Servizio Tecnico Dirigente: arch. M.Cenacchi <small>Azienda con sistema qualità certificato in conformità alla normativa ISO 9001:2015</small>	Responsabile unico del procedimento ACER FERRARA Servizio tecnico: arch. M. Cenacchi Coordinamento generale programma ACER FERRARA Servizio tecnico: ing. G. Adesso Progetto architettonico Ing. Davide Grablovitz Progetto strutture Ing. Davide Grablovitz Progetto impianti elettrici Ing. Davide Grablovitz Relazione legge 10 Ing. Davide Grablovitz Collaboratori Ing. Linda Cremon, Arch. Pietro Pigozzi, Ing. Giovanni Bono, Ing. Fabrizio Manenti
--	--

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

<div>titolo elaborato</div> <div>RELAZIONE GEOLOGICA</div>			<div>cod. commessa</div> <div>2105</div> <div>scala</div> <div>-</div>			<div>codice elaborato</div> <div>ST-P-D04-0</div>		
REV 0	Emissione		Marzo		2022			

LABORATORIO GOTECNICO Dr. ANTONIO MUCCHI

mucchilab@tin.it - www.mucchilab.it

Autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti

Per prove di laboratorio sui terreni – ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/01

Via Alberto Ascari, 8 – 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

Tel. 0532/ 815681



LABORATORIO PROVE MATERIALI

Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti

www.mucchilab.it - Tel. 0532.815681 Gualdo (FE)

COMMITTENTE: ACER Ferrara

CANTIERE: Via Giovanni Verga,2 – San Carlo (FE)

PROGETTO: Intervento di adeguamento sismico su fabbricato uso civile abitazione

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

Dott. Geol. Antonio Mucchi	
	Ferrara, 10/03/2022 Prot. 959 / 2022

SOMMARIO

<i>Ferrara, 10/03/2022</i>	<i>1</i>
1 PREMESSA	2
2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'ESAME	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
2.2 MODELLO GEOLOGICO DI SAN CARLO	10
2.3 ANDAMENTO DELLA FALDA FREATICA	12
2.4 ANALISI POST SISMICA DEL TERRITORIO	15
2.5 SISMICITA'	19
3 INDAGINE SISMICA	22
3.1 RESTITUZIONE DELLA MISURA SCPTU	22
3.2 RESTITUZIONE DELLA MISURA H/V LOCALMENTE ESEGUITA	25
3.3 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	28
3.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	29
4 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO/GEOTECNICO DEI TERRENI INDAGATI	39
5 PROGETTO DELLA RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO	43
6 SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI GRANULARI SATURI	46
7 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE RSL	50

ALLEGATO A – Rapporti di prove SCPTU e CPTU

ALLEGATO B – report verifica a liquefazione

1 PREMESSA

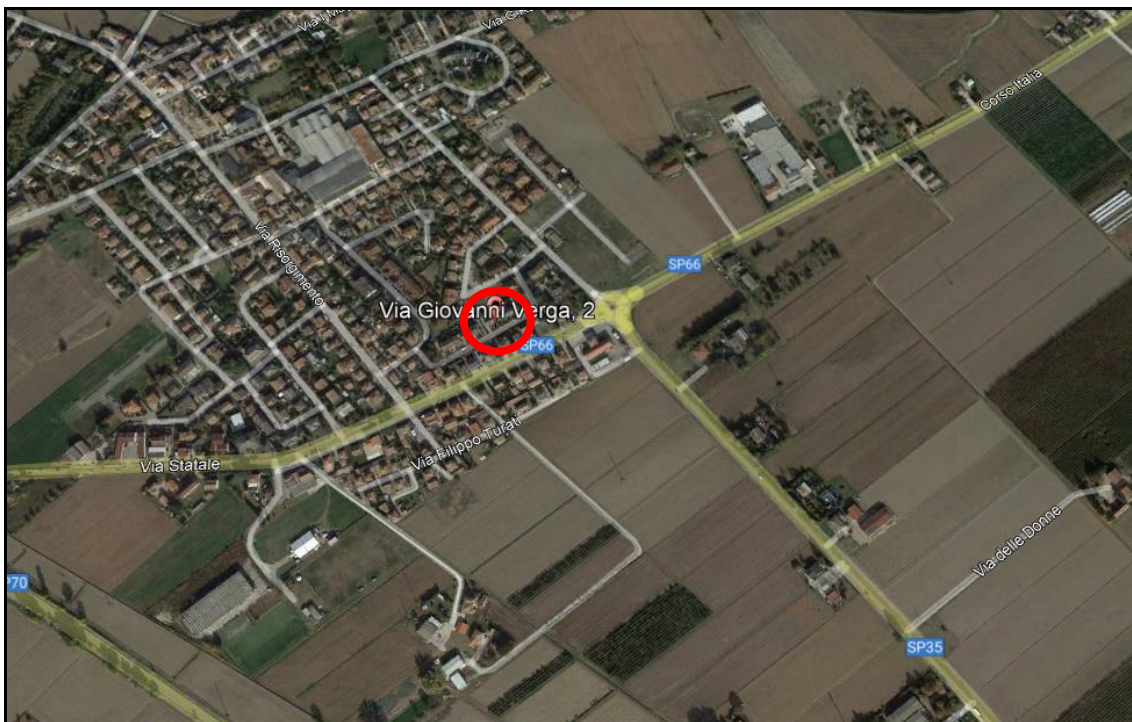
La presente relazione geologica/geotecnica è stata eseguita per definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione interessati da un intervento di adeguamento sismico in un fabbricato ACER uso civile sito in via G. Verga, 2 (San Carlo – FE).

La relazione è stata redatta osservando NTC/2018 (norme tecniche per le costruzioni) e successiva circolare applicativa del 11/02/2019.

A tal proposito lo studio è stato così articolato:

- Ricerca bibliografica
- Esecuzione di n° 2 prove penetrometriche a punta elettrica (denominate rispettivamente prova SCPTU1 e CPTU2) spinte fino alla prof. di mt. 30 dal p.c. con rilievo falda.
- Esecuzione di una prospezione sismica HVSr. al fine di identificare il profilo della velocità delle onde di taglio (VS) nel sito e la frequenza naturale del terreno.
- Elaborazione dati e relazione geologica

Si riportano di seguito l'ubicazione del sito oggetto di indagine e delle prove geognostiche eseguite.



Vista satellitare area interessata dall'intervento



Planimetria area di intervento con ubicazione indagini geognostiche



Posizionamento prova penetrometrica SCPTU 1



Posizionamento prova penetrometrica CPTU 2

2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA D'ESAME

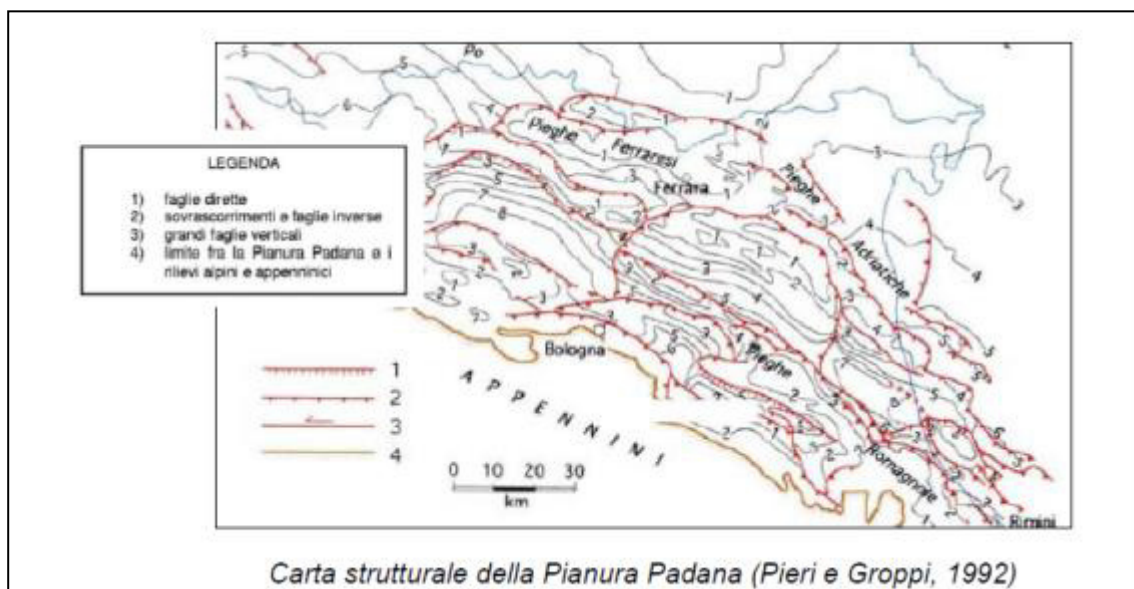
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio della provincia di Ferrara è parte dell'ampio bacino subsidente padano in cui, a partire dal periodo Cenozoico, si sono riversati i sedimenti provenienti dall'erosione della catena alpina e degli Appennini e il cui assetto deve essere visto nel suo complesso di substrato roccioso e coltre alluvionale.

Il substrato roccioso costituisce il margine della struttura nord-appenninica formatasi a partire dalla fine dell'era mesozoica con l'avvicinamento del Margine europeo a quello Insubro-appenninico e il formarsi delle prime catene montuose nel Cretaceo-Eocene consistente nella formazione di coltri dovute alla subduzione della crosta continentale con il suo successivo riaffioramento in superficie a causa della minore densità rispetto alla crosta oceanica e al mantello stesso.

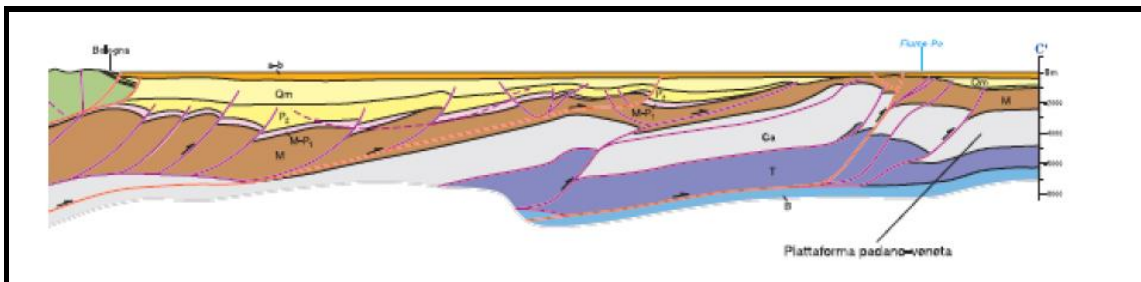
Nell'Oligo-Miocene, con la completa consunzione della crosta oceanica, la deformazione interessa la crosta continentale. In questa fase si ha un trasporto del margine interno, tirrenico, verso quello esterno, adriatico, fino all'apertura, nel tardo Miocene, del Bacino Tirrenico.

Il Sistema Nord-appenninico è contraddistinto, e si riconoscono ancora ora (Boccaletti et al., 1984), da una serie di strutture omogenee longitudinali: il margine interno tirrenico, il margine esterno adriatico, una parte sepolta sotto la coltre alluvionale padana, l'omoclinale pede-alpina.



Queste strutture longitudinali hanno subito dislocazioni individuate in lineamenti trasversali.

Le strutture che interessano la provincia ferrarese appartengono alla catena esterna nella sua parte sepolta. Essa presenta sovrascorrimenti pedemontini attivi dal tardo Miocene fino ad ora, che si presentano come una tipica struttura da ambiente compressivo, a ventaglio embriciato, il cui scollamento principale si trova alla base delle successioni mesozoiche.

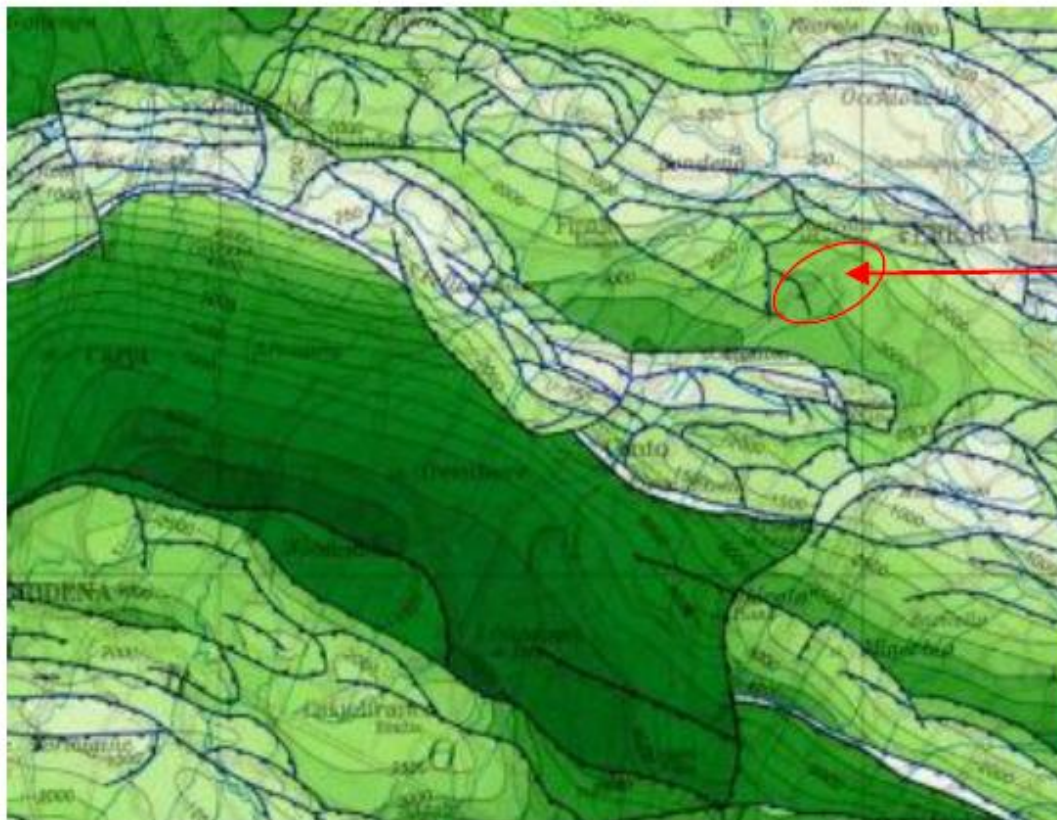


I cunei sin sedimentari ricoprono e fissano le strutture tettoniche permettendone la datazione. Risulta che le fasi tettoniche più accentuate si sono verificate tra il Messiniano e il Pliocene inferiore (5 ml di anni fa) e alla fine del Pliocene (2 ml di anni fa), mentre il Quaternario mostra ondulazione accentuata fino al Pleistocene medio superiore, non escludendo una attività olocenica (Castellarin et al.,1985).

La sedimentazione avvenuta contemporaneamente agli avvenimenti tettonici, è stata di ambiente marino nel Pleistocene medio e inferiore a causa della continua subsidenza seguita dal ritiro del mare a più riprese.

In seguito, per la regressione wurmiana dell'ultima era glaciale, si ha la conseguente sedimentazione continentale e quindi la trasgressione olocenica che interesserà la parte orientale della struttura, in subsidenza rispetto all'alto strutturale della dorsale.

Ne consegue pertanto un assetto tettonico prepliocenico molto vario, con profondità del substrato dai 2700 metri del sinclinorio di Ferrara sud, ai 202 metri del Pozzo Casaglia 1 della Dorsale Ferrarese.



Bigi e al. 1992 Modello strutturale

Sant'Agostino, dai 2000 ai 3000 m di sedimi post-oligopliocenici

Da livellazioni della rete altimetrica nazionale, è stato riscontrato un movimento di subsidenza generale e differenziale per cui l'alto di Casaglia si sarebbe ulteriormente sollevato rispetto alle fasce circostanti, in accordo con recenti studi neotettonici e dati sismici che indicano la presenza di una faglia trascorrente attiva a direzione NE – SW.

Una maggiore testimonianza dell'attività Quaternaria (Olocenica), è data senza dubbio dallo spostamento dell'alveo principale del Po verificatosi nel XII secolo d.C. con la rotta di Ficarolo. Prima di tale spostamento l'alveo attraversava la zona della dorsale tra Ficarolo e Ospitale di Bondeno (Burrato et al., 2003).

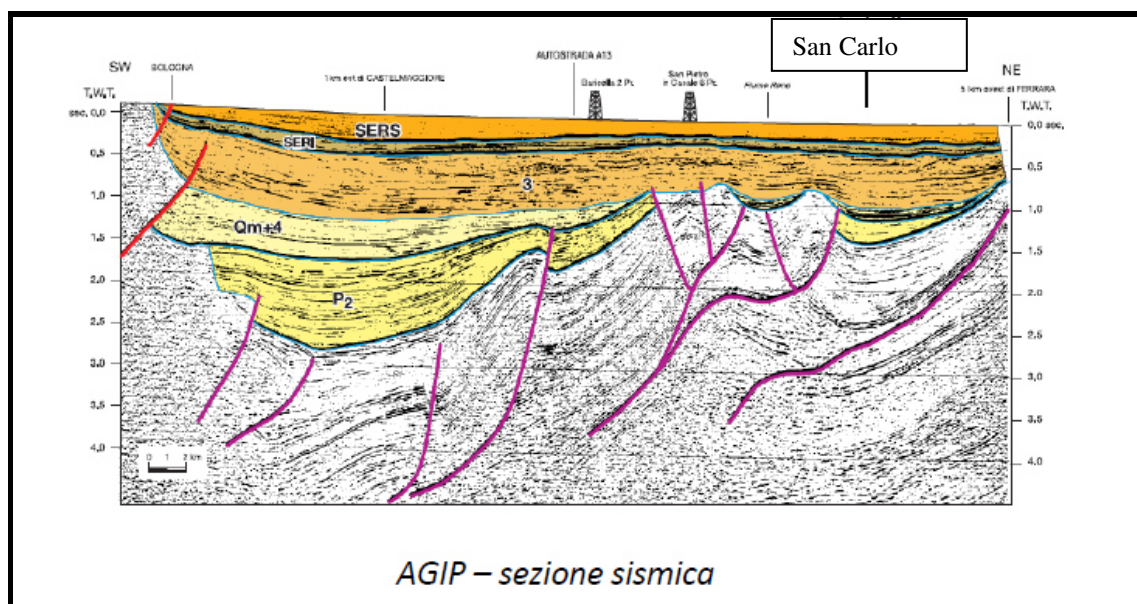
Inoltre, dai confronti dei dati sulla neotettonica (Bondesan e Castellani) e da recenti studi sismici (Agip, carta dei riflettori), si deduce la presenza di una faglia trascorrente, a direzione NE-SW, probabilmente ancora attiva.

Infine, dall'analisi delle linee sismiche che attraversano la zona (Agip), gli accavallamenti più vecchi sono a Sud, mentre quelli più recenti sono a Nord del

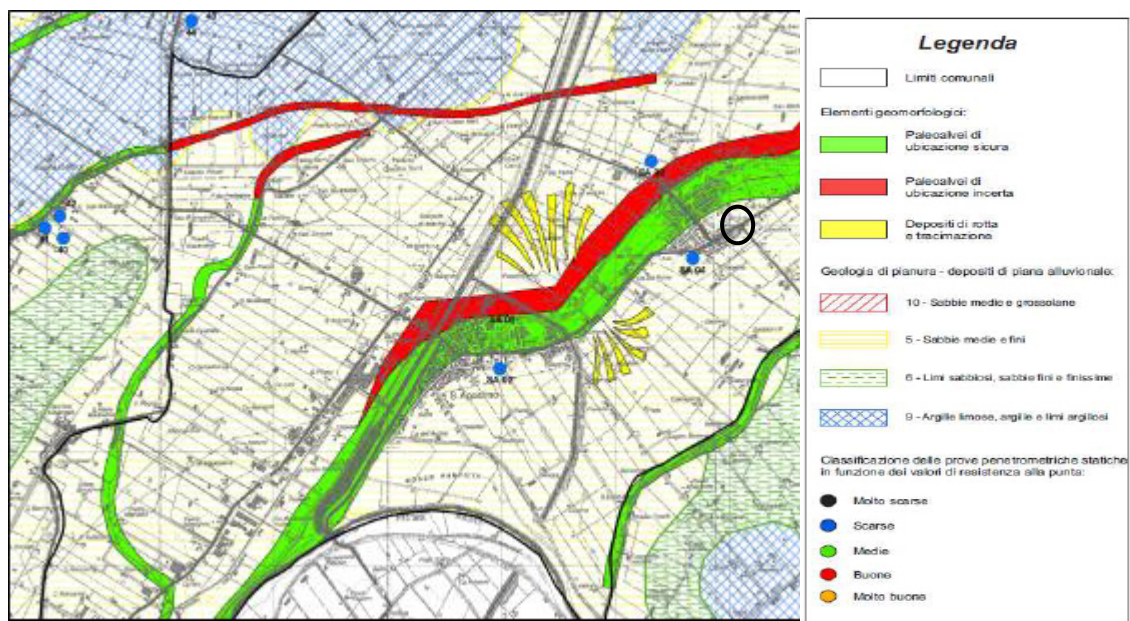
cuneo di accrezione, quindi una eventuale attività Quaternaria sarebbe logico aspettarsela proprio nella zona della dorsale.

Per quanto riguarda i rigetti, il piano principale di sovrascorrimento fa registrare un rigetto di almeno 2800 m, in quanto si ritrova il Cretaceo sotto la Dolomia Principale (Trias); per quanto riguarda il Quaternario si trovano rigetti sensibilmente minori, ma comunque molto marcati: basti pensare che nel pozzo Casaglia 1 si hanno 200 m di potenza della coltre alluvionale, mentre nel Ferrara 1 si ha una potenza di 900 m.

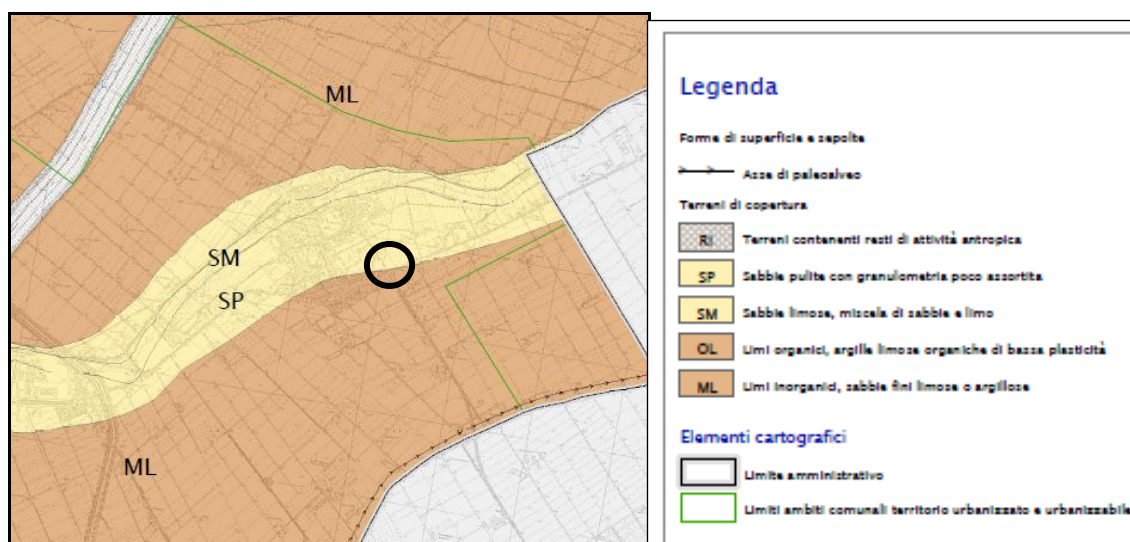
L'alto strutturale di Casaglia, limitato da due faglie inverse, si inquadra in un ambiente tettonico di tipo compressivo, con piani di scollamento sempre più ripidi da nord a sud, situazione che conferma la successione temporale degli avvenimenti da sud a nord e quindi non esclude la possibilità di una eventuale attività quaternaria proprio nella zona nord del cuneo di accrezione.



Il sito oggetto di indagine è localizzato ai margini di una struttura geomorfologica importante (paleo alveo secondario di Reno) che sembrerebbe intersecare l'area di studio come evidenziato nella carta geologica tecnica tratta dallo studio MZS in cui si evidenzia terreni superficiali sabbiosi.



Stralcio Carta Geomorfologica PSC



Carta geologica – tecnica (tratta studio MZS Comune Sant'Agostino)

2.2 MODELLO GEOLOGICO DI SAN CARLO

Grazie ai risultati delle indagini disponibili Il Servizio Geologico Regione Emilia Romagna ha definito il modello geologico fino alla profondità di interesse per il fenomeno della liquefazione (15-20 m).

La Figura sotto riportata mostra una sezione orientata circa NW-SE, tracciata attraverso la zona ovest di S. Carlo e ritenuta significativa per l'area più interessata dai fenomeni di liquefazione. Tale sezione è stata realizzata utilizzando i dati litostratigrafici ottenuti dai sondaggi e dalle prove penetrometriche, correlati grazie anche ai profili derivati dalle prove geofisiche lineari.

A partire dalla superficie è presente una zona rilevata, corrispondente ai paleoargini e al paleoalveo, costituita prevalentemente da sabbia fine alternata a limi sabbiosi. Lo spessore di questa unità raggiunge i 4 m in corrispondenza della sommità dell'argine; la base è alla quota di circa 14 m slm.

Segue un orizzonte continuo di limi sabbiosi alternati a sabbie limose. La base di questo orizzonte è alla quota di circa 7 m slm; lo spessore varia da circa 4 a circa 6 m.

In questa unità limoso-sabbiosa si intercala localmente un corpo lenticolare costituito da sabbie fini e medie, corrispondente ad un riempimento di paleoalveo. Tale inclusione ha uno spessore di circa 4 m e si trova a profondità variabili da circa 3 nelle zone altimetricamente più basse (di piana) e a circa 7 m nelle zone dei paleoargini. La base di tale unità è ad una quota di circa 6 m slm.

Al di sotto delle alternanze di limi e sabbie è presente un orizzonte continuo di argille e limi, con abbondante frazione organica, di spessore circa costante compreso tra 9 e 10 m. Il tetto di questo orizzonte fine è ad una profondità di circa 6 nella zona di piana e di circa 11-12 m sotto i paleo argini. La base corrispondente al passaggio Olocene-Pleistocene, si trova ad una quota di circa -2 m slm, cui corrisponde una profondità di circa 15 m nella zona di piana e di quasi 19 m sotto i paleo argini.

Segue un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose con intercalazione di un orizzonte di sabbia media e fine, di spessore fino a circa 4 m, ad una profondità dell'ordine dei 20 m sotto i paleo argini e circa 16-17 m nella zona della piana.

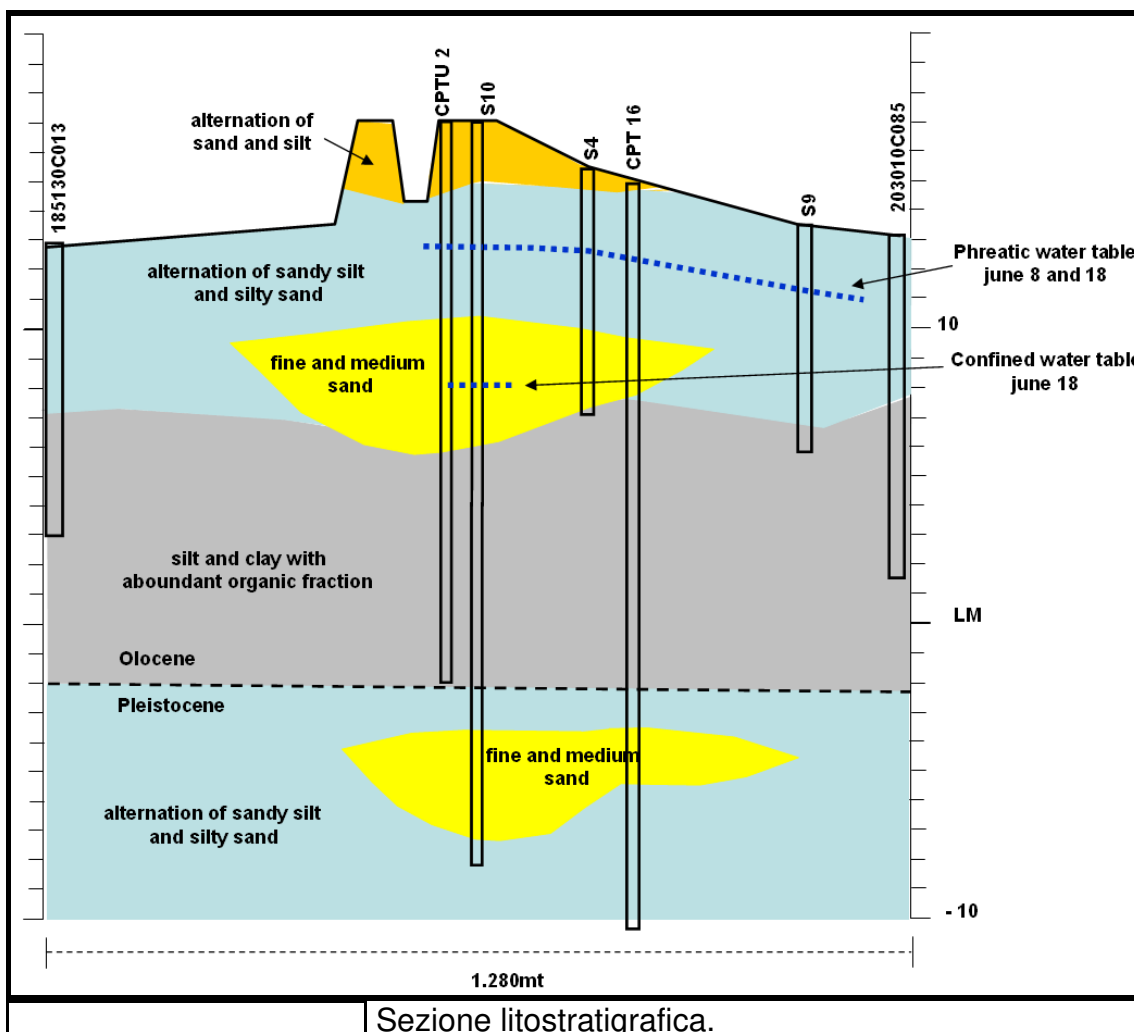
Il tetto della falda freatica, alla data dell'8 giugno, era ad una quota di circa 11-12 m slm, ovvero ad una profondità di 1-2 m nella zona della piana e di circa 4-5 m nella zona dei paleo argini.

Per osservare direttamente la stratigrafia e le condizioni post-evento dei primi metri di sottosuolo sono state aperte 2 trincee trasversali a fratture con risalite di sabbia. La prima è stata aperta dal Dipartimento della Protezione Civile lungo il lato sud di via Rossini (zona est di S. Carlo), la seconda è stata eseguita da un gruppo di lavoro del Dipartimento Scienze della Terra dell'Università di Ferrara, coordinato dal prof. Riccardo Caputo, sul paleo argine tra il cimitero di S. Agostino e la SP Cispadana (ad ovest di S. Carlo). La prima ha permesso di osservare i primi 3 m di sottosuolo, mentre la seconda ha permesso osservazioni fino alla profondità di quasi 6 m.

Grazie a tali scavi è stato possibile osservare direttamente che:

- il paleo argine è costituito da prevalenti limi sabbiosi con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di sabbie fini,
- che le fratture che hanno permesso la risalita delle sabbie sono subverticali,
- che la sabbia di riempimento di queste fratture, e quindi quella risalita e fuoriuscita lungo tali fratture, ha una granulometria maggiore (fino a sabbie medie) dei livelli sabbiosi del paleo argine,
- che le fratture continuano al di sotto della base degli scavi.

L'insieme di questi dati indica che l'orizzonte che ha subito liquefazione è a profondità maggiore di 6 m e, con ogni probabilità, è l'orizzonte costituito da sabbie fini e medie, facies di canale, posto a quote comprese tra 6 e 10 slm (tetto a profondità di circa 6-7 m nella zona di paleoargine e a profondità di circa 4 m nella zona di piana).

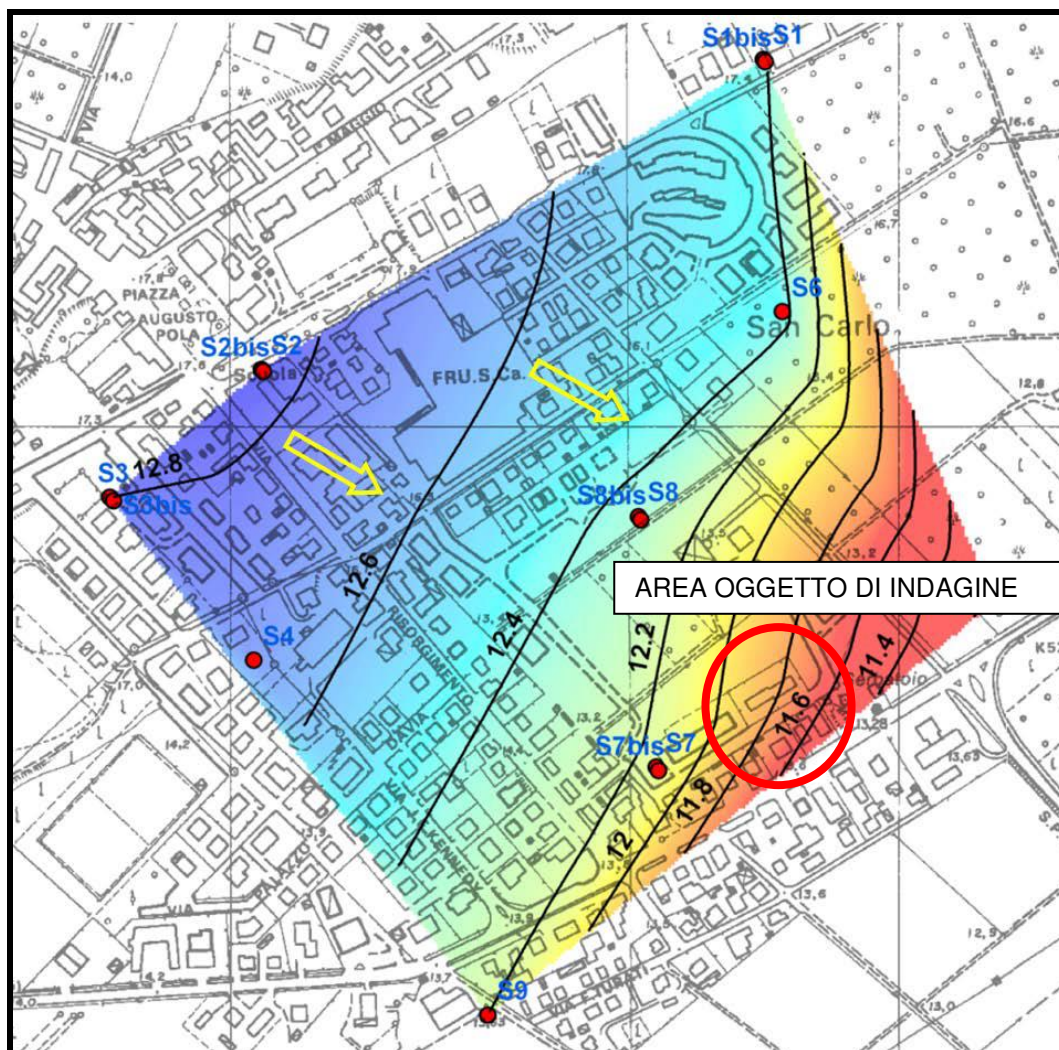


2.3 ANDAMENTO DELLA FALDA FREATICA

L'acquifero freatico nella zona di san Carlo è costituito da tutti i sedimenti sabbiosi e limoso sabbiosi, di spessore variabile tra 7 e 12 metri circa, che poggiano al di sopra delle argille e limi ricchi in sostanza organica evidenziati nella sezione litostratigrafica precedentemente descritta.

L'andamento della falda freatica è stato ricostruito a seguito di due letture di livello piezometrico effettuate in data 8 giugno e 18 giugno nei piezometri di nuova installazione. Per riferire tra loro in modo geometricamente corretto le diverse misure, si è provveduto ad effettuare una quotatura di precisione di ciascun piezometro. La figura di seguito riportata mostra la ricostruzione del livello della falda freatica in data 8 giugno 2012, riferita al livello del mare. Si precisa che tale andamento è valido anche per il 18 giugno, data in cui il livello di falda è risultato di poco inferiore rispetto alle misure dell'8 giugno. Le fasce di colore e le linee in nero indicano le aree in cui la falda ha la stessa quota; le

freccie gialle indicano la direzione di moto della falda, il quale è risultato diretto dalla zona topograficamente più rilevata verso l'area più depressa.



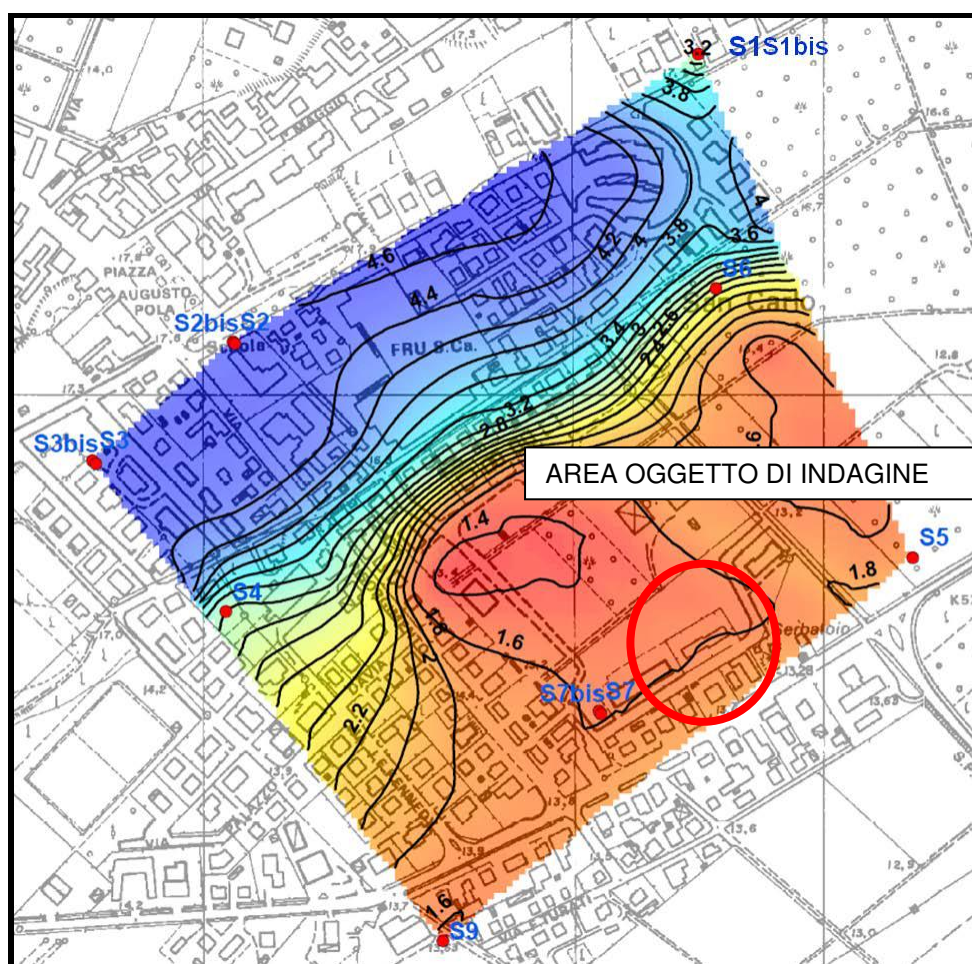
Andamento della falda freatica riferito al livello del mare l'8 giugno 2012

La figura seguente è rappresentata invece la profondità rispetto al piano campagna locale della falda freatica, misurata in data 8 giugno 2012. Come si vede la profondità della falda è maggiore (fino a 4.6 metri) nella zona dei paleo argini, e diminuisce verso sud est (fino a 1.4 metri), come precedentemente evidenziato.

Le due figure indicano anche i punti in cui sono installati i piezometri per la misura della quota di falda (S1, S2, etc.); si noti che in alcuni casi sono presenti dei punti sovrapposti indicati come S1S1bis, S2S2bis; si tratta di piezometri

distanti tra loro solo pochi metri utilizzati per verificare nel dettaglio il livello della falda freatica. Le indagini in corso di realizzazione permetteranno di posizionare altri piezometri nella zona ovest di San Carlo al fine di definire in modo completo l'andamento della falda in tutta la frazione.

Si sottolinea infine che il livello della falda freatica è di circa 4.5 metri più alto rispetto a quello della falda confinata presente nelle sabbie fini e medie presenti a 20 metri di profondità circa dal piano campagna, intercettate dal sondaggio S10 e dalla CPTU 16 (vedi figura).



Profondità della falda freatica rispetto al piano campagna locale, in data 8 giugno 2012.

2.4 ANALISI POST SISMICA DEL TERRITORIO

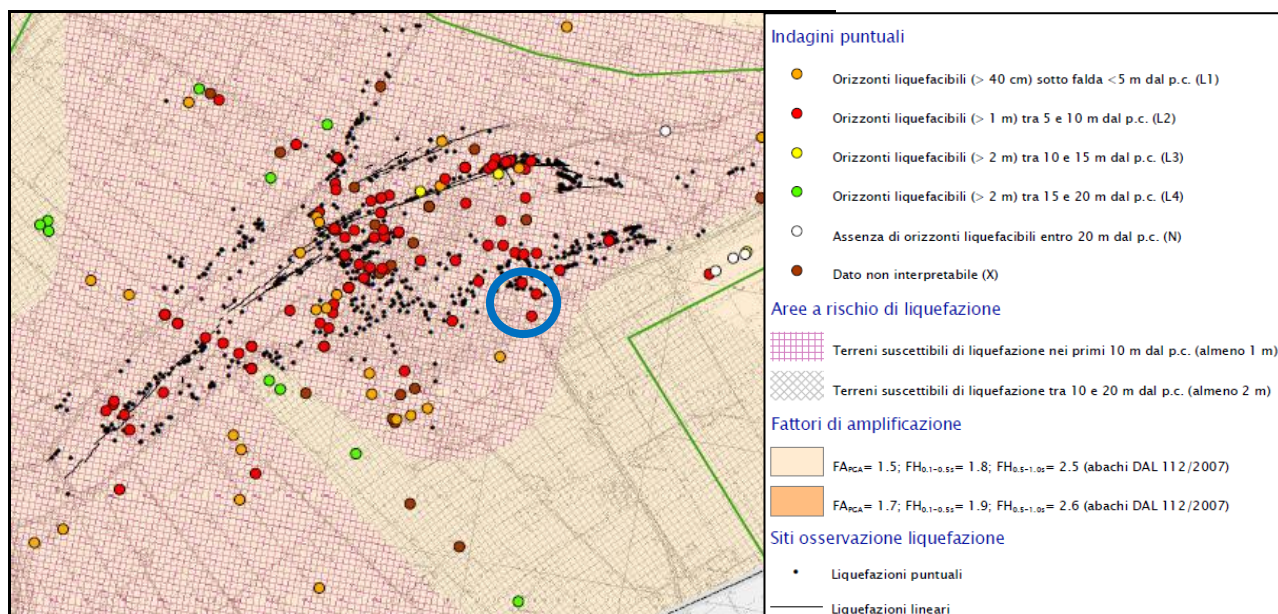
A seguito delle scosse sismiche del 20 e 29 maggio 2012 in una fascia di territorio dei Comuni di Sant'Agostino, Mirabello e Vigarano corrispondente all'ambito del sistema paleo fluviale del fiume Reno si sono riscontrati particolari effetti di sito.

Lungo tutto l'argine del paleo alveo del Reno, da Vigarano a Sant'Agostino, interessando marginalmente anche il territorio di Dosso, si sono aperte fratture che, anche se non collegabili direttamente a discontinuità strutturali profonde, sono dovute verosimilmente a effetti legati alle sollecitazioni di trazione che si accompagnano alla propagazione delle onde sismiche.

Dalla bibliografia specializzata si legge che osservazioni sperimentali hanno evidenziato che le fratture nel sottosuolo si ripropongono negli stessi posti dove si sono verificate in concomitanza di terremoti passati. Questo può essere accaduto anche per il territorio interessato, riaprendo fratture già evidenziate in passati eventi sismici. La sommità del paleo alveo del Reno è interessata da un sistema di fratture longitudinali poste al limite fra l'alveo e l'argine interno.

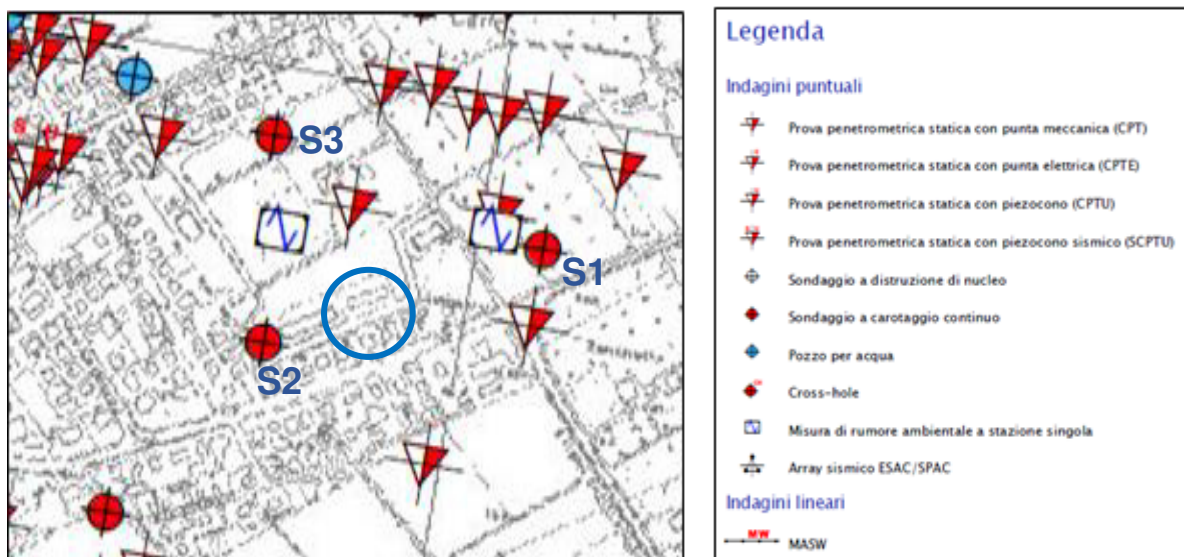
Altro evento accaduto è quello della liquefazione, fenomeno geotecnico per il quale terreni granulari in falda per le sovrappressioni indotte dall'evento sismico assumono un comportamento fluido. Si sono rilevate ampie zone di sabbie liquefatte, sopra tutto nell'abitato di Sant'Agostino e San Carlo, visibili anche in campagna, a seguito della liquefazione dei sedimenti del banco superficiale in presenza di falda, e liquefazione di livelli sabbiosi intercalati nelle argille più o meno limose del banco sottostante, sede di piccole falde in pressione, localmente fuoriuscite attraverso le fessure sopracitate. La liquefazione dei sedimenti sabbiosi di alveo si è manifestata diffusamente nell'abitato di San Carlo come si evince dalla carta di microzonazione sismica.

Altro fenomeno dovuto al sisma e alla presenza di una falda superficiale captata da pozzi, è stato quello del sifonamento attraverso questi pozzi con fuoriuscita abbondante di sabbia grigia e acqua che si è manifestata anche nell'area oggetto di indagine come testimoniato anche dai residenti.



Omogenee in prospettiva Sismica (Tav.5)-Regione Emilia Romagna

Anche dalla carta delle indagini puntuali si osserva che l'area oggetto di studio è circondata da 3 sondaggi geognostici (giugno 2012) che evidenziano la presenza di sabbia nei terreni superficiali a conferma di quanto rilevato anche con le indagini CPTU (vedi stratigrafie in allegato)



Carta delle indagini puntuali (Tav.1)- MZS - Regione Emilia Romagna

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm ²]	Vano Test [daN/cm ²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione
1			0.30		Riporto
2			0.91		Argilla limosa di colore nocciola
3			2.00		Alternanza di limo sabbioso e sabbia limosa di colore nocciola
4			2.80		Limo debolmente argilloso e limo di colore nocciola
5			4.00		Limo debolmente sabbioso di colore grigio e limo
6			6.30		Sabbia fine limosa con intervalli decimetrici di sabbia fine. Colore grigio
7			7.00		Limo sabbioso con intervalli di sabbia limosa
8					
9					
10					
11					Argilla limosa - argilla debolmente limosa con abbondante sostanza organica, livelli torbosi decimetrici e centimetrici
12					
13					
14			13.50		

Stratigrafia sondaggio S1 2012

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm ²]	Vano Test [daN/cm ²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione
1			1.00		Limo di colore nocciola
2			1.50		Argilla limosa con intercalazioni centimetriche limose. Colore nocciola con abbondanti ossidi
3			3.30		Argilla limosa di colore nocciola con ossidi e sostanza organica
4			3.70		Argilla limosa con intercalazioni limose. Colore nocciola
5			4.70		Limo sabbioso di colore nocciola passante a sabbia limosa. Colore grigio
6					Sabbia fine debolmente limosa, sabbia fine e sabbia media di colore grigio, con livello di torba a 5.2 m
7					
8			7.40		
9					
10					Argilla limosa di colore grigio con sostanza organica e torba
11					
12					
13			12.70		

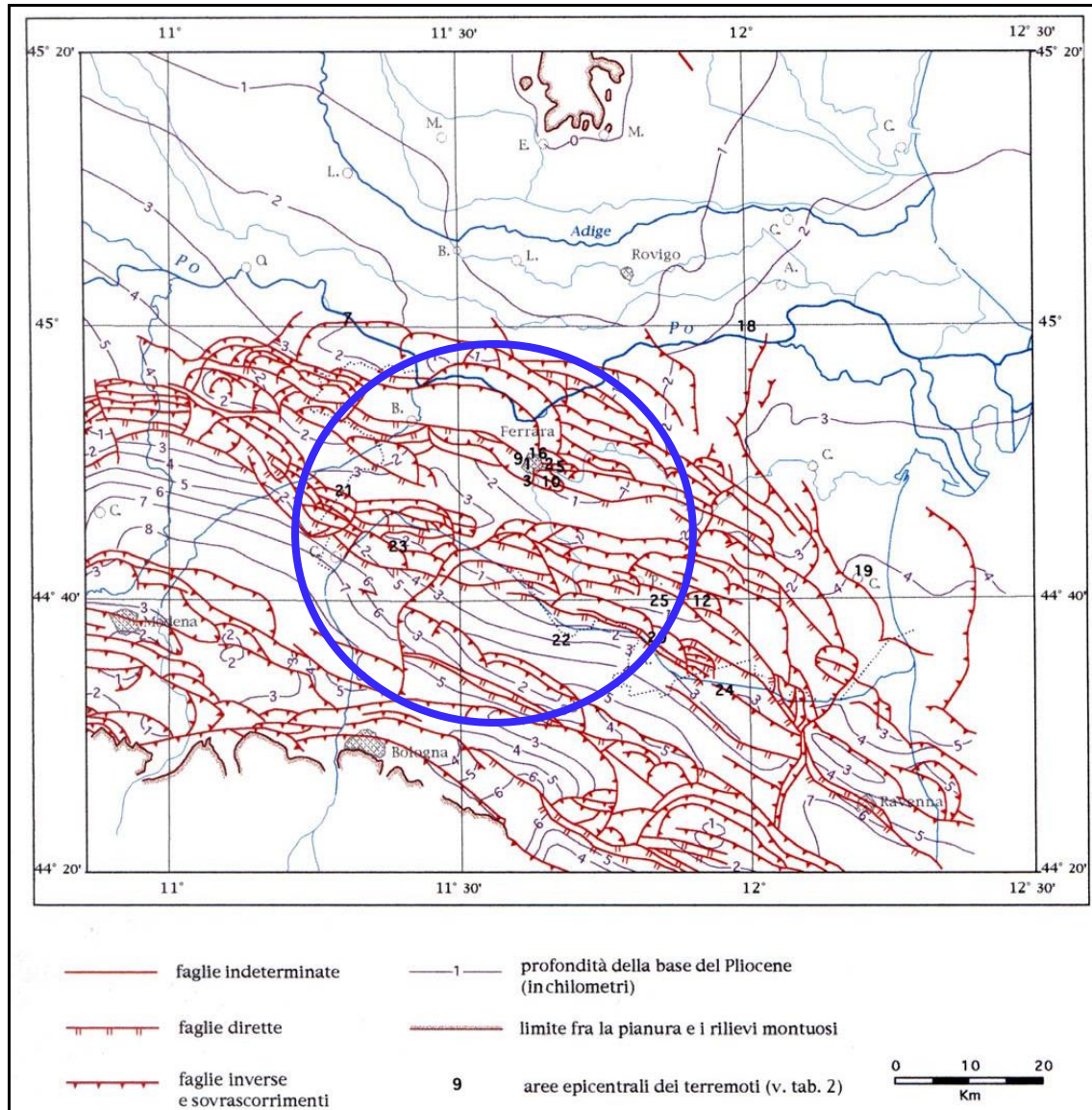
Stratigrafia sondaggio S2 2012



Stratigrafia sondaggio S3 2012

2.5 SISMICITA'

Le strutture appenniniche sepolte sono ancora soggette a movimenti, che spesso si traducono in sismi capaci di superare la soglia del danno (vedi sisma del 20 e 29 Maggio 2012).



Carta strutturale della Pianura Padana orientale, con le pieghe dell'Appennino sepolto (CNR, 1922) e zone epicentrali dei terremoti che hanno colpito il territorio ferrarese.

Si ha inoltre notizia di 15 terremoti verificatisi a Ferrara e nelle aree circostanti nel periodo compreso fra il 1234 e 1787, di cui 9 superiori al sesto grado della scala Percalli; solo il terremoto del 1570 ha raggiunto l'ottavo grado (CNR 1980; Ardizzone et al. 1991; Boschi et al. 1995, 1997; Camassi e Stucchi 1998; Bondesan 2002).

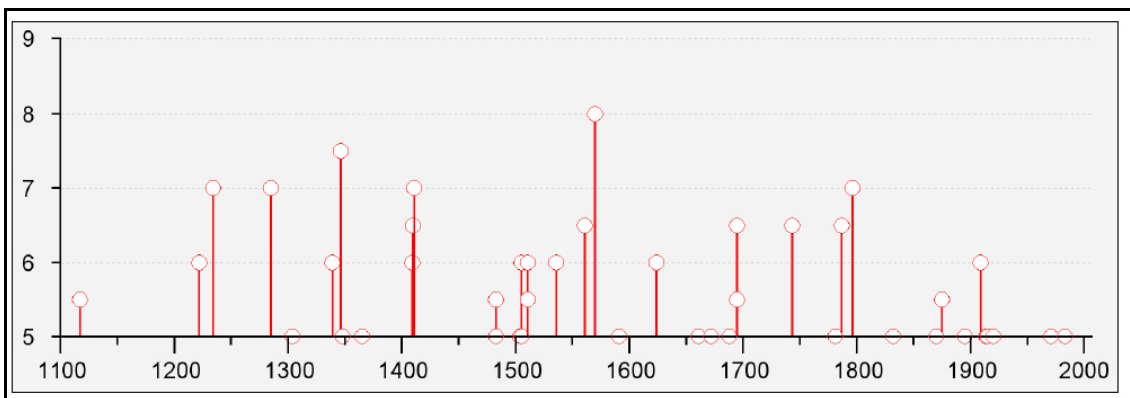


Grafico - Valori di intensità macrosismica $Imcs \geq 5$ attribuiti al Comune di Ferrara, dall'anno 1000 al 2006 e legati essenzialmente ad eventi prodotti dalle strutture tettoniche ferraresi. Tratto dal database DBMI11 (locati et al. 2011).

I dati disponibili mostrano come il terremoto di Ferrara a più elevata intensità sia avvenuto il 17 novembre 1570, con intensità epicentrale pari al VIII grado (MCS) e magnitudo equivalente pari a 5.46.

Questo sisma è riportato anche nel catalogo CFTI4med, nel quale sono inoltre inserite le fonti storiche.

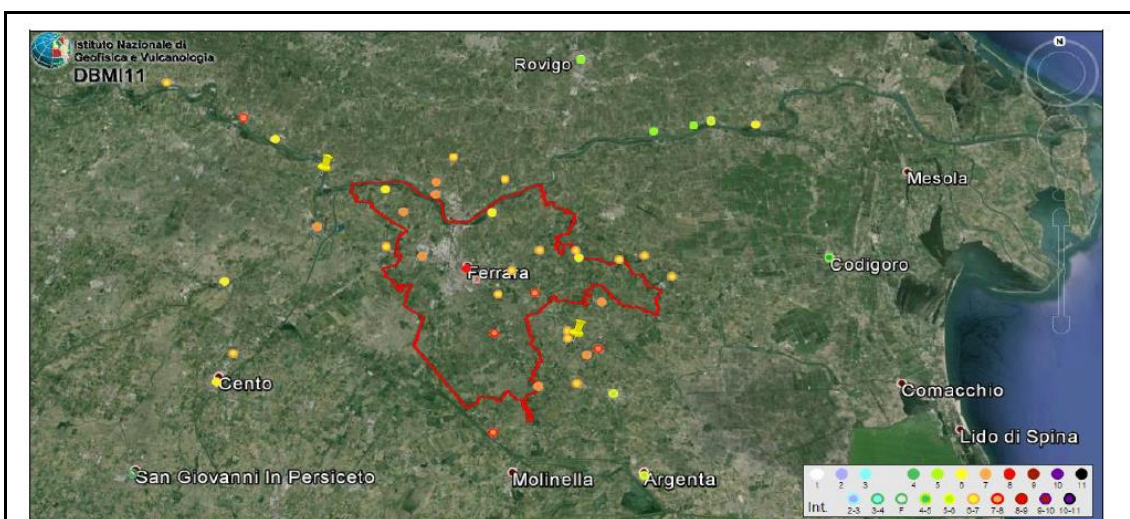
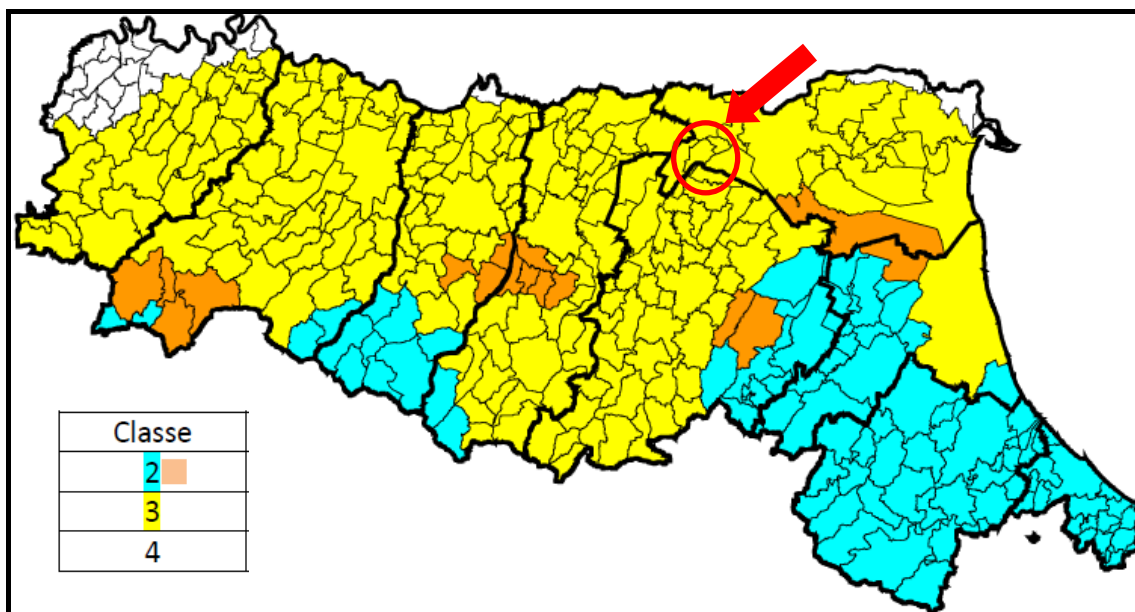


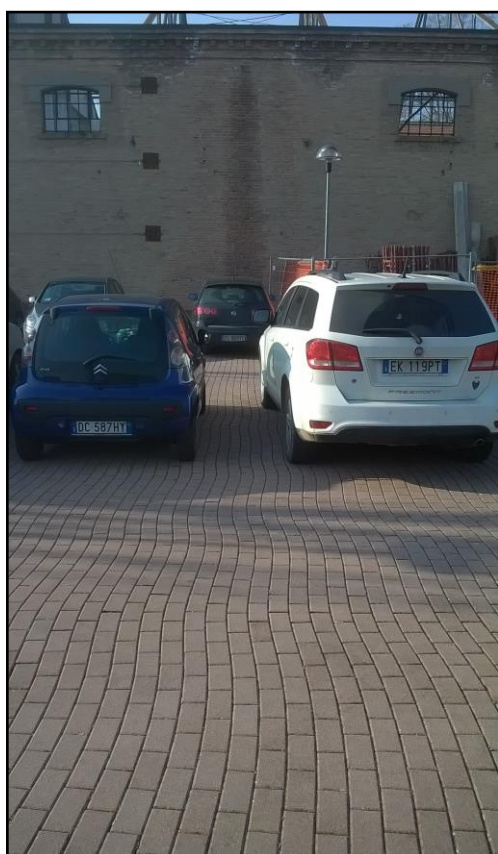
Figura 2-13 - Distribuzione degli effetti del sisma del 17 novembre 1570. Dati DBMI11. In rosso è rappresentata l'area del Comune di Ferrara.

Distribuzione degli effetti del sisma del 17 Novembre 1570. Dati DBMI11. In rosso è rappresentata l'area del Comune di Ferrara

Sulla base di questi eventi, il Servizio Sismico Nazionale, nella nuova mappa della pericolosità sismica messa a punto nel 1998, ha incluso il Comune di Sant'Agostino (ora TERRE DEL RENO) nella Categoria 3 (territori suscettibili di terremoto fino al 7° grado della scala Mercalli).



Mappa riferimenti pericolosità sismica



Esempio di deformazione di una pavimentazione dovuta al passaggio delle onde sismiche (MAGGIO 2012)

3 INDAGINE SISMICA

3.1 *RESTITUZIONE DELLA MISURA SCPTU*

L'indagine sismica è stata realizzata nel corso della prova penetrometrica SCPTU attraverso l'uso del cono sismico collegato.

Lo standard di riferimento per l'esecuzione della prova è l'ASTM D 7400 "Standard Test Methods for Downhole Seismic Testing".

La prova SCPTU (S = Seismic; CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consiste, come per le prove CPTU standard, nell'infissione nel terreno del piezocono per la misura, ogni 2 cm, dei classici parametri qc (resistenza di punta), fs (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

Ad ogni metro di profondità (od eventualmente a profondità prestabilite a seconda delle necessità progettuali) viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, vengono generate delle vibrazioni artificiali nel terreno.

Tramite i sensori sismici (geofoni) presenti all'interno del piezocono ed adeguato acquisitore sismico è possibile quindi rilevare e registrare tali segnali sismici e di conseguenza determinare i tempi necessari alle onde sismiche per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il piezocono (tempi di arrivo).

Grazie alla presenza di tre geofoni o accelerometri disposti all'interno del piezocono lungo le tre direzioni X, Y e Z ed al tipo di sistema di energizzazione utilizzato è possibile discriminare nei sismogrammi i segnali generati dalle onde di taglio S e dalle onde di compressione P.

Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S e P. La prova penetrometrica statica SCPTU consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La punta sismica è una punta penetrometrica elettrica dotata, oltre che dei geofoni succitati, di un trasduttore di pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta. La pressione dell'acqua interstiziale del terreno viene trasmessa al

trasduttore attraverso un filtro, che è posto tra la base dell'estremità conica della punta ed il manicotto di attrito.

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

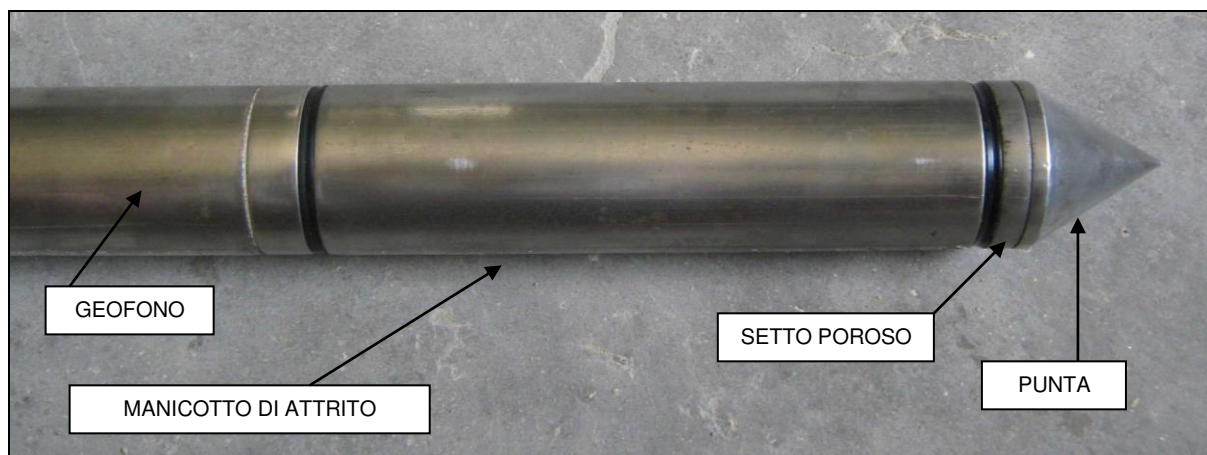


Figura – Punta piezocono

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione che registra le pressioni dell'acqua di falda durante l'infissione della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici ed e successivamente elaborati.

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $f = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $B = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica);}$
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto);}$
- $U \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{pressione dei pori (setto poroso);}$
- $f_s/q_c \text{ (\%)} = \text{rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;}$

- $\Delta U/qc$ = variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati (stratigrafia), in base al rapporto qc/fs fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro, ovvero in base ai valori di qc e del rapporto $FR = (fs/qc) \%$ e dei principali parametri geotecnici riportati successivamente.

Nella tabella di seguito riportata vengono evidenziati i valori di VS30 stimati.

prof. (p)	prof.(cs)	Dist (L)	Tempo (t)	VsP	L2-L1	t2-t1	VsL			Vs30
m	m	m	sec	m/sec	m	sec	m/sec			
0.00	0.00	0.00	0.0000							
1.30	1.00	1.8028	0.0072	252	1.80	0.0072	252	1.00	0.00397	
2.30	2.00	2.5000	0.0123	203	0.70	0.0052	135	1.00	0.00741	
3.30	3.00	3.3541	0.0205	164	0.85	0.0081	105	1.00	0.00952	
4.30	4.00	4.2720	0.0292	146	0.92	0.0088	104	1.00	0.00958	
5.30	5.00	5.2202	0.0362	144	0.95	0.0070	135	1.00	0.00735	
6.30	6.00	6.1847	0.0434	143	0.96	0.0072	135	1.00	0.00741	
7.30	7.00	7.1589	0.0521	137	0.97	0.0088	111	1.00	0.00900	
8.30	8.00	8.1394	0.0599	136	0.98	0.0078	125	1.00	0.00793	
9.30	9.00	9.1241	0.0664	137	0.98	0.0065	152	1.00	0.00658	
10.30	10.00	10.1119	0.0743	136	0.99	0.0079	125	1.00	0.00801	
11.30	11.00	11.1018	0.0811	137	0.99	0.0068	146	1.00	0.00683	
12.30	12.00	12.0934	0.0891	136	0.99	0.0080	143	1.00	0.00811	
13.30	13.00	13.0863	0.0974	134	0.99	0.0083	140	1.00	0.00832	
14.30	14.00	14.0801	0.1043	135	0.99	0.0070	143	1.00	0.00700	
15.30	15.00	15.0748	0.1096	138	0.99	0.0053	188	1.00	0.00531	
16.30	16.00	16.0702	0.1146	140	1.00	0.0050	198	1.00	0.00505	
17.30	17.00	17.0650	0.1198	142	1.00	0.0052	193	1.00	0.00519	
18.30	18.00	18.0624	0.1238	146	1.00	0.0040	249	1.00	0.00401	
19.30	19.00	19.0591	0.1275	149	1.00	0.0037	268	1.00	0.00373	
20.30	20.00	20.0562	0.1315	152	1.00	0.0040	248	1.00	0.00403	
21.30	21.00	21.0535	0.1361	155	1.00	0.0046	219	1.00	0.00457	
22.30	22.00	22.0511	0.1402	157	1.00	0.0041	246	1.00	0.00407	
23.30	23.00	23.0489	0.1441	160	1.00	0.0040	252	1.00	0.00397	
24.30	24.00	24.0468	0.1477	163	1.00	0.0036	280	1.00	0.00357	
25.30	25.00	25.0450	0.1510	166	1.00	0.0033	301	1.00	0.00333	
26.30	26.00	26.0432	0.1545	169	1.00	0.0036	281	1.00	0.00356	
27.30	27.00	27.0416	0.1584	171	1.00	0.0038	259	1.00	0.00382	
28.30	28.00	28.0401	0.1628	172	1.00	0.0042	225	1.00	0.00425	
29.30	29.00	29.0388	0.1668	174	1.00	0.0040	252	1.00	0.00398	
30.30	30.00	30.0375	0.1707	176	1.00	0.0039	258	1.00	0.00388	
									30.00	0.17355
										172.9

prof.(cs): profondità cono sismico
 prof.(p): profondità piezocono
 D1: distanza fra la sorgente del rumore S - geofono triassiale (L)
 Tempo (t): tempo d'arrivo dell'onda a S
 VsP: velocità del suono nel percorso fra S ed L - Vs puntuale alla profondità
 VsL: Vs per ogni livello (L2 - L1)/(t2 - t1)
 Nel calcolo delle Vs30 è da intendersi un possibile valore di indeterminazione del +/- 20% del valore ricavato

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Figura 1 – Schema di down hole con metodo diretto

3.2 RESTITUZIONE DELLA MISURA H/V LOCALMENTE ESEGUITA

Lo scopo della misura eseguita è l'individuazione dei seguenti parametri caratteristici dell'area in esame:

- Frequenza propria (di vibrazione) dei suoli di fondazione;
- Vs30 e conseguente categoria sismica dei suoli di fondazione, secondo i contenuti del D.M./ N.T.C. 18.

Ciò ha permesso di individuare lo Spettro di Risposta sismica del suolo di fondazione e di riferimento per l'area in esame (come illustrato più oltre). L'indagine tromografica si è appoggiata alle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dall'esecuzione della indagine penetrometrica statica eseguita sull'area in esame e delle indagini di bibliografia. Ciò è indispensabile data la natura della strumentazione utilizzata e date le possibilità offerte dalle esperienze di Nakamura (et Alii). È importante far osservare come uno strumento tromografico sia l'unica strumentazione in grado di misurare la frequenza propria di oscillazione dei terreni. Da tali dati si possono poi ricostruire tutte le altre componenti caratterizzanti dal punto di vista sismico i terreni di un'area (e sopra indicati). La possibilità di risalire ai dati di Vs30 conoscendo le frequenze tipiche di un suolo e gli spessori (profondità) dei suoi riflettori sismici, discende dalle esperienze di Nakamura e del derivato metodo HSVR. Il metodo di indagine utilizzato presuppone alcune approssimazioni legate ad esempio al fatto che le velocità di propagazione delle onde sismiche provocate aumentano dall'alto verso il basso (per questo il metodo consente la determinazione delle velocità intese come medie del volume di terra indagato non avendo un grado di definizione elevato); le velocità Vs così misurate sono comunque significative, trattandosi pur sempre di una misura diretta. Nei grafici H/V – f, che verranno in seguito riportati, si individuano le varie frequenze tipiche dei terreni di fondazione, dato di notevole importanza per una accurata progettazione delle strutture da realizzarsi sull'area in esame. Si dovranno evitare accoppiamenti fra le modalità di vibrazione delle strutture (prevedibili in fase di progettazione) e le modalità di vibrazione dei terreni di fondazione.

TROMINI MUCCHI, SAN CARLO PALAZZINA ACER 2022, Via Verga 2

Instrument: TRZ-0009/01-09

Start recording: 04/03/22 16:50:13 End recording: 04/03/22 17:10:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h20'00". Analyzed 55% trace (manual window selection)

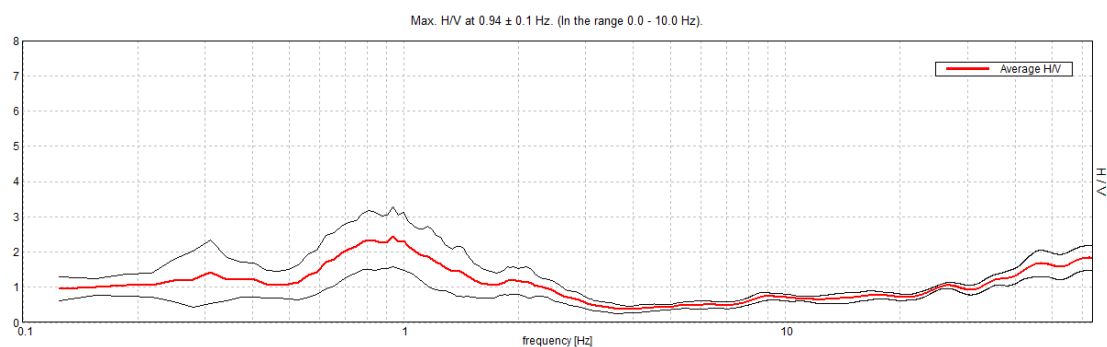
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

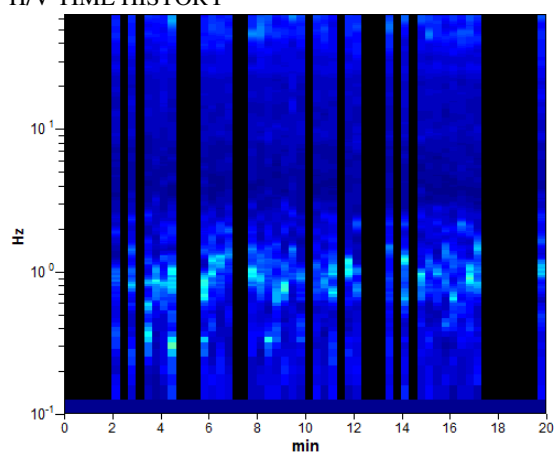
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

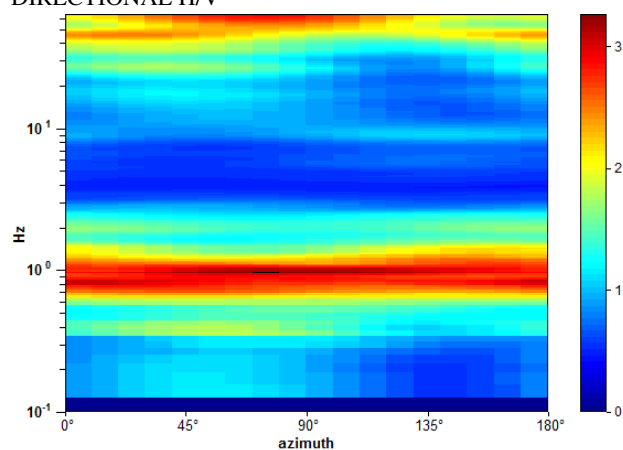
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



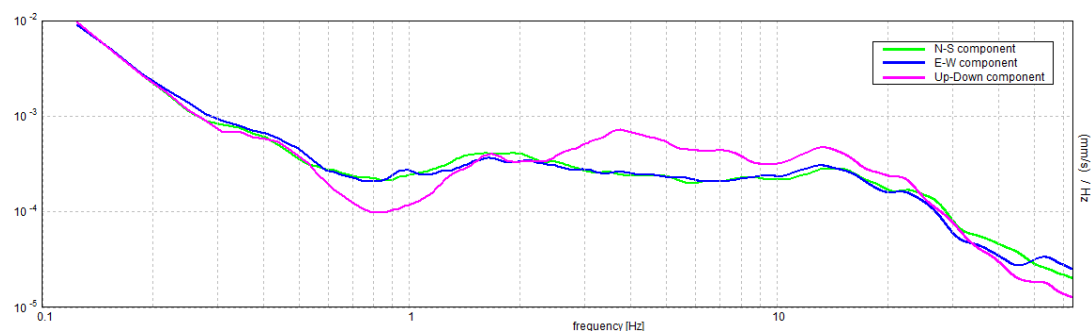
H/V TIME HISTORY



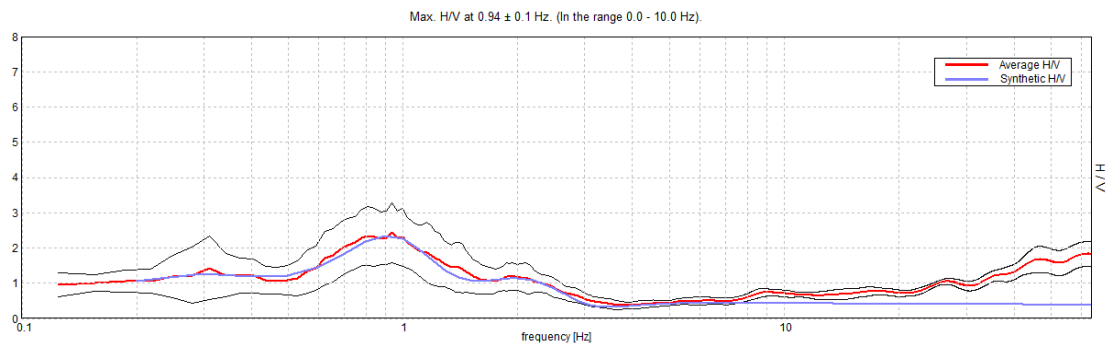
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

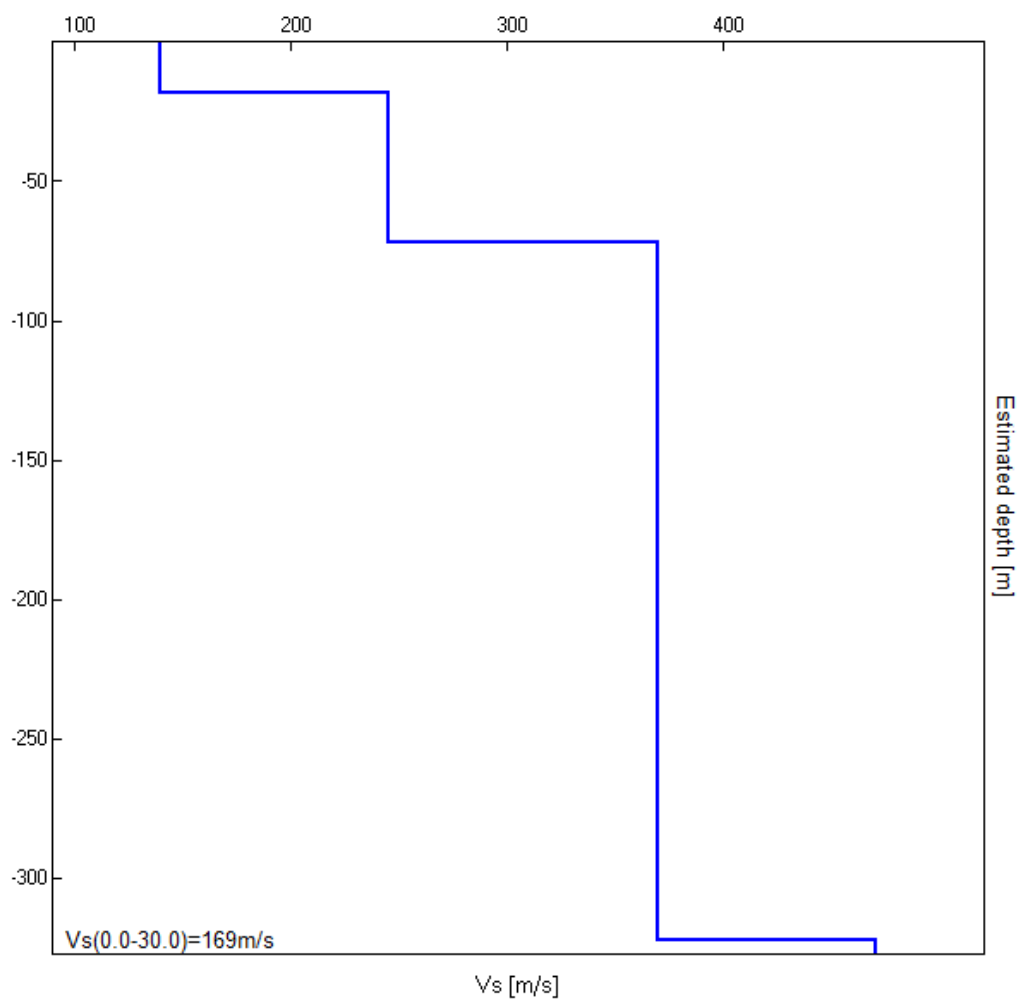


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
18.00	18.00	140	0.49
72.00	54.00	245	0.48
322.00	250.00	370	0.46
inf.	inf.	470	0.44

Vs(0.0-30.0)=169m/s



Max. H/V at 0.94 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 10.0 Hz).

3.3 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si è proceduto alla determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto previsto nelle NTC/2018 (Capitolo 3 - Azioni Sulle Costruzioni).

Prendendo come riferimento i parametri di V_{s30} ricavati con la prova SCPTU (173 m/s) il sito in esame risulta rispondere alle caratteristiche di Suolo tipo D (confermato anche dai dati ottenuti dalla restituzione delle misure H/V)

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine di media consistenza, con profondità del substrato superiore a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti V compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 fra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

3.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Premessa

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire: in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento; una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite; a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

Vita Nominale, Classi D'uso e Periodo Di Riferimento

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità. I valori minimi di V_N da adottare

per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. di seguito. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella - Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico VN = 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
CU = 0.7;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. CU = 1.0;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. CU = 1.5;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di

cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. CU = 2.0.

Nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso II a cui è associato il coefficiente d'uso CU = 1.

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

Stati Limite, Probabilità di Superamento e Periodo Di Ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU). Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le

apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella di seguito), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 100$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

Tabella - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Pericolosità Sismica di Sito

Di seguito vengono riportati i parametri e punti degli spettri di risposta per lo stato limite SLV ottenuti attraverso le seguenti fasi di studio:

Fase 1 – Individuazione della pericolosità del sito

Fase 2 - Scelta della strategia di progettazione

Fase 3 – Determinazione dell'azione di progetto

Attraverso l'utilizzo del software "Spettri di risposta NTC-08 versione 1.0.3" si è proceduto alla determinazione della pericolosità sismica di base e di sito dell'area oggetto di studio:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
11.41352

LATITUDINE
44.80194

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Emilia-Romagna

PROVINCIA
Ferrara

COMUNE
Sant'Agostino

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
 FASE 1
 FASE 2
 FASE 3

Per la definizione degli spettri di risposta si è fatto riferimento indicativamente a una classe di uso 2 (coeff. d'uso 1) e vita nominale delle costruzioni 50 anni.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N
 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U
 info

Valori di progetto
 Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R
 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie
 ---■--- Strategia scelta

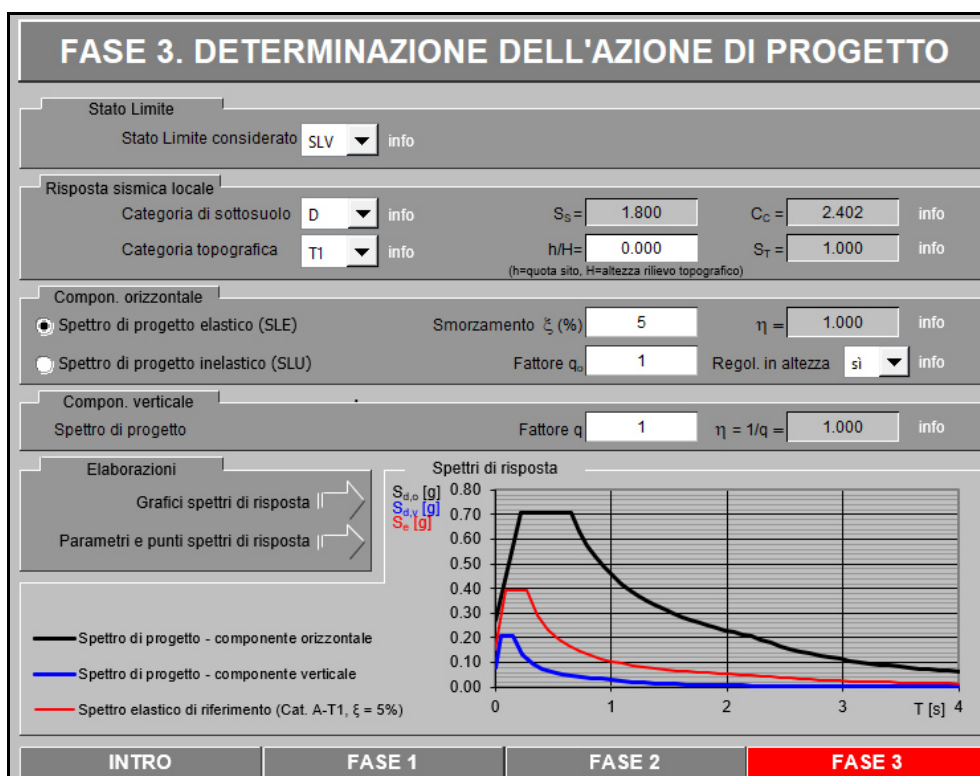
INTRO
 FASE 1
 FASE 2
 FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.040	2.548	0.255
SLD	50	0.052	2.460	0.269
SLV	475	0.151	2.589	0.271
SLC	975	0.204	2.538	0.277

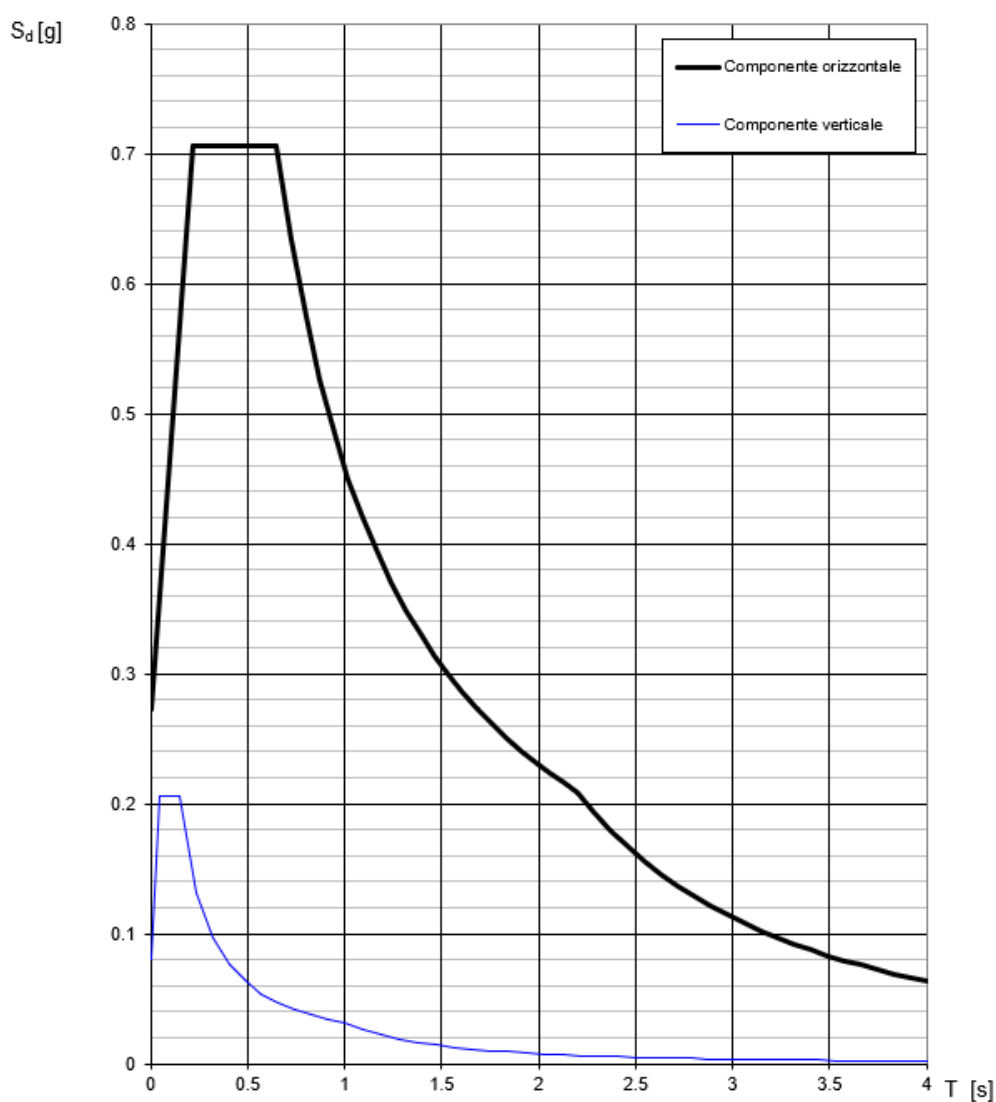
Per la definizione della pericolosità sismica di sito si è inoltre tenuto conto di:

- Coefficiente di smorzamento viscoso ξ 5%
- Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=1.000$
- Categoria sottosuolo D
- Categoria topografica T1



Da cui derivano i seguenti spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali e verticale:

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



In particolare si riportano di seguito i parametri e i punti dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.151 g
F_0	2.589
T_C^*	0.271 s
S_a	1.800
C_C	2.402
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.217 s
T_C	0.651 s
T_D	2.206 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C^* / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.273
$T_B \leftarrow$	0.217	0.706
$T_C \leftarrow$	0.651	0.706
	0.725	0.634
	0.799	0.575
	0.873	0.526
	0.947	0.485
	1.021	0.450
	1.095	0.419
	1.169	0.393
	1.243	0.369
	1.317	0.349
	1.391	0.330
	1.465	0.313
	1.539	0.298
	1.613	0.285
	1.687	0.272
	1.761	0.261
	1.836	0.250
	1.910	0.240
	1.984	0.231
	2.058	0.223
	2.132	0.215
$T_D \leftarrow$	2.206	0.208
	2.291	0.193
	2.377	0.179
	2.462	0.167
	2.548	0.156
	2.633	0.146
	2.718	0.137
	2.804	0.129
	2.889	0.121
	2.975	0.114
	3.060	0.108
	3.146	0.102
	3.231	0.097
	3.317	0.092
	3.402	0.088
	3.487	0.083
	3.573	0.079
	3.658	0.076
	3.744	0.072
	3.829	0.069
	3.915	0.066
	4.000	0.063

L'accelerazione massima al suolo attesa sarà uguale a:

- **$a_{max} = S \cdot a_g = 0.272 \text{ g}$**
- S = coeff. di amplificazione (azione orizzontale) = 1.8
- a_g = accelerazione al suolo = 0.151 g
- F_0 = fattore di amplificazione spettrale massima = 2.589
- $T_C^* = 0.271 \text{ s}$

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
a_{gv}	0.080 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.360
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.080
$T_B \leftarrow$	0.050	0.206
$T_C \leftarrow$	0.150	0.206
	0.235	0.132
	0.320	0.097
	0.405	0.076
	0.490	0.063
	0.575	0.054
	0.660	0.047
	0.745	0.041
	0.830	0.037
	0.915	0.034
$T_D \leftarrow$	1.000	0.031
	1.094	0.026
	1.188	0.022
	1.281	0.019
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.013
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.005
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.004
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

4 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO/GEOTECNICO DEI TERRENI INDAGATI

L'elaborazione delle prove CPTU ha permesso la ricostruzione di un modello geologico/geotecnico omogeneo di massima così costituito (partendo dalla sommità arginale):

- da mt. 1.0. fino alla profondità. di circa mt.3.5-4.0 dal p.c. terreno coesivo costituito da alternanza di limi e limi argillosi compressibili-

Peso volume (t/m ³)	Coesione Cu (Kg/cm ²)	Modulo Mo (Kg/cm ²)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cm ²)	Angolo di attrito ϕ'
1.75-1.85	0.35-0.45	30-40	8	23-26

- da mt. 3.5 fino a circa mt. 6.5 da p.c. si hanno sabbie alternate a sabbie limose poco addensate

Peso volume (t/m ³)	Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Mo (Kg/cm ²)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cm ²)
1.95	20-30	30-32	70-80	25

- da mt. 6.5 fino alla profondità di circa mt. 17.0 da p.c. si hanno argille e argille limose con episodi organici a modeste caratteristiche geomeccaniche

Peso volume (t/m ³)	Coesione Cu (Kg/cm ²)	Modulo Mo (Kg/cm ²)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cm ²)
1.85	0.4-0.5	40-50	10

- da mt. 17.0 fino alla profondità di circa mt. 18.5 da p.c. si hanno nuovamente terreni incoerenti costituiti da sabbie moderatamente addensate.

Peso volume (t/m³)	Dr (%)	Angolo di attrito φ'	Modulo edometrico Mo (Kg/cmq)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cmq)
1.9	50	32-34	140-160	90

- da mt. 18.5 fino alla profondità di mt. 23.0 dalla sommità arginale si registra un'alternanza di argille e argille limose poco consistenti.

Peso volume (t/m³)	Coesione Cu (Kg/cmq)	Modulo Mo (Kg/cmq)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cmq)
1.85	0.5-0.6	40-50	12

- da mt. 23.0 fino alla profondità di circa mt. 27.0 da p.c. si hanno nuovamente terreni incoerenti costituiti da sabbie molto addensate.

Peso volume (t/m³)	Dr (%)	Angolo di attrito φ'	Modulo edometrico Mo (Kg/cmq)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cmq)
2.0	60-70	34-36	250-300	150

- da mt. 27.0 fino alla profondità indagata di mt. 30.0 da p.c. si hanno a modeste caratteristiche geomeccaniche

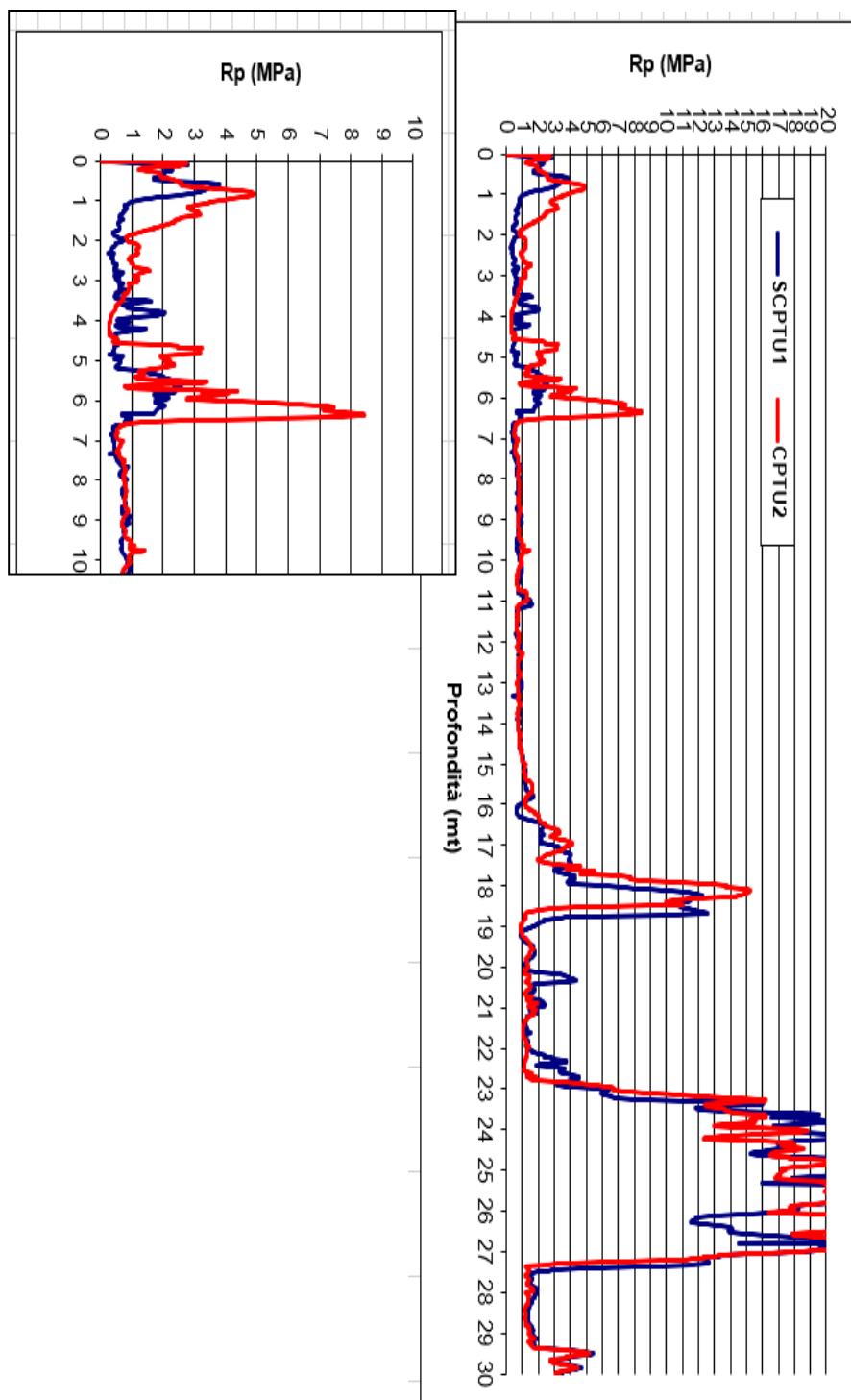
Peso volume (t/m³)	Coesione Cu (Kg/cmq)	Modulo Mo (Kg/cmq)	Resistenza alla punta qc media (Kg/cmq)
1.85	0.5-0.7	50-60	15

La falda freatica è stata rilevata alle seguenti profondità:

- **SCPTU1 a mt. 2.6 da p.c.**
- **CPTU 2 non rilevata fino alla prof. di mt. 2.3 da p.c.**

Sovrapposizione prova penetrometriche CPTU

MODELLO GEOTECNICO



Suolo limoso argilloso di riporto			
limi e limi argillosi poco consistenti			
Yu	1.75-1.85	t/m ³	
Cu	0.35-0.45	Kg/cm ^q	
Mo	30-40	Kg/cm ^q	
Rp media	8	Kg/cm ^q	
sabbia e sabbia limosa poco addensata			
Yu	1.85	t/m ³	
Mo	70-80	Kg/cm ^q	
Ø 30-32	Dr 30%	Rp 25	Kg/cm ^q
Argille e argille limose con episodi di argilla organica			
Yu	1.85	t/m ³	
Cu	0.4- 0.5	Kg/cm ^q	
Mo	40-50	Kg/cm ^q	
Rp media	10	Kg/cm ^q	
Sabbia moderatamente addensata			
Yu 1.9	t/m ³	Ø 32-34°	
Dr 50 %		Rp 90	Kg/cm ^q
Argilla poco consistente			
Yu	1.85	t/m ³	
Cu	0.5-0.6	Kg/cm ^q	
Mo	40-50	Kg/cm ^q	
qc media	12-15	Kg/cm ^q	
Alternanza sabbia e sabbia limosa addensata			
Yu	2.0	t/m ³	
Mo	250-300	Kg/cm ^q	
Ø	34-36°		
Dr	60-70	%	
Rp	150	Kg/cm ^q	
Argilla poco consistente			
Yu	1.85	t/m ³	
Cu	0.5-0.7	Kg/cm ^q	
Mo	50-60	Kg/cm ^q	
qc media	12-15	Kg/cm ^q	

5 PROGETTO DELLA RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, in allegato sono state riprodotte le “Tabelle Parametri Geotecnici” sopra riportate che rappresentano in termini analitici l’andamento complessivo dei parametri geomeccanici della serie investigata, si è proceduto alla verifica della resistenza di progetto R_d per un’ ipotesi di fondazioni superficiali a trave rovescia.

La resistenza di progetto R_d è calcolata sulla base dei parametri geotecnici significativi del terreno a cui sono stati applicati i coeff. parziali γ_M e γ_R (tab. 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018)

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell’angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell’unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per tale verifica (stati limiti ultimi SLU) si è scelto:

Approccio 2 – Combinazione Unica (A1+M1+R3)

Combinazione riferita alla sola verifica di tipo geotecnico GEO.

A tale scopo si è fatto riferimento alla fascia di terreno direttamente interessata dalle tensioni indotte dalle fondazioni, caratterizzata prevalentemente da alternanza limi e limi argillosi compressibili e poco consistenti. In questo caso si è fatto riferimento a condizioni non drenate ($\varphi = 0$) che sono le più svantaggiose

per la stabilità, in quanto la velocità di applicazione dei carichi è verosimilmente superiore alla velocità di consolidamento delle argille.

Durante la fase di esercizio la situazione dei terreni di sottofondazione varierà negli anni verso condizioni consolidate drenate ($\varphi \neq 0$), cioè, verso situazioni meno critiche.

Il valore caratteristico Più CAUTELATIVO della coesione non drenata, negli intervalli normal consolidati presenti al di sotto del piano di fondazione (piede argine), risulta:

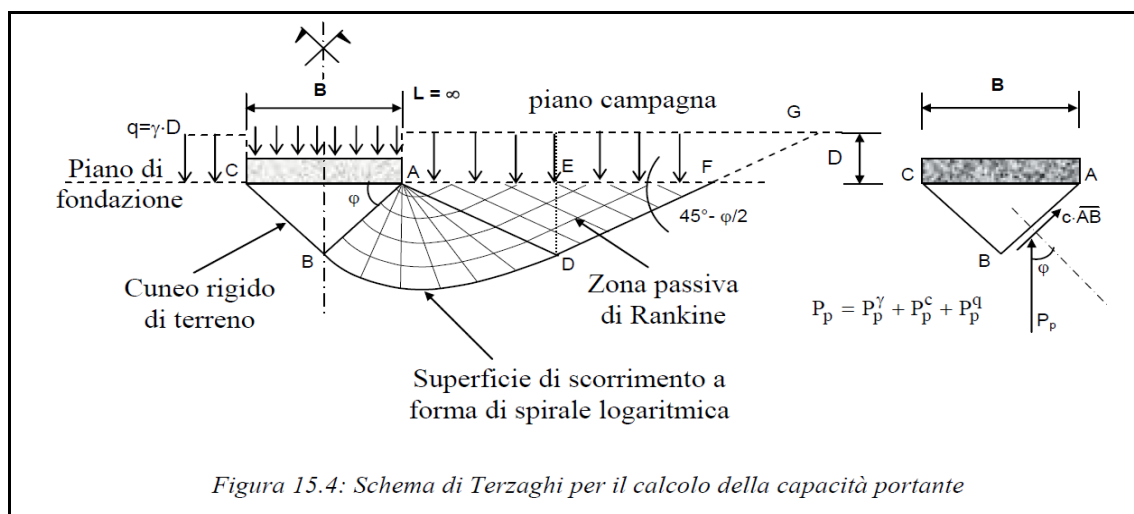
$$C_u = 0.35 \text{ Kg/cm}^2$$

Su tale riconoscimento, utilizzando la relazione di TERZAGHI per fondazioni nastriformi soggette a carico centrato (di dimensioni ipotizzate e interrate da entrambi i lati) è possibile ricavare il valore del *carico limite critico*:

$$P_c = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

dove:

- N_q, N_c, N_γ = fattori di capacità portanti (per $\varphi = 0$ si ha $N_q = 1, N_c = 5,14$ e $N_\gamma = 0$)
- γ = peso di volume (1.80 t/m³);
- D = profondità di imposta della fondazione (1,0 m ipotizzato)
- B = larghezza della fondazione (1,0 m ipotizzato);



Da cui risulta

$$P_c = 1.979 \text{ Kg/cm}^2$$

Il valore della *resistenza di progetto* **R_d** si ottiene dividendo la pressione critica per un coefficiente di riduzione parziale γ_R pari a 2.3.

Pertanto la resistenza di progetto sarà:

$$R_d = 0.86 \text{ Kg/cm}^2.$$

Si rende necessario verificare che il valore di progetto dell'azione E_d (carico di progetto) sia minore o uguale della resistenza del sistema geotecnica R_d esistente. Si dovrà procedere alla verifica agli stati limite di Esercizio (SLE), calcolare i cedimenti e distorsioni per accertare la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione.

Si è inoltre proceduto alla determinazione della **costante di Winkler** dei terreni superficiali (modulo reazione del sottofondo) attraverso la seguente formula di Bowles.

$$K = P_c / DH = 0.78 \text{ Kg/cm}^3$$

dove: P_c carico limite critico e DH assunto pari a 2.54 cm

6 SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI GRANULARI SATURI

Il fenomeno della liquefazione determina una diminuzione della resistenza al taglio e/o della rigidezza, nei litotipi granulari, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico e tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

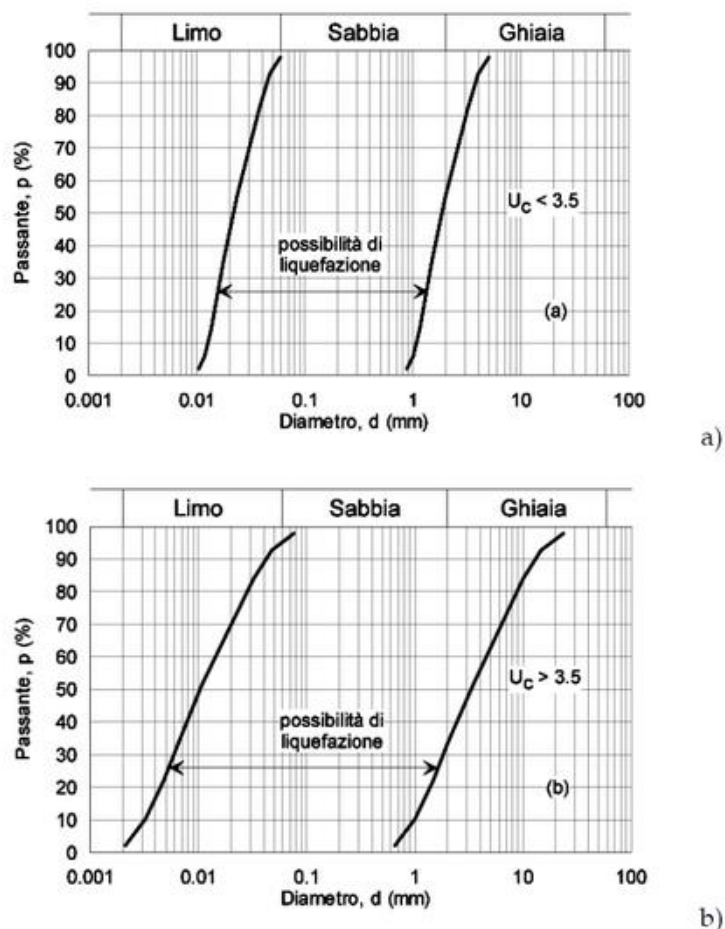


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La normativa impone che quando nessuna delle precedenti condizioni risulti soddisfatta si debba procedere alla verifica mediante i metodi generalmente accettati dalla Ingegneria Geotecnica.

Considerato che nel caso in esame nessuna delle condizioni sopra descritte è soddisfatta si è proceduto alla verifica alla liquefazione dei livelli sabbioso limosi presenti nei primi 20.0 metri utilizzando il metodo semplificato Idriss Boulanger (2014), specificamente elaborato per prove penetrometrie statiche, previa determinazione di un valore di riferimento della Magnitudo M , per il terremoto di progetto.

Per tale verifica si è assunto il valore di magnitudo $M = 6,14$. Sulla scorta del Catalogo degli eventi sismici succedutisi in Italia dal 217 a.C. al 1992 d.C. si potrà invece rilevare come il Comune di Ferrara sia in realtà stato sottoposto ad eventi sismici di Magnitudo (Richter) massima pari a 5,9. Si osservi che essendo la scala di M logaritmica, il valore di 6,14 risulta quindi essere estremamente penalizzante.

Per l'area in esame il valore di $a_{max} = S^*ag = 0.27 \text{ g}$ (suolo tipo D), la falda è stata ipotizzata ad una profondità pari a 1.0 m da p.c. durante l'evento sismico. La verifica alla liquefazione, con il metodo precedentemente esposto, ha portato ad avere coefficiente di sicurezza $IF < 1$, quindi suscettibilità alla liquefazione per i livelli sabbiosi presenti nei primi 20.0 metri di profondità da p.c.:

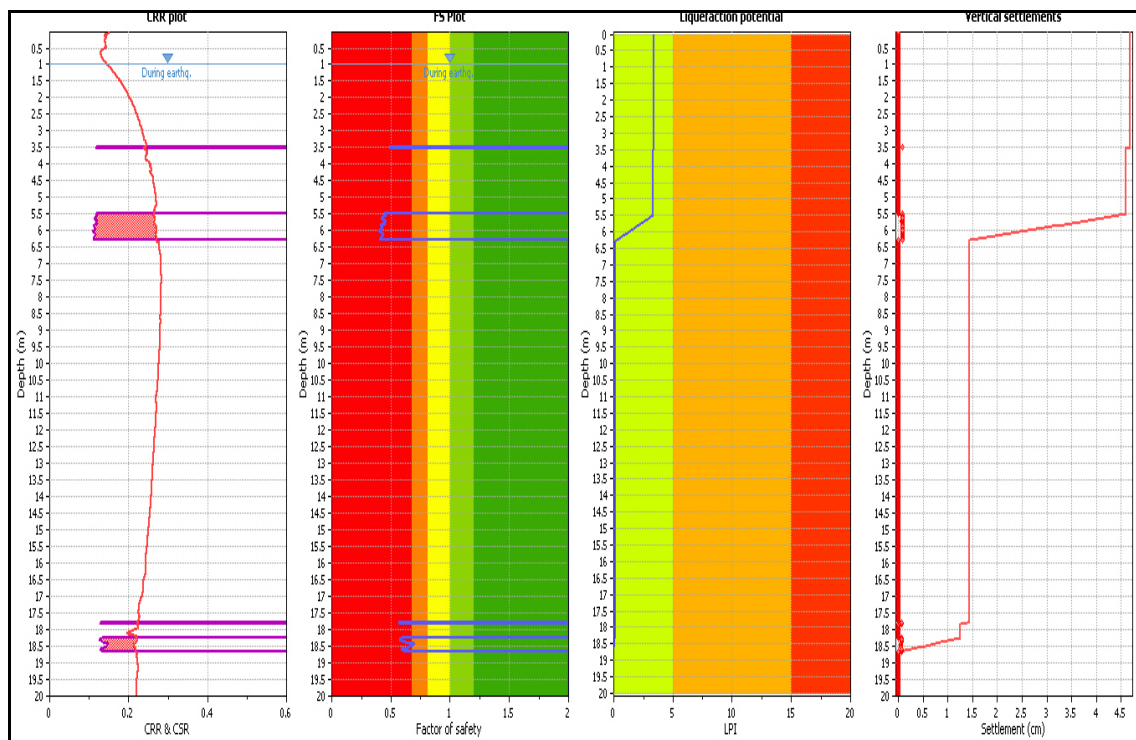


FIGURA – Verifica a liquefazione SCPTU

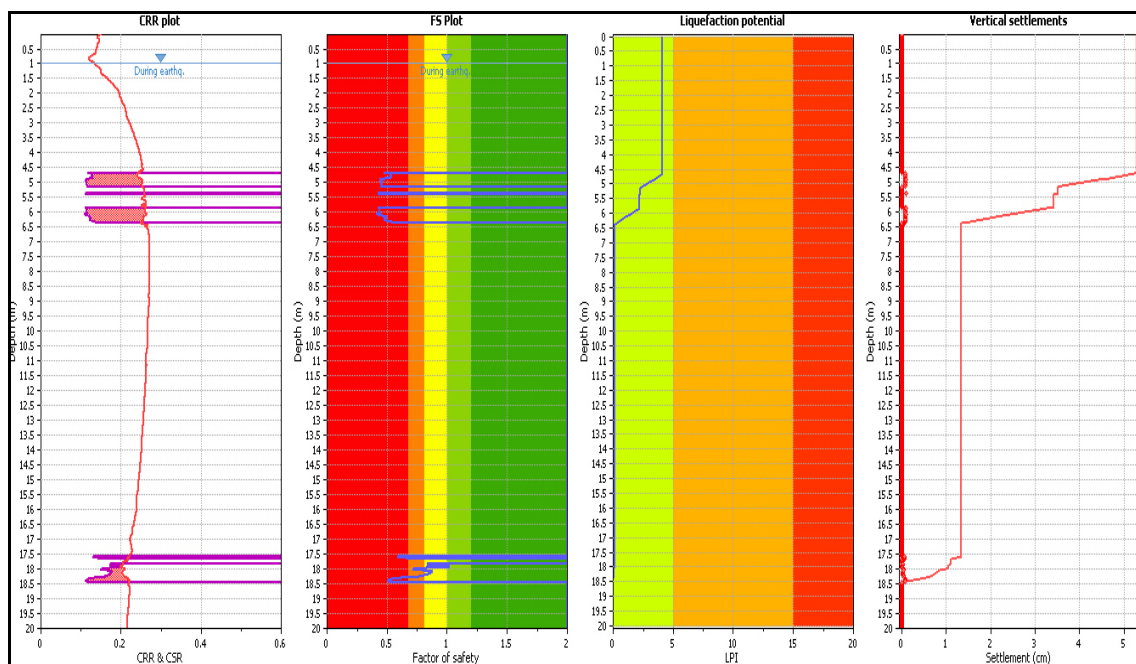
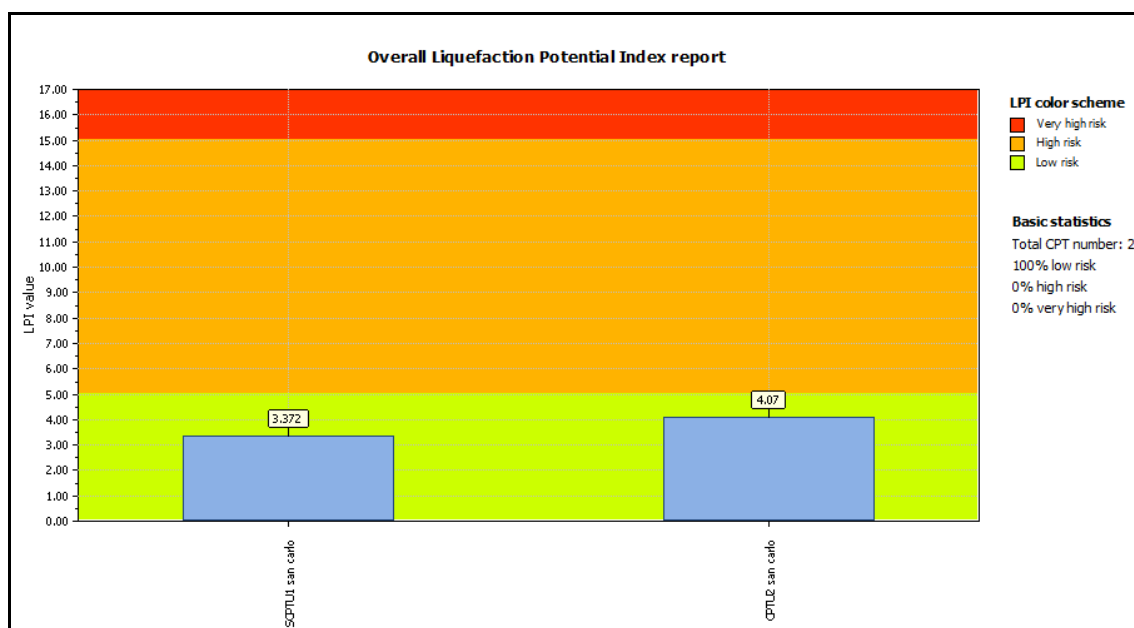


FIGURA – Verifica a liquefazione CPTU

Si riporta di seguito il valore di IL calcolato per la verticale indagata:



Visto che la verifica sismica ha evidenziato pericolo di liquefazione (fattore di sicurezza FS < di 1) si è reso necessario procedere con uno studio di RSL (risposta sismica locale) come prescritto nelle NTC/2018

7 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE RSL

Introduzione, Procedura di Calcolo

La procedura di calcolo adoperata dalla RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione. Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M-1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l'N-esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come

un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone:

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come:

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio complesso. Questo può essere ulteriormente riscritto come:

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto:

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z,t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

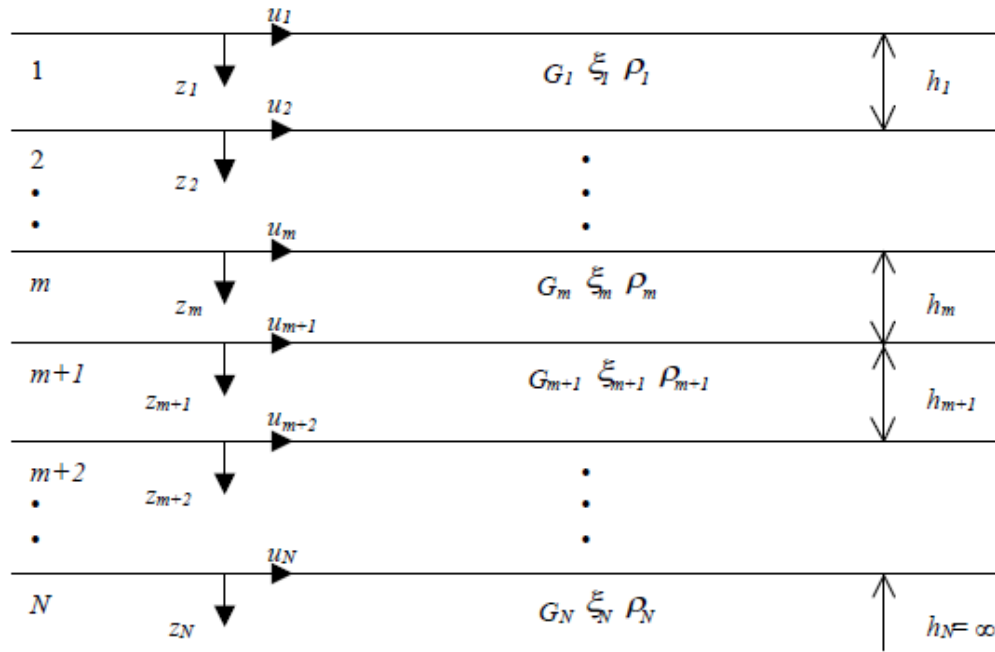


Figura - Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell'm-esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

Ovvero:

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene:

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed m+1, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m. La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n. In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t)$$

(22)

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (Ee^{ik^*z} - Fe^{-ik^*z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

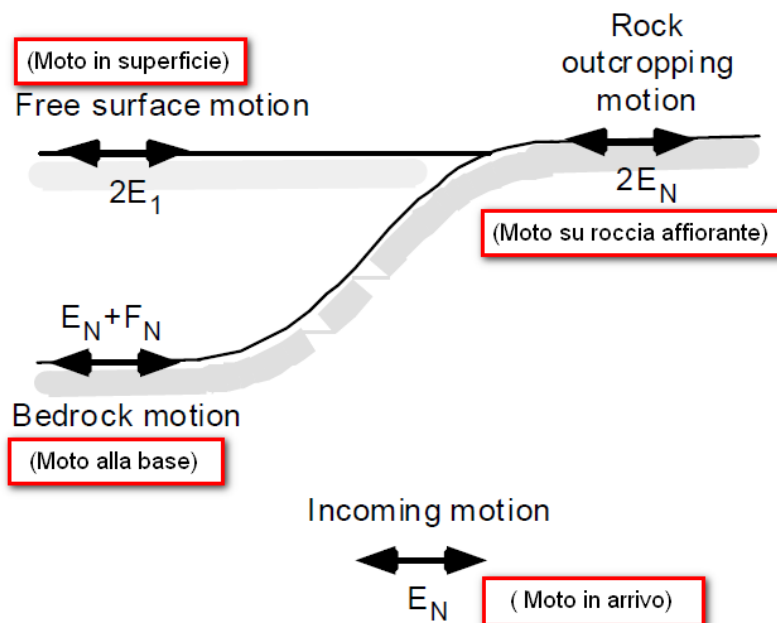


Figura - Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni

tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione:

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

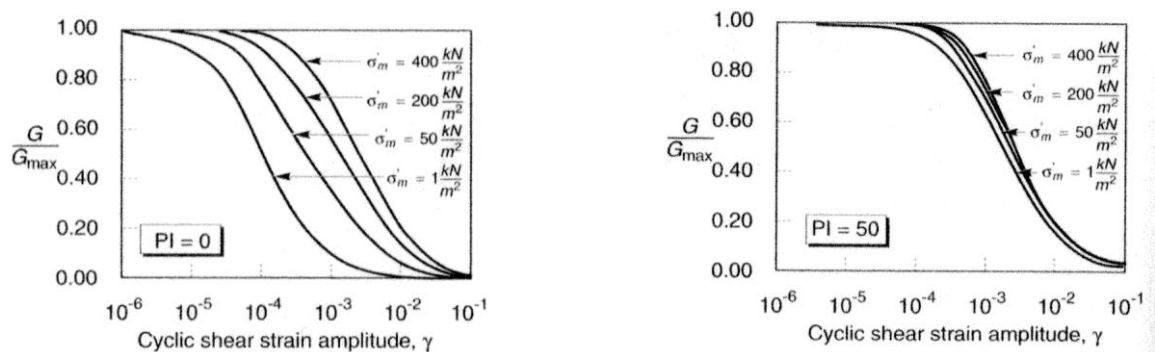


Figure - Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

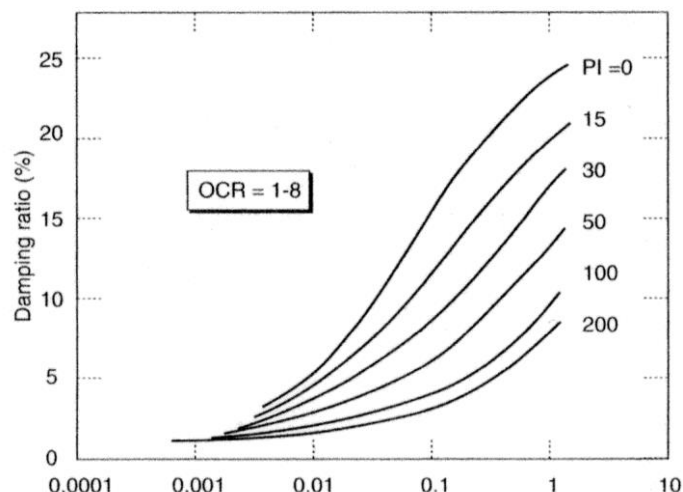
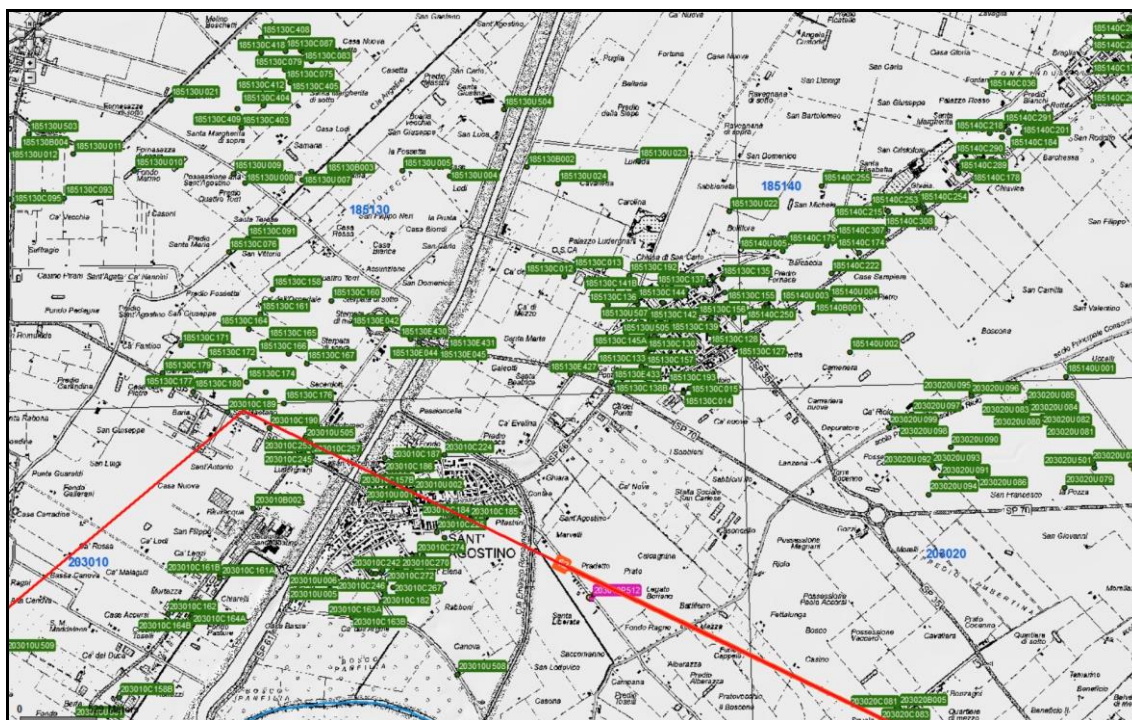


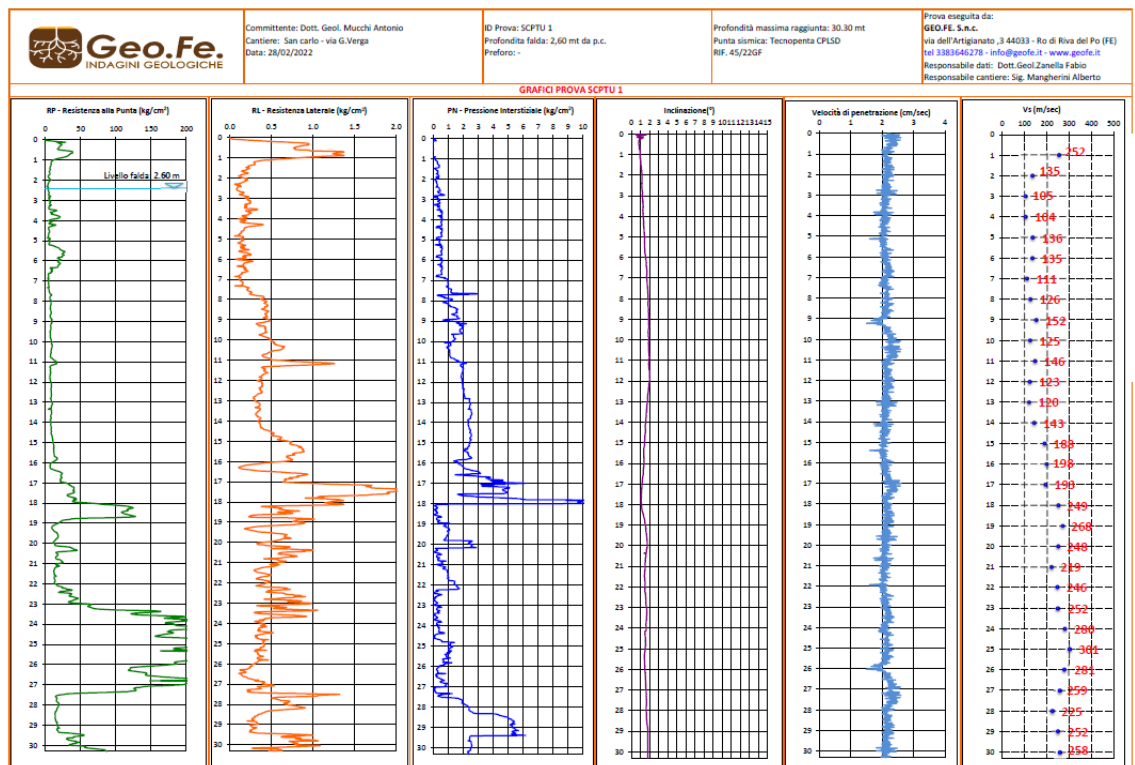
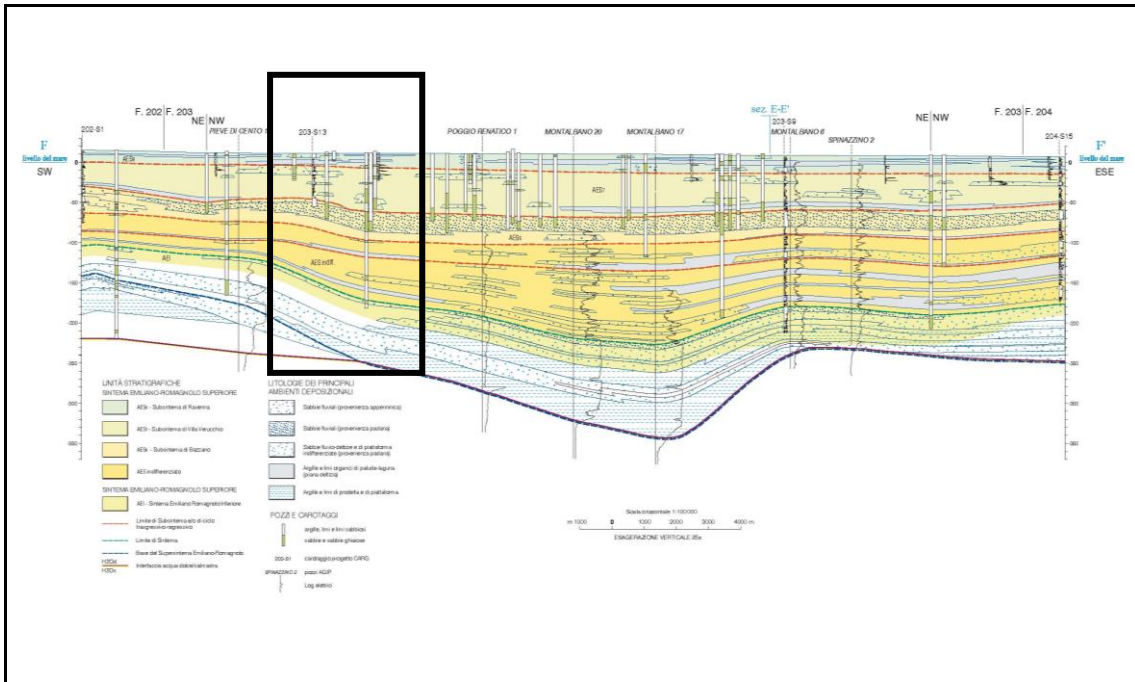
Figura - Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Studio di RSL, ulteriori considerazioni:

Ogni Studio di RSL è afflitto da indeterminatezze che sono connesse all'assenza o alla scarsa robustezza di caratterizzazioni geotecnico- sismiche dei vari (singoli....) depositi locali, è quindi normale appoggiarsi a dati di bibliografia relativi a deposizioni che possono essere anche molto differenti (o distanti) da quelle locali. Per potersi riferire a caratterizzazioni robuste occorrerebbe eseguire Sondaggi Stratigrafici sufficientemente profondi (oltre 50 metri) in corrispondenza dei quali raccogliere un congruo numero di campioni indisturbati di terreno sui quali eseguire opportune e complesse analisi di Laboratorio Geotecnico ed eseguire altresì misure di Vs e di Vp. Occorre ulteriormente osservare come l'approntamento di qualsiasi Studio di RSL consta di un esercizio complesso che prevede numerose indeterminatezze, di vario livello. Anche qualora i dati disponibili siano sufficientemente robusti e corroborati dall'auspicabile ridondanza si deve infatti comunque mettere in conto che si tratta di risolvere una "equazione" le cui molte incognite sono rappresentate dalla notevole difficoltà che qualsiasi metodo numerico incontra

nel descrivere correttamente gli ambiti della geologia, specie in assenza di dati puntuali sufficientemente robusti. È questo uno dei problemi tipici della Geologia: spesso è difficilmente inquadrabile in dati numerici precisi, si pensi ad esempio che i profili di Vs possono differire sensibilmente anche per lo stesso terreno utilizzando diversi metodi di indagini. Infine è da considerarsi che sono comunque ancora presenti altri ampi campi di aleatorietà che affliggono gli Studi di RSL, fra questi si può citare l'individuazione dei valori di Vs del bed-rock- like e l'individuazione della sua profondità locale. Questi dati sono di grande importanza e non potrebbero che essere indicati da un Ente di Ricerca (data la dimensione del “problema”). Tutto ciò detto, il riportato Studio di RSL non potrà quindi essere considerato perfetto ma bensì una buona proposta sulla quale meglio considerare i puntuali Rischi locali derivanti da Liquefazione degli orizzonti saturi granulari localmente presenti. Ovviamente fra le maggiori indeterminatezze vi è la definizione di un corretto o meglio, robusto Modello Stratigrafico, “Stratigrafico- Sismico” che per il caso in esame ha cercato di contemperare i vari dati stratigrafici e sismici localmente disponibili (e riportati precedentemente in relazione). Uno Studio di RSL che venga comunque redatto con sufficiente coscienza consente di ragionare sulla Pericolosità co-sismica locale in modo sufficientemente attendibile.





Dati generali

Descrizione	RSL
Committente	Dott. Mucchi A.
Cantiere	San Carlo (FE), Via Verga 2
Operatore della prova	Raffaele Brunaldi
Responsabile della prova	Raffaele Brunaldi
Data della prova	d.C./02/2022
Latitudine	44.8019562[°]
Longitudine	11.4134493[°]

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	9.0	EPRI Sand (1993) 0-6 metri	42.43	18.5	150.0	83.3
2	9.0	12.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	141.19	19.0	270.0	221.6
3	21.0	32.0	EPRI Sand (1993) 15,54-36,57 metri	216.47	19.5	330.0	431.8
4	53.0	40.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	309.11	21.0	380.0	810.7
5	93.0	50.0	EPRI Sand (1993) 76,50-152,40 metri	454.13	22.0	450.0	1339.2
6	143.0	50.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	1435.27	22.0	800.0	1948.7
7	oo	--	Smorzamento costante	2242.61	22.0	1000.0	2253.5

Strato con falda:

1

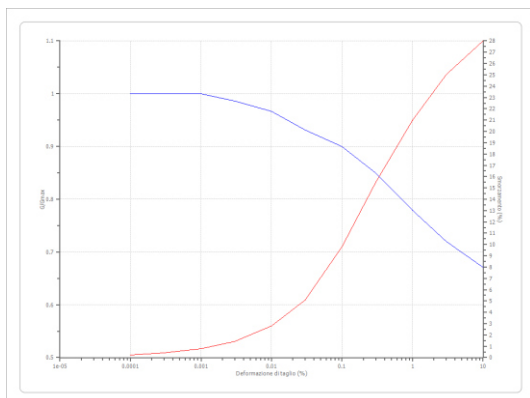
Strato rilevamento accelerogramma:

7 Affiorante

Terreni

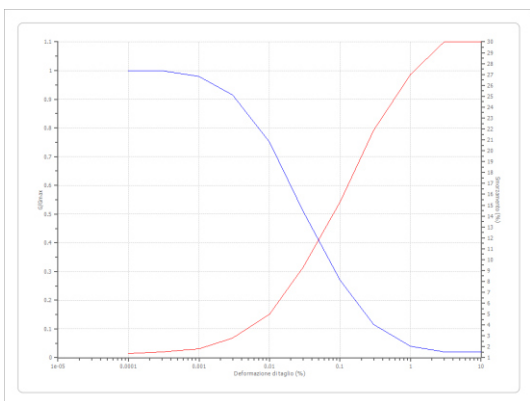
Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



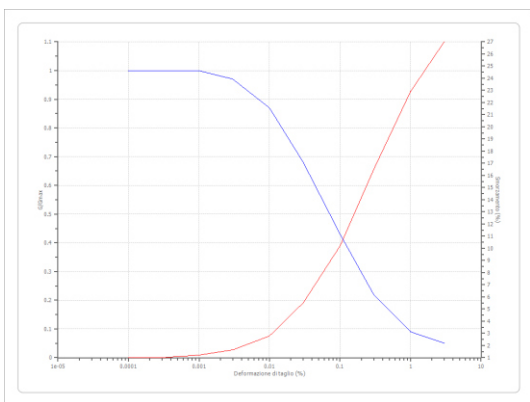
EPRI Sand (1993) 0-6 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.400
0.0003	1.000	0.0003	1.500
0.001	0.980	0.001	1.800
0.003	0.914	0.003	2.800
0.010	0.750	0.010	5.000
0.030	0.509	0.030	9.300
0.100	0.270	0.100	15.300
0.300	0.116	0.300	21.900
1.000	0.040	1.000	27.000
3.000	0.020	3.000	30.000
10.000	0.020	10.000	30.000



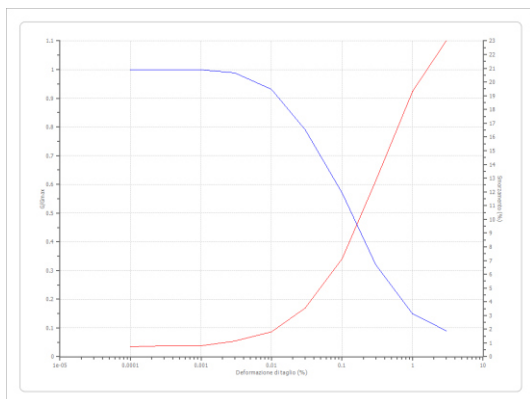
EPRI Sand (1993) 15,54-36,57 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.000
0.0003	1.000	0.0003	1.000
0.001	1.000	0.001	1.200
0.003	0.970	0.003	1.640
0.010	0.870	0.010	2.800
0.030	0.680	0.030	5.490
0.100	0.430	0.100	10.200
0.300	0.220	0.300	16.500
1.000	0.090	1.000	22.900
3.000	0.050	3.000	27.000



EPRI Sand (1993) 76,50-152,40 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.0003	1.000	0.0003	0.800
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.988	0.003	1.120
0.010	0.930	0.010	1.800
0.030	0.791	0.030	3.530
0.100	0.570	0.100	7.100
0.300	0.321	0.300	12.780
1.000	0.150	1.000	19.300
3.000	0.090	3.000	23.000



Elaborazione

Numero di iterazioni 25
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
Tipo di modulo elastico Shake 91
Massimo errore percentuale di convergenza 5.20 E-02

Fattori di amplificazione ICMS 2008

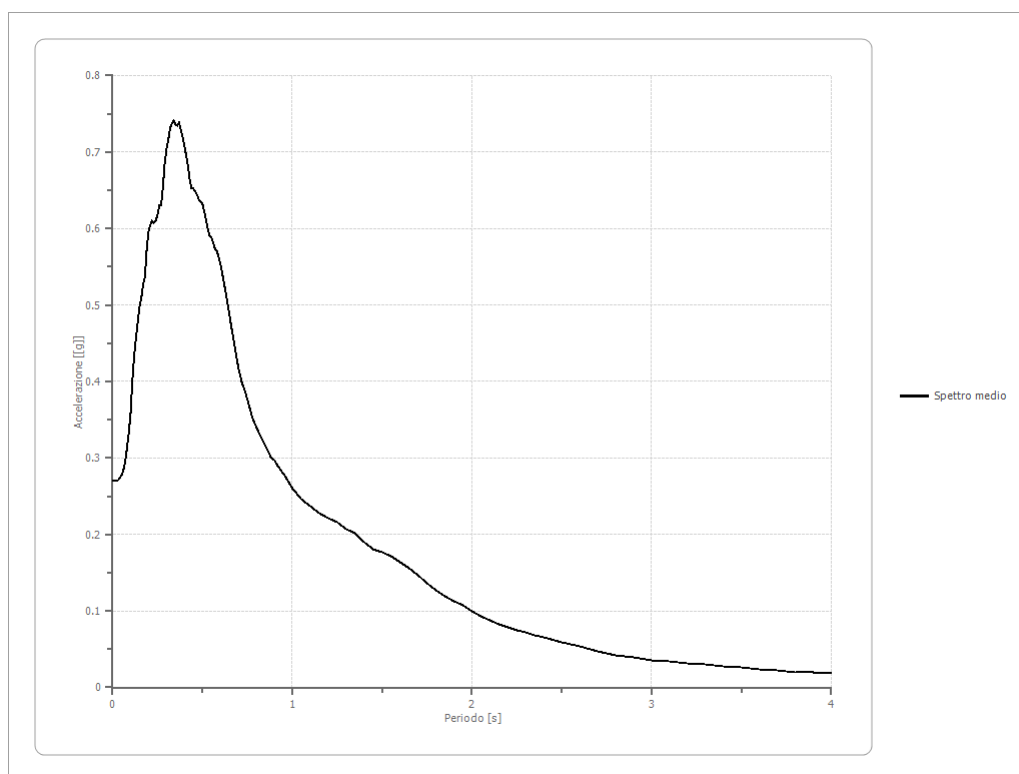
Tai	0.200 [s]
Tvi	0.920 [s]
Tao	0.340 [s]
Tvo	0.600 [s]
Sami	3.721 [m/s ²]
Svmi	0.195 [m/s]
Samo	6.483 [m/s ²]
Svmo	0.496 [m/s]
Fa	1.742 [-]
Fv	2.540 [-]
TB	0.160 [s]
TC	0.481 [s]
TD	2.208 [s]
SA(0)	0.264 [g]
SA(TB)	0.661 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.054	0.111	0.200	2.034
0.500	1.000	0.095	0.238	0.500	2.518
0.100	1.500	0.243	0.579	0.067	2.386
0.100	2.500	0.421	0.978	0.040	2.319

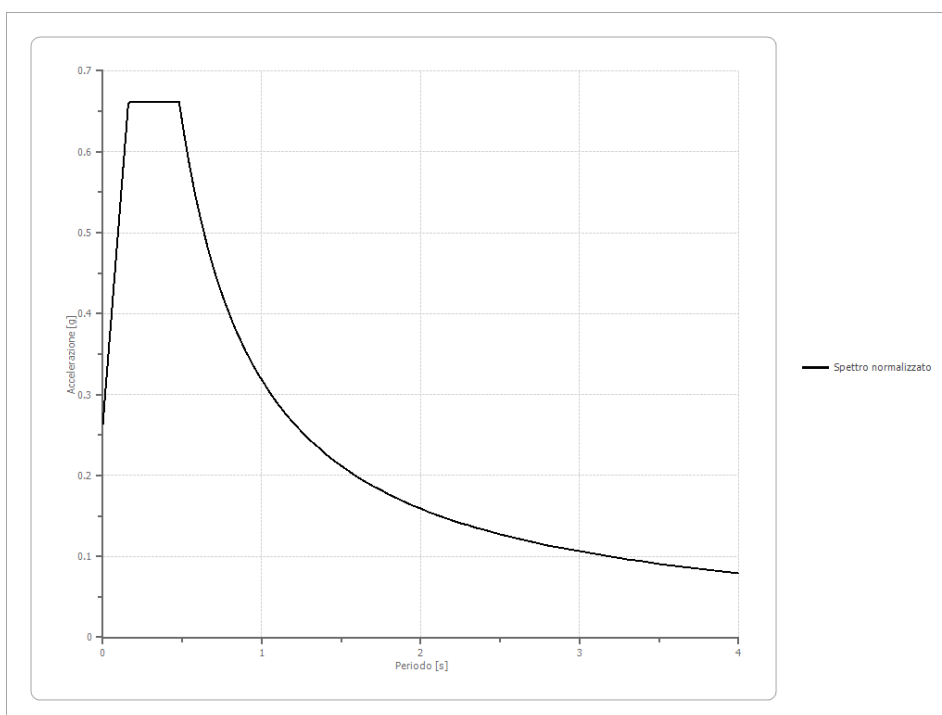
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2691	0.26	0.6299	0.52	0.6109	0.98	0.2684	2.25	0.0751
0.01	0.2691	0.27	0.6294	0.53	0.6001	1.00	0.2610	2.30	0.0717
0.02	0.2695	0.28	0.6549	0.54	0.5907	1.05	0.2464	2.35	0.0684
0.03	0.2709	0.29	0.6854	0.55	0.5874	1.10	0.2374	2.40	0.0653
0.04	0.2737	0.30	0.7050	0.56	0.5808	1.15	0.2275	2.50	0.0593
0.05	0.2781	0.31	0.7166	0.57	0.5731	1.20	0.2217	2.60	0.0535
0.06	0.2843	0.32	0.7318	0.58	0.5702	1.25	0.2158	2.70	0.0475
0.07	0.2940	0.33	0.7368	0.60	0.5534	1.30	0.2072	2.80	0.0422
0.08	0.3134	0.34	0.7412	0.62	0.5289	1.35	0.2011	2.90	0.0386
0.09	0.3323	0.35	0.7359	0.64	0.5017	1.40	0.1899	3.00	0.0360
0.10	0.3587	0.36	0.7345	0.66	0.4732	1.45	0.1806	3.10	0.0338
0.11	0.4007	0.37	0.7388	0.68	0.4448	1.50	0.1763	3.20	0.0317
0.12	0.4332	0.38	0.7295	0.70	0.4180	1.55	0.1713	3.30	0.0298
0.13	0.4564	0.39	0.7190	0.72	0.3984	1.60	0.1630	3.40	0.0276
0.14	0.4780	0.40	0.7070	0.74	0.3846	1.65	0.1558	3.50	0.0255
0.15	0.4982	0.41	0.6949	0.76	0.3674	1.70	0.1472	3.60	0.0236
0.16	0.5088	0.42	0.6808	0.78	0.3508	1.75	0.1366	3.70	0.0218
0.17	0.5280	0.43	0.6628	0.80	0.3403	1.80	0.1269	3.80	0.0201
0.18	0.5366	0.44	0.6526	0.82	0.3295	1.85	0.1194	3.90	0.0190
0.19	0.5736	0.45	0.6522	0.84	0.3210	1.90	0.1131	4.00	0.0179
0.20	0.5963	0.46	0.6482	0.86	0.3110	1.95	0.1068		
0.21	0.6050	0.47	0.6445	0.88	0.3014	2.00	0.0998		
0.22	0.6102	0.48	0.6378	0.90	0.2967	2.05	0.0932		
0.23	0.6072	0.49	0.6348	0.92	0.2899	2.10	0.0883		
0.24	0.6106	0.50	0.6321	0.94	0.2830	2.15	0.0830		
0.25	0.6184	0.51	0.6218	0.96	0.2760	2.20	0.0784		



Spettro normalizzato di risposta elastico

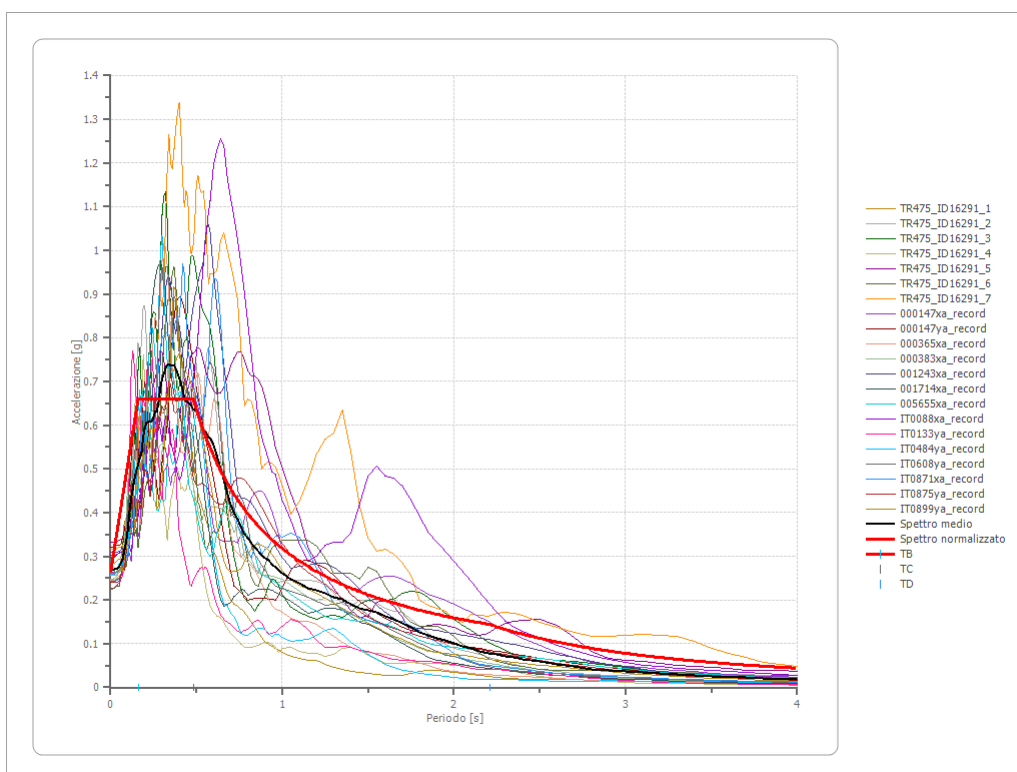
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2640	0.26	0.6609	0.52	0.6114	0.98	0.3244	2.25	0.1413
0.01	0.2887	0.27	0.6609	0.53	0.5999	1.00	0.3180	2.30	0.1382
0.02	0.3135	0.28	0.6609	0.54	0.5888	1.05	0.3028	2.35	0.1353
0.03	0.3382	0.29	0.6609	0.55	0.5781	1.10	0.2890	2.40	0.1325
0.04	0.3630	0.30	0.6609	0.56	0.5678	1.15	0.2765	2.50	0.1272
0.05	0.3877	0.31	0.6609	0.57	0.5578	1.20	0.2650	2.60	0.1223
0.06	0.4125	0.32	0.6609	0.58	0.5482	1.25	0.2544	2.70	0.1178
0.07	0.4372	0.33	0.6609	0.60	0.5299	1.30	0.2446	2.80	0.1136
0.08	0.4620	0.34	0.6609	0.62	0.5128	1.35	0.2355	2.90	0.1096
0.09	0.4867	0.35	0.6609	0.64	0.4968	1.40	0.2271	3.00	0.1060
0.10	0.5115	0.36	0.6609	0.66	0.4817	1.45	0.2193	3.10	0.1026
0.11	0.5362	0.37	0.6609	0.68	0.4676	1.50	0.2120	3.20	0.0994
0.12	0.5609	0.38	0.6609	0.70	0.4542	1.55	0.2051	3.30	0.0963
0.13	0.5857	0.39	0.6609	0.72	0.4416	1.60	0.1987	3.40	0.0935
0.14	0.6104	0.40	0.6609	0.74	0.4297	1.65	0.1927	3.50	0.0908
0.15	0.6352	0.41	0.6609	0.76	0.4184	1.70	0.1870	3.60	0.0883
0.16	0.6599	0.42	0.6609	0.78	0.4076	1.75	0.1817	3.70	0.0859
0.17	0.6609	0.43	0.6609	0.80	0.3974	1.80	0.1766	3.80	0.0837
0.18	0.6609	0.44	0.6609	0.82	0.3877	1.85	0.1719	3.90	0.0815
0.19	0.6609	0.45	0.6609	0.84	0.3785	1.90	0.1673	4.00	0.0795
0.20	0.6609	0.46	0.6609	0.86	0.3697	1.95	0.1631		
0.21	0.6609	0.47	0.6609	0.88	0.3613	2.00	0.1590		
0.22	0.6609	0.48	0.6609	0.90	0.3533	2.05	0.1551		
0.23	0.6609	0.49	0.6489	0.92	0.3456	2.10	0.1514		
0.24	0.6609	0.50	0.6359	0.94	0.3382	2.15	0.1479		
0.25	0.6609	0.51	0.6234	0.96	0.3312	2.20	0.1445		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.264	2.504	--	0.160	0.481	2.208	0.264	0.661	1.737

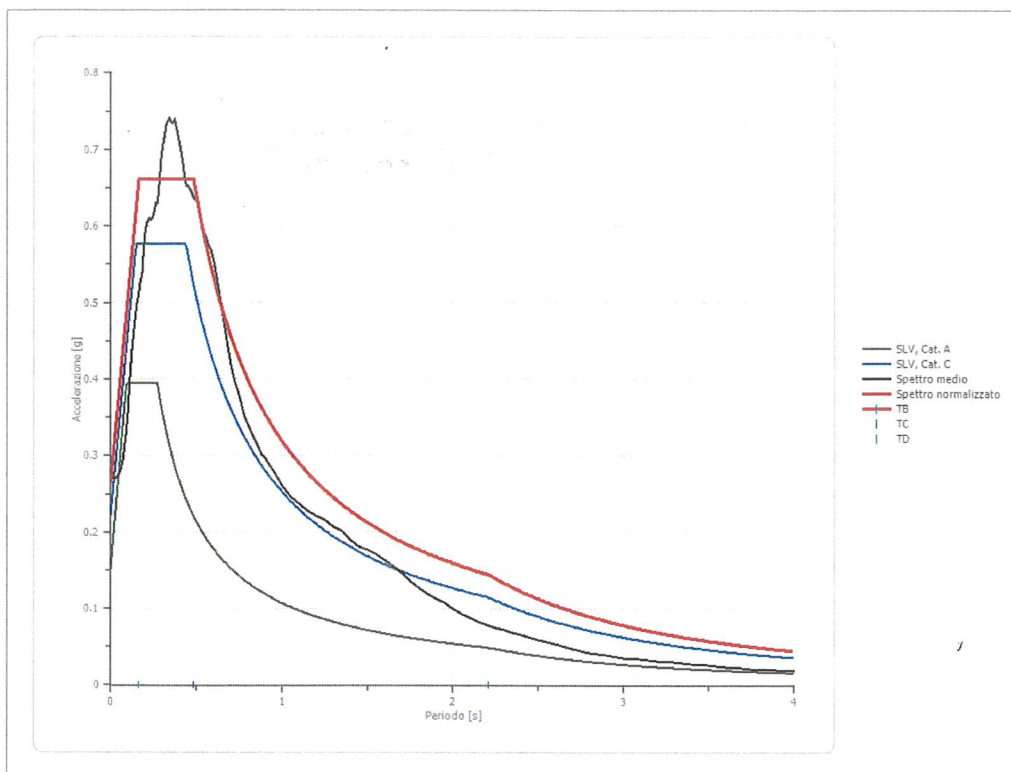
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.040	0.053	0.152	0.204	0.040	0.053	0.152	0.204
Fo	2.546	2.46	2.589	2.538	2.546	2.46	2.589	2.538
Tc* [s]	0.256	0.269	0.271	0.278	0.256	0.269	0.271	0.278
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.46	1.39
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.65	1.62	1.62	1.60
TB [s]	0.085	0.090	0.090	0.093	0.140	0.145	0.146	0.148
TC [s]	0.256	0.269	0.271	0.278	0.421	0.436	0.438	0.445
TD [s]	1.760	1.812	2.208	2.416	1.760	1.812	2.208	2.416
Se(0) [g]	0.040	0.053	0.152	0.204	0.060	0.080	0.223	0.283
Se(TB) [g]	0.102	0.130	0.394	0.518	0.153	0.196	0.576	0.719



Dallo studio di Risposta Sismica Locale, il valore di P.G.A. pari a 0.27g risulta uguale al valore di P.G.A. ottenuto tramite lo studio di pericolosità sismica di base effettuato tramite l'utilizzo degli Spettri proposti dal Ministero, si è ritenuto quindi superfluo rieffettuare la verifica a liquefazione degli orizzonti sabbiosi saturi in quanto si sarebbe ottenuto il medesimo risultato.


Considerato l'evento sismico del 2012 che ha innescato un evidente fenomeno di liquefazione nell'area oggetto di studio, si consiglia di utilizzare gli Spettri ottenuti tramite pericolosità sismica di base tramite approccio semplificato (Spettri forniti dal Ministero) in quanto leggermente più cautelativi degli Spettri ottenuti tramite lo Studio di Risposta Sismica Locale.


Dott. Geol. Antonio Mucchi





ALLEGATO A

Rapporti di prova SCPTU e CPTU

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>						Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: SCPTU 1 Profondita falda: 2,60 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
0.020	0.049	-0.001	-0.929	0.582	2.246	1.660	6.252	0.142	0.273	1.077	2.373	3.300	5.017	0.180	0.174	1.293	2.087	4.940	5.720	0.164	0.177	1.434	2.001	6.580	8.554	0.208	0.519	1.676	2.212
0.040	3.568	0.008	2.873	1.633	2.170	1.680	6.321	0.161	0.289	1.105	2.149	3.320	6.118	0.182	0.363	1.282	2.033	4.960	4.558	0.150	0.285	1.421	2.039	6.600	6.865	0.221	0.541	1.702	2.258
0.060	10.497	0.020	9.379	0.545	2.551	1.700	6.356	0.173	0.292	1.088	2.111	3.340	5.306	0.208	0.416	1.268	2.186	4.980	5.296	0.137	0.469	1.436	2.016	6.620	5.034	0.198	0.534	1.702	2.040
0.080	14.420	0.060	11.914	0.948	2.285	1.720	6.356	0.173	0.292	1.094	2.000	3.360	4.812	0.203	0.379	1.261	2.076	5.000	6.139	0.143	0.482	1.442	2.000	6.640	4.365	0.187	0.535	1.711	2.343
0.100	19.408	0.148	14.364	0.825	1.983	1.740	5.545	0.209	0.205	1.098	2.000	3.380	4.669	0.180	0.271	1.231	1.926	5.020	6.384	0.136	0.407	1.463	1.995	6.660	4.188	0.163	0.544	1.702	2.160
0.120	28.713	0.207	17.406	0.830	2.000	1.760	4.736	0.223	0.193	1.109	2.371	3.400	4.947	0.184	0.341	1.268	2.205	5.040	5.996	0.159	0.378	1.445	2.031	6.680	4.222	0.141	0.564	1.712	2.111
0.140	17.109	0.296	-3.211	1.346	2.514	1.780	4.348	0.215	0.301	1.140	2.142	3.420	4.770	0.201	0.384	1.298	2.006	5.060	6.382	0.168	0.397	1.445	1.929	6.700	4.255	0.141	0.558	1.705	2.374
0.160	18.914	0.371	-1.690	0.628	2.368	1.800	4.100	0.187	0.311	1.134	2.253	3.440	5.470	0.178	0.394	1.268	2.208	5.080	6.345	0.158	0.392	1.460	2.115	6.720	4.219	0.149	0.468	1.705	1.994
0.180	20.932	0.441	-1.183	1.261	2.137	1.820	3.993	0.159	0.330	1.127	2.165	3.460	10.006	0.175	0.410	1.290	2.193	5.100	5.956	0.149	0.380	1.442	1.793	6.740	4.358	0.143	0.224	1.694	2.315
0.200	22.103	0.547	-1.690	1.194	2.594	1.840	4.026	0.138	0.347	1.136	2.076	3.480	14.920	0.186	0.441	1.268	1.942	5.120	5.462	0.137	0.383	1.449	1.615	6.760	4.392	0.135	0.236	1.705	2.154
0.220	22.986	0.678	-2.366	0.847	2.081	1.860	4.375	0.130	0.363	1.113	2.054	3.500	16.439	0.209	0.403	1.290	2.126	5.140	5.495	0.130	0.399	1.454	2.170	6.780	4.426	0.124	0.195	1.705	2.089
0.240	23.518	0.745	-3.464	1.051	2.424	1.880	4.585	0.127	0.371	1.135	2.303	3.520	14.774	0.318	0.235	1.305	2.120	5.160	4.860	0.128	0.398	1.431	1.956	6.800	4.180	0.119	0.177	1.697	2.211
0.260	23.168	0.853	-4.816	1.003	2.246	1.900	5.733	0.104	0.176	1.147	2.100	3.540	12.364	0.332	0.444	1.251	2.013	5.180	4.858	0.122	0.403	1.449	2.101	6.820	4.319	0.108	0.407	1.702	2.266
0.280	21.640	0.925	-6.337	0.896	2.231	1.920	5.627	0.129	0.210	1.161	2.170	3.560	12.364	0.332	0.561	1.299	2.158	5.200	5.629	0.096	0.445	1.443	1.964	6.840	4.248	0.097	0.433	1.702	2.150
0.300	21.251	0.950	-7.182	0.862	2.229	1.940	6.330	0.140	0.337	1.165	2.270	3.580	7.768	0.306	0.574	1.246	2.057	5.220	7.737	0.109	0.506	1.446	1.918	6.860	3.288	0.061	0.771	1.697	2.187
0.320	20.575	0.952	-7.942	0.804	2.574	1.960	7.243	0.137	0.352	1.185	2.300	3.600	6.955	0.229	0.502	1.285	2.025	5.240	10.733	0.121	0.123	1.454	2.107	6.880	4.942	0.123	0.666	1.681	2.269
0.340	19.758	0.942	-8.027	0.859	2.216	1.980	7.664	0.152	0.290	1.182	2.059	3.620	8.745	0.190	0.456	1.263	2.298	5.260	12.111	0.145	0.290	1.431	2.014	6.900	4.556	0.132	0.766	1.679	2.077
0.360	19.580	0.947	-7.435	0.800	2.104	2.000	7.241	0.178	0.168	1.141	2.000	3.640	10.116	0.220	0.528	1.259	1.994	5.280	13.477	0.149	0.444	1.449	1.944	6.920	4.240	0.132	0.894	1.679	2.144
0.380	19.432	0.914	-7.858	0.876	2.440	2.020	6.994	0.206	0.123	1.162	2.355	3.660	8.842	0.209	0.580	1.281	2.104	5.300	14.781	0.166	0.561	1.433	2.140	6.940	4.276	0.123	0.918	1.666	2.355
0.400	18.790	0.869	-9.801	0.803	2.290	2.040	6.149	0.215	0.093	1.177	2.181	3.680	8.487	0.242	0.595	1.247	2.051	5.320	16.054	0.191	0.574	1.428	2.035	6.960	4.241	0.115	0.934	1.694	2.043
0.420	18.430	0.853	-11.745	0.821	2.268	2.060	5.338	0.199	0.109	1.165	2.045	3.700	11.020	0.253	0.563	1.241	2.000	5.340	17.611	0.174	0.502	1.456	2.079	6.980	4.347	0.113	0.927	1.705	2.000
0.440	17.359	0.824	-13.772	0.807	2.273	2.080	4.844	0.185	0.123	1.165	2.352	3.720	13.423	0.252	0.563	1.272	2.040	5.360	18.883	0.129	0.456	1.449	1.952	7.000	4.277	0.115	0.933	1.694	2.170
0.460	17.244	0.793	-14.279	0.796	2.468	2.100	4.808	0.203	0.178	1.158	2.082	3.740	15.928	0.257	0.551	1.259	1.960	5.380	19.802	0.155	0.528	1.456	1.950	7.020	4.348	0.117	0.960	1.684	2.031
0.480	17.942	0.780	-13.181	0.799	2.333	2.120	4.805	0.212	0.218	1.150	2.115	3.760	17.373	0.232	0.551	1.278	2.152	5.400	20.439	0.169	0.580	1.459	2.142	7.040	4.312	0.117	0.954	1.681	2.161
0.500	20.588	0.784	-10.139	0.792	2.168	2.140	4.487	0.189	0.197	1.168	2.227	3.780	19.065	0.223	0.561	1.235	1.972	5.420	20.651	0.173	0.595	1.459	2.006	7.060	4.453	0.123	0.958	1.700	1.964
0.520	24.046	0.767	-7.266	0.836	2.492	2.160	4.202	0.178	0.176	1.165	2.156	3.800	20.228	0.228	0.546	1.255	1.980	5.440	21.145	0.130	0.563	1.452	2.059	7.080	4.523	0.130	0.959	1.715	2.089
0.540	31.110	0.788	-1.521	0.851	2.325	2.180	3.742	0.174	0.191	1.160	2.035	3.820	20.860	0.212	0.290	1.275	1.739	5.460	22.311	0.128	0.563	1.449	2.026	7.100	4.524	0.141	0.964	1.702	1.988
0.560	35.310	0.794	-0.169	0.829	2.147	2.200	3.738	0.159	0.212	1.149	2.172	3.840	20.570	0.176	0.444	1.288	2.347	5.480	23.124	0.162	0.551	1.442	1.935	7.120	4.559	0.149	0.959	1.725	2.198
0.580	37.707	0.779	-2.112	0.858	2.294	2.220	3.735	0.146	0.224	1.168	2.117	3.860	19.573	0.149	0.561	1.241	1.872	5.500	24.573	0.183	0.551	1.457	2.098	7.140	4.559	0.154	0.956	1.718	1.999
0.600	38.864	0.826	-6.252	0.876	2.453	2.240	3.555	0.139	0.235	1.146	2.018	3.880	18.771	0.152	0.574	1.293	2.080	5.520	26.624	0.215	0.561	1.457	2.030	7.160	4.489	0.160	0.981	1.715	2.003
0.620	38.462	0.960	-9.463	0.865	2.292	2.260	3.305	0.122	0.242	1.153	2.027	3.900	16.611	0.168	0.502	1.266	2.133	5.540	27.613	0.233	0.546	1.457	2.149	7.180	4.454	0.159	0.988	1.725	2.163
0.640	38.462	0.960	-9.463	0.890	2.200	2.280	3.371	0.104	0.259	1.153	2.358	3.920	12.579	0.198	0.456	1.266	1.766	5.560	27.646	0.199	0.490	1.480	2.132	7.200	4.699	0.155	0.993	1.739	1.954
0.660	38.250	0.986	-9.801	0.890	2.256	2.300	2.310	0.062	0.256	1.142	2.065	3.940	10.066	0.208	0.528	1.282	2.269	5.580	26.476	0.136	0.504	1.472	2.103	7.220	5.051	0.155	0.999	1.741	2.142
0.680	36.094	1.291	-11.238	0.836	2.065	2.320	4.315	0.132	0.174	1.164	2.098	3.960	7.529	0.198	0.580	1.278	2.110	5.600	25.237	0.111	0.504	1.471	2.256	7.240	5.121	0.152	0.973	1.743	2.030
0.700	34.877	1.372	-10.308	0.879	2.125	2.340	4.140	0.122	0.216	1.161	2.162	3.980	5.945	0.166	0.595	1.296	2.036	5.620	24.633	0.111	0.519	1.472	2.173	7.260	5.332	0.147	0.906	1.749	1.914
0.720	34.298	1.367	-10.139	0.869	2.317	2.360	4.139	0.116	0.256	1.135	2.158	4.000	5.241	0.118	0.563	1.293	2.036	5.640	24.170	0.123	0.541	1.478	1.987	7.280	5.085	0.152	0.889	1.739	2.217
0.740	33.788	1.341	-10.393	0.876	2.180	2.380	4.244	0.113	0.260	1.131	2.102	4.020	6.435	0.105	0.563	1.300	2.156	5.660	24.096	0.147	0.534	1.468	2.351	7.300					

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>	Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: SCPTU 1 Profondita falda: 2,60 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto										
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
8.220	7.292	0.437	1.042	1.831	1.953	9.860	7.905	0.435	1.447	1.886	2.344	11.500	7.591	0.410	1.944	1.996	2.073	13.140	9.180	0.362	2.426	1.734	2.003	14.780	9.940	0.603	2.437	1.472	2.074
8.240	7.150	0.445	1.108	1.831	2.104	9.880	7.977	0.459	1.465	1.915	2.322	11.520	7.661	0.409	1.935	1.988	2.288	13.160	8.897	0.360	2.412	1.712	2.385	14.800	10.187	0.624	2.456	1.475	2.043
8.260	7.150	0.450	1.104	1.839	2.353	9.900	8.083	0.469	1.436	1.915	2.207	11.540	7.485	0.420	1.920	1.990	2.134	13.180	8.862	0.364	2.410	1.726	1.834	14.820	10.310	0.615	2.526	1.493	1.896
8.280	7.149	0.450	1.104	1.839	2.105	9.920	8.294	0.461	1.392	1.935	2.206	11.560	7.204	0.433	1.901	2.016	2.081	13.200	8.685	0.362	2.416	1.702	2.343	14.840	10.734	0.616	2.522	1.464	2.234
8.300	7.282	0.458	1.246	1.829	2.094	9.940	8.293	0.469	1.375	1.912	2.448	11.580	7.240	0.439	1.892	1.984	2.257	13.220	8.543	0.361	2.422	1.682	2.436	14.860	10.451	0.614	2.479	1.482	1.976
8.320	7.138	0.454	1.376	1.837	2.328	9.960	8.188	0.485	1.304	1.904	2.197	11.600	6.923	0.450	1.887	1.998	2.230	13.240	8.473	0.359	2.418	1.686	2.059	14.880	10.345	0.600	2.459	1.474	2.122
8.340	6.908	0.430	1.480	1.842	2.121	9.980	8.540	0.485	1.286	1.896	2.237	11.620	6.993	0.455	1.882	1.998	2.047	13.260	8.260	0.350	2.412	1.712	2.000	14.900	10.451	0.572	2.446	1.441	2.095
8.360	6.909	0.420	1.469	1.858	2.081	10.000	8.890	0.492	1.247	1.896	2.356	11.640	6.853	0.431	1.878	1.982	2.245	13.280	8.120	0.344	2.408	1.692	2.094	14.920	10.804	0.577	2.440	1.442	1.980
8.380	7.261	0.428	1.512	1.860	2.160	10.020	8.995	0.494	1.264	1.888	2.394	11.660	6.889	0.421	1.872	2.006	2.134	13.300	8.189	0.339	2.408	1.692	2.215	14.940	10.838	0.603	2.437	1.456	2.135
8.400	7.261	0.426	1.580	1.865	2.212	10.040	9.134	0.500	1.132	1.904	2.213	11.680	6.748	0.411	1.863	1.984	2.040	13.320	4.949	0.308	2.307	1.702	2.036	14.960	10.907	0.648	2.430	1.449	2.001
8.420	7.436	0.421	1.624	1.860	1.943	10.060	9.203	0.494	0.736	1.909	2.228	11.700	6.431	0.400	1.853	2.010	2.270	13.340	4.389	0.308	2.428	1.692	2.133	14.980	10.941	0.681	2.419	1.438	2.158
8.440	7.331	0.411	1.606	1.858	2.186	10.080	8.813	0.517	1.040	1.899	2.578	11.720	6.397	0.400	1.851	1.994	2.145	13.360	8.088	0.361	2.517	1.671	2.121	15.000	11.398	0.707	2.445	1.438	1.968
8.460	7.717	0.386	1.550	1.860	2.135	10.100	8.671	0.532	1.124	1.912	2.276	11.740	6.220	0.388	1.851	1.991	2.089	13.380	8.370	0.360	2.521	1.655	2.035	15.020	11.006	0.723	2.394	1.441	2.000
8.480	7.715	0.383	1.545	1.868	2.025	10.120	8.598	0.540	1.142	1.893	2.127	11.760	6.326	0.382	1.860	1.993	2.158	13.400	8.370	0.362	2.522	1.697	2.161	15.040	10.968	0.743	2.390	1.445	2.251
8.500	7.678	0.403	1.517	1.878	2.176	10.140	9.125	0.530	1.136	1.878	2.538	11.780	6.432	0.386	1.868	2.030	2.136	13.420	8.475	0.370	2.525	1.676	1.989	15.060	11.355	0.734	2.384	1.434	2.054
8.520	7.887	0.421	1.516	1.870	2.102	10.160	9.653	0.525	1.159	1.865	2.258	11.800	6.609	0.384	1.871	1.993	2.059	13.440	8.475	0.365	2.524	1.642	2.058	15.080	11.495	0.734	2.381	1.441	2.108
8.540	8.344	0.430	1.536	1.876	2.031	10.180	9.650	0.536	1.173	1.888	2.195	11.820	6.052	0.350	1.903	2.019	2.307	13.460	8.475	0.359	2.527	1.679	2.271	15.100	11.634	0.726	2.385	1.456	2.078
8.560	8.342	0.459	1.582	1.873	2.294	10.200	9.542	0.552	1.108	1.883	2.250	11.840	6.617	0.372	1.898	2.009	2.158	13.480	8.474	0.349	2.529	1.676	1.973	15.120	11.807	0.720	2.394	1.438	1.907
8.580	8.201	0.468	1.586	1.858	2.073	10.220	9.680	0.544	1.076	1.883	2.229	11.860	6.584	0.376	1.897	2.011	2.079	13.500	8.649	0.345	2.538	1.673	2.173	15.140	12.014	0.730	2.395	1.427	2.112
8.600	8.271	0.456	1.516	1.873	2.015	10.240	9.430	0.565	0.972	1.899	2.239	11.880	6.620	0.381	1.901	2.021	2.322	13.520	8.754	0.346	2.546	1.649	2.082	15.160	12.257	0.736	2.349	1.409	2.076
8.620	8.024	0.452	1.430	1.861	2.345	10.260	9.570	0.580	0.910	1.909	2.332	11.900	6.657	0.386	1.904	2.014	2.107	13.540	8.963	0.335	2.561	1.639	2.013	15.180	12.146	0.763	2.318	1.405	1.938
8.640	7.634	0.443	1.346	1.853	2.032	10.280	9.426	0.599	0.876	1.893	2.237	11.920	7.080	0.375	1.909	2.016	2.142	13.560	8.892	0.330	2.562	1.628	2.234	15.200	11.788	0.802	2.293	1.398	2.159
8.660	7.280	0.447	1.217	1.886	2.083	10.300	9.176	0.621	0.911	1.883	2.246	11.940	7.152	0.372	1.915	2.021	2.373	13.580	8.752	0.329	2.559	1.629	2.087	15.220	11.891	0.806	2.292	1.390	2.001
8.680	6.962	0.439	1.292	1.876	2.237	10.320	8.926	0.661	0.925	1.904	2.170	11.960	7.433	0.361	1.924	2.021	2.149	13.600	8.504	0.322	2.551	1.633	2.033	15.240	12.029	0.821	2.282	1.383	2.039
8.700	6.819	0.421	1.373	1.873	1.979	10.340	8.728	0.630	0.989	1.883	2.551	11.980	7.855	0.346	1.936	2.016	2.111	13.620	8.046	0.315	2.529	1.637	2.186	15.260	12.343	0.854	2.294	1.369	2.016
8.720	6.817	0.426	1.462	1.873	1.998	10.360	8.833	0.646	0.998	1.901	2.285	12.000	8.102	0.332	1.942	1.998	2.000	13.640	7.835	0.313	2.518	1.615	2.076	15.280	11.861	0.861	2.090	1.354	2.000
8.740	6.782	0.438	1.621	1.880	2.229	10.380	8.797	0.639	1.023	1.901	1.983	12.020	8.278	0.338	1.935	1.980	2.000	13.660	7.694	0.309	2.501	1.648	1.926	15.300	11.397	0.829	2.262	1.372	1.995
8.760	7.061	0.432	1.597	1.883	2.049	10.400	8.585	0.643	1.049	1.901	2.000	12.040	8.490	0.346	1.933	1.980	2.371	13.680	7.517	0.311	2.480	1.633	2.205	15.320	11.963	0.860	2.152	1.354	2.031
8.780	7.235	0.438	1.571	1.875	2.122	10.420	8.338	0.645	1.087	1.901	2.514	12.060	8.245	0.378	1.934	1.980	2.142	13.700	7.446	0.313	2.472	1.613	2.006	15.340	12.000	0.861	2.008	1.341	1.929
8.800	7.128	0.435	1.578	1.873	2.059	10.440	8.161	0.632	1.085	1.894	2.368	12.080	8.315	0.387	1.938	1.960	2.253	13.720	7.411	0.326	2.470	1.641	2.208	15.360	12.213	0.868	2.041	1.359	2.115
8.820	7.161	0.447	1.593	1.880	2.039	10.460	8.160	0.620	1.077	1.907	2.137	12.100	8.667	0.384	1.955	1.967	2.165	13.740	7.797	0.328	2.485	1.631	2.193	15.380	12.000	0.883	2.035	1.366	1.793
8.840	7.792	0.453	1.625	1.904	2.165	10.480	7.946	0.608	1.082	1.888	2.594	12.120	8.703	0.386	1.950	1.913	2.076	13.760	8.008	0.339	2.489	1.631	1.942	15.400	12.000	0.877	2.082	1.357	1.615
8.860	8.341	0.422	1.739	1.896	2.110	10.500	7.909	0.583	1.075	1.917	2.081	12.140	8.596	0.395	1.947	1.923	2.054	13.780	8.148	0.332	2.481	1.613	2.126	15.420	11.715	0.872	2.199	1.358	2.170
8.880	9.011	0.418	1.685	1.888	1.971	10.520	8.083	0.541	1.072	1.909	2.424	12.160	8.491	0.390	1.937	1.921	2.303	13.800	8.254	0.331	2.437	1.609	2.120	15.440	11.714	0.878	2.261	1.340	1.956
8.900	9.683	0.402	1.461	1.894	2.239	10.540	8.327	0.513	1.076	1.912	2.246	12.180	8.350	0.384	1.941	1.923	2.100	13.820	8.006	0.360	2.399	1.607	2.013	15.460	11.817	0.884	2.323	1.371	2.101
8.920	9.260	0.433	0.909	1.912	2.085	10.560	7.974	0.507	1.083	1.904	2.231	12.200	8.456	0.389	1.945	1.915	2.170	13.840	7.408	0.372	2.322	1.591	2.158	15.480	11.954	0.892	2.310	1.361	1.964
8.940	9.402	0.440	0.644	1.907	1.918	10.580	7.621	0.489	1.098	1.922	2.229	12.220	8.526	0.392	1.957														

<div><div>Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022</div></div>	ID Prova: SCPTU 1 Profondita falda: 2,60 mt da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF	Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto																										
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
16.420	18.121	0.266	3.046	1.302	2.261	18.060	81.338	1.189	0.097	1.134	2.134	19.700	17.949	0.668	0.799	1.708	1.834	21.340	12.311	0.301	0.939	1.456	1.896	22.980	54.321	0.932	0.076	1.650	2.055
16.440	20.000	0.293	3.096	1.289	2.095	18.080	91.511	1.299	0.024	1.124	2.081	19.720	17.349	0.654	0.759	1.738	2.343	21.360	11.888	0.292	0.939	1.433	2.234	23.000	62.958	0.982	0.208	1.658	2.137
16.460	21.170	0.346	3.038	1.309	2.055	18.100	98.742	1.358	0.119	1.118	2.257	19.740	16.998	0.674	0.739	1.722	2.436	21.380	11.854	0.293	0.943	1.436	1.976	23.020	65.002	0.971	0.369	1.674	2.084
16.480	22.341	0.436	3.031	1.307	2.137	18.120	106.079	1.369	0.169	1.106	2.230	19.760	16.080	0.705	0.710	1.725	2.059	21.400	11.714	0.299	0.955	1.430	2.122	23.040	64.620	0.920	0.473	1.682	1.960
16.500	23.051	0.513	3.136	1.286	2.084	18.140	111.598	1.253	0.200	1.118	2.047	19.780	15.056	0.736	0.696	1.740	2.000	21.420	12.071	0.307	0.966	1.439	2.095	23.060	63.623	0.818	0.474	1.691	2.234
16.520	23.939	0.609	2.468	1.291	1.960	18.160	117.044	0.980	0.253	1.122	2.245	19.800	15.056	0.736	2.295	1.740	2.094	21.440	12.286	0.319	0.973	1.429	1.980	23.080	61.429	0.588	0.543	1.682	2.038
16.540	23.765	0.668	1.828	1.293	2.234	18.180	119.312	0.768	0.285	1.146	2.134	19.820	14.455	0.628	2.593	1.737	2.215	21.460	12.571	0.327	0.971	1.428	2.135	23.100	60.397	0.405	0.261	1.698	2.242
16.560	23.589	0.703	1.450	1.284	2.038	18.200	121.856	0.491	0.272	1.164	2.040	19.840	13.856	0.622	2.578	1.737	2.036	21.480	12.751	0.339	0.960	1.429	2.001	23.120	60.253	0.323	0.251	1.690	2.212
16.580	22.706	0.831	1.946	1.267	2.242	18.220	123.772	0.379	0.205	1.146	2.270	19.860	13.540	0.610	2.491	1.752	2.133	21.500	12.752	0.376	0.946	1.436	2.158	23.140	61.784	0.402	0.223	1.688	2.125
16.600	22.813	0.879	2.359	1.253	2.212	18.240	124.676	0.412	0.122	1.130	2.145	19.880	13.045	0.578	2.397	1.737	2.121	21.520	12.507	0.408	0.942	1.418	1.968	23.160	63.826	0.540	0.210	1.697	2.080
16.620	21.893	0.936	2.777	1.253	2.125	18.260	122.785	0.495	0.060	1.160	2.089	19.900	12.019	0.562	2.347	1.730	2.035	21.540	12.651	0.432	0.946	1.449	2.000	23.180	65.769	0.612	0.208	1.697	2.254
16.640	21.821	0.931	3.029	1.239	2.080	18.280	117.992	0.570	0.043	1.179	2.158	19.920	11.631	0.538	2.330	1.735	2.161	21.560	12.971	0.446	0.961	1.472	2.251	23.200	66.960	0.681	0.216	1.721	2.134
16.660	22.066	0.923	3.550	1.234	2.254	18.300	116.207	0.611	0.076	1.191	2.136	19.940	11.100	0.523	2.371	1.755	1.989	21.580	13.822	0.466	0.984	1.464	2.054	23.220	68.288	0.645	0.277	1.689	2.264
16.680	22.628	0.890	3.817	1.234	2.134	18.320	115.782	0.628	0.208	1.198	2.059	19.960	11.100	0.477	2.472	1.748	2.058	21.600	14.956	0.490	1.009	1.473	2.108	23.240	72.246	0.557	0.422	1.657	2.198
16.700	22.801	0.858	3.777	1.233	2.264	18.340	117.280	0.592	0.119	1.217	2.307	19.980	11.985	0.419	2.548	1.746	2.271	21.620	15.381	0.490	1.015	1.472	2.078	23.260	79.244	0.525	0.375	1.697	2.112
16.720	23.044	0.805	3.518	1.217	2.198	18.360	117.660	0.598	0.169	1.225	2.158	20.000	12.939	0.391	2.587	1.744	1.973	21.640	13.259	0.465	0.919	1.472	1.907	23.280	92.718	0.592	0.303	1.697	2.287
16.740	23.570	0.800	3.614	1.211	2.112	18.380	116.223	0.643	0.200	1.240	2.079	20.020	13.646	0.359	2.593	1.749	2.173	21.660	12.659	0.463	0.960	1.457	2.112	23.300	110.780	0.705	0.303	1.698	2.121
16.760	22.646	0.829	3.747	1.200	2.287	18.400	112.968	0.678	0.253	1.249	2.322	20.040	14.142	0.329	2.577	1.738	2.082	21.680	12.659	0.418	0.985	1.488	2.076	23.320	136.741	0.850	0.272	1.713	2.098
16.780	21.722	0.807	3.668	1.204	2.121	18.420	110.484	0.744	0.285	1.261	2.107	20.060	13.682	0.325	2.520	1.723	2.013	21.700	12.448	0.388	0.992	1.464	1.938	23.340	155.362	1.052	0.319	1.681	2.286
16.800	21.273	0.714	4.201	1.203	2.098	18.440	108.520	0.838	0.272	1.314	2.142	20.080	13.541	0.336	2.497	1.737	2.234	21.720	12.625	0.360	1.019	1.496	2.159	23.360	163.710	1.014	0.393	1.681	2.149
16.820	21.980	0.727	4.634	1.186	2.246	18.460	107.712	0.769	0.205	1.291	2.373	20.100	14.497	0.340	2.530	1.714	2.087	21.740	12.696	0.353	1.022	1.496	2.001	23.380	163.288	0.935	0.092	1.681	2.212
16.840	21.026	0.750	3.838	1.185	2.170	18.480	109.243	0.665	0.122	1.293	2.149	20.120	17.718	0.413	2.696	1.702	2.033	21.760	13.157	0.327	1.036	1.496	2.039	23.400	153.323	0.659	0.022	1.657	2.258
16.860	21.486	0.690	4.036	1.200	2.551	18.500	110.459	0.574	0.060	1.323	2.111	20.140	23.486	0.425	2.841	1.700	2.186	21.780	13.157	0.327	1.348	1.504	2.016	23.420	140.561	0.427	0.044	1.673	2.040
16.880	22.052	0.657	4.643	1.200	2.285	18.520	111.010	0.629	0.043	1.328	2.000	20.160	29.219	0.466	1.336	1.708	2.076	21.800	13.739	0.316	1.432	1.512	2.000	23.440	130.141	0.307	0.101	1.656	2.343
16.900	21.203	0.668	3.941	1.193	1.983	18.540	113.416	0.725	0.076	1.346	2.000	20.180	34.457	0.588	0.119	1.638	1.926	21.820	13.811	0.348	1.420	1.496	1.995	23.460	124.194	0.292	0.078	1.656	2.160
16.920	21.131	0.678	4.401	1.187	2.000	18.560	116.588	0.756	0.208	1.350	2.371	20.200	36.332	0.690	0.169	1.658	2.205	21.840	13.849	0.382	1.412	1.496	2.031	23.480	121.182	0.307	0.052	1.672	2.111
16.940	21.696	0.663	4.820	1.168	2.514	18.580	118.606	0.706	0.369	1.357	2.142	20.220	36.899	0.725	0.200	1.646	2.006	21.860	13.884	0.409	1.408	1.488	1.929	23.500	122.537	0.332	0.119	1.656	2.374
16.960	23.887	0.655	5.657	1.173	2.368	18.600	120.623	0.598	0.473	1.366	2.253	20.240	38.952	0.682	0.253	1.652	2.208	21.880	13.532	0.437	1.387	1.473	2.115	23.520	126.997	0.404	0.169	1.656	1.994
16.980	26.362	0.657	6.065	1.149	2.137	18.620	122.746	0.420	0.474	1.373	2.165	20.260	39.306	0.644	0.285	1.644	2.193	21.900	13.037	0.467	1.372	1.488	1.793	23.540	135.406	0.492	0.200	1.672	2.315
17.000	29.898	0.648	4.836	1.150	2.594	18.640	125.601	0.301	0.543	1.384	2.076	20.280	39.686	0.652	0.272	1.652	1.942	21.920	12.932	0.479	1.388	1.496	1.615	23.560	150.799	0.594	0.253	1.696	2.154
17.020	30.606	0.643	4.773	1.166	2.081	18.660	127.867	0.267	0.261	1.413	2.054	20.300	42.777	0.502	0.205	1.638	2.126	21.940	12.683	0.484	1.413	1.504	2.170	23.580	169.547	0.702	0.285	1.656	2.089
17.040	32.933	0.712	3.176	1.156	2.424	18.680	124.713	0.247	0.251	1.409	2.303	20.320	44.079	0.690	0.122	1.654	2.120	21.960	12.824	0.464	1.442	1.496	1.956	23.600	188.366	0.810	0.272	1.632	2.211
17.060	33.852	0.829	4.029	1.148	2.246	18.700	109.470	0.237	0.223	1.440	2.100	20.340	44.970	0.798	0.060	1.632	2.013	21.980	13.141	0.458	1.465	1.496	2.101	23.620	199.161	0.863	0.205	1.648	2.266
17.080	33.391	1.025	3.633	1.160	2.231	18.720	98.215	0.236	0.210	1.446	2.170	20.360	39.297	0.985	0.043	1.390	2.158	22.000	13.954	0.443	1.502	1.504	1.964	23.640	198.411	0.911	0.122	1.640	2.150
17.100	33.850	1.110	3.498	1.148	2.229	18.740	62.391	0.227	0.208	1.435	2.270	20.380	33.567	1.001	0.076	1.611	2.057	22.020	14.943	0.427	1.532	1.513	1.918	23.660	187.164	0.924	0.060	1.640	2.187
17.120	34.872	1.223	3.239	1.146	2.574	18.760	47.556	0.351	0.216	1.453	2.300	20.400	23.944	0.972	0.208	1.617	2.025	22.040	15.932	0.416	1.559	1.472	2.107	23.680	173.208	0.809	0.043	1.632	2.269
17.140	36.356	1.403	3.821	1.146	2.216	18.780	37.239	0.688	0.277	1.466	2.059	20.420	18.001	0.873															

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>						Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonico Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: SCPTU 1 Profondita falda: 2,60 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
24.620	159.789	0.305	0.157	1.515	2.081	26.260	117.912	0.201	0.270	1.513	2.067	27.900	18.714	0.702	2.213	1.635	2.201	29.540	49.276	0.860	2.422	1.798	2.025						
24.640	167.157	0.327	0.245	1.538	2.225	26.280	117.662	0.153	0.281	1.533	2.239	27.920	19.353	0.662	2.252	1.628	2.085	29.560	42.888	0.705	2.418	1.810	2.239						
24.660	179.625	0.310	0.347	1.538	2.117	26.300	119.056	0.120	0.329	1.527	2.107	27.940	19.389	0.648	2.285	1.642	2.017	29.580	39.880	0.619	2.412	1.795	2.108						
24.680	195.281	0.312	0.443	1.554	2.093	26.320	123.213	0.135	0.394	1.557	2.068	27.960	19.283	0.655	2.329	1.638	2.373	29.600	39.880	0.619	2.408	1.798	2.001						
24.700	208.793	0.311	0.507	1.570	2.179	26.340	128.589	0.168	0.808	1.534	2.246	27.980	19.426	0.667	2.346	1.635	2.095	29.620	39.880	0.619	2.408	1.796	2.237						
24.720	216.597	0.337	0.548	1.546	2.082	26.360	132.650	0.173	0.193	1.552	2.177	28.000	19.143	0.694	2.371	1.635	2.007	29.640	31.221	0.850	2.307	1.791	2.078						
24.740	221.912	0.332	0.566	1.547	2.089	26.380	137.342	0.184	0.136	1.537	2.070	28.020	18.894	0.703	2.385	1.642	2.293	29.660	30.405	0.819	2.428	1.802	2.001						
24.760	219.976	0.349	0.554	1.556	2.213	26.400	141.402	0.195	0.192	1.522	2.138	28.040	18.930	0.732	2.389	1.628	2.115	29.680	30.013	0.788	2.517	1.788	2.288						
24.780	216.849	0.378	0.554	1.540	2.107	26.420	143.331	0.193	0.210	1.534	2.310	28.060	18.435	0.779	2.391	1.634	2.036	29.700	30.787	0.802	2.521	1.791	2.020						
24.800	208.571	0.464	1.383	1.548	2.000	26.440	143.791	0.161	0.257	1.539	2.166	28.080	18.435	0.797	2.388	1.645	2.163	29.720	31.846	0.814	2.522	1.810	2.142						
24.820	217.897	0.388	1.136	1.549	2.324	26.460	143.831	0.111	0.160	1.547	2.117	28.100	18.294	0.815	2.378	1.643	2.076	29.740	33.362	0.935	2.525	1.795	2.237						
24.840	220.497	0.400	1.168	1.587	2.018	26.480	142.855	0.127	0.202	1.547	2.092	28.120	17.869	0.839	2.373	1.652	2.161	29.760	36.540	1.017	2.524	1.798	2.001						
24.860	224.672	0.419	1.152	1.542	2.297	26.500	141.738	0.132	0.216	1.539	2.000	28.140	17.197	0.873	2.373	1.642	2.150	29.780	39.540	1.029	2.527	1.798	2.140						
24.880	229.125	0.418	1.119	1.543	2.139	26.520	142.298	0.133	0.254	1.560	2.154	28.160	16.525	0.907	2.422	1.652	2.062	29.800	44.008	1.060	2.529	1.795	2.225						
24.900	232.806	0.403	1.080	1.518	2.142	26.540	144.884	0.140	0.303	1.547	2.425	28.180	16.596	0.888	2.459	1.667	1.998	29.820	42.755	0.714	2.538	1.798	2.082						
24.920	234.312	0.402	1.137	1.500	2.196	26.560	150.020	0.145	0.370	1.572	2.171	28.200	16.418	0.842	2.496	1.674	2.000	29.840	47.812	0.737	2.546	1.798	1.822						
24.940	234.517	0.403	1.011	1.503	2.189	26.580	157.568	0.152	0.437	1.550	2.231	28.220	16.277	0.800	2.548	1.635	2.195	29.860	46.481	0.750	2.561	1.798	2.472						
24.960	233.040	0.404	1.138	1.519	2.070	26.600	163.891	0.156	0.488	1.557	2.336	28.240	16.205	0.717	2.611	1.655	2.152	29.880	44.193	0.749	2.562	1.798	2.003						
24.980	232.015	0.392	1.130	1.519	2.180	26.620	171.822	0.165	0.547	1.575	2.331	28.260	16.133	0.642	2.627	1.653	2.302	29.900	42.211	0.775	2.559	1.798	2.048						
25.000	232.285	0.403	1.234	1.527	2.161	26.640	180.764	0.196	0.610	1.557	2.171	28.280	15.602	0.568	2.674	1.640	2.130	29.920	39.020	0.815	2.551	1.810	1.977						
25.020	232.239	0.412	1.277	1.505	1.953	26.660	188.974	0.200	0.672	1.588	2.344	28.300	15.248	0.523	2.712	1.655	2.073	29.940	36.755	0.775	2.529	1.795	2.003						
25.040	230.439	0.418	1.220	1.512	2.104	26.680	198.211	0.213	0.727	1.560	2.322	28.320	14.294	0.473	4.141	1.662	2.288	29.960	34.242	0.822	2.518	1.798	2.385						
25.060	227.379	0.414	1.146	1.496	2.353	26.700	204.863	0.216	0.524	1.560	2.207	28.340	14.723	0.450	4.244	1.662	2.134	29.980	33.675	0.797	2.501	1.798	1.834						
25.080	223.864	0.417	1.164	1.481	2.105	26.720	208.433	0.224	0.510	1.578	2.206	28.360	14.445	0.430	4.321	1.665	2.081	30.000	35.762	0.813	2.480	1.795	2.343						
25.100	218.878	0.412	1.029	1.498	2.094	26.740	210.110	0.257	0.439	1.588	2.448	28.380	14.058	0.417	4.392	1.666	2.257	30.020	46.338	0.941	2.472	1.796	2.436						
25.120	211.751	0.404	1.043	1.506	2.328	26.760	210.597	0.281	0.476	1.560	2.197	28.400	13.744	0.414	4.457	1.672	2.230	30.040	52.691	1.086	2.470	1.791	2.059						
25.140	201.087	0.408	1.017	1.481	2.121	26.780	210.907	0.282	0.563	1.585	2.237	28.420	13.641	0.394	4.558	1.665	2.047	30.060	57.436	0.936	2.485	1.802	2.000						
25.160	192.947	0.399	0.990	1.482	2.081	26.800	148.139	0.345	0.612	1.581	2.356	28.440	13.609	0.384	4.682	1.672	2.245	30.080	56.204	0.812	2.489	1.788	2.094						
25.180	183.873	0.372	1.011	1.476	2.160	26.820	209.199	0.308	0.952	1.548	2.394	28.460	13.715	0.383	4.748	1.664	2.134	30.100	55.892	0.690	2.481	1.796	2.215						
25.200	181.695	0.365	1.055	1.445	2.212	26.840	209.731	0.302	0.898	1.589	2.213	28.480	14.074	0.351	4.890	1.671	2.040	30.120	58.072	0.554	2.437	1.791	2.036						
25.220	184.053	0.370	1.208	1.439	1.943	26.860	209.317	0.361	0.853	1.567	2.228	28.500	14.007	0.342	4.967	1.671	2.270	30.140	60.766	0.389	2.399	1.802	2.133						
25.240	189.907	0.370	1.148	1.445	2.186	26.880	208.025	0.417	0.835	1.577	2.578	28.520	14.081	0.333	5.008	1.700	2.145	30.160	67.182	0.264	2.322	1.788	2.121						
25.260	195.843	0.360	1.000	1.438	2.135	26.900	206.977	0.421	0.828	1.592	2.276	28.540	14.081	0.333	5.008	1.688	2.089	30.180	73.392	0.337	2.295	1.791	2.035						
25.280	201.602	0.329	1.127	1.432	2.025	26.920	203.404	0.409	0.781	1.601	2.127	28.560	14.045	0.331	5.016	1.692	2.158	30.200	79.228	0.555	2.286	1.81							



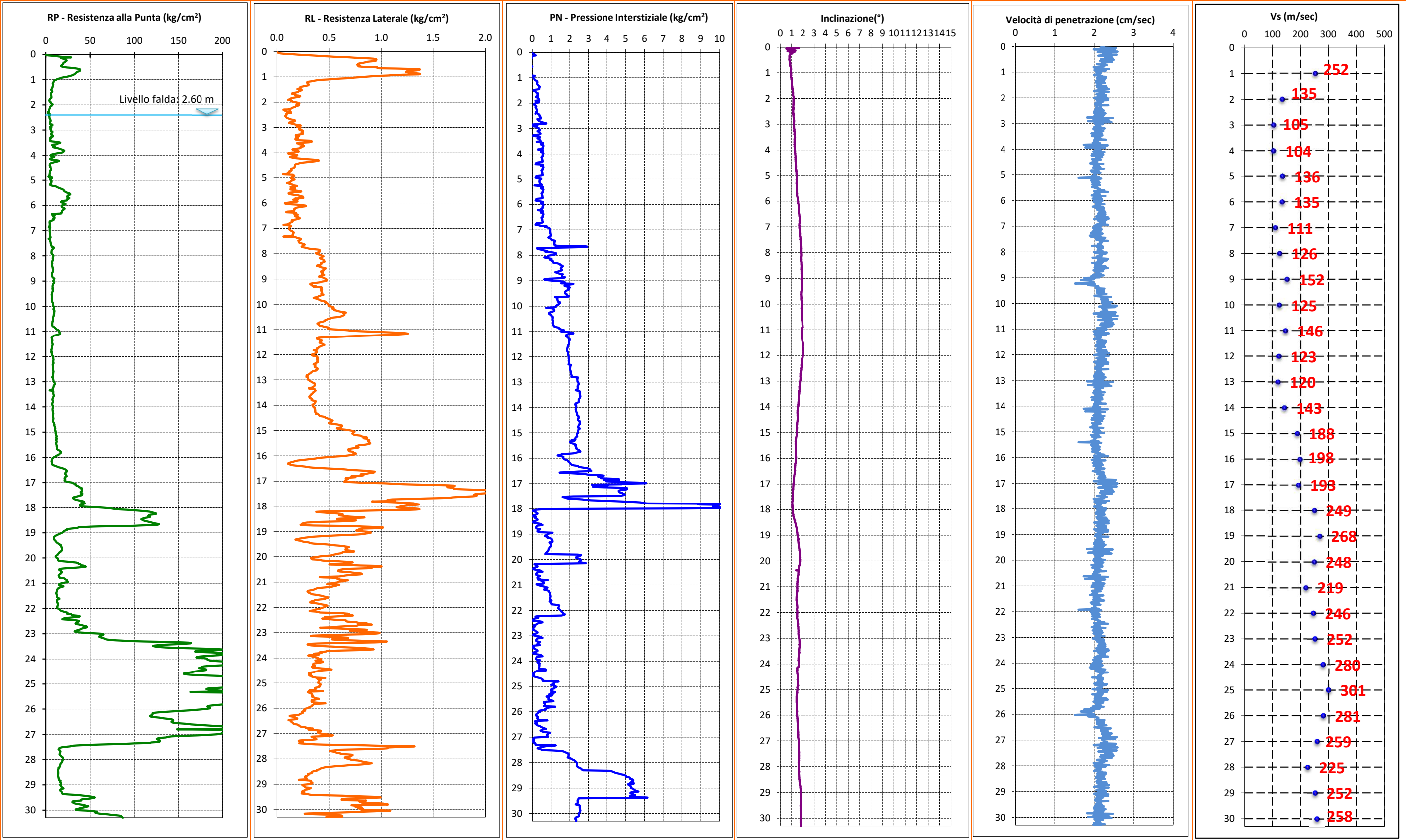
Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio
Cantiere: San carlo - via G.Verga
Data: 28/02/2022

ID Prova: SCPTU 1
Profondità falda: 2,60 mt da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
Punta sismica: Tecnopenta CPLSD
RIF. 45/22GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE)
[tel 3383646278](tel:3383646278) - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

GRAFICI PROVA SCPTU 1





Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio
Cantiere: San carlo - via G.Verga
Data: 28/02/2022

ID Prova: SCPTU 1
Profondita falda: 2,60 mt da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
Punta sismica: Tecnopenta CPLSD
RIF. 45/22GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE)
[tel 3383646278](tel:3383646278) - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

Vs 30 e ANAGRAFICA PROVA SCPTU 1

prof. (p)	prof.(cs)	Dist (L)	Tempo (t)	VsP	L2-L1	t2-t1	VsL		
m	m	m	sec	m/sec	m	sec	m/sec		
0.00	0.00	0.00	0.0000						
1.30	1.00	1.8028	0.0072	252	1.80	0.0072	252	1.00	0.00397
2.30	2.00	2.5000	0.0123	203	0.70	0.0052	135	1.00	0.00741
3.30	3.00	3.3541	0.0205	164	0.85	0.0081	105	1.00	0.00952
4.30	4.00	4.2720	0.0292	146	0.92	0.0088	104	1.00	0.00958
5.30	5.00	5.2202	0.0362	144	0.95	0.0070	136	1.00	0.00735
6.30	6.00	6.1847	0.0434	143	0.96	0.0072	135	1.00	0.00741
7.30	7.00	7.1589	0.0521	137	0.97	0.0088	111	1.00	0.00900
8.30	8.00	8.1394	0.0599	136	0.98	0.0078	126	1.00	0.00793
9.30	9.00	9.1241	0.0664	137	0.98	0.0065	152	1.00	0.00658
10.30	10.00	10.1119	0.0743	136	0.99	0.0079	125	1.00	0.00801
11.30	11.00	11.1018	0.0811	137	0.99	0.0068	146	1.00	0.00683
12.30	12.00	12.0934	0.0891	136	0.99	0.0080	123	1.00	0.00811
13.30	13.00	13.0863	0.0974	134	0.99	0.0083	120	1.00	0.00832
14.30	14.00	14.0801	0.1043	135	0.99	0.0070	143	1.00	0.00700
15.30	15.00	15.0748	0.1096	138	0.99	0.0053	188	1.00	0.00531
16.30	16.00	16.0702	0.1146	140	1.00	0.0050	198	1.00	0.00505
17.30	17.00	17.0660	0.1198	142	1.00	0.0052	193	1.00	0.00519
18.30	18.00	18.0624	0.1238	146	1.00	0.0040	249	1.00	0.00401
19.30	19.00	19.0591	0.1275	149	1.00	0.0037	268	1.00	0.00373
20.30	20.00	20.0562	0.1315	152	1.00	0.0040	248	1.00	0.00403
21.30	21.00	21.0535	0.1361	155	1.00	0.0046	219	1.00	0.00457
22.30	22.00	22.0511	0.1402	157	1.00	0.0041	246	1.00	0.00407
23.30	23.00	23.0489	0.1441	160	1.00	0.0040	252	1.00	0.00397
24.30	24.00	24.0468	0.1477	163	1.00	0.0036	280	1.00	0.00357
25.30	25.00	25.0450	0.1510	166	1.00	0.0033	301	1.00	0.00333
26.30	26.00	26.0432	0.1545	169	1.00	0.0036	281	1.00	0.00356
27.30	27.00	27.0416	0.1584	171	1.00	0.0038	259	1.00	0.00386
28.30	28.00	28.0401	0.1628	172	1.00	0.0044	225	1.00	0.00445
29.30	29.00	29.0388	0.1668	174	1.00	0.0040	252	1.00	0.00398
30.30	30.00	30.0375	0.1707	176	1.00	0.0039	258	1.00	0.00388

172.9

prof.(cs): profondità cono sismico
prof. (p): profondità piezocono
prof. (p): profondità piezocono
D1: distanza fra la sorgente del rumore S - geofono triassiale (L)
Tempo (t): tempo d'arrivo dell'onda a S
VsP: velocità del suono nel percorso fra S ed L - Vs puntuale alla profondità
VsL: Vs per ogni livello (L2 - L1)/(t2 - t1)

Nel calcolo delle Vs30 è da intendersi un possibile valore di indeterminatezza del +/- 20% del valore ricavato

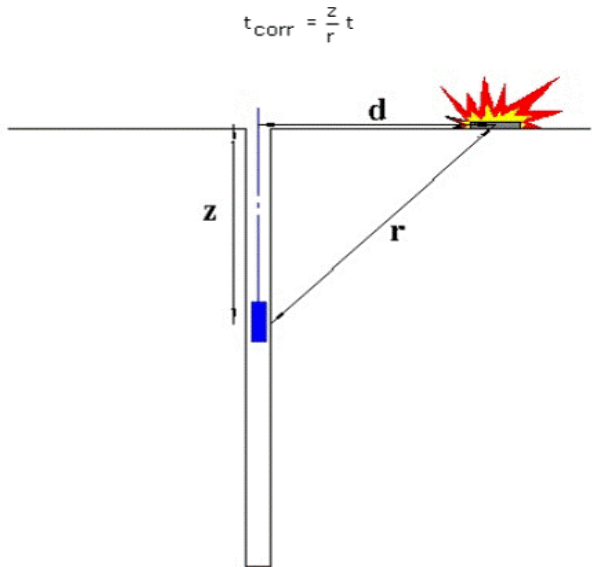






Figura 1 – Schema di down hole con metodo diretto



<div><div><div>Geo.Fe.</div><div>INDAGINI GEOLOGICHE</div></div></div>						Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: CPTU 2 Profondita falda: 2,30 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
0.020	5.050	0.006	0.011	0.128	1.746	1.660	18.614	1.470	-0.319	1.348	1.439	3.300	8.594	0.389	1.030	1.979	1.902	4.940	20.987	0.102	0.483	2.494	1.821	6.580	8.403	0.392	0.041	2.903	1.902
0.040	19.172	0.039	0.092	0.420	1.713	1.680	17.537	1.398	-0.322	1.353	1.419	3.320	7.887	0.408	1.046	1.986	2.249	4.960	21.340	0.111	0.486	2.503	1.873	6.600	7.445	0.419	0.264	2.912	2.206
0.060	25.612	0.099	0.084	0.886	1.810	1.700	17.239	1.325	-0.320	1.370	1.567	3.340	7.356	0.418	1.035	1.991	1.945	4.980	22.435	0.100	0.470	2.514	2.041	6.620	6.765	0.390	0.366	2.896	1.973
0.080	27.914	0.144	0.026	0.898	1.835	1.720	16.060	1.253	-0.324	1.377	2.066	3.360	7.214	0.429	1.048	1.985	2.061	5.000	22.575	0.129	0.365	2.520	1.981	6.640	6.579	0.340	0.390	2.896	1.943
0.100	27.419	0.157	-0.003	0.869	1.647	1.740	14.806	1.156	-0.328	1.378	2.000	3.380	7.422	0.423	1.102	1.996	2.101	5.020	20.801	0.159	0.295	2.525	1.941	6.660	6.007	0.322	0.441	2.913	2.202
0.120	25.509	0.234	-0.037	0.911	1.969	1.760	14.088	1.094	-0.328	1.401	1.375	3.400	7.700	0.409	1.144	2.015	2.030	5.040	21.190	0.159	0.241	2.532	2.121	6.680	5.932	0.299	0.513	2.904	1.957
0.140	25.794	0.262	-0.054	0.897	1.647	1.780	13.188	1.026	-0.328	1.421	1.249	3.420	7.521	0.386	1.142	2.017	2.028	5.060	21.790	0.183	0.206	2.534	2.028	6.700	5.747	0.259	0.591	2.907	2.000
0.160	18.470	0.279	-0.110	0.889	1.783	1.800	12.395	0.969	-0.328	1.448	2.000	3.440	7.341	0.357	1.089	2.024	2.058	5.080	23.877	0.144	0.172	2.532	1.921	6.720	5.492	0.175	0.684	2.908	2.016
0.180	15.286	0.256	-0.126	0.886	1.717	1.820	11.639	0.921	-0.328	1.463	2.000	3.460	7.127	0.330	1.009	2.030	2.004	5.100	24.053	0.132	0.179	2.521	2.082	6.740	5.271	0.128	0.802	2.923	1.866
0.200	13.727	0.239	-0.132	0.932	1.716	1.840	11.137	0.898	-0.327	1.463	2.000	3.480	7.230	0.318	0.970	2.041	2.139	5.120	23.768	0.103	0.185	2.533	1.983	6.760	5.230	0.118	0.893	2.919	1.976
0.220	12.280	0.313	-0.137	0.923	1.714	1.860	9.657	0.868	-0.053	1.463	1.219	3.500	6.909	0.303	0.978	2.035	2.041	5.140	23.024	0.080	0.188	2.530	1.854	6.780	5.295	0.120	0.968	2.916	1.973
0.240	13.486	0.383	-0.128	0.923	1.612	1.880	8.885	0.856	-0.059	1.512	1.300	3.520	6.589	0.293	0.991	2.063	1.966	5.160	21.924	0.081	0.185	2.534	2.256	6.800	5.573	0.130	1.726	2.923	1.934
0.260	14.797	0.409	-0.123	0.955	1.724	1.900	8.816	0.814	-0.059	1.517	1.641	3.540	6.233	0.288	0.959	2.058	2.066	5.180	20.259	0.084	0.178	2.534	2.004	6.820	5.399	0.132	1.869	2.916	2.000
0.280	16.355	0.432	-0.125	0.953	1.702	1.920	8.430	0.767	-0.060	1.525	2.005	3.560	5.808	0.291	0.951	2.049	2.104	5.200	18.170	0.087	0.171	2.524	1.974	6.840	5.119	0.133	1.956	2.928	2.000
0.300	19.045	0.453	-0.129	0.955	1.629	1.940	8.502	0.704	-0.061	1.643	2.000	3.580	5.594	0.302	0.938	2.041	1.920	5.220	15.903	0.102	0.165	2.521	2.269	6.860	5.155	0.131	1.934	2.919	1.874
0.320	19.507	0.530	-0.144	0.982	1.882	1.960	8.433	0.654	-0.060	1.649	1.787	3.600	5.485	0.305	0.971	2.060	2.069	5.240	14.556	0.096	0.160	2.533	1.906	6.880	5.050	0.115	1.925	2.935	1.880
0.340	19.545	0.612	-0.153	0.988	1.208	1.980	8.468	0.629	-0.060	1.643	2.000	3.620	5.306	0.299	1.000	2.065	1.888	5.260	12.785	0.113	0.141	2.535	2.197	6.900	5.121	0.111	1.962	2.931	2.000
0.360	20.010	0.736	-0.163	0.983	1.511	2.000	8.644	0.586	-0.055	1.643	1.985	3.640	4.986	0.289	1.038	2.060	2.128	5.280	12.323	0.131	0.135	2.536	1.992	6.920	5.192	0.111	1.976	2.932	1.811
0.380	19.486	0.813	-0.178	1.004	1.564	2.020	9.242	0.569	-0.047	1.640	1.919	3.660	4.945	0.269	1.051	2.080	2.053	5.300	12.391	0.178	0.110	2.557	1.978	6.940	5.334	0.124	1.940	2.943	2.049
0.400	19.598	0.854	-0.183	1.005	1.590	2.040	9.946	0.570	-0.042	1.654	2.126	3.680	4.977	0.243	1.060	2.068	1.936	5.320	13.908	0.195	0.123	2.553	2.083	6.960	5.545	0.134	1.885	2.943	2.020
0.420	20.347	0.891	-0.182	1.006	1.545	2.060	10.972	0.563	-0.037	1.661	1.931	3.700	5.045	0.234	1.061	2.080	2.063	5.340	14.471	0.184	0.107	2.551	2.043	6.980	5.827	0.147	1.946	2.943	1.933
0.440	22.089	0.898	-0.176	0.997	1.652	2.080	11.680	0.566	-0.034	1.674	2.073	3.720	5.006	0.209	1.062	2.074	1.955	5.360	13.903	0.201	0.069	2.553	2.002	7.000	6.813	0.165	2.109	2.946	2.241
0.460	23.198	0.872	-0.182	0.991	1.490	2.100	12.245	0.566	-0.034	1.668	2.106	3.740	4.686	0.199	1.066	2.085	1.962	5.380	13.510	0.185	0.047	2.572	2.094	7.020	7.237	0.172	2.264	2.964	2.034
0.480	24.056	0.827	-0.190	0.997	1.530	2.120	12.422	0.564	-0.038	1.668	1.811	3.760	4.611	0.186	1.069	2.093	1.990	5.400	12.338	0.165	0.034	2.575	1.858	7.040	6.956	0.185	2.098	2.956	2.088
0.500	24.355	0.832	-0.197	0.988	1.462	2.140	12.563	0.570	-0.041	1.680	2.006	3.780	4.501	0.190	1.073	2.093	2.001	5.420	11.133	0.150	0.012	2.576	1.847	7.060	6.570	0.193	1.968	2.965	2.026
0.520	25.215	0.876	-0.198	0.993	1.588	2.160	12.635	0.601	-0.043	1.680	1.878	3.800	4.288	0.205	1.076	2.098	1.937	5.440	11.942	0.159	-0.016	2.581	2.114	7.080	6.395	0.198	1.938	2.970	1.932
0.540	25.686	0.887	-0.205	1.000	1.471	2.180	12.565	0.635	-0.044	1.676	1.820	3.820	4.109	0.212	1.079	2.098	2.160	5.460	13.884	0.169	-0.032	2.587	1.902	7.100	6.467	0.202	1.855	2.976	2.160
0.560	26.334	0.892	-0.214	1.001	1.608	2.200	11.964	0.708	-0.050	1.681	2.128	3.840	3.768	0.197	1.202	2.099	2.047	5.480	17.597	0.181	-0.034	2.595	2.006	7.120	6.363	0.205	1.361	2.978	2.051
0.580	26.594	0.947	-0.220	1.006	1.545	2.220	11.718	0.768	-0.057	1.679	1.931	3.860	3.732	0.204	1.198	2.067	2.051	5.500	24.914	0.202	-0.035	2.603	1.842	7.140	6.292	0.209	1.373	2.989	1.948
0.600	26.218	1.012	-0.228	0.998	1.601	2.240	11.930	0.830	-0.054	1.705	1.900	3.880	3.696	0.201	1.197	2.069	2.031	5.520	30.253	0.192	-0.014	2.609	1.817	7.160	6.294	0.220	1.346	3.003	2.146
0.620	26.371	1.084	-0.230	0.980	1.638	2.260	11.895	0.875	-0.052	1.732	2.218	3.900	3.449	0.190	1.196	2.084	1.799	5.540	34.530	0.185	0.001	2.617	1.973	7.180	6.084	0.231	1.357	3.006	2.047
0.640	27.336	1.106	-0.225	0.973	1.495	2.280	11.931	0.927	-0.049	1.733	1.878	3.920	3.448	0.181	1.198	2.084	2.000	5.560	33.183	0.161	-0.016	2.613	1.815	7.200	5.875	0.247	1.359	3.003	1.931
0.660	29.578	1.143	-0.213	0.976	1.531	2.300	12.249	0.950	-0.046	1.731	1.873	3.940	3.412	0.174	1.200	2.104	2.000	5.580	26.777	0.128	-0.050	2.630	1.943	7.220	5.736	0.261	1.394	3.009	2.048
0.680	32.881	1.171	-0.201	0.964	1.656	2.320	12.178	0.936	-0.043	1.722	1.993	3.960	3.376	0.166	1.203	2.109	2.000	5.600	19.556	0.102	-0.085	2.634	1.868	7.240	5.561	0.269	1.469	3.006	1.977
0.700	36.855	1.105	-0.191	0.967	1.538	2.340	11.824	0.914	-0.050	1.728	2.004	3.980	3.304	0.155	1.204	2.121	2.142	5.620	12.230	0.121	-0.112	2.644	1.822	7.260	5.422	0.290	1.561	3.016	1.837
0.720	39.872	1.161	-0.185	0.972	1.651	2.360	11.221	0.888	-0.056	1.733	2.146	4.000	3.197	0.143	1.202	2.134	1.995	5.640	9.150	0.196	-0.113	2.650	1.964	7.280	5.494	0.310	1.684	3.013	2.117
0.740	43.502	1.197	-0.169	0.969	1.575	2.380	10.583	0.839	-0.066	1.728	2.032	4.020	3.267	0.139	1.204	2.132	2.173	5.660	7.812	0.278	-0.112								

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>						Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: CPTU 2 Profondita falda: 2,30 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto											
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
8.220	8.063	0.484	1.263	3.193	1.902	9.860	9.511	0.611	0.864	3.374	1.490	11.500	6.864	0.414	2.224	3.995	2.106	13.140	7.344	0.290	2.643	4.650	1.962	14.780	10.026	0.663	2.524	5.155	2.094	14.800	9.814	0.691	2.580	5.176	1.858
8.240	8.026	0.475	1.285	3.190	1.851	9.880	9.405	0.610	0.867	3.374	1.530	11.520	6.722	0.415	2.255	3.996	1.811	13.160	7.274	0.290	2.650	4.639	1.990	14.800	9.814	0.691	2.580	5.176	1.858	14.820	9.886	0.697	2.641	5.188	1.847
8.260	8.307	0.476	1.335	3.214	2.017	9.900	9.477	0.618	0.900	3.378	1.462	11.540	6.616	0.409	2.256	4.006	2.006	13.180	7.378	0.286	2.653	4.639	2.001	14.820	9.886	0.697	2.641	5.188	1.847	14.840	9.816	0.701	2.704	5.207	2.114
8.280	8.445	0.479	1.057	3.233	1.930	9.920	9.406	0.630	0.895	3.394	1.588	11.560	6.614	0.400	2.254	4.015	1.878	13.200	7.414	0.287	2.670	4.615	1.937	14.840	9.816	0.701	2.704	5.207	2.114	14.860	9.814	0.694	2.714	5.221	1.902
8.300	8.409	0.456	1.151	3.226	2.000	9.940	9.230	0.589	0.935	3.395	1.471	11.580	6.544	0.396	2.254	4.027	1.820	13.220	7.344	0.292	2.687	4.619	2.160	14.860	9.814	0.694	2.714	5.221	1.902	14.880	9.777	0.681	2.699	5.223	2.006
8.320	8.302	0.462	1.240	3.236	2.000	9.960	9.089	0.581	0.976	3.408	1.608	11.600	6.684	0.388	2.271	4.024	2.128	13.240	7.556	0.293	2.713	4.621	2.047	14.880	9.777	0.681	2.699	5.223	2.006	14.900	9.881	0.664	2.772	5.235	1.842
8.340	8.090	0.486	1.179	3.248	1.905	9.980	9.194	0.580	1.051	3.409	1.545	11.620	6.718	0.371	2.252	4.036	1.931	13.260	7.344	0.288	2.762	4.639	2.051	14.900	9.881	0.664	2.772	5.235	1.842	14.920	10.022	0.651	2.821	5.242	1.817
8.360	8.228	0.492	1.176	3.250	1.978	10.000	9.264	0.594	1.082	3.401	1.601	11.640	6.613	0.357	2.240	4.048	1.900	13.280	7.766	0.278	2.836	4.645	2.031	14.920	10.022	0.651	2.821	5.242	1.817	14.940	10.162	0.655	2.825	5.271	1.973
8.380	8.332	0.495	1.154	3.249	1.911	10.020	9.369	0.595	1.057	3.392	1.638	11.660	6.718	0.352	2.226	4.056	2.218	13.300	7.836	0.271	2.852	4.658	1.799	14.940	10.162	0.655	2.825	5.271	1.973	14.960	11.116	0.666	2.801	5.278	1.815
8.400	8.295	0.486	1.095	3.232	1.864	10.040	9.757	0.584	1.006	3.399	1.495	11.680	6.471	0.349	2.242	4.050	1.878	13.320	8.083	0.274	2.883	4.676	2.000	14.960	11.116	0.666	2.801	5.278	1.815	14.980	11.362	0.665	2.530	5.273	1.943
8.420	8.189	0.491	1.077	3.238	2.089	10.060	9.438	0.579	1.078	3.403	1.531	11.700	6.401	0.344	2.259	4.060	1.873	13.340	7.872	0.273	2.915	4.692	2.000	14.980	11.362	0.665	2.530	5.273	1.943	15.000	12.033	0.668	2.478	5.281	1.868
8.440	7.870	0.506	1.196	3.249	1.965	10.080	9.050	0.593	1.077	3.424	1.656	11.720	6.436	0.344	2.288	4.070	1.993	13.360	7.836	0.262	2.864	4.698	2.000	15.000	12.033	0.668	2.478	5.281	1.868	15.020	12.207	0.678	2.390	5.301	1.822
8.460	7.623	0.526	1.294	3.249	2.099	10.100	9.190	0.591	1.070	3.436	1.538	11.740	6.613	0.345	2.329	4.081	2.004	13.380	7.625	0.255	2.834	4.694	2.142	15.020	12.207	0.678	2.390	5.301	1.822	15.040	12.134	0.716	2.317	5.303	1.964
8.480	7.727	0.526	1.449	3.251	2.069	10.120	9.012	0.584	1.052	3.452	1.651	11.760	6.948	0.317	2.409	4.079	2.146	13.400	7.485	0.253	2.787	4.708	1.995	15.040	12.134	0.716	2.317	5.303	1.964	15.060	11.849	0.762	2.317	5.317	1.876
8.500	7.972	0.535	1.548	3.258	1.921	10.140	8.588	0.581	1.044	3.447	1.575	11.780	7.372	0.304	2.415	4.174	2.032	13.420	7.274	0.263	2.754	4.730	2.173	15.060	11.849	0.762	2.317	5.317	1.876	15.080	11.492	0.815	2.268	5.317	1.880
8.520	7.866	0.548	1.549	3.261	2.037	10.160	8.305	0.587	1.025	3.445	1.566	11.800	7.621	0.295	2.413	4.164	1.978	13.440	7.309	0.268	2.720	4.722	2.014	15.080	11.492	0.815	2.268	5.317	1.880	15.100	11.702	0.828	2.275	5.329	1.928
8.540	7.828	0.540	1.613	3.256	1.974	10.180	8.057	0.591	1.027	3.458	1.627	11.820	7.763	0.289	2.399	4.155	2.234	13.460	7.450	0.273	2.719	4.724	2.031	15.100	11.702	0.828	2.275	5.329	1.928	15.120	11.771	0.838	2.338	5.336	1.698
8.560	7.721	0.527	1.574	3.250	1.956	10.200	7.915	0.576	1.059	3.462	1.513	11.840	7.836	0.288	2.338	4.162	1.938	13.480	7.838	0.295	2.741	4.732	2.157	15.120	11.771	0.838	2.338	5.336	1.698	15.140	11.698	0.869	2.502	5.339	1.948
8.580	7.756	0.517	1.593	3.250	2.062	10.220	7.632	0.566	1.087	3.453	1.700	11.860	7.802	0.302	2.355	4.166	2.436	13.500	8.260	0.303	2.761	4.730	1.961	15.140	11.698	0.869	2.502	5.339	1.948	15.160	11.483	0.885	2.684	5.350	1.841
8.600	7.682	0.486	1.675	3.252	2.008	10.240	7.525	0.562	1.149	3.485	1.510	11.880	7.768	0.316	2.348	4.174	1.678	13.520	8.366	0.318	2.681	4.729	1.924	15.160	11.483	0.885	2.684	5.350	1.841	15.180	11.090	0.889	2.972	5.348	1.742
8.620	7.788	0.483	1.723	3.268	1.946	10.260	7.382	0.557	1.151	3.488	1.592	11.900	7.629	0.333	2.339	4.177	2.136	13.540	8.859	0.329	2.393	4.733	2.053	15.180	11.090	0.889	2.972	5.348	1.742	15.200	10.910	0.883	3.115	5.353	2.006
8.640	7.963	0.467	1.749	3.263	2.087	10.280	7.381	0.539	1.160	3.489	1.602	11.920	7.560	0.352	2.373	4.196	2.049	13.560	8.788	0.338	2.249	4.750	2.055	15.200	10.910	0.883	3.115	5.353	2.006	15.220	11.295	0.845	3.123	5.362	1.896
8.660	8.032	0.453	1.773	3.264	1.796	10.300	7.238	0.533	1.140	3.486	1.501	11.940	7.737	0.367	2.440	4.198	2.161	13.580	8.226	0.393	2.200	4.744	1.909	15.220	11.295	0.845	3.123	5.362	1.896	15.240	11.680	0.829	3.150	5.363	1.873
8.680	8.243	0.450	1.752	3.270	1.925	10.320	7.096	0.527	1.135	3.509	1.379	11.960	7.949	0.367	2.443	4.198	1.987	13.600	8.155	0.395	2.241	4.761	2.105	15.240	11.680	0.829	3.150	5.363	1.873	15.260	11.570	0.852	2.913	5.360	1.883
8.700	8.593	0.448	1.946	3.263	1.964	10.340	6.777	0.515	1.157	3.518	1.388	11.980	8.303	0.358	2.445	4.204	2.085	13.620	7.804	0.407	2.246	4.763	2.167	15.260	11.570	0.852	2.913	5.360	1.883	15.280	11.953	0.854	2.943	5.364	1.721
8.720	8.347	0.470	2.068	3.251	1.820	10.360	7.091	0.497	1.171	3.519	1.218	12.000	8.338	0.350	2.276	4.215	2.050	13.640	7.698	0.408	2.243	4.736	1.976	15.280	11.953	0.854	2.943	5.364	1.721	15.300	12.164	0.855	2.993	5.364	1.834
8.740	8.732	0.466	2.031	3.257	1.887	10.380	6.843	0.473	1.184	3.518	2.000	12.020	7.987	0.348	2.232	4.233	2.026	13.660	7.382	0.414	2.247	4.729	2.105	15.300	12.164	0.855	2.993	5.364	1.834	15.320	11.911	0.864	3.067	5.377	2.000
8.760	8.871	0.467	1.996	3.249	1.955	10.400	7.017	0.442	1.182	3.521	1.601	12.040	7.461	0.341	2.237	4.239	2.094	13.680	7.347	0.422	2.286	4.733	2.057	15.320	11.911	0.864	3.067	5.377	2.000	15.340	11.872	0.853	3.050	5.390	1.966
8.780	9.012	0.478	2.038	3.216	1.742	10.420	7.121	0.419	1.187	3.526	1.852	12.060	7.426	0.340	2.289	4.242	2.082	13.700	7.065	0.408	2.282	4.725	1.892	15.340	11.872	0.853	3.050	5.390	1.966	15.360	12.151	0.835	2.890	5.386	1.901
8.800	8.779	0.487	1.938	3.226	2.074	10.440	7.083	0.387	1.194	3.532	1.788	12.080	7.075	0.340	2.330	4.275	1.998	13.720	7.030	0.384	2.271	4.724	2.211	15.360	12.151	0.835	2.890	5.386	1.901	15.380	12.076	0.835	2.797	5.375	1.854
8.820	8.465	0.501	1.775	3.247	1.713																														

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>	Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: CPTU 2 Profondita falda: 2,30 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto										
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
16.420	21.099	0.998	3.882	5.576	2.034	18.060	149.113	0.491	0.786	6.045	1.796	19.700	14.521	0.604	0.976	6.221	1.719	21.340	11.574	0.344	2.210	6.393	1.575	22.980	68.173	0.671	0.685	6.854	2.032
16.440	21.630	0.958	4.089	5.577	2.088	18.080	154.033	0.491	0.782	6.036	1.925	19.720	14.521	0.604	0.755	6.223	1.787	21.360	11.362	0.309	2.267	6.418	1.566	23.000	68.375	0.571	0.600	6.858	1.978
16.460	23.362	0.901	4.615	5.577	2.026	18.100	155.911	0.475	0.748	6.041	1.964	19.740	13.788	0.551	0.877	6.228	1.774	21.380	11.184	0.292	2.286	6.446	1.627	23.020	67.690	0.579	0.558	6.843	2.234
16.480	24.421	0.861	4.826	5.559	1.932	18.120	155.101	0.456	0.727	6.047	1.820	19.760	13.260	0.565	0.868	6.200	1.625	21.400	11.007	0.274	2.329	6.443	1.513	23.040	69.157	0.546	0.562	6.846	1.938
16.500	24.455	0.861	4.832	5.560	2.160	18.140	154.674	0.400	0.716	6.065	1.887	19.780	12.872	0.583	0.876	6.219	1.803	21.420	11.007	0.253	2.361	6.451	1.700	23.060	73.561	0.505	0.629	6.857	2.436
16.520	24.735	0.867	4.789	5.558	2.051	18.160	153.967	0.380	0.716	6.069	1.955	19.800	12.591	0.608	0.889	6.223	1.581	21.440	11.077	0.236	2.386	6.457	1.510	23.080	80.424	0.502	0.684	6.846	1.678
16.540	25.577	0.870	5.270	5.558	1.948	18.180	153.366	0.374	0.716	6.070	1.742	19.820	12.733	0.611	0.924	6.230	1.765	21.460	11.007	0.223	2.386	6.468	1.592	23.100	86.877	0.567	0.691	6.847	2.136
16.560	26.535	0.873	5.331	5.556	2.146	18.200	151.259	0.368	0.710	6.084	2.074	19.840	12.946	0.614	0.937	6.238	1.646	21.480	10.866	0.227	2.409	6.470	1.602	23.120	96.769	0.779	0.736	6.845	2.049
16.580	28.690	0.908	5.707	5.555	2.047	18.220	149.713	0.364	0.709	6.082	1.713	19.860	12.946	0.594	0.968	6.243	1.591	21.500	10.725	0.222	2.412	6.485	1.501	23.140	106.759	0.890	0.766	6.845	2.161
16.600	30.703	0.918	4.994	5.551	1.931	18.240	146.908	0.362	0.676	6.100	1.827	19.880	13.052	0.565	0.996	6.242	1.596	21.520	10.584	0.223	2.409	6.478	1.379	23.160	111.892	0.933	0.787	6.846	1.987
16.620	32.292	0.916	3.484	5.547	2.048	18.260	146.207	0.366	0.668	6.106	1.756	19.900	13.371	0.528	1.056	6.255	1.544	21.540	10.551	0.239	2.424	6.485	1.388	23.180	120.371	0.772	0.951	6.835	2.085
16.640	32.679	0.991	2.944	5.536	1.977	18.280	136.372	0.377	0.543	6.117	2.000	19.920	13.158	0.497	1.135	6.258	1.645	21.560	11.012	0.248	2.431	6.482	1.218	23.200	127.949	0.551	1.089	6.830	2.050
16.660	32.747	1.134	2.079	5.544	1.837	18.300	125.633	0.401	0.452	6.131	1.748	19.940	13.475	0.452	1.250	6.252	1.453	21.580	10.872	0.263	2.434	6.483	2.000	23.220	138.215	0.366	1.239	6.834	2.026
16.680	33.912	1.201	2.688	5.552	2.117	18.320	116.781	0.420	0.386	6.134	1.827	19.960	13.898	0.414	1.308	6.256	1.621	21.600	10.838	0.274	2.443	6.490	1.601	23.240	150.891	0.305	1.192	6.847	2.094
16.700	33.626	1.313	1.831	5.542	1.907	18.340	109.083	0.414	0.353	6.138	1.837	19.980	13.933	0.408	1.333	6.255	1.475	21.620	10.981	0.272	2.435	6.506	1.852	23.260	159.233	0.322	1.137	6.840	2.082
16.720	32.279	1.442	1.992	5.546	2.026	18.360	106.032	0.382	0.355	6.156	1.977	20.000	13.861	0.399	1.375	6.254	1.611	21.640	10.665	0.282	2.399	6.506	1.788	23.280	165.827	0.349	1.068	6.841	1.998
16.740	30.972	1.501	1.855	5.547	1.934	18.380	102.734	0.315	0.364	6.161	1.866	20.020	13.577	0.398	1.445	6.260	1.576	21.660	10.561	0.308	2.397	6.498	1.737	23.300	164.596	0.333	0.990	6.836	2.232
16.760	29.983	1.571	2.498	5.624	1.851	18.400	101.777	0.282	0.411	6.167	1.920	20.040	12.763	0.377	1.484	6.269	1.705	21.680	10.562	0.313	2.405	6.506	1.898	23.320	152.347	0.310	0.977	6.838	2.026
16.780	28.393	1.657	2.840	5.614	1.929	18.420	104.179	0.263	0.477	6.177	1.890	20.060	12.339	0.359	1.537	6.257	1.615	21.700	10.741	0.318	2.423	6.515	1.733	23.340	143.564	0.263	0.927	6.832	2.006
16.800	29.313	1.607	3.828	5.609	1.857	18.440	111.119	0.201	0.604	6.201	1.960	20.080	11.667	0.355	1.604	6.265	1.737	21.720	10.986	0.334	2.598	6.522	1.820	23.360	133.770	0.243	0.870	6.846	2.083
16.820	30.797	1.544	4.889	5.606	1.902	18.460	112.820	0.203	0.661	6.205	1.930	20.100	11.454	0.345	1.667	6.259	1.455	21.740	11.553	0.344	2.599	6.534	1.639	23.380	126.906	0.249	0.899	6.854	1.999
16.840	32.245	1.507	5.069	5.621	1.933	18.480	90.449	0.230	0.420	6.227	1.880	20.120	11.454	0.333	1.767	6.257	1.491	21.760	11.979	0.346	2.599	6.665	1.588	23.400	126.965	0.272	0.966	6.856	1.939
16.860	34.115	1.502	4.944	5.618	1.879	18.500	67.999	0.299	0.216	6.228	1.910	20.140	11.456	0.307	1.784	6.251	1.586	21.780	12.298	0.355	2.592	6.668	1.628	23.420	127.304	0.278	1.039	6.846	2.154
16.880	36.799	1.400	4.770	5.614	2.064	18.520	44.143	0.460	0.068	6.244	1.930	20.160	11.810	0.288	1.864	6.253	1.514	21.800	12.439	0.381	2.580	6.673	1.586	23.440	128.375	0.362	0.972	6.851	2.147
16.900	38.423	1.386	4.293	5.619	1.948	18.540	33.891	0.612	0.040	6.239	1.920	20.180	12.517	0.262	1.917	6.243	1.522	21.820	12.723	0.403	2.612	6.672	1.712	23.460	133.041	0.559	0.818	6.860	1.951
16.920	40.827	1.543	3.519	5.629	1.852	18.560	26.949	0.836	0.018	6.233	1.930	20.200	13.722	0.240	2.027	6.251	1.570	21.840	13.218	0.413	2.602	6.684	1.542	23.480	137.432	0.653	0.764	6.853	2.221
16.940	41.848	1.649	3.744	5.613	2.097	18.580	23.081	0.905	0.572	6.245	1.910	20.220	14.431	0.257	1.954	6.243	1.646	21.860	12.828	0.457	2.549	6.698	1.674	23.500	140.003	0.732	0.699	6.847	2.014
16.960	41.500	1.877	2.981	5.637	1.921	18.600	19.709	0.869	0.585	6.259	1.960	20.240	14.503	0.269	2.042	6.244	1.506	21.880	12.758	0.474	2.548	6.701	1.605	23.520	139.360	0.679	0.631	6.861	1.905
16.980	42.177	1.888	2.228	5.627	2.054	18.620	16.054	0.861	0.590	6.256	1.910	20.260	14.610	0.308	2.099	6.240	1.511	21.900	12.722	0.490	2.490	6.703	1.526	23.540	141.021	0.587	0.604	6.863	2.034
17.000	41.523	1.949	1.806	5.620	2.012	18.640	14.098	0.804	0.619	6.259	1.890	20.280	15.143	0.340	2.106	6.240	1.669	21.920	13.535	0.528	2.564	6.694	1.600	23.560	142.089	0.464	0.604	6.852	1.875
17.020	39.664	2.086	1.686	5.628	1.976	18.660	12.674	0.739	1.361	6.262	1.960	20.300	14.720	0.351	1.545	6.249	1.880	21.940	14.279	0.561	2.655	6.714	1.446	23.580	143.787	0.369	0.678	6.850	2.000
17.040	38.313	2.192	1.566	5.630	1.956	18.680	12.343	0.677	1.519	6.266	1.960	20.320	13.979	0.377	1.583	6.250	2.000	21.960	14.949	0.549	2.664	6.729	1.614	23.600	147.166	0.354	0.761	6.852	1.843
17.060	37.028	2.257	1.755	5.634	2.088	18.700	12.296	0.575	1.498	6.276	1.920	20.340	12.813	0.384	1.585	6.237	1.996	21.980	14.770	0.529	2.561	6.734	1.574	23.620	157.528	0.285	0.965	6.855	2.161
17.080	36.379	2.344	2.527	5.625	1.809	18.720	11.495	0.629	1.328	6.273	1.870	20.360	12.320	0.389	1.648	6.239	1.693	22.000	13.459	0.526	2.474	6.737	1.646	23.640	164.815	0.299	1.108	6.858	2.080
17.100	35.662	2.415	2.887	5.629	2.013	18.740	11.854	0.584	1.302	6.273	1.920	20.380	13.066	0.403	1.821	6.237	1.572	22.020	13.494	0.519	2.496	6.737	2.315	23.660	165.472	0.321	1.079	6.851	2.068
17.120	36.076	2.302	3.025	5.629	1.915	18.760	11.929	0.582	1.300	6.353	1.920	20.400	14.060	0.404	1.913	6.227	1.590	22.040	13.350	0.472	2.486	6.755	1.232	23.680	165.472	0.321	1.07		

<div><div>Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE</div></div>						Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio Cantiere: San carlo - via G.Verga Data: 28/02/2022						ID Prova: CPTU 2 Profondita falda: 2,30 mt da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 45/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto							
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz		
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec		
24.620	168.731	0.293	0.936	7.199	2.173	26.260	229.125	0.418	1.119	7.850	1.876	27.900	16.674	0.700	0.821	8.228	1.907	29.540	47.236	0.858	0.508	8.309	1.837								
24.640	167.847	0.326	0.964	7.211	2.014	26.280	232.806	0.403	1.080	7.854	1.880	27.920	17.313	0.660	4.962	8.231	2.026	29.560	40.848	0.703	0.774	8.324	1.977								
24.660	172.341	0.345	1.054	7.205	2.031	26.300	234.312	0.402	1.137	7.856	1.928	27.940	17.349	0.646	5.983	8.216	1.934	29.580	37.840	0.617	0.966	8.307	1.866								
24.680	180.299	0.336	1.154	7.206	2.157	26.320	234.517	0.403	1.011	7.885	1.698	27.960	17.243	0.653	5.997	8.225	1.851	29.600	37.840	0.617	1.157	8.315	2.020								
24.700	180.299	0.336	1.154	7.217	1.961	26.340	233.040	0.404	1.138	7.876	1.948	27.980	17.386	0.665	4.885	8.216	1.929	29.620	37.840	0.617	1.459	8.318	1.990								
24.720	194.895	0.313	1.074	7.228	1.924	26.360	232.015	0.392	1.130	7.899	1.841	28.000	12.486	1.052	0.142	8.218	1.857	29.640	29.181	0.848	1.482	8.329	2.060								
24.740	202.785	0.309	0.960	7.233	2.053	26.380	232.285	0.403	1.234	7.901	1.742	28.020	12.341	0.957	0.061	8.217	1.902	29.660	28.365	0.817	1.474	8.318	2.030								
24.760	207.556	0.319	0.803	7.237	2.055	26.400	232.239	0.412	1.277	7.901	2.006	28.040	13.293	0.776	0.071	8.214	1.933	29.680	27.973	0.786	2.510	8.326	1.980								
24.780	209.945	0.333	0.672	7.449	1.909	26.420	230.439	0.418	1.220	7.926	1.896	28.060	13.963	0.587	0.082	8.209	1.879	29.700	28.747	0.800	2.351	8.331	2.010								
24.800	209.460	0.331	0.588	7.439	2.105	26.440	227.379	0.414	1.146	7.931	1.873	28.080	14.278	0.547	0.195	8.210	2.064	29.720	29.806	0.812	2.188	8.337	2.030								
24.820	207.887	0.304	0.591	7.447	2.167	26.460	223.864	0.417	1.164	7.942	1.883	28.100	14.596	0.505	3.999	8.212	1.948	29.740	31.322	0.933	3.521	8.356	2.020								
24.840	204.631	0.283	0.588	7.447	1.976	26.480	218.878	0.412	1.029	7.942	1.721	28.120	14.278	0.523	2.637	8.213	1.852	29.760	34.500	1.015	2.344	8.354	2.030								
24.860	201.863	0.254	0.581	7.455	2.105	26.500	211.751	0.404	1.043	7.941	1.834	28.140	13.888	0.547	1.364	8.202	2.097	29.780	37.500	1.027	2.341	8.362	2.010								
24.880	198.042	0.270	0.586	7.461	2.057	26.520	201.087	0.408	1.017	7.949	2.000	28.160	13.819	0.559	1.309	8.193	1.921	29.800	41.968	1.058	2.269	8.356	2.060								
24.900	190.581	0.299	0.554	7.460	1.892	26.540	192.947	0.399	0.990	7.961	1.966	28.180	13.644	0.572	0.636	8.201	2.054	29.820	40.715	0.712	2.216	8.348	2.010								
24.920	182.993	0.313	0.532	7.450	2.211	26.560	183.873	0.372	1.011	7.968	1.901	28.200	14.378	0.840	0.496	8.198	2.012	29.840	45.772	0.735	2.190	8.360	1.990								
24.940	177.606	0.305	0.529	7.449	2.798	26.580	181.695	0.365	1.055	7.984	1.854	28.220	14.237	0.798	1.497	8.198	1.976	29.860	44.441	0.748	2.138	8.357	2.060								
24.960	175.188	0.304	0.548	7.469	1.422	26.600	184.053	0.370	1.208	7.978	2.004	28.240	14.165	0.715	4.892	8.189	1.956	29.880	42.153	0.747	2.221	8.359	2.060								
24.980	177.452	0.308	0.609	7.477	2.224	26.620	189.907	0.370	1.148	7.995	1.969	28.260	14.093	0.640	1.382	8.201	2.088	29.900	40.171	0.773	2.221	8.357	2.020								
25.000	178.071	0.311	0.646	7.476	1.940	26.640	195.843	0.360	1.000	8.011	2.074	28.280	13.562	0.566	0.928	8.203	1.809	29.920	36.980	0.813	2.190	8.359	1.970								
25.020	175.260	0.339	0.675	7.482	2.014	26.660	201.602	0.329	1.127	8.022	2.012	28.300	13.208	0.521	0.639	8.205	2.013	29.940	34.715	0.773	2.138	8.366	2.020								
25.040	175.424	0.320	0.711	7.485	2.040	26.680	206.346	0.311	0.941	8.033	1.793	28.320	12.254	0.471	0.260	8.202	1.915	29.960	32.202	0.820	1.459	8.381	2.020								
25.060	174.575	0.312	0.729	7.493	1.926	26.700	206.346	0.311	0.941	8.032	2.057	28.340	12.683	0.448	0.259	8.205	1.881	29.980	31.635	0.795	1.482	8.386	2.080								
25.080	174.913	0.309	0.760	7.503	2.073	26.720	206.166	0.300	1.058	8.037	1.979	28.360	12.405	0.428	0.361	8.197	2.002	30.000	33.722	0.811	1.474	8.373	1.970								
25.100	174.913	0.309	0.760	7.508	1.999	26.740	206.001	0.294	1.028	8.047	1.841	28.380	12.018	0.415	0.306	8.217	1.949														
25.120	173.313	0.332	0.808	7.502	1.934	26.760	207.864	0.313	0.845	8.059	2.086	28.400	11.704	0.412	0.152	8.200	2.013														
25.140	172.221	0.323	0.814	7.518	2.061	26.780	208.711	0.321	0.760	8.206	1.973	28.420	11.601	0.391	0.201	8.187	1.933														
25.160	171.863	0.315	0.830	7.532	2.013	26.800	209.380	0.329	0.823	8.217	2.024	28.440	11.569	0.382	0.292	8.186	1.862														
25.180	172.589	0.324	0.859	7.533	2.035	26.820	209.942	0.336	0.885	8.223	1.982	28.460	11.675	0.381	0.235	8.197	1.882														
25.200	171.595	0.359	0.881	7.535	2.091	26.840	209.100	0.338	0.876	8.226	1.837	28.480	12.034	0.349	0.276	8.190	1.870														
25.220	180.918	0.334	0.994	7.530	2.038	26.860	207.309	0.336	0.868	8.230	2.068	28.500	11.967	0.340	0.332	8.201	2.000														
25.240	182.796	0.379	0.966	7.534	2.065	26.880	205.097	0.345	0.857	8.237	1.933	28.520	12.041	0.331	0.445	8.197	1.861														
25.260	203.011	0.385	1.137	7.532	2.123	26.900	204.880	0.346	0.901	8.235	1.859	28.540	12.041	0.331	0.491	8.212	2.181														
25.280	199.562	0.327	0.631	7.532	1.922	26.920	206.240	0.336	0.980	8.245	2.072	28.560	12.005	0.329	0.595	8.214	1.917														
25.300	204.306	0.309	0.604	7.532	2.042	26.940	211.908	0.346	1.062	8.236	2.020	28.580	11.909	0.306	0.752	8.212	2.112														
25.320	204.306	0.438	0.604	7.539	1.978	26.960	220.028	0.361	1.119	8.243	1.924	28.600	11.949	0.294	0.955	8.211	2.022														
25.340	204.126	0.298	0.678	7.539	1.899	26.980	195.395	0.395	2.641	8.236	2.093	28.620	11.847	0.301	0.856	8.223	1.902														
25.360	203.961	0.292	0.761	7.545	2.065	27.000	189.292	0.425	2.836	8.232	1.853	28.640	11.817	0.294	0.443	8.230	2.112														
25.380	205.824	0.311	0.965	7.548	1.973	27.020	179.252	0.450	3.845	8.241	2.101	28.660	12.103	0.286	0.249	8.225	1.906														
25.400	206.671	0.319	1.108	7.545	1.891</																										



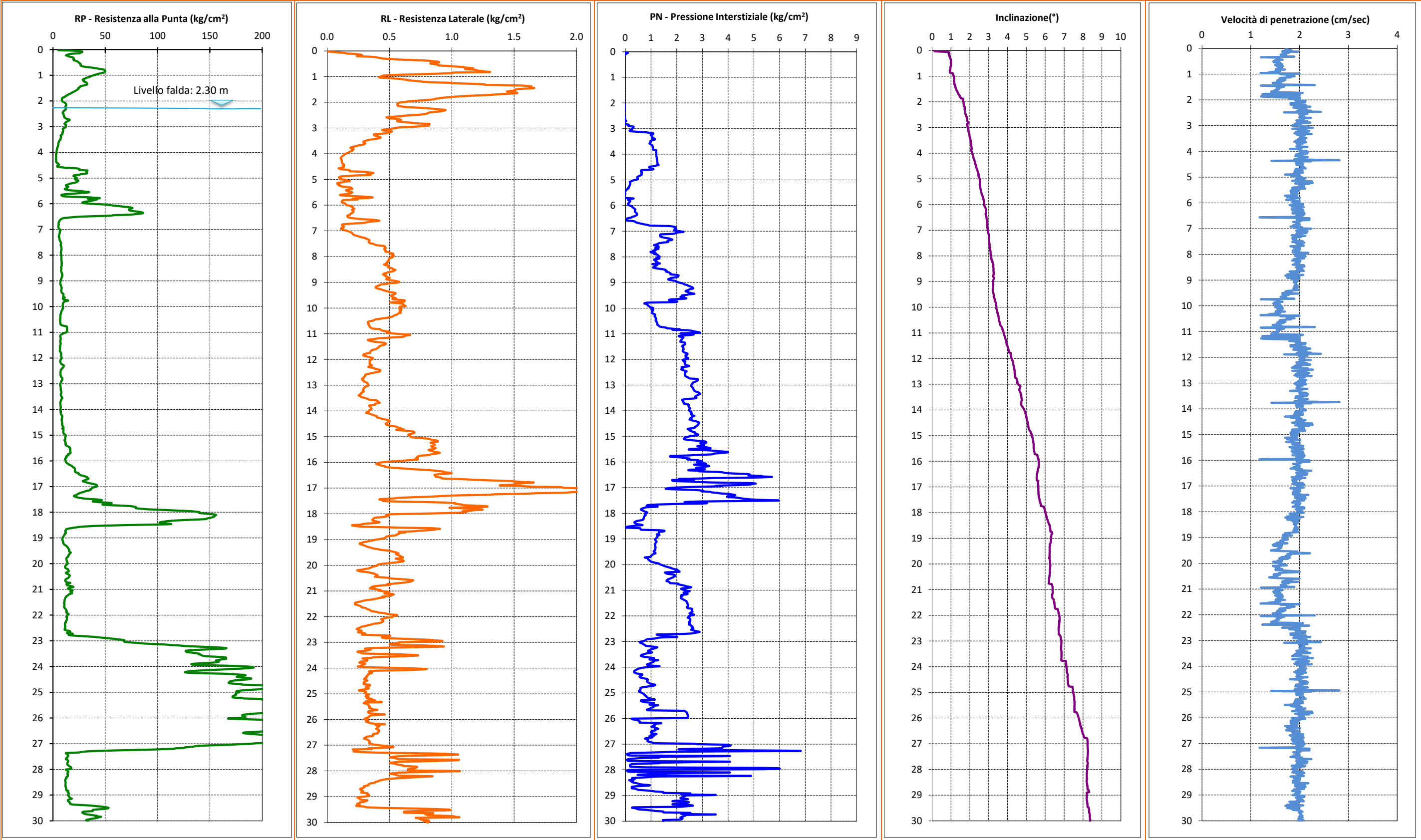
Committente: Dott. Geol. Mucchi Antonio
Cantiere: San carlo - via G.Verga
Data: 28/02/2022

ID Prova: CPTU 2
Profondità falda: 2,30 mt da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
Punta sismica: Tecnopenta CPLSD
RIF. 45/22GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
[tel 3383646278](tel:3383646278) - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

GRAFICI PROVA CPTU 2



ALLEGATO B

Report verifiche a liquefazione

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

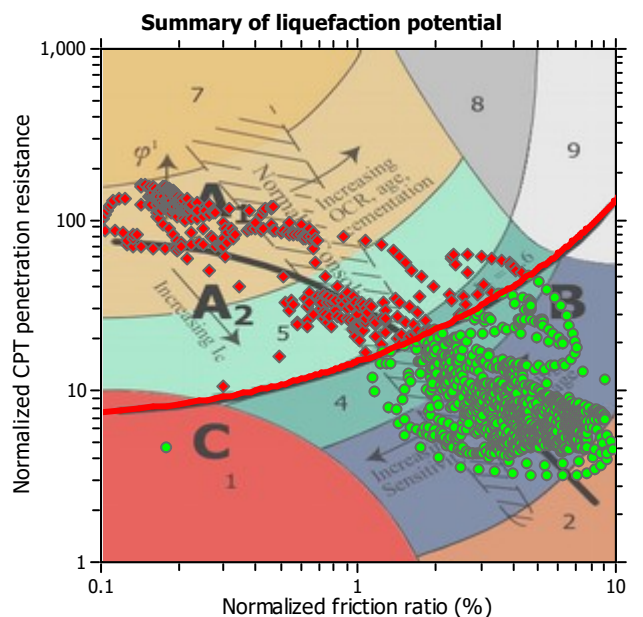
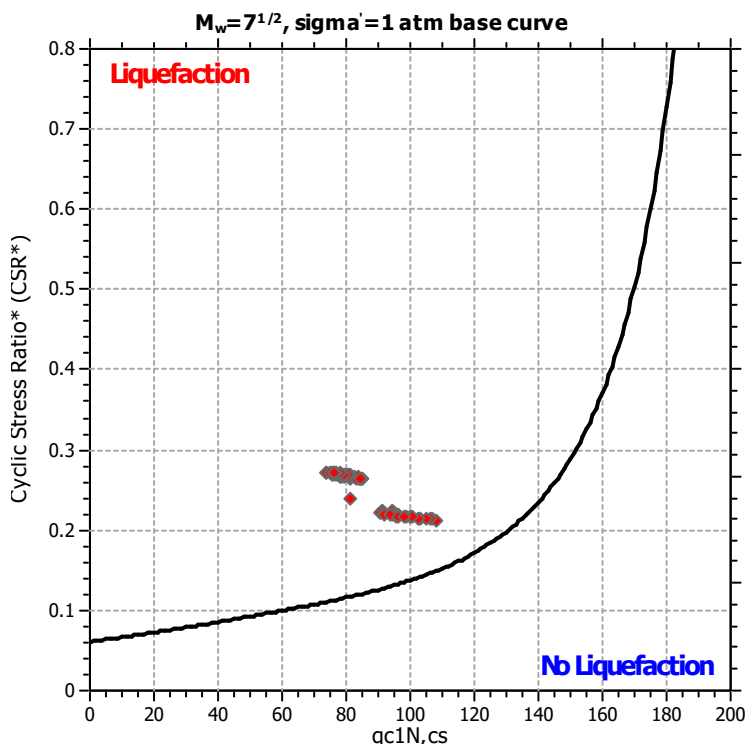
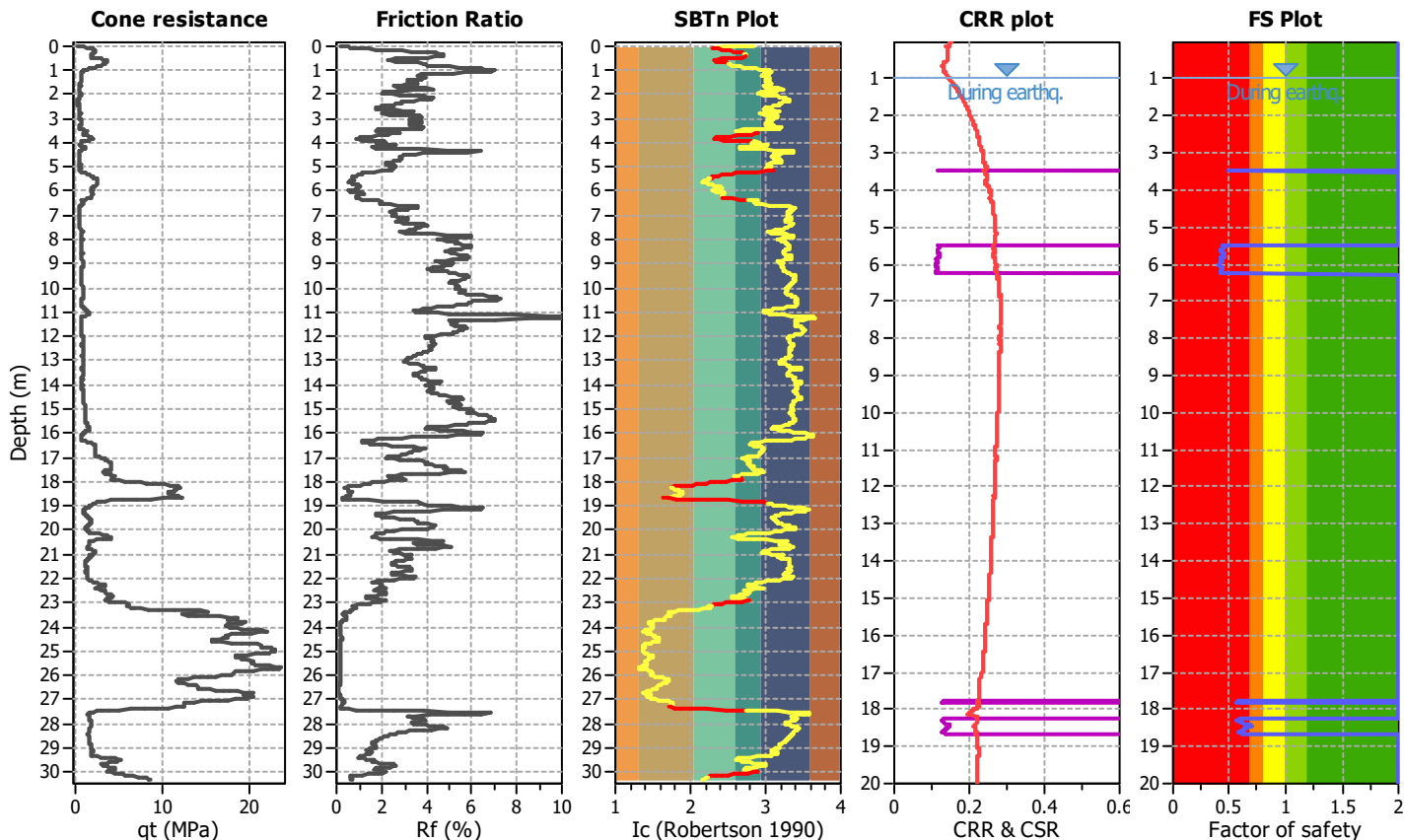
Project title :

Location :

CPT file : SCPTU1 san carlo

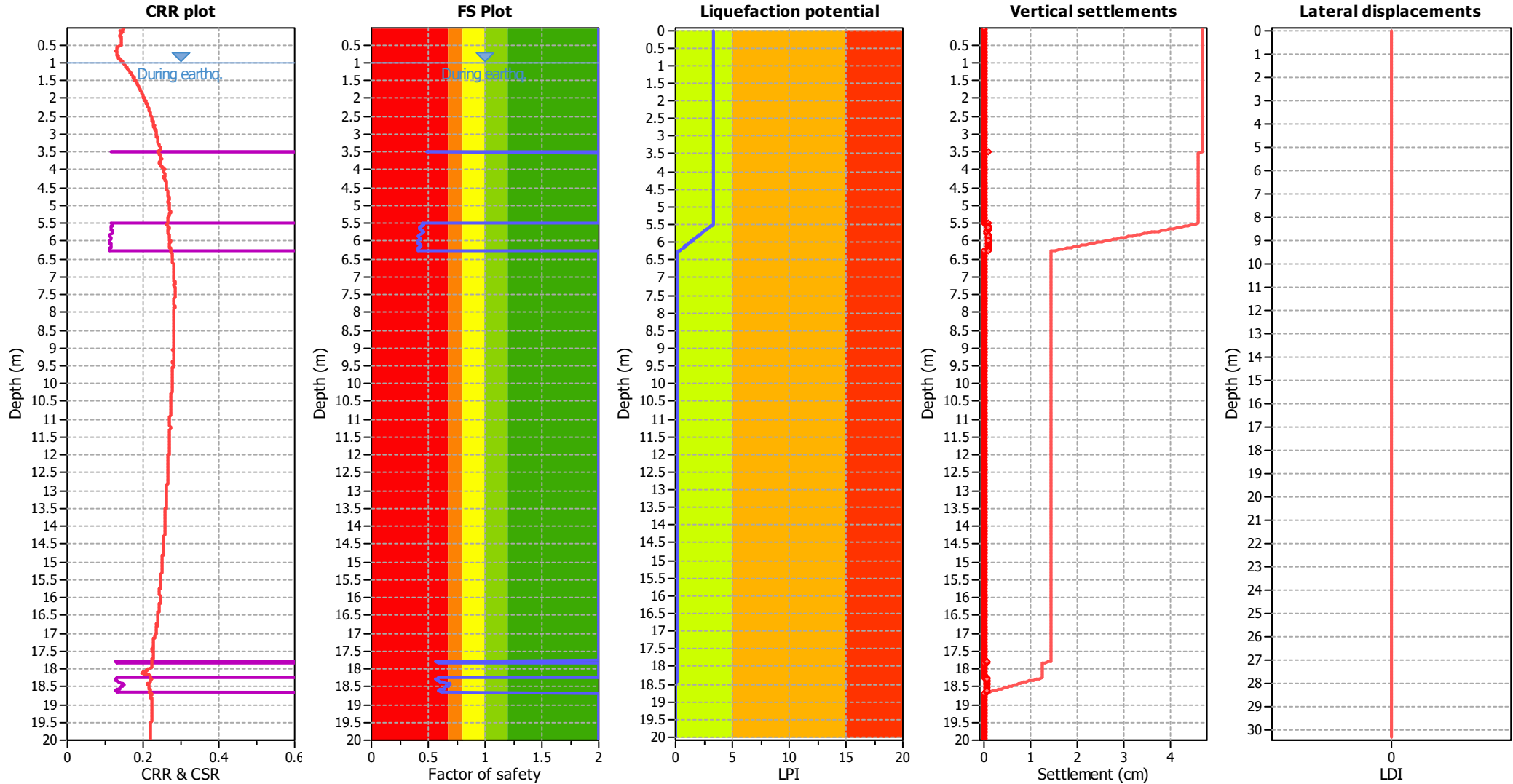
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	5	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	5	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Light Green	Unlike to liquefy
Dark Green	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red	Very high risk
Orange	High risk
Yellow	Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

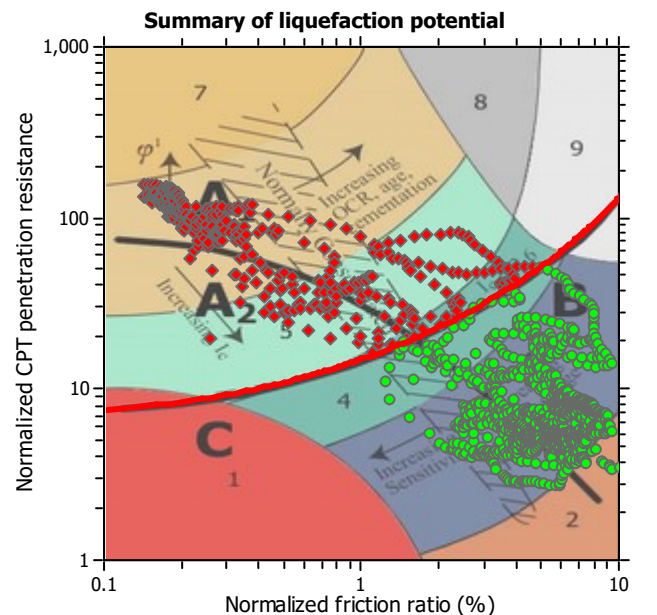
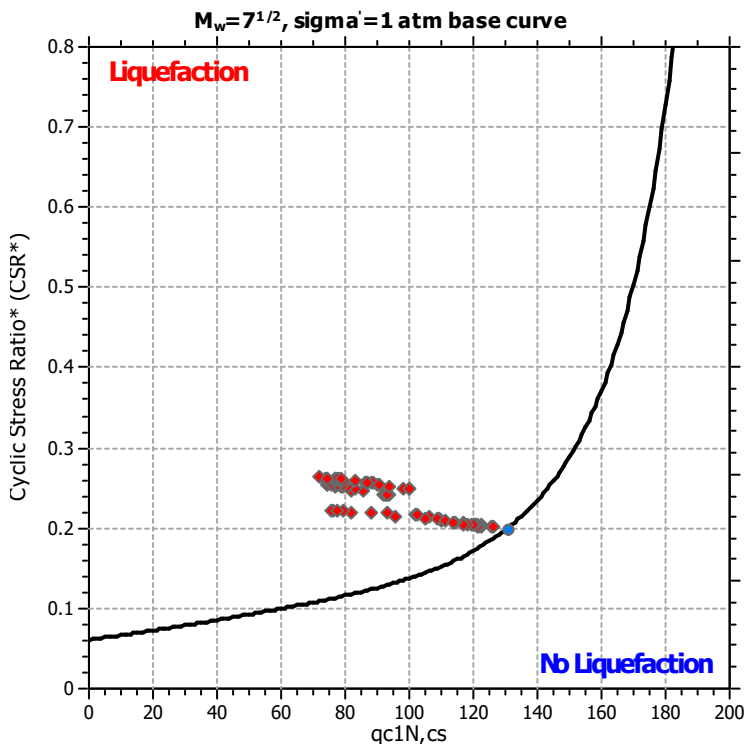
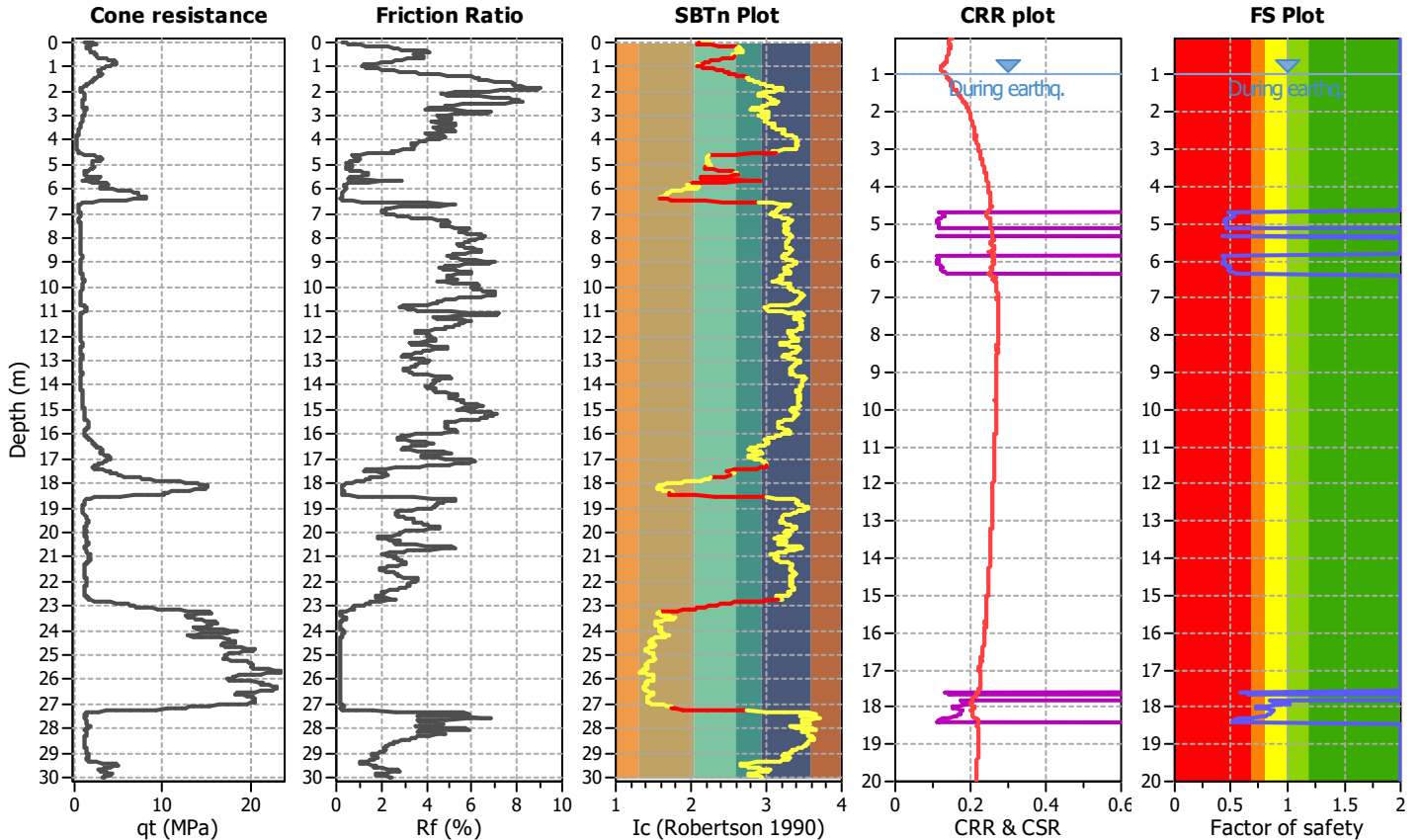
Project title :

Location :

CPT file : CPTU2 san carlo

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	5	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

