(C.67-15)

PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI PARMA

REALIZZAZIONE DI CASA DELLA SALUTE NCP "LUBIANA-SAN LAZZARO" IN VIA XXIV MAGGIO

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA E SISMICA

(D.M. 14 –O1-2008 – NTC 2008)

MAGGIO 2015

COMMITTENTE:

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
AUSL PARMA
Servizio Attività Tecniche



Studio di Geologia
Dott. Alberto Trivioli
Geologo

strada farini, 5 - 43100 parma
tel: 0521/232421 - fax: 0521/230760 - e-mail: geoltriv@tin.it

in collaborazione con: ***Ambiente e Territorio S.r.l.***

INDICE

1 - PREMESSA 2
1.1 - PRINCIPALI REFERENZE BIBLIOGRAFICHE 5
2 - MORFOLOGIA, GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICITA' GENERALE DELL'AREA 7
2.1 MORFOLOGIA 7
2.2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA 8
2.3 SISMICITA' 15
3 - DESCRIZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO 28
3.1 - METODOLOGIE DELLE PROVE IN SITO 31
3.2 - STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE 35
3.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE 38
3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE 39
3.5 - CONSIDERAZIONI IN ORDINE ALLA STABILITÀ' DEL SITO NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE 56
3.6 - FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI 61
4 - STIMA DEL VALORE DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO (Rd) PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) (NTC 2008) 63
4.1 - STIMA DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO 73
5 - CEDIMENTI 74
6 - FATTIBILITA' GEOLOGICO-SISMICA E GEOTECNICA DELL'INTERVENTO E CONSIDERAZIONI FINALI 77

ALLEGATI:

1. *UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE*
2. *PROVE PENETROMETRICHE STATICHE*
3. *SISMICA ATTIVA (MASW)*
4. *SISMICA PASSIVA (HVSR)*
5. *VERIFICA ALLA LIQEUFAZIONE*

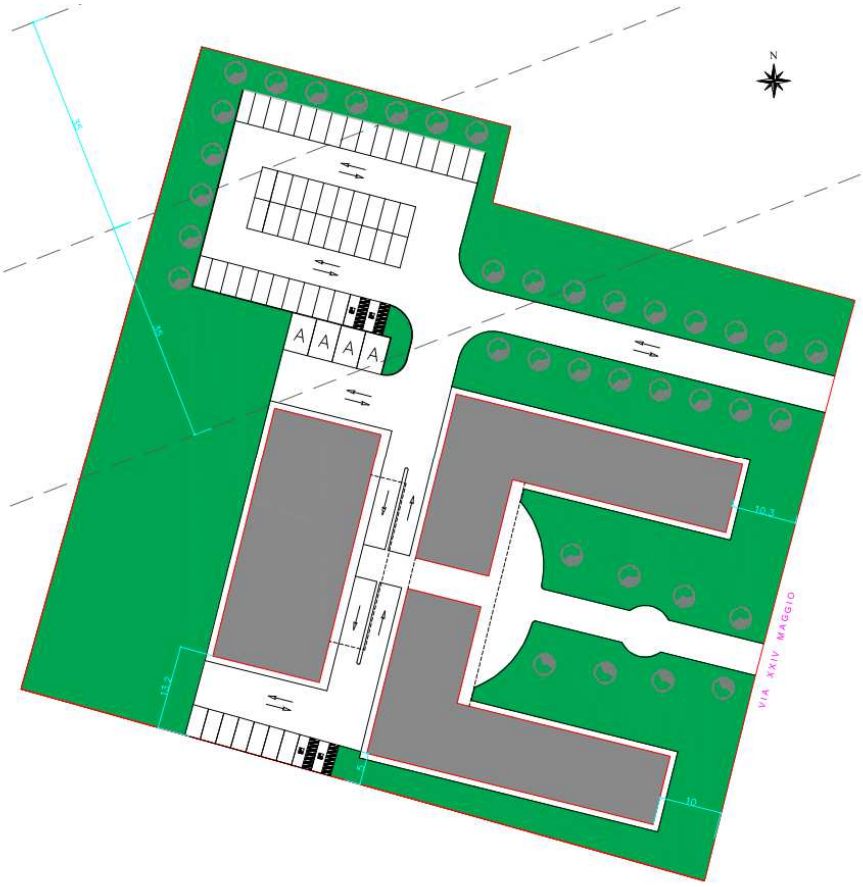
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica, per conto dell'AUSL di Parma, concerne i risultati delle indagini geognostiche, lo studio geologico-sismico, la stima dei parametri geotecnici relativi ai terreni di fondazione e la stima della capacità portante dei terreni interessati dal progetto di realizzazione della Casa della Salute NCP "Lubiana-San Lazzaro" in Via XXIV Maggio in comune di Parma.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di n. 3 corpi di fabbrica ad un piano fuoriterra e l'impiego di fondazioni dirette.



Stato di progetto

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Ai sensi dell'art. 6.2.2. delle NTC 2008, nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili. A tal porposito la zona è edificata nelle aree limitrofe da edifici con volumetrie simili o superiori a quelle dell'edificio in progetto, tuttavia, per addivenire ad una maggiore conoscenza dei luoghi (in particolare per la modellazione geotecnica e sismica del sito), è stata eseguita una campagna geognostica in situ, effettuata nel mese di maggio 2015, mediante prove penetrometriche statiche spinte a rifiuto, per la stima dei parametri geomeccanici, mediante prospezioni del tipo di sismica attiva (MASW), per la stima della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs, e mediante prospezioni del tipo di sismica passiva, consistenti in misure di rumore sismico ambientale (Microtremori), per la determinazione della frequenza fondamentale dei terreni. I dati sono stati integrati con quelli derivanti dalla letteratura e dalla cartografia ufficiale esistenti.

Le considerazioni di cui al presente elaborato, in merito alla stima della capacità portante dei terreni di fondazione, sono riferite alla quota dell'attuale piano campagna, a partire dal quale sono state effettuate le relative indagini geognostiche.

In fase d'esecuzione degli scavi per la realizzazione dei corpi fondazionali si prescrive di verificare, mediante supervisione geologica, le considerazioni di natura geologico-geotecnica assunte in questo elaborato.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Il presente elaborato fornisce una schematizzazione del terreno di fondazione di tipo litologico stratigrafico sismico e delle caratteristiche geotecniche.

Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Parma classificato a bassa sismicità (Zona 3) ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

L'indagine geologico-geotecnica-sismica, nelle sue fasi di attuazione, è stata eseguita con particolare attenzione alle prescrizioni previste dalle norme specifiche vigenti in materia di opere di fondazione "D.M. 11 marzo 1988", Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce.... e s.m.i e "NTC 2008".

Da indicazioni ricevute dalla committenza la classe d'uso delle strutture in progetto rientra nella classe III, classe caratteristica di "affollamenti significativi" con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività, o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

1.1 - PRINCIPALI REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

[1] Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna – G. Di Dio et Al. – Agip, Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna (1998).

[2] "Carta della Vulnerabilità all'Inquinamento dell'Acquifero Principale - Pianura Emiliana delle provincie di Parma, Reggio E. e Modena" – G. Giuliano, M. Pellegrini, A. Zavatti (1993).

[3] "Carta di Vulnerabilità degli acquiferi a media scala – L'alta e media pianura della Provincia di Parma" – G. Alifraco et al. (1990).

[4] "Le acque nel Comune di Parma" – F. Petrucci, M. Careggio, A. Conti (1992).

[5] "L'acquifero Permense – Rete di controllo dei corpi idrici sotterranei" – Monografia a cura di G. Alifraco (1992).

[6] Carta Geologica della Provincia di Parma e Zone Limitrofe (1:100.000) (1966).

[7] Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee – V. Francani, M. Civita (1988) – CNR-GNDCI (Pubblicazione n.75).

[8] Pozzi idrici nella pianura delle province di Parma e Piacenza (Destra T.Nure) – F. Petrucci et Al. – Università degli Studi di Parma Istituto di Geologia

[9] Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) "Foglio 73" – PARMA.

[10] Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) "Note Illustrative del Foglio 73" – PARMA - F. Medioli, G. Papani, F. Petrucci, S. Venzo (1967). Servizio Geologico d'Italia.

[11] Carta Tecnica Regionale (scale 1:25.000; 1:10.000; 1:5.000): vari elementi, Regione Emilia-Romagna.

[12] Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (scala 1:250.000): Regione Emilia-Romagna, CNR.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Area d'intervento (non in scala)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

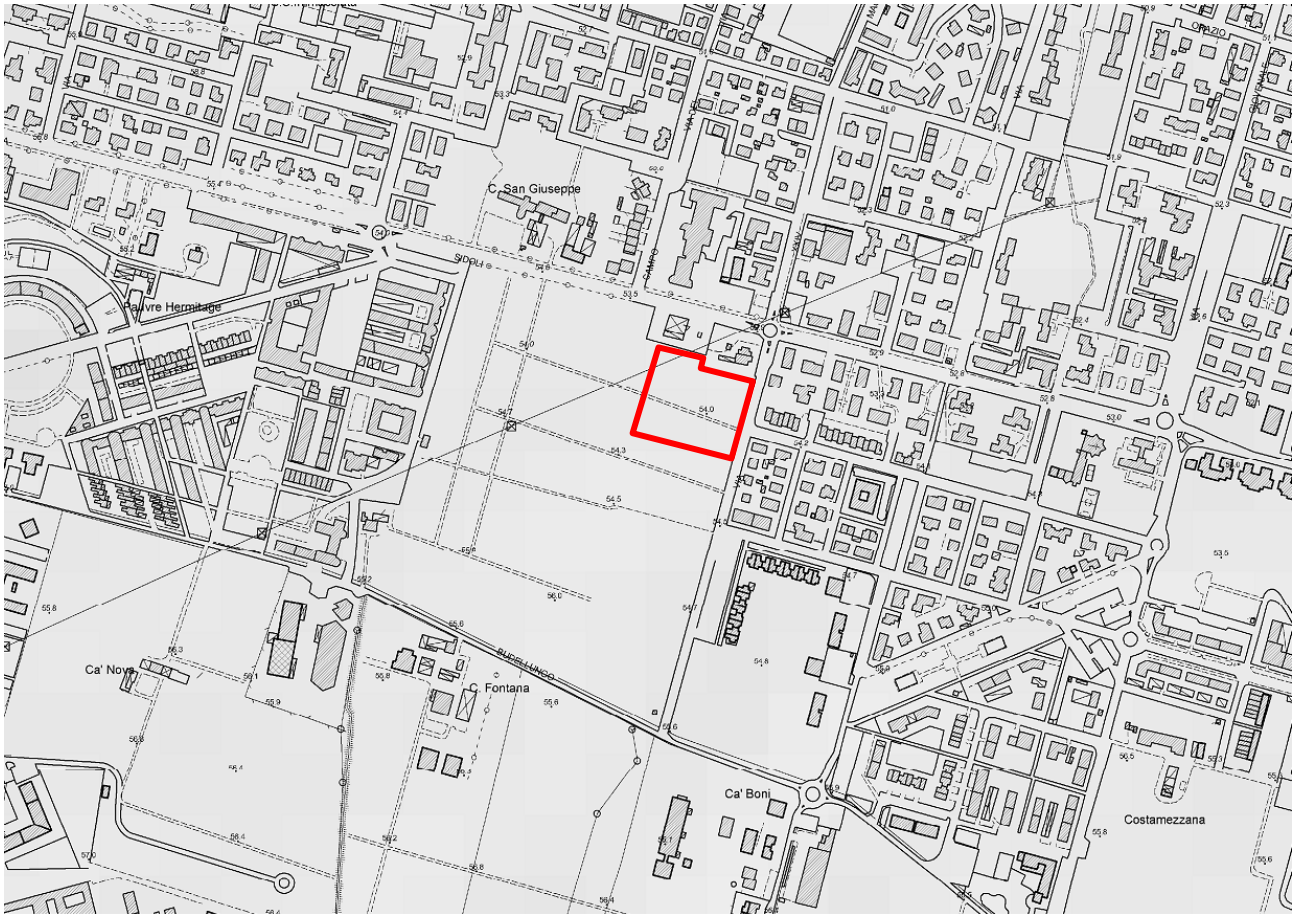
@T Ambiente e Territorio Srl

2 - MORFOLOGIA, GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICITA' GENERALE DELL'AREA

2.1 MORFOLOGIA

L'area oggetto di studio è situata in destra idrografica del Torrente Parma (da cui dista circa un paio di chilometri); la zona è pianeggiante e degrada con debolissima pendenza (< 1 %) in direzione nord nord-est, presentando quote medie del piano campagna comprese per lo più tra 54 e 55 m s.l.m..

I terreni in questione presentano un grado di erodibilità superficiale potenziale assente o quasi assente.



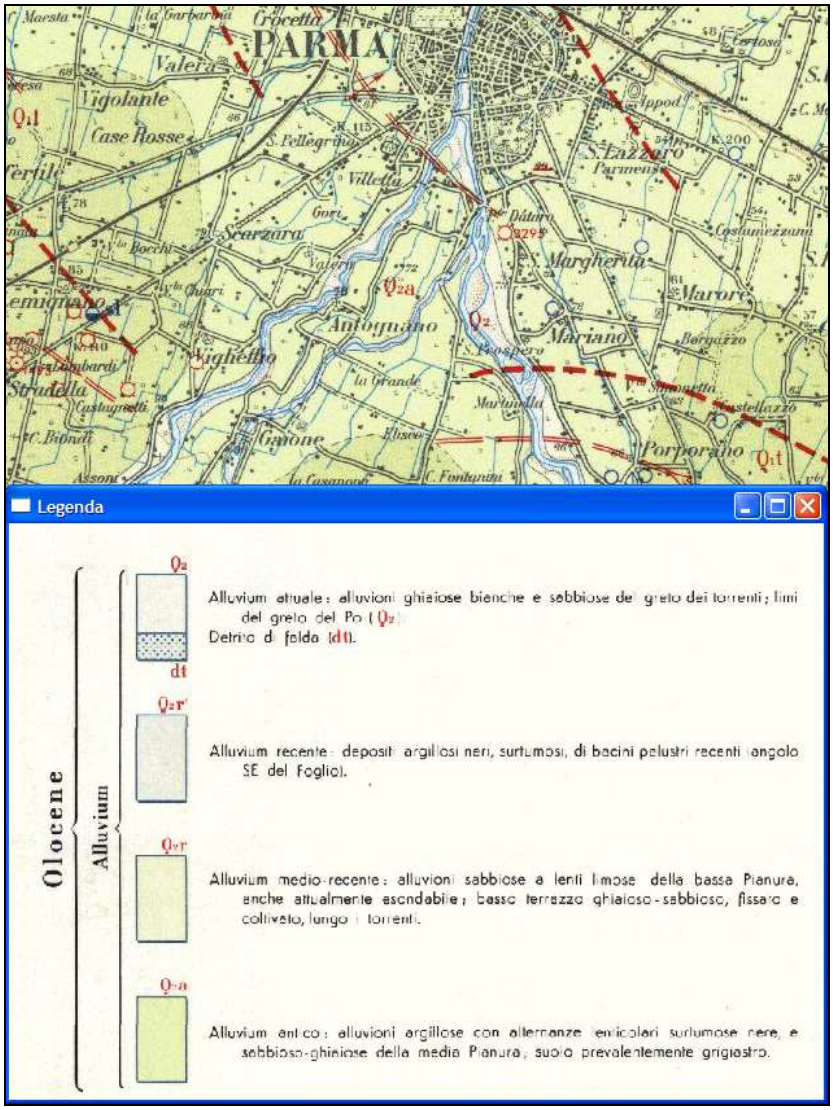
Stralcio della CTR non in scala –Elem. 200010 - con ubicazione dell'area di intervento

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

2.2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista geologico, l'area è situata sulle "Alluvioni antiche" (secondo la terminologia della Carta Geologica d'Italia 1:100.000) della media-alta pianura parmense. Si tratta di alternanze di sedimenti argilloso-limosi e sabbioso-ghiaiosi di età olocenica, riferibili al sistema deposizionale del Torrente Parma; più precisamente, come si evince da indagini eseguite nelle immediate vicinanze, il primo sottosuolo (primi metri di profondità da p.c.) risulta in genere caratterizzato da una netta prevalenza di terreni coesivi (argille e limi s.l.), mentre a profondità maggiori diventano predominanti quelli granulari (sabbie e ghiaie).

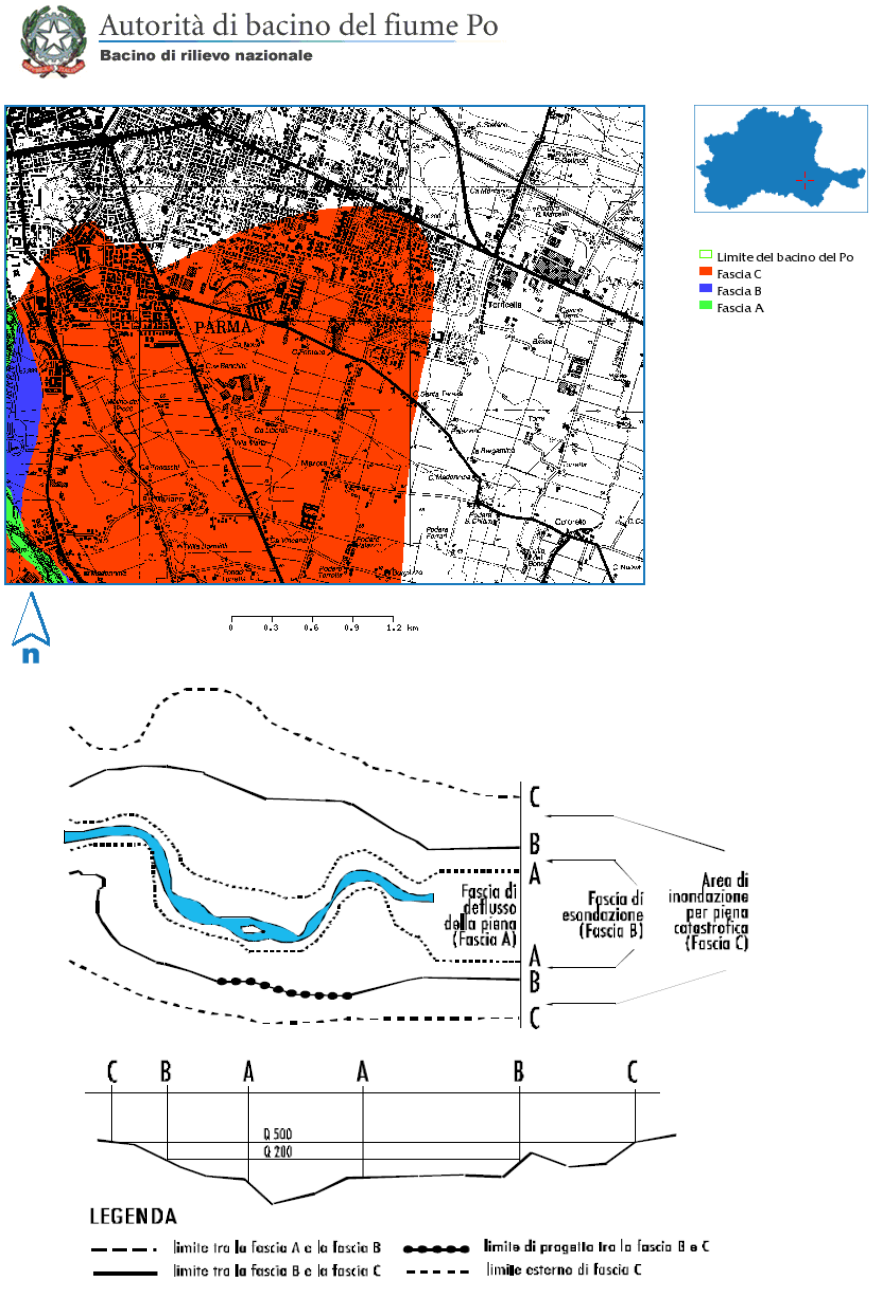


Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) Foglio 73 – "Parma"

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Dalla consultazione della cartografia redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po risulta che l'area ricade in fascia "C" del Piano per l'assetto idrogeologico (P.A.I.); la Fascia C di inondazione per piena catastrofica (Q500) è costituita dalla porzione di territorio esterna alla Fascia B, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

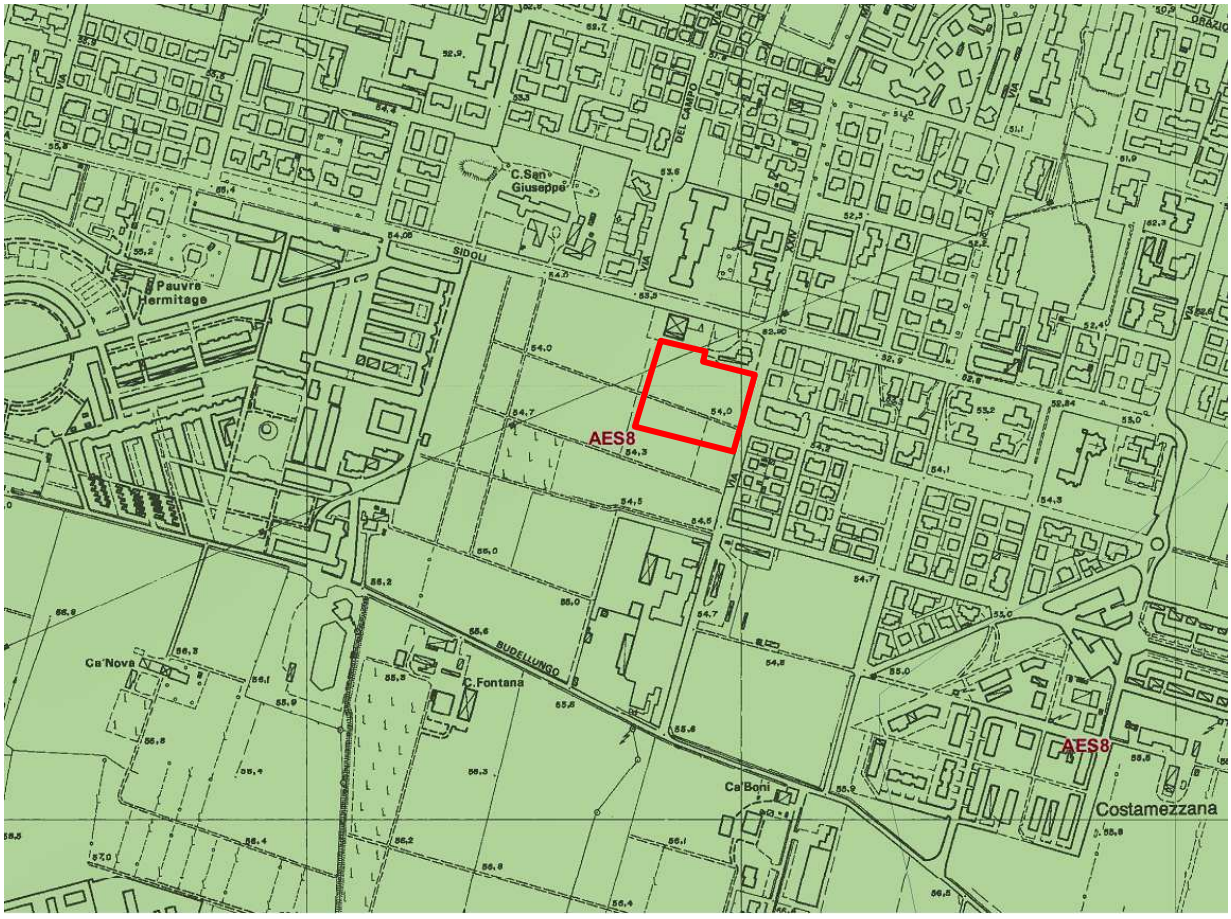


Schema esplicativo per la definizione delle fasce fluviali

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Nella carta geologica di maggior dettaglio realizzata dalla Regione Emilia Romagna (progetto CARG), nella zona sud di Parma affiorano terreni riferibili a depositi alluvionali e fluvio-glaciali appartenenti alla successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano denominato “Sintema Emiliano Romagnolo Superiore”: in particolare affiorano i terreni appartenenti al Subsintema di Ravenna (AES8) (Pleistocene superiore). Trattasi di depositi alluvionali costituiti in superficie prevalentemente da limi e argille di piana alluvionale.



AES8 - Subsintema di Ravenna
AES8a - Unità di Modena

Carta geologica-geomorfologica

(Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia Romagna)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

I depositi alluvionali in oggetto sono dotati di discrete caratteristiche geomeccaniche, ovverosia di valori dei parametri di resistenza al taglio ed elevati valori dei moduli di deformabilità: tali caratteristiche geomeccaniche conferiscono al territorio in oggetto un buon grado di stabilità geomorfologica.

Queste caratteristiche giustificano l'esistenza di un sistema acquifero "plurifalda", dove gli orizzonti produttivi coincidono con gli alvei sepolti dei corsi d'acqua (terreni granulari) e sono separati da sedimenti fini semipermeabili o impermeabili. Più precisamente, il serbatoio idrico sotterraneo si configura come "monostrato compartimentato", con falda confinata o semiconfinata localmente: la non continuità areale dei livelli a granulometria fine determina solo localmente condizioni di falda in pressione, la cui ricarica avviene per lo più nelle aree di alta pianura, ad opera delle dispersioni di subalveo dei corsi d'acqua e dell'infiltrazione delle piogge efficaci. Il flusso idrico sotterraneo è orientato in prevalenza verso NE, il gradiente idraulico risulta inferiore allo 1%. In generale, si osserva una tendenza alla ricarica dell'acquifero nel periodo primaverile ed allo svuotamento in quello autunnale; le oscillazioni dei livelli piezometrici variano in funzione del regime meteorico e idrologico, ma sono normalmente contenute entro qualche metro.

In questo settore di pianura è abbastanza frequente riscontrare la presenza anche di livelli acquiferi superficiali, in corrispondenza di alcuni orizzonti con una frazione sabbiosa apprezzabile, per lo più corrispondenti a paleoalvei subaffioranti di età recente, completamente isolati dal sistema acquifero sottostante (falde "sospese"). Tuttavia tali falde, imposte da livelli lenticolari impermeabili o semipermeabili, non costituiscono motivo di

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

differenziazione dell'acquifero principale: esse sono da considerarsi improduttive, a causa del già citato isolamento dall'acquifero sottostante (impermeabilizzazione al contorno) e della bassissima trasmissività.

Sempre per quanto concerne la falda freatica superficiale, la sua alimentazione può dipendere dalle precipitazioni meteoriche e/o dalle vie d'acqua superficiali; le prime possono apportare un contributo per percolazione (infiltrazione), le seconde per traslazione lineare (filtrazione).

In generale, nella pianura parmense a periodi di abbondanti piogge fanno riscontro analoghi periodi di aumenti del livello medio della falda; non è tuttavia possibile poter distinguere direttamente se tale dipendenza sia legata alle sole precipitazioni oppure al regime delle acque fluviali, poiché gli andamenti nel tempo delle piogge e dei deflussi dei corsi d'acqua sono simili tra loro.

Studi condotti in passato hanno evidenziato che il bilancio idrico risulta negativo per circa 1/3 dell'anno: ciò sta a significare che in tale periodo l'apporto delle acque meteoriche è inferiore ai deflussi o che l'incremento idrico viene rapidamente eliminato dal suolo. Ne consegue che per un lungo periodo dell'anno le precipitazioni non apportano incrementi alla falda freatica: è anzi da presumere che si registri una risalita per capillarità di acque di falda agli strati più superficiali del terreno, favorita dall'eventuale presenza di vegetazione. Dato il carattere di "negatività" del bilancio idrico nel periodo estivo è altresì da evidenziare il fatto che le acque apportate al suolo con mezzi artificiali (irrigazione) vengono in genere rapidamente sottratte alla penetrazione in profondità, sia dall'elevato grado di evaporazione che dal consumo della vegetazione.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Si ritiene dunque che nella media pianura le precipitazioni non influiscano in modo sensibile sui livelli piezometrici. Non è possibile escludere tuttavia che il regime meteorico possa esercitare un'azione modulante su quello freatico, modificandone lievemente i valori massimi: questi infatti si registrano nel periodo primaverile, cioè quando tutti gli apporti idrici nella zona assumono valori elevati.

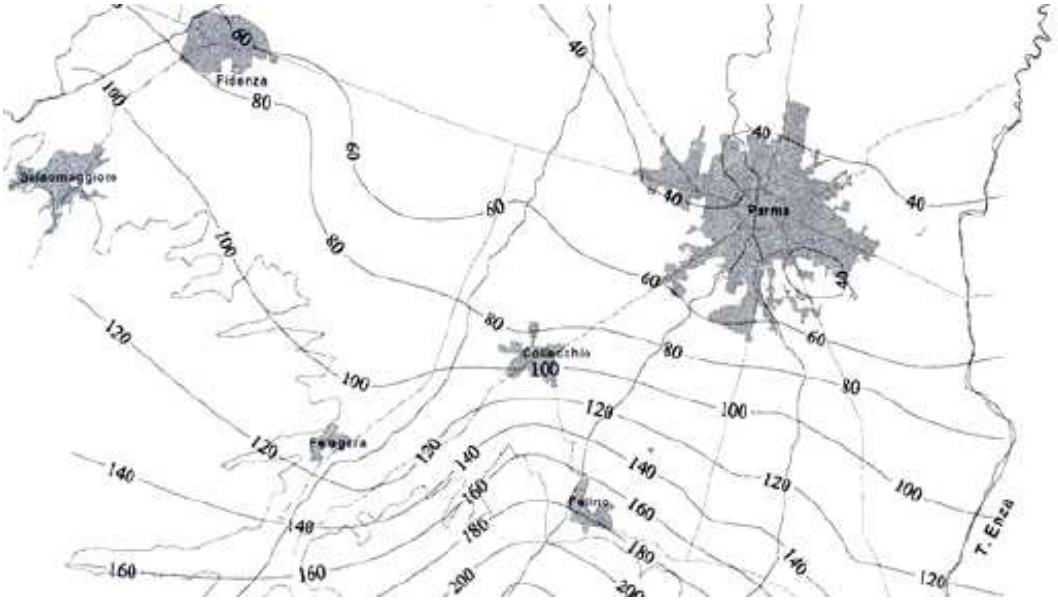
L'area d'intervento nella zona delle risorgive dell'alta pianura.

Per quanto concerne il regime della falda nella tratta interessata dell'opera, questo è caratterizzato da un periodo di "piena" (valori minimi della soggiacenza del livello freatico) in primavera (marzo-maggio) ed un evidente picco negativo ("magra") nella stagione estiva (luglio-agosto).

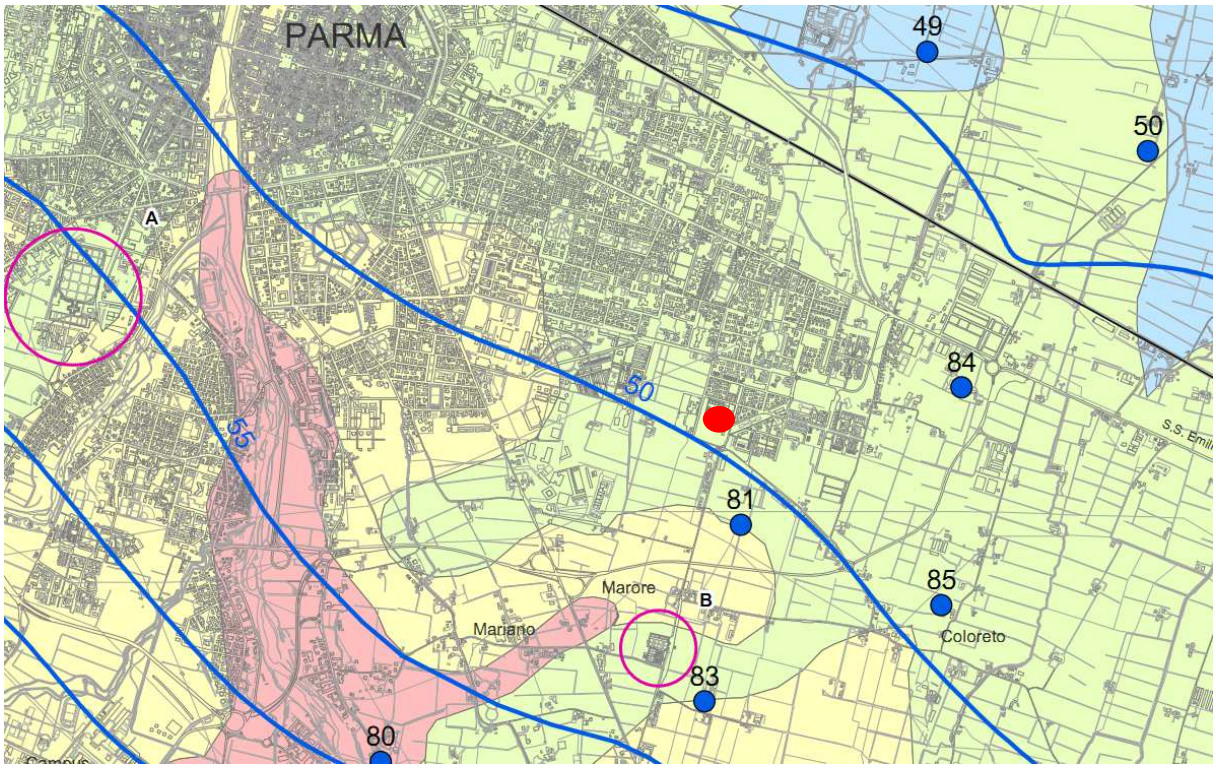
Si ritiene che in concomitanza di particolari situazioni di piena fluviale e di prolungati eventi meteorici la falda freatica possa raggiungere valori prossimi al p.c. originario (< 1,5 m dal p.c.) e pertanto interferire con le fondazioni delle strutture.

Nel corso dell'indagine geognostica svolta nel maggio 2015 è stata rinvenuta la falda a -1,5 m dal p.c.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it



Carta dell'andamento delle isopieze



Stralcio Tav. SA5-04 Idrogeologia del Nuovo PSC del Comune di Parma

● ***Area in oggetto***

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

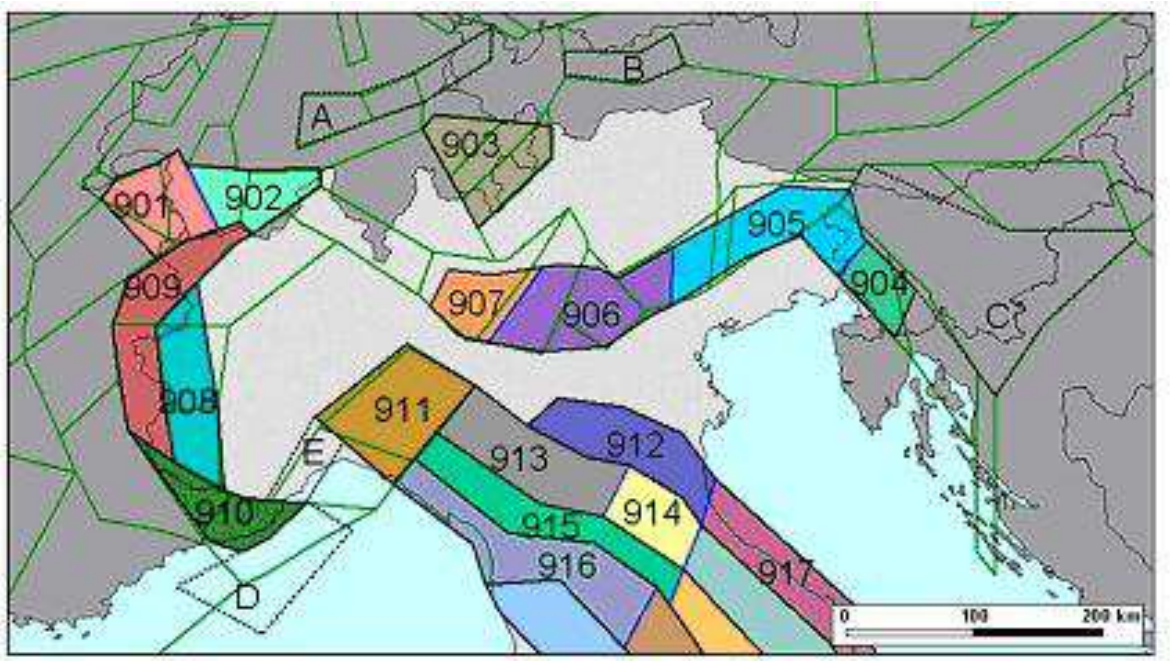
2.3 SISMICITA'

l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha rimappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche, tale zonazione viene definita ufficialmente ZS9(Meletti e Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgenti. La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero del'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fogliazione prevalente.

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, identificate da un numero che va da 901 a 936, che presentano limiti di colorazione nera e blu; i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile de formativo ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

L'area in oggetto si trova all'interno della fascia 913-914-918 in cui storicamente si sono verificati terremoti che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Questa fascia include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che si sono manifestate recentemente nell'arco appenninico centro-settentrionale. In particolare l'area oggetto di studio rientra nella della zona sismogenetica 913.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it



Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia

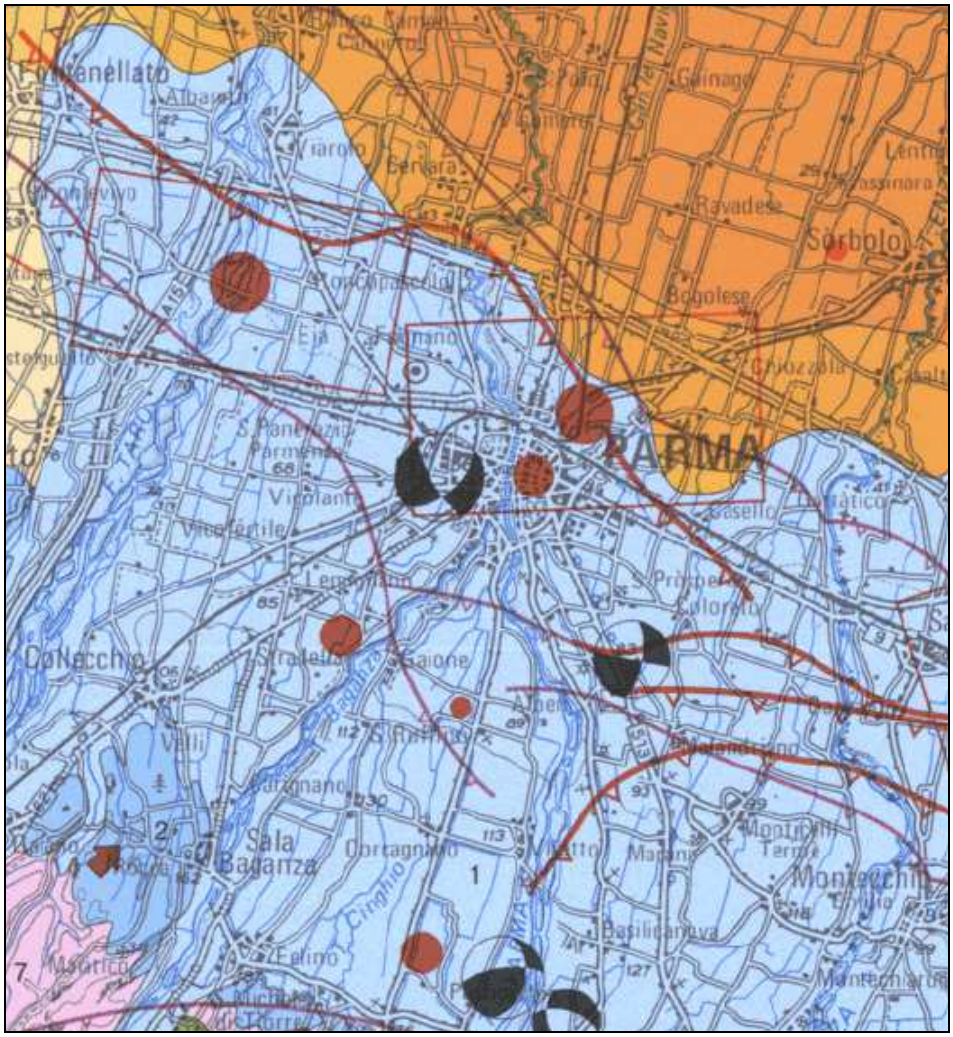
In dipendenza della presenza di estesi fronti di accavallamento nel sottosuolo della pianura parmense e delle zone limitrofe, geodinamicamente attivi, e della spessa copertura alluvionale si genera un'attività sismica medio-bassa. Le strutture sismogenetiche attive sepolte, che sono identificabili in faglie che interessano soprattutto il substrato terziario (External Thrust Front e Pedeappenninic Thrust Front), sono responsabili dei principali fenomeni tellurici che hanno interessato, anche recentemente, la provincia parmense e soprattutto quella reggiana.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

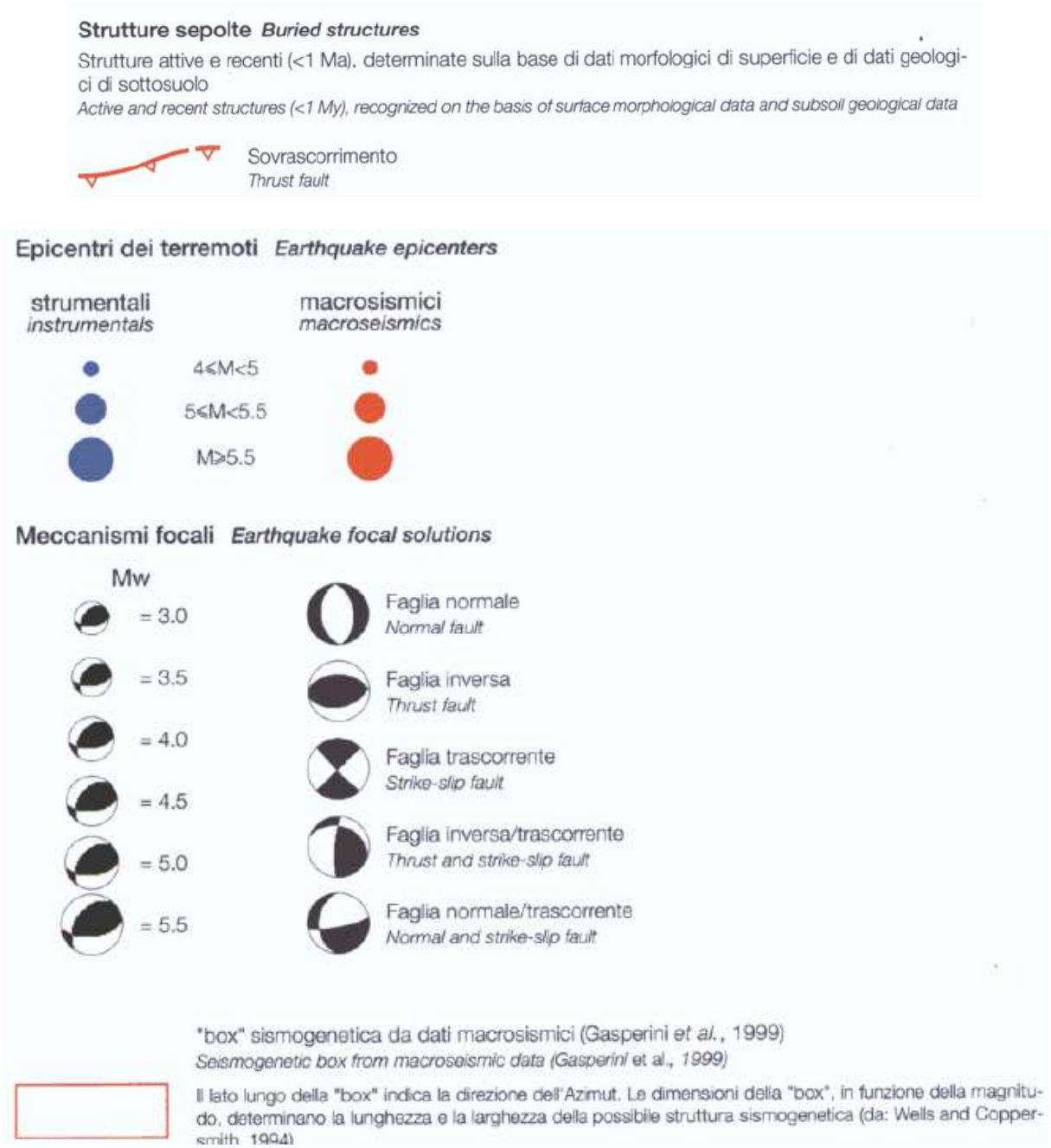


In questa zona sismogenetica si verificano terremoti con meccanismi di fagliazione prevalentemente compressivi con profondità ipocentrale compresa tra 12-20 Km.



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

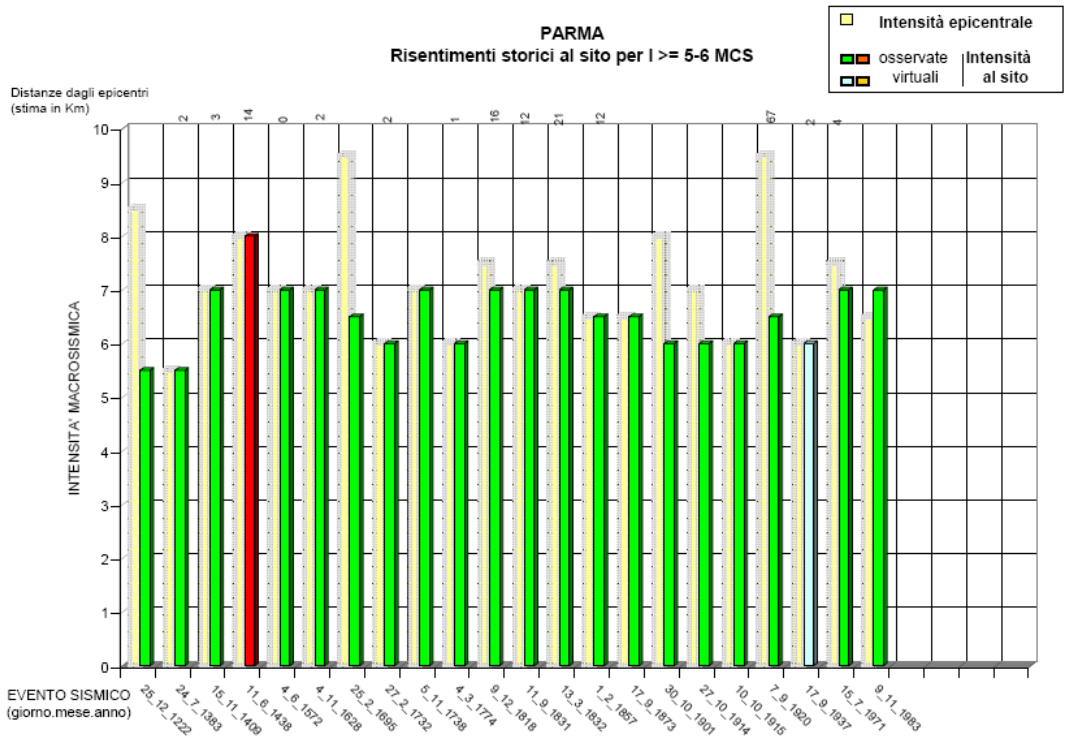
@T Ambiente e Territorio Srl

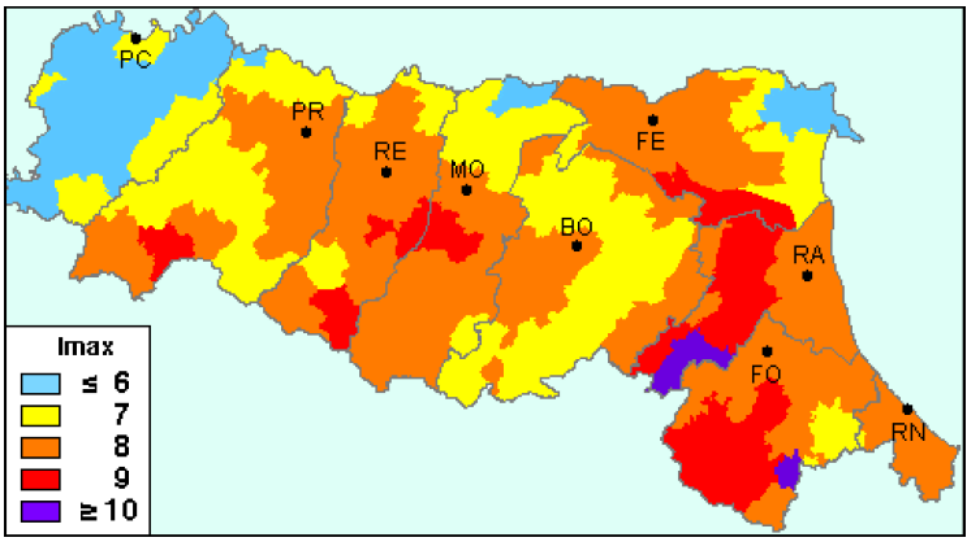


Dalle registrazioni strumentali e dalle testimonianze storiche, l'area di Parma è stata soggetta a eventi tellurici con un'intensità massima pari a 6÷8 gradi della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) per cui, pur presentando caratteristiche sismogenetiche non del tutto trascurabili, l'area oggetto di studio non presenta una pericolosità sismica elevata.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl





Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (estratto della Regione Emilia-Romagna).

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Nella seguente tabella sono riportati i principali terremoti storici per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto.

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
5	DI	-91						Modena-Reggio Emilia	CFTI	3	85	80		44.65	10.78	A	5.66	0.17		5.53	0.25		5.53	0.25	913	G	24		5
90	DI	1345	1	31				CASTELNUOVO	DOM	1	55	55		44.81	10.564	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	A		596	90
130	DI	1409	11	15	11	15		Parma	CFTI	5	70	60	M	44.8	10.33	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G	173	598	130
144	DI	1438	6	11	20			Parmense	CFTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17		5.47	0.26		5.61	0.26	913	G	181	599	144
160	DI	1465	4	15	14	40		Reggio Emilia	CFTI	6	65	65		44.7	10.63	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	913	G	192	600	160
242	DI	1547	2	10	13	20		Reggio Emilia	CFTI	13	80	70	M	44.7	10.63	A	5.21	0.25		4.86	0.37		5.05	0.34	913	G	223	603	242
264	DI	1572	6	4	22			PARMA	DOM	8	70	70		44.851	10.422	A	5.13	0.23		4.74	0.34		4.93	0.32	913	A		604	264
281	DI	1591	5	24				REGGIO EMILIA	DOM	4	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		606	281
304	DI	1608	1	6				REGGIO EMILIA	DOM	2	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		607	304
333	DI	1628	11	4	15	15		PARMA	DOM	8	70	70		44.801	10.329	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	913	G		608	333
374	DI	1671	6	20				RUBIERA	DOM	13	70	70		44.709	10.814	A	5.34	0.15		5.06	0.22		5.23	0.20	912	G		610	374
501	DI	1732	2	27				PARMA	DOM	1	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		611	501
511	DI	1738	11	5		30		PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20		5.15	0.30		5.31	0.28	913	G		612	511
589	DI	1774	3	4				PARMA	DOM	2	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		613	589
703	DI	1806	2	12				NOVELLARA	DOM	28	70	70		44.862	10.671	A	5.26	0.16		4.93	0.24		5.11	0.22	912	A		875	703
717	DI	1810	12	25		45		NOVELLARA	DOM	33	70	70		44.898	10.712	A	5.28	0.10		4.97	0.15		5.15	0.14	912	A		876	717
720	DI	1811	7	15	22	44		SASSUOLO	DOM	21	70	70		44.572	10.728	A	5.24	0.19		4.91	0.28		5.09	0.26	913	G		614	720
740	DI	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	DOM	27	75	75		44.668	10.286	A	5.57	0.10		5.40	0.15		5.55	0.15	913	G		615	740
791	DI	1831	9	11	18	15		Reggiano	CFTI	24	75	75		44.75	10.55	A	5.48	0.13		5.27	0.19		5.43	0.18	912	G	378	616	791
798	DI	1832	3	13	3	30		Reggiano	CFTI	93	75	75		44.77	10.47	A	5.59	0.07		5.43	0.10		5.57	0.10	913	G	382	617	798
906	DI	1857	2	1				PARMENSE	DOM	22	65	65		44.749	10.48	A	5.26	0.12		4.94	0.18		5.12	0.17	913	G		619	906
984	DI	1873	5	16	19	35		REGGIANO	DOM	15	65	65		44.612	10.701	A	5.13	0.20		4.74	0.29		4.93	0.27	913	G		621	984
988	DI	1873	9	17				LIGURIA ORIENTALE	DOM	68	65	65		44.497	10.283	A	5.52	0.13		5.32	0.19		5.47	0.18	916	A		537	988
1124	DI	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	DOM	44	60	60		44.75	10.306	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		623	1124
1190	CP	1892	5	17	3	8	15	CARPINETI	POS85			60		44.45	10.517		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		581	1190
1291	DI	1898	3	4				CALESTANO	DOM	260	70	65		44.503	10.314	A	5.07	0.09		4.65	0.14		4.85	0.13	913	G		584	1291
1504	CP	1909	3	18	2	51	52	CARPINETI	POS85			60		44.5	10.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		625	1504
1590	DI	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	DOM	73	50	50		44.597	10.279	A	4.85	0.14		4.33	0.21		4.55	0.19	913	G		587	1590
1622	DI	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	DOM	30	65	60		44.732	10.469	A	5.01	0.08		4.57	0.12		4.78	0.11	913	G		626	1622
1784	DI	1926	6	28	21	15		REGGIANO	DOM	3	40	40		44.488	10.487	A	4.61	0.11		3.97	0.16		4.22	0.15	913	G		628	1784
1843	CP	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	POS85			60		44.6	10.6		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		629	1843
1931	CP	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	POS85			60		44.8	10.3		4.56	0.11		3.89	0.17		4.15	0.16	913	G		632	1931
1954	CP	1940	1	24	23	32	16	CORNIGLIO	POS85			50		44.467	10.1		4.93	0.09		4.45	0.14		4.67	0.13	915	G		591	1954
1960	CP	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	POS85			50		44.8	10.183		4.89	0.14		4.39	0.21		4.61	0.19	913	G		634	1960
2047	DI	1950	5	6	3	43		REGGIANO	DOM	4	40	40		44.731	10.67	A	4.46	0.14		3.74	0.21		4.01	0.19	912	G		635	2047
2230	CP	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	POS85			55		44.8	10.75		4.71	0.08		4.12	0.12		4.36	0.11	912	G		886	2230
2231	CP	1967	5	15	10	3	34	S.POLO	POS85			60		44.6	10.4		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		637	2231
2278	CP	1970	5	3	4	17	41	S.POLO	POS85			60		44.633	10.383		4.80	0.21		4.26	0.31		4.49	0.29	913	G		639	2278
2303	DI	1971	7	15	1	33	23	Parmense	CFTI	228	80	75	M	44.82	10.35	A	5.61	0.07		5.45	0.10		5.59	0.10	913	G	536	641	2303
2313	CP	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	POS85			60		44.6	10.2		4.66	0.21		4.04	0.31		4.29	0.29	913	G		642	2313
2417	CP	1980	12	23	12	1	6	VERNASCA	POS85					44.817	9.85		5.03	0.18		4.60	0.27		4.80	0.25	913	G		643	2417
2437	DI	1983	11	9	16	29	52	Parmense	CFTI	836	70	65		44.765	10.27	A	5.10	0.18	0	4.99	0.06		5.16	0.05	913	G			2435
2456	DI	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	DOM	803	60	60		44.797	10.697	A	5.05	0.07		4.79	0.08		4.98	0.08	912	G		9020	2460
2509	DI	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	INGVAM	135	70	70		44.782	10.683	A	5.44	0.18	0	5.09	0.04		5.26	0.04	912	G			
2534	CP	2000	6	18	7	42	8	REGGIANO	OFTEP					44.786	10.746		4.46	0.18	0	4.17	0.18		4.41	0.16	912	G			

Codice CPTI04	descrizione	contenuto
N	numero d'ordine del record	
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici
Anno	tempo origine: anno	
Me	tempo origine: mese	
Gi	tempo origine: giorno	
Or	tempo origine: ora	
Mi	tempo origine: minuto	
Se	tempo origine: secondo	
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti	
Rt	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili	
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)	
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)	
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali	
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali	
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale
--		
--		

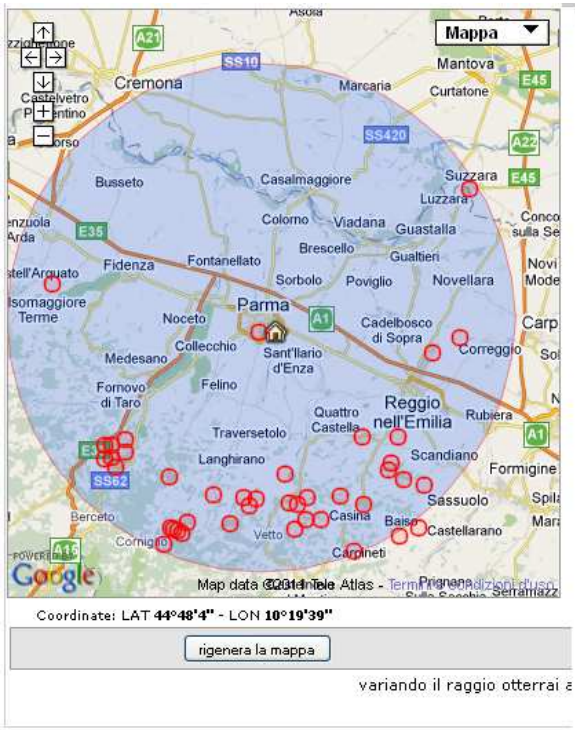
Maw	Magnitudo momento	
Daw	Errore associato alla stima di Maw	
TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms≤5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079
Dsp	Errore associato alla stima di Msp	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2	
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1	
Ncpt	Numero d'ordine del record nel catalogo CPTI99	

Estratto dal "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), terremoti con epicentro compreso in un raggio di 40 Km dall'area d'intervento.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Nella seguente tabella sono riportati i principali terremoti attuali (2009-2013) per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto.



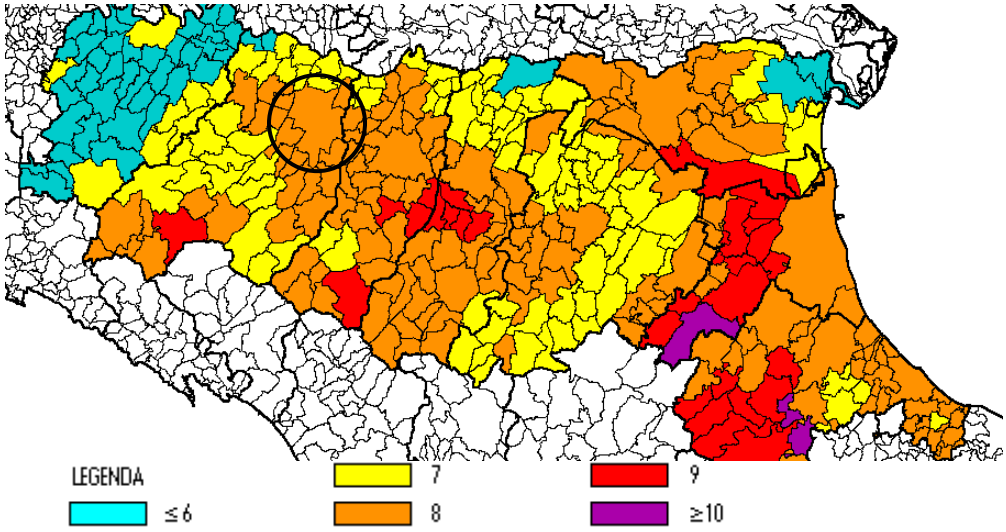
	data ora UTC	MAG	distretto	dist. in km
1)	28/05/2011 22.24.53	2	Val di Taro	30,17
2)	07/05/2011 14.41.54	2,1	Val di Taro	31,28
3)	04/05/2011 4.01.05	2	Val di Taro	32,44
4)	30/04/2011 14.01.48	2,1	Val di Taro	28,84
5)	28/04/2011 21.03.02	2,5	Val di Taro	32,89
6)	28/04/2011 20.14.38	2,9	Val di Taro	33,38
7)	26/04/2011 19.54.25	2,3	Zona Reggio Emilia	28,59
8)	26/02/2011 7.46.32	2,3	Frignano	26,93
9)	20/02/2011 0.42.41	2,3	Zona Reggio Emilia	28,94
10)	17/02/2011 9.35.30	2,4	Frignano	35,14
11)	10/01/2011 13.00.39	2,4	Parmense	23,13
12)	26/12/2010 0.13.00	2,1	Frignano	28,25
13)	25/12/2010 18.31.20	2,2	Frignano	35,15
14)	22/11/2010 3.43.38	2,3	Zona Reggio Emilia	28,46
15)	21/11/2010 19.59.52	2,3	Zona Reggio Emilia	34,57
16)	11/11/2010 0.27.02	2,4	Frignano	38,13
17)	05/10/2010 21.04.28	2,5	Frignano	28,11
18)	28/08/2010 12.28.31	2,4	Frignano	30,62
19)	26/08/2010 4.33.00	1,9	Frignano	38,54
20)	24/08/2010 20.15.06	1,8	Zona Reggio Emilia	26,36
21)	19/08/2010 7.04.19	2,6	Zona Reggio Emilia	25,67
22)	07/08/2010 17.54.45	2,1	Zona Reggio Emilia	31,77
23)	06/07/2010 3.43.00	2,5	Pianura padana emiliana	29,67
24)	05/07/2010 9.01.00	2,1	Zona Reggio Emilia	38,98
25)	19/06/2010 1.16.27	2,7	Zona Piacenza	35,10
26)	12/05/2010 1.11.05	2	Zona Reggio Emilia	22,34
27)	13/04/2010 10.16.58	2,4	Frignano	37,45
28)	24/03/2010 21.00.39	2	Val di Taro	31,99
29)	10/12/2009 12.20.19	2,6	Pianura padana lombarda	38,08
30)	16/09/2009 22.26.15	2,5	Frignano	35,25
31)	16/09/2009 22.23.58	2,5	Frignano	33,34
32)	16/09/2009 22.22.24	2,5	Frignano	35,20
33)	22/08/2009 10.21.37	2,1	Parmense	2,01
34)	18/07/2009 18.21.47	2,7	Frignano	27,04
35)	18/06/2009 11.55.15	3,6	Zona Reggio Emilia	31,31
36)	15/04/2009 23.11.51	2,7	Frignano	28,46
37)	15/01/2009 11.08.13	3,1	Frignano	27,29
38)	15/01/2009 3.13.24	2,6	Frignano	31,16
39)	09/01/2009 23.52.11	2,7	Frignano	27,74
40)	06/01/2009 16.09.06	3,1	Frignano	27,80
41)	06/01/2009 2.58.38	2,8	Frignano	31,48
42)	02/01/2009 22.43.53	2,9	Frignano	31,81

A conferma di quanto riportato in precedenza si riporta la carta delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996) nella quale, per il territorio del comune di Parma viene indicato un terremoto del VIII grado MCS.

Per valutare la pericolosità sismica si fa riferimento alle disposizioni regionali e nazionali. La Regione Emilia-Romagna, nella delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 Ottobre 2005 "Prime indicazioni applicative in merito al decreto Ministeriale 14 Settembre 2005 (Pubblicato sul supplemento ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005) recante 'Norme Tecniche per le costruzioni'" stabilisce quanto segue "Nel

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

silenzio del Decreto Ministeriale, si deve ritenere che a decorrere dal 23 ottobre 2005 continui a trovare applicazione la classificazione sismica di tutti i Comuni della Regione, stabilità, in via di prima applicazione, ai sensi del punto 3. dell'Allegato 1 all'Ordinanza n.3274/2003".



Carta delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996) per la Regione Emilia Romagna

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il comune di Parma viene classificato in zona 3.

Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale della provincia di Parma.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna in base all'Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, il n° di comuni si riferisce all'intero territorio regionale.

Nelle norme tecniche allegate all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso valore del parametro ag (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

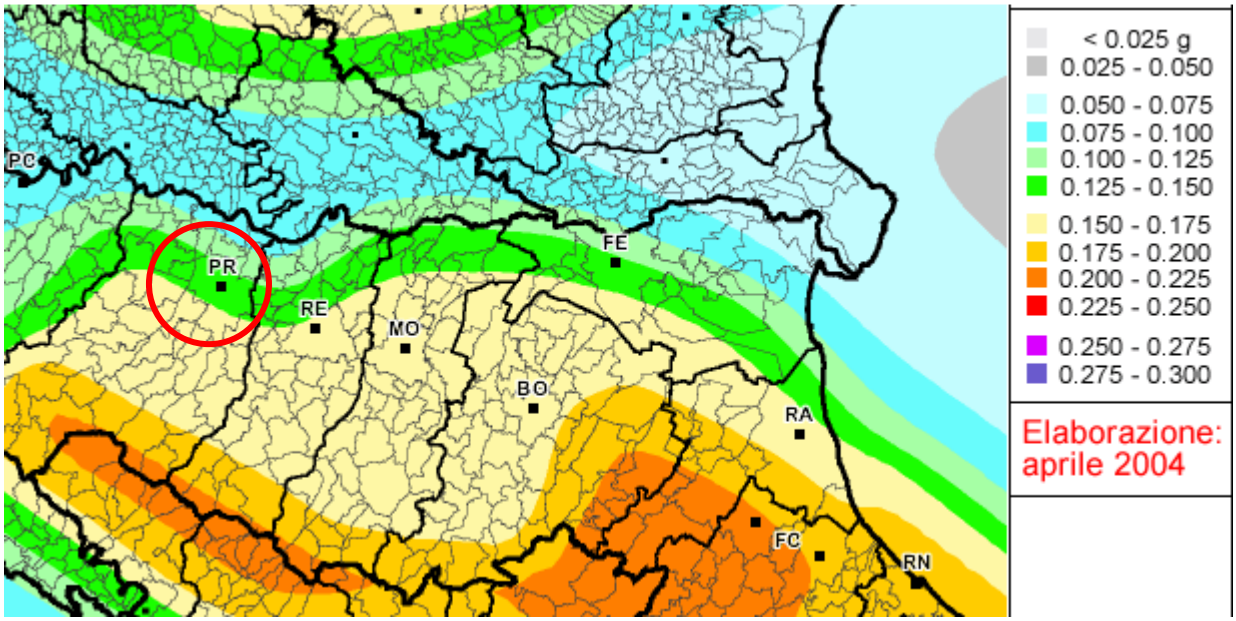
Nelle classificazioni definite dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S, nella classificazione proposta dal Gruppo di Lavoro del 1998 vennero invece proposte tre categorie sismiche (prima, seconda e terza) ed una categoria per i comuni Non Classificati, la nuova classificazione (Ordinanza del PCM n.3274/2003) prevede invece la suddivisione in quattro zone numerate da 1 a 4. Nello schema seguente si riporta la corrispondenza tra le diverse classificazioni.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S = 12	Prima categoria	Zona 1
S = 9	Seconda categoria	Zona 2
S = 6	Terza categoria	Zona 3
Non classificato	Non classificato	Zona 4

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il comune di Parma ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A) compresa tra 0.100 e 0.175 g.



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

Estratto da "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" riferimento Ordinanza del 20 marzo 2003 n.3274 All.1. espressa in termine di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A .All.2.3.1)

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, entrate definitivamente in vigore il 30 luglio 2009, hanno aggiornato le modalità di valutazione delle azioni di progetto.

In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni ag e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

- Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- Tc*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

Di seguito sono riportati i valori di ag, Fo, Tc* relativi alla pericolosità sismica dell'area oggetto d'intervento edificatorio per vari tempi di ritorno.

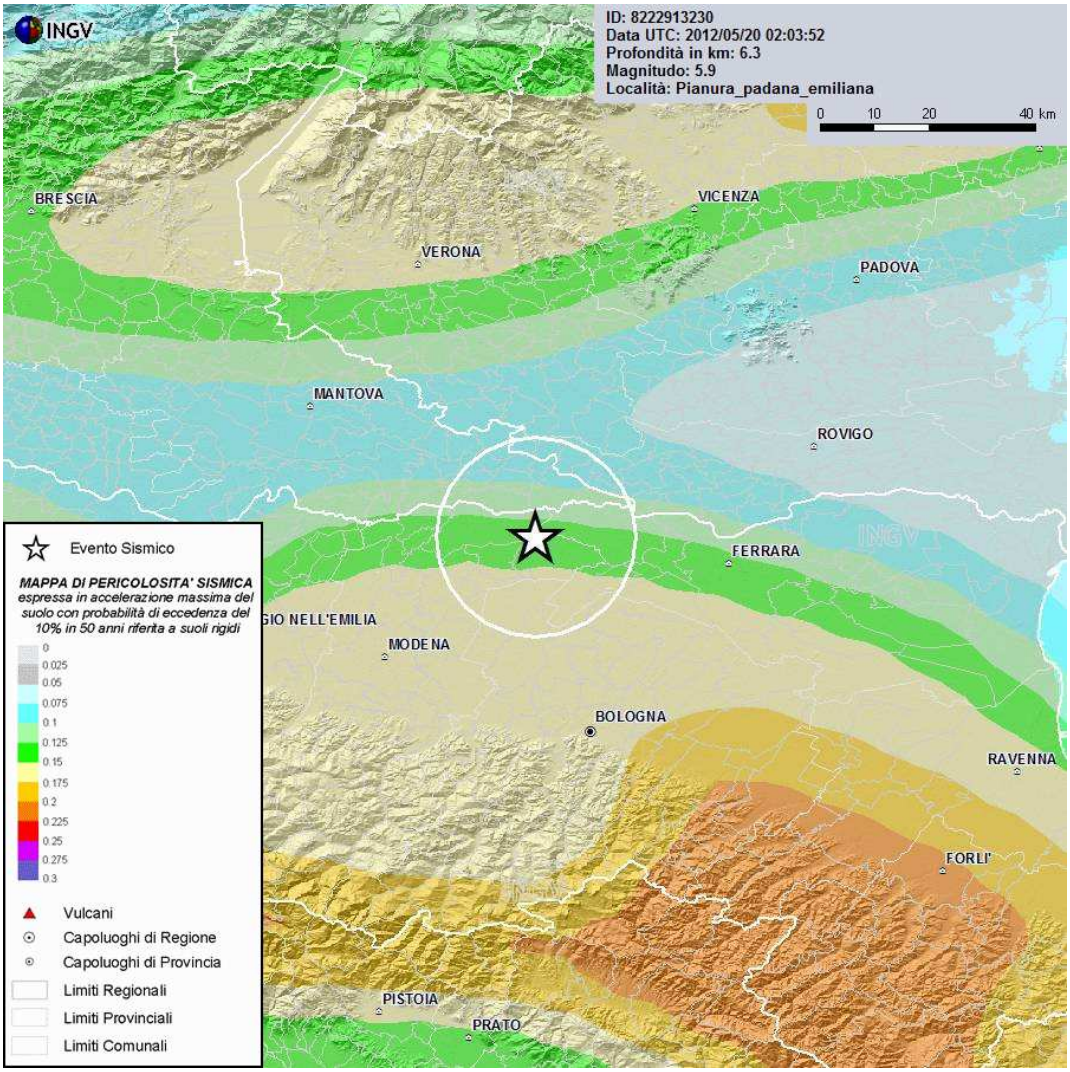
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.0463	2.48	0.24
50	0.0578	2.50	0.26
72	0.0679	2.48	0.27
101	0.0781	2.48	0.27
140	0.0898	2.47	0.27
201	0.1039	2.46	0.28
475	0.1453	2.45	0.28
975	0.1854	2.46	0.29
2475	0.2438	2.49	0.30

Nell'"Atto di indirizzo e cordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"" nella tabella 2 dell'allegato 4°, sono riportati i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (arefg) per ogni comune della regione Emilia-Romagna. In particolare per il comune di Parma viene fornito un valore di arefg=0.139 g.

Si fa presente che durante l'anno 2012 si sono verificati i noti eventi sismici del 20 e 29 maggio aventi rispettivamente magnitudine massima pari a 5,9 e 5,8 con epicentri localizzati nelle provincie di Modena e Ferrara che rappresentano una novità per quanto concerne le intensità massime dei sismi storicamente registrati in quella zona. Pertanto, data la relativa

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

vicinanza dei sismi al sito oggetto della presente relazione, è presumibile ritenere che nel prossimo futuro verrà aggiornata la vigente "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale", con conseguente modifica delle accelerazioni attese al suolo anche per la zona in oggetto.



Epicentro sisma del 20/05/2012

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

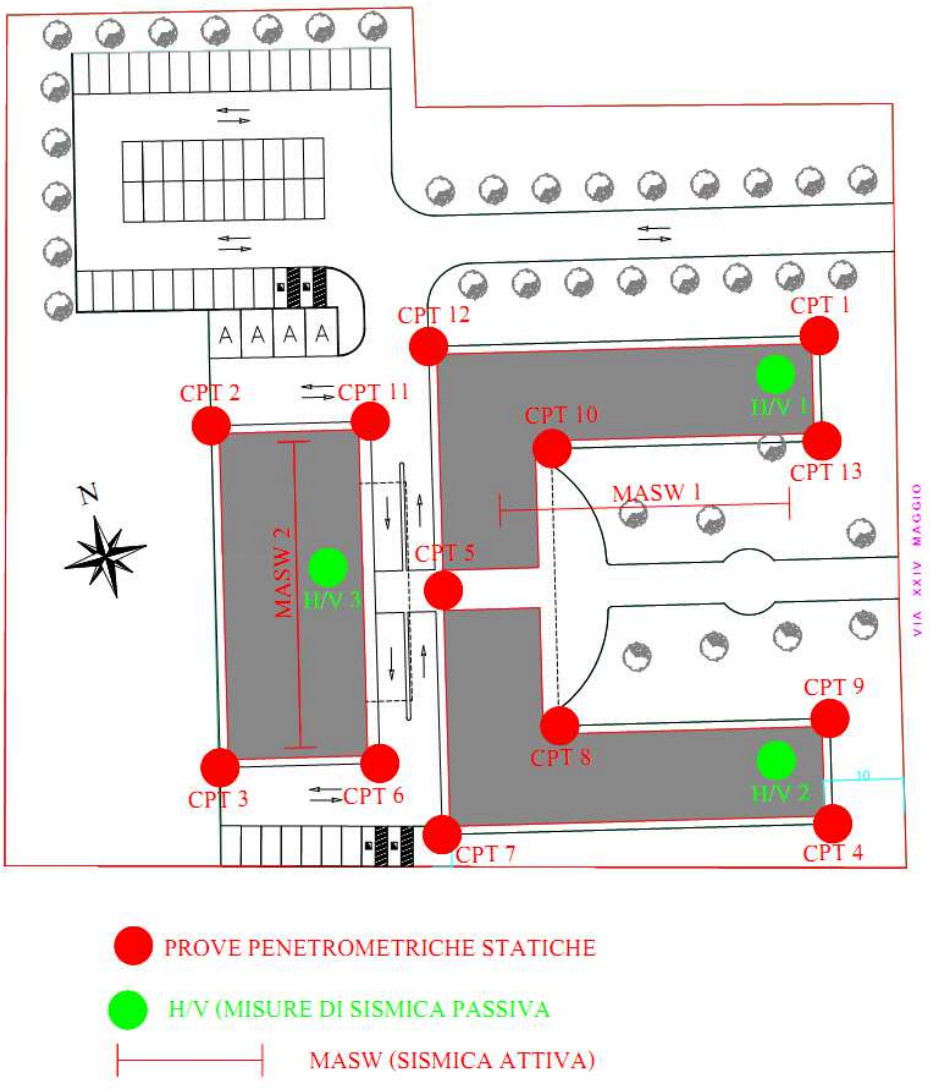
@T Ambiente e Territorio Srl

3 - DESCRIZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO

Al fine di approfondire il grado di conoscenza del terreno di fondazione e quindi di costruire uno schema stratigrafico dell'area oggetto d'intervento, si è fatto riferimento alla preindicate indagini geognostiche in sito con metodologia diretta ed indiretta (geofisica).

Sono state eseguite:

- n° 13 prove penetrometriche statiche CPT;
- n° 2 prospezioni di sismica attiva (MASW);
- n° 3 prospezioni di sismica passiva H/V (Microtremori);



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Esecuzione prove penetrometriche (25/05/2015)



Esecuzione prove penetrometriche (25/05/2015)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Stendimento per l'esecuzione di prova di sismica attiva (MASW) (25/05/2015)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

3.1 - METODOLOGIE DELLE PROVE IN SITO

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Le prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test) di tipo meccanico con penetrometro corredato di punta telescopica e manicotto laterale (tipo "Begemann") consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno a velocità costante di 2 cm/s, mediante martinetto idraulico, una batteria d'aste a cui è collegata nella parte inferiore una punta conica, e nel misurare separatamente le resistenze all'avanzamento della sola punta conica Rp (Kg/cmq), la resistenza relativa all'infissione della punta e del manicotto Rp + Rl (Kg/cmq) e la resistenza totale relativa all'infissione delle aste esterne Rt (Kg). I dati relativi alle letture di campagna di Rp e Rl vengono poi elaborati e permettono di ottenere indicazioni sui principali parametri geotecnici del terreno; in base al rapporto Rp/Rl fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del manicotto (Begemann 1965 - AGI '77) è possibile effettuare il riconoscimento di massima dei terreni.

SISMICA ATTIVA (MASW)

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera decisamente affidabile.

Questo tipo di indagine mira a ricostruire la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di superficie generate in sede di energizzazione.

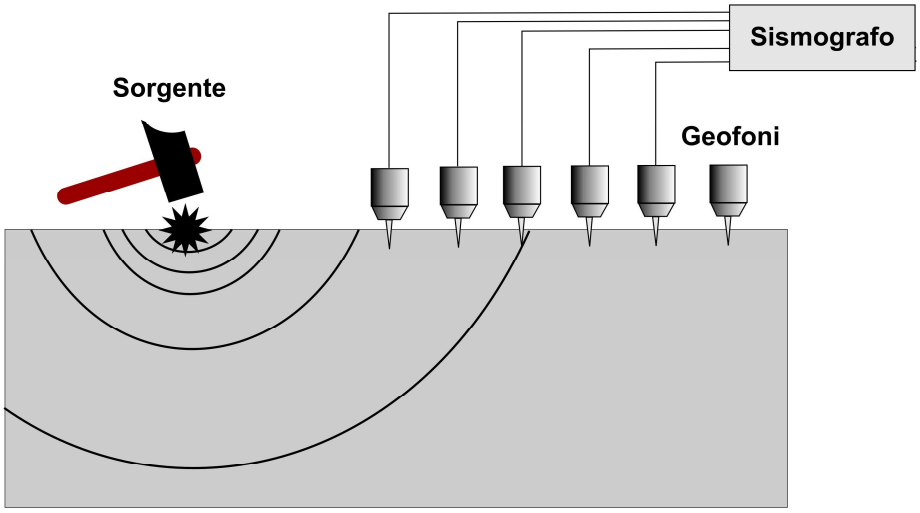
Tramite le prove MASW vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una preocedura di inversione numerica.

La procedura MASW prevede tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campagna: registrazione di linea sismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) di lunghezza e distanza intergeofonica variabile utile a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio)

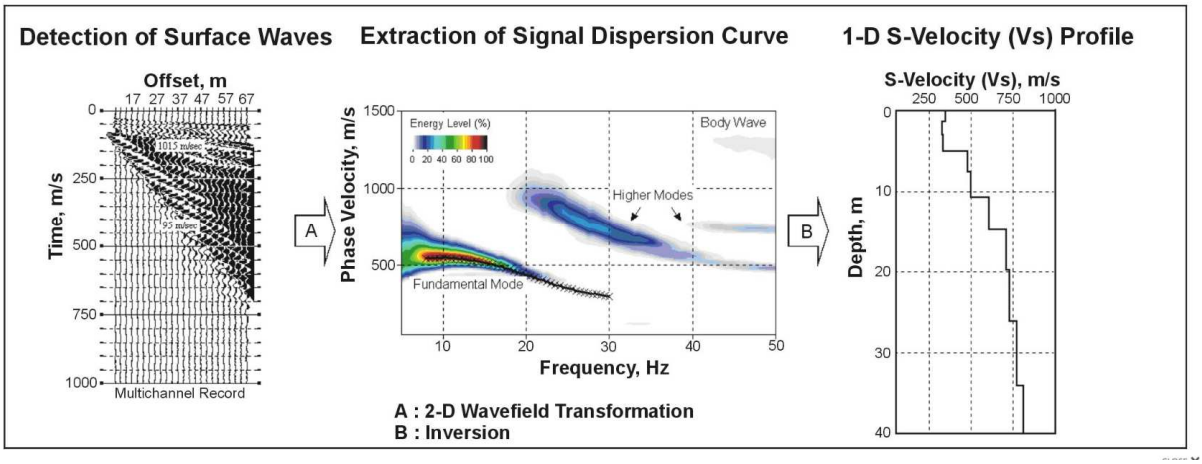


2. estrazione della curva di dispersione;

3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



SISMICA PASSIVA

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche).

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il tromografo “Tromino”, si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio range frequenziale (0,1 – 256 Hz) e il sistema GPS integrato.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali (HVSR).

METODO HVSR

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

fr = Vs1 / 4 h

Vs1 =velocità delle onde S del primo strato

h = spessore primo strato

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



Tromografo Digitale "Tromino"

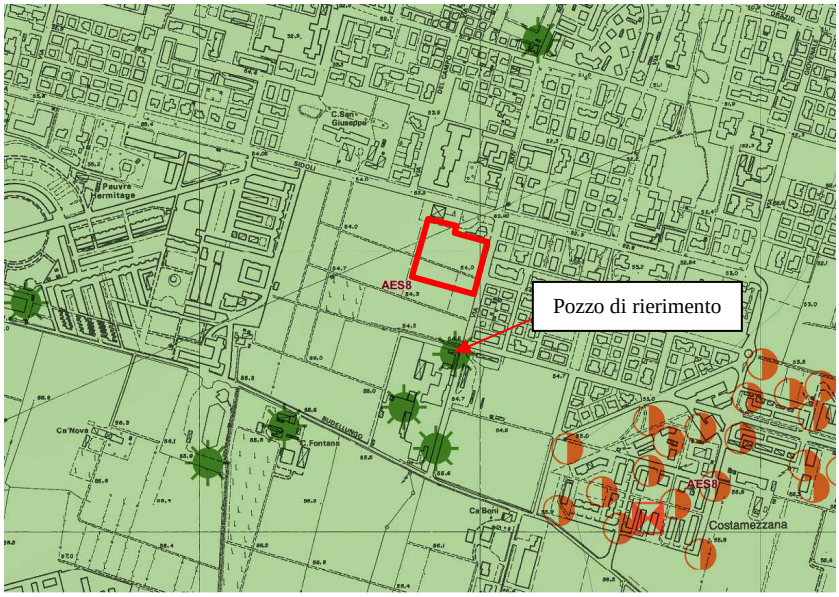
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

3.2 - STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

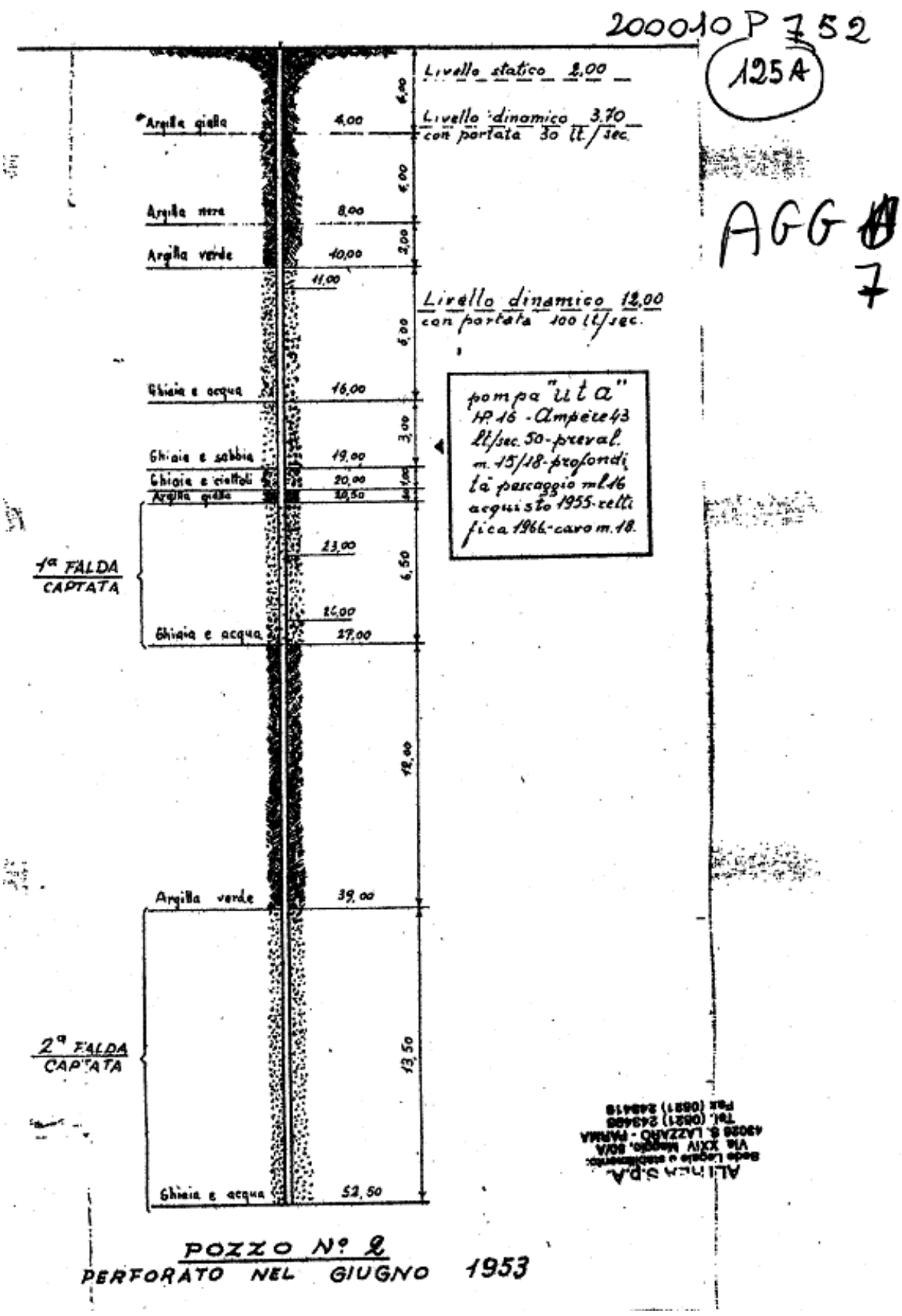
Dal punto di vista stratigrafico, come si può notare dal confronto dei diagrammi relativi all'avanzamento della punta conica con metodologia statica, il terreno di fondazione nei primi 12 metri di profondità (quota di terreno direttamente indagata) oltre alla presenza di un terreno vegetale (ex suolo agricolo) spesso all'incirca 1 m, è caratterizzato nei primi 11,5 metri circa di profondità da livelli litologici a granulometria fine coesivi, costituiti per lo più da argille e limi da poco a moderatamente consistenti, con intercalati a diverse profondità sottili livelli di argille organiche e torbe; più in profondità (> 11,5 m), i terreni sono costituiti da livelli granulari addensati costituiti da sabbie e ghiaie all'interno dei quali sono andate a rifiuto tutte le prove penetrometriche. Le prove penetrometriche non hanno tuttavia consentito di stabilire la potenza dello strato ghiaioso che si ritiene abbia comunque uno spessore di alcuni metri.

Pertanto per quanto concerne l'andamento della stratigrafia in profondità si è fatto riferimento alle stratigrafie di sondaggi a carotaggio continuo e pozzi idrici eseguiti in zone limitrofe a quelle dell'intervento.



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Da tali stratigrafie note si evince che lo strato ghiaioso è presente a partire da 11 m di profondità ed ha una potenza di almeno 15 m circa estendendosi sino ad una profondità di 30 m circa dal p.c..

La modellazione geologica del sito per i primi metri è la seguente:

MODELLO GEOLOGICO		
Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia**
A	0,00m ÷1,00m	Terreno vegetale (suolo agricolo) e paleovegetale.
B	1,00m ÷ 11,50m	Alternanza di limi argillosi e argille limose da poco a moderatamente consistenti
C	11,50 m ÷ 30 m	Alternanza di sabbie e ghiaie addensate
SOGGIACENZA FALDA: - 1,5 m circa dal p.c.		

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

3.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito si è provveduto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

Si è ritenuto opportuno utilizzare i risultati provenienti dalle prove penetrometriche statiche CPT, essendo disponibili per quest'ultima numerosi dati per risalire alle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. In particolare dall'elaborazione dei valori di Qc si possono estrapolare, tra gli altri, i valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate (Cu), essendo Cu = Qc/15÷25 (15÷25 = coeff. adimensionale del carico limite riferito alla prova penetrometrica statica), e la determinazione del parametro di resistenza al taglio ϕ (angolo d'attrito interno efficace ϕ'), per mezzo della correlazione Qc-ϕ' proposta da Begemann (1974) e Meyerhof (1974). Per quanto concerne la stima del modulo elastico, questo può essere determinato da Qc secondo l'equazione generale: $E = C1 \times Qc$.

Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito e sulla base delle conoscenze dei luoghi si è provveduto alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni di appoggio delle future strutture fondazionali.

QUADRO GEOTECNICO-GEOMECCANICO SCHEMATICO

Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia Prevalente**	**Comportamento geomeccanico**	**Cu (Kg/cm^2)**	**C' (Kg/cm^2)**	**ϕ (°)**	**E (Mpa)**	**γ (T/m^3)**	**K (m/s)**	**μ**
A	0,0m ÷1,0m	Terreno vegetale	(*)	-	-	-	-	-	-	-
B	1,0m ÷ 11,5m	Limi e argille	Coesivo	0,55÷0,65	0,15÷0,20	15÷20	15÷20	1,90	10^{-5}	0.25÷0.35
C	11,5m ÷ 15 m	Ghiaie	Granulare	-	0,0÷0,05	30÷35	40÷60	1,95	10^{-3}	0.25÷0.35

(*) tali materiali poiché saranno completamente asportati e/o by-passati dalle strutture di fondazione, non sono d'interesse per quanto attiene alle caratteristiche geomeccaniche.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria pertanto la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock): la classificazione può essere basata sulla stima, nei primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni dei valori:

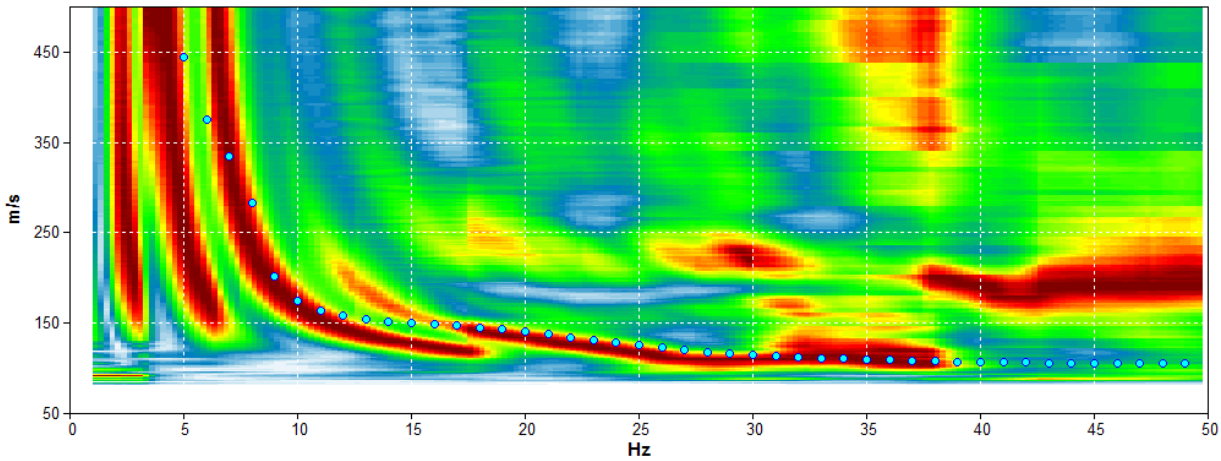
- della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs;
- di Nspt;
- di Cu.
- o mediante descrizione litostratigrafica.

I parametri della Vs sono stati determinati integrando i dati ricavati dalle prove di sismica attiva (MASW) eseguite direttamente sull'area, tramite stendimenti aventi lunghezza pari a 36 m e passo geofonico pari a 3 m tra loro ortogonali.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

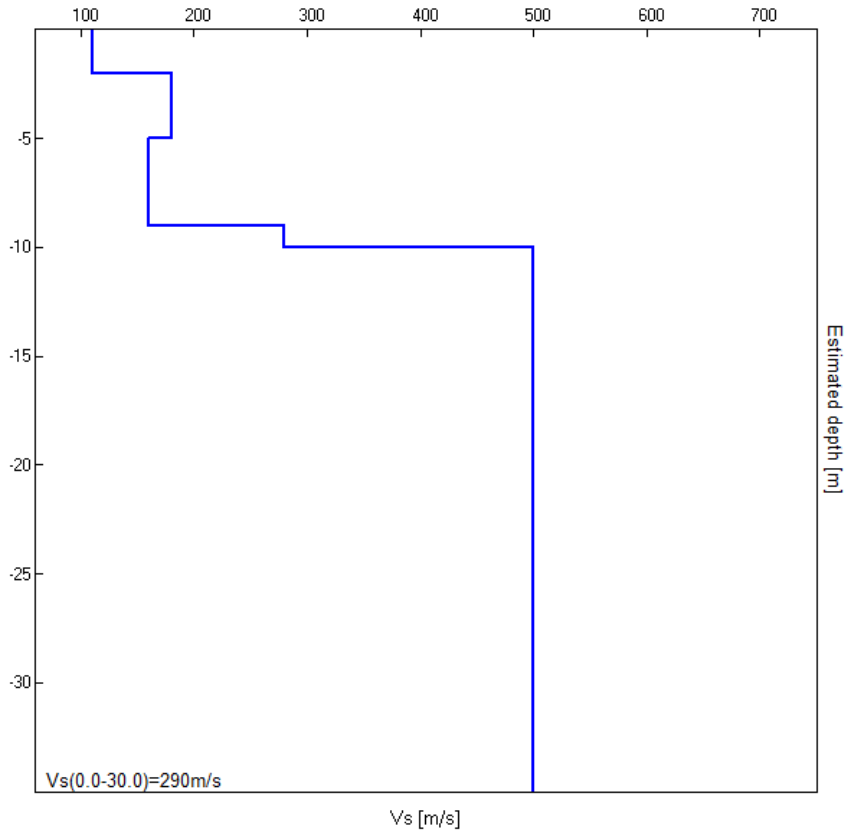
SISMICA ATTIVA – MASW 1

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	110	0.40
5.00	3.00	180	0.40
9.00	4.00	160	0.42
10.00	1.00	280	0.42
40.00	30.00	500	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs(0.0-30.0)=290m/s

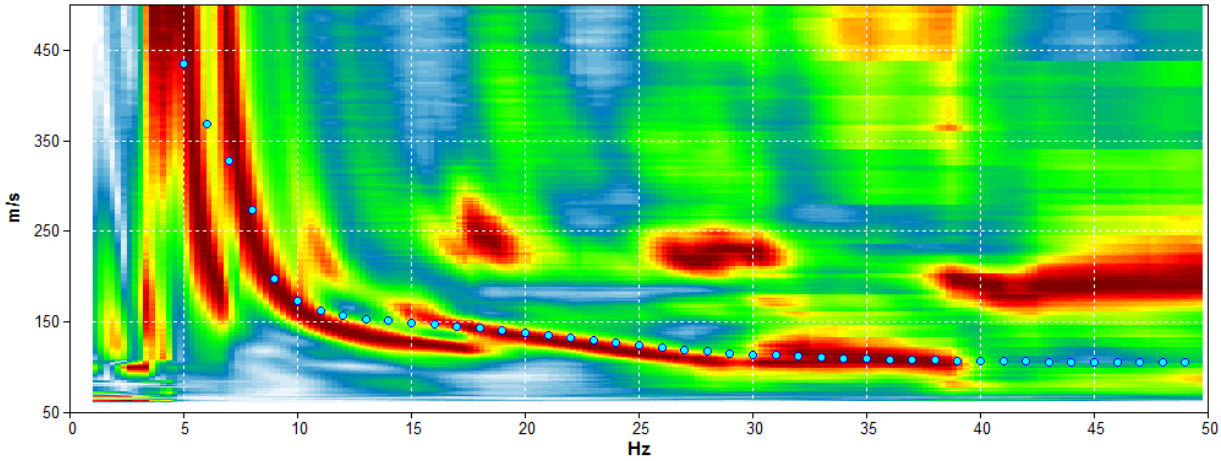


Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

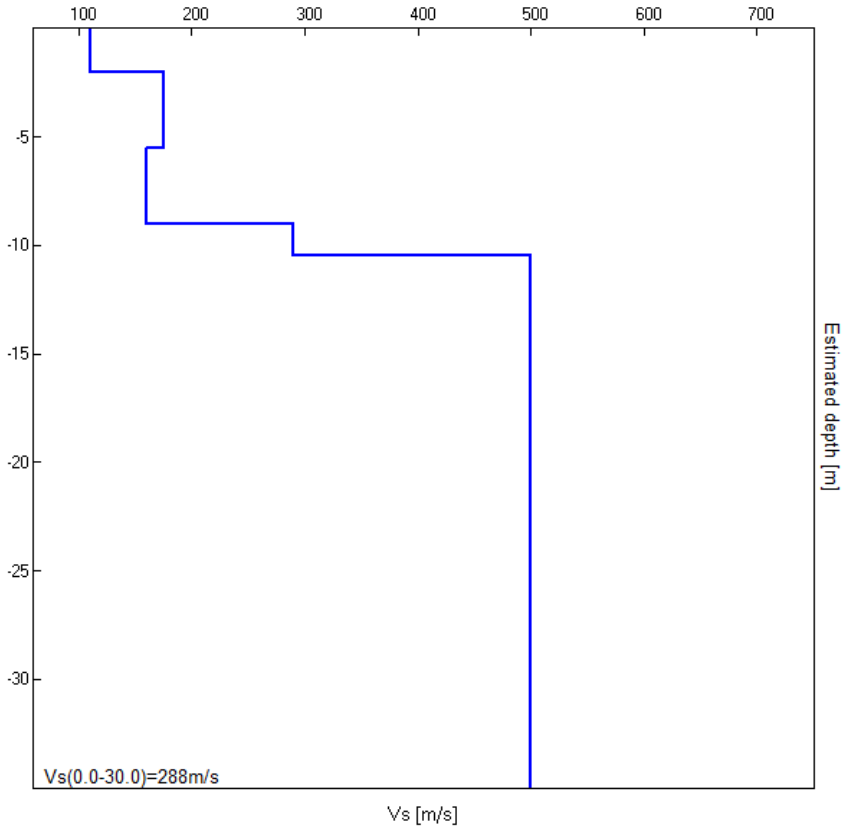
SISMICA ATTIVA – MASW 2

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	110	0.40
5.50	3.50	175	0.40
9.00	3.50	160	0.42
10.50	1.50	290	0.42
40.50	30.00	500	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs(0.0-30.0)=288m/s



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Nelle NTC 2008 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come riportato nella tabella seguente.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Estratto dalle NTC 2008 (tabella 3.2 – Categorie di sottosuolo)

Il valore di Vs30 ricavato dalle indagini di sismica attiva (MASW) eseguite nell'area, a partire da profondità superiori a -1,5 m dal piano campagna, individua una CATEGORIA DI SOTTOSUOLO di tipo "C".

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

VITA DELLA STRUTTURA

Trattandosi di un'"opera ordinaria" l'opera in progetto ha una ***vita nominale***, intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, pari a 50 anni.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Vita nominale dei diversi tipi di opere (NTC 08)

La ***classe d'uso*** la struttura in progetto rientra nella classe III, caratteristica di "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi" con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche.

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
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.
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.
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 D.M. 5 novembre 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.

Classi d'uso (NTC 08)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento detto ***vita di riferimento*** V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Valori del coefficiente d'uso C_U (NTC 08)

Per la struttura in progetto la vita di riferimento VR risulta pari a 75 anni.

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO

Topografia: T1 (superficie pianeggiante)

Categoria di suolo di fondazione: C

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

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;

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

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.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella sottostante.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

Stati Limite		P_{VR}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti che le condizioni stratigrafiche locali hanno sulla Risposta Sismica Locale.

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Trattandosi di zona pianeggiante, l'area in esame ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle Azioni Sismiche da adottare.

Di seguito vengono riportati gli Spettri in accelerazione orizzontale e verticale relativi agli stati limite per l'area di trasformazione, caratterizzati, come precedentemente osservato, da probabilità di superamento differenti nel periodo di riferimento V_R.

Nel caso specifico, tali spettri si riferiscono a costruzioni con Classe dell'edificio III (Coefficiente Cu = 1.5) e Vita nominale VN > 50 anni.



44.784485, 10.357999

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Latitudine	44.784485 °	Longitudine	10.358000 °

(1)* Coordinate ED50

Latitudine	44,785426 °	Longitudine	10,359020 °

Classe dell'edificio: III. Affollamento significativo... — Cu = 1.5

Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100): 50

Interpolazione: Media ponderata

Calcola

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	45	0,055	2,498	0,254
Danno (SLD)	75	0,068	2,489	0,267
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,165	2,454	0,287
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,207	2,467	0,296
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno ◉ Stabilità dei pendii e fondazioni ○ Paratie

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

		SLO	SLD	SLV	SLC
H (m)	1				
us (m)	0.1				
Categoria sottosuolo	C				
Categoria topografica	T1				
Ss * Amplificazione stratigrafica		1,50	1,50	1,46	1,39
Cc * Coeff. funz categoria		1,65	1,62	1,59	1,57
St * Amplificazione topografica		1,00	1,00	1,00	1,00
☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]	0.6				

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,021	0,058	0,081
kv	0,008	0,010	0,029	0,040
Amax [m/s²]	0,807	1,006	2,364	2,822
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

Sito in esame.

latitudine: 44,785426 [°]

longitudine: 10,359020 [°]

Classe d'uso: 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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15384	44,792810	10,321480	3074,2
Sito 2	15385	44,794650	10,391800	2782,7
Sito 3	15607	44,744690	10,394410	5322,0
Sito 4	15606	44,742850	10,324090	5478,9

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,055	2,498	0,254
Danno (SLD)	63	75	0,068	2,489	0,267
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,165	2,454	0,287
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,207	2,467	0,296

Coefficienti Sismici

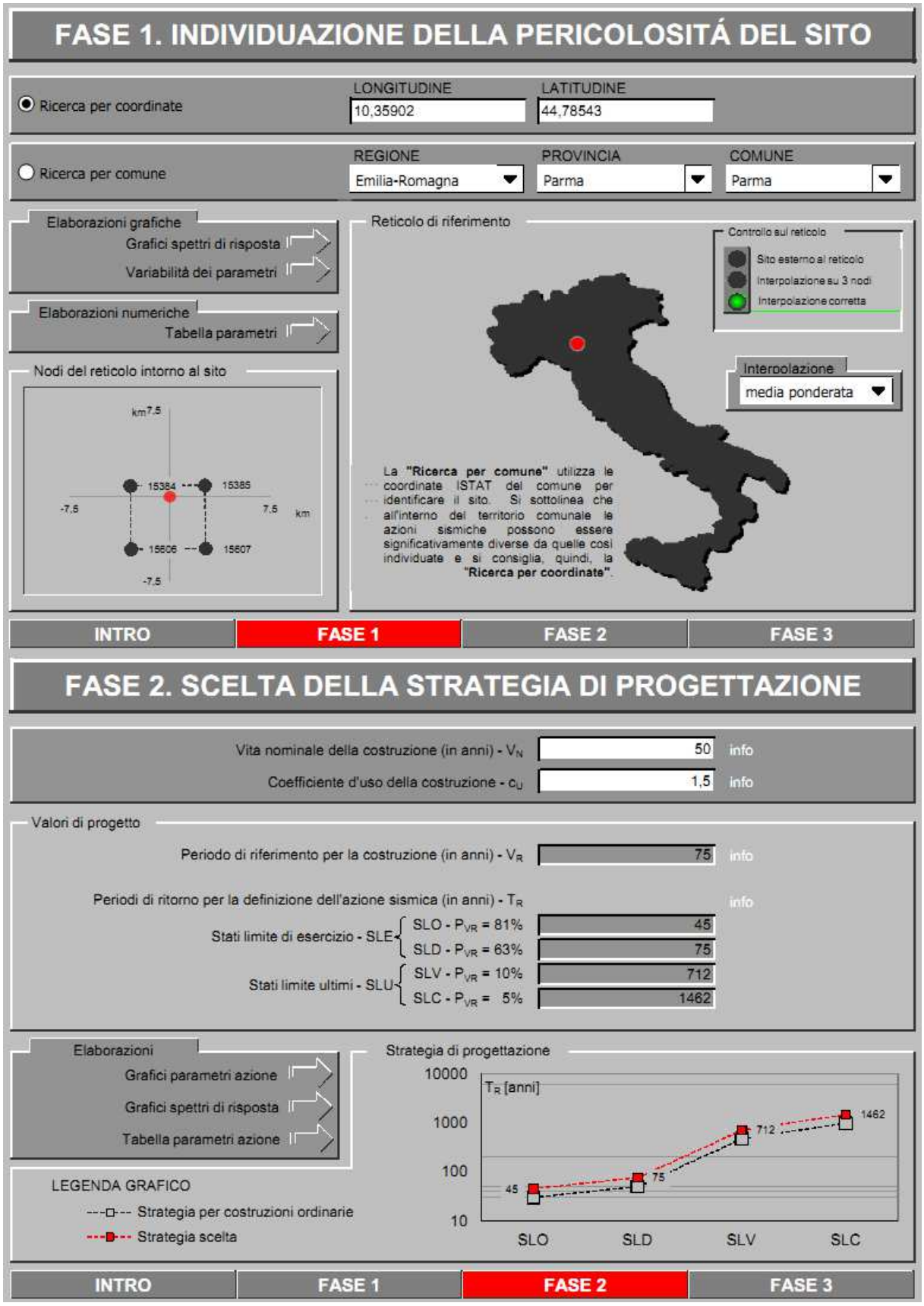
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,650	1,000	0,016	0,008	0,807	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,021	0,010	1,006	0,200
SLV	1,460	1,590	1,000	0,058	0,029	2,364	0,240
SLC	1,390	1,570	1,000	0,081	0,040	2,822	0,280

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	2,000	2,480	0,241
50	0,057	2,502	0,258
72	0,067	2,489	0,266
101	0,077	2,486	0,271
140	0,089	2,471	0,276
201	0,103	2,471	0,278
475	0,144	2,454	0,283
975	0,184	2,454	0,290
2475	0,242	2,484	0,305

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

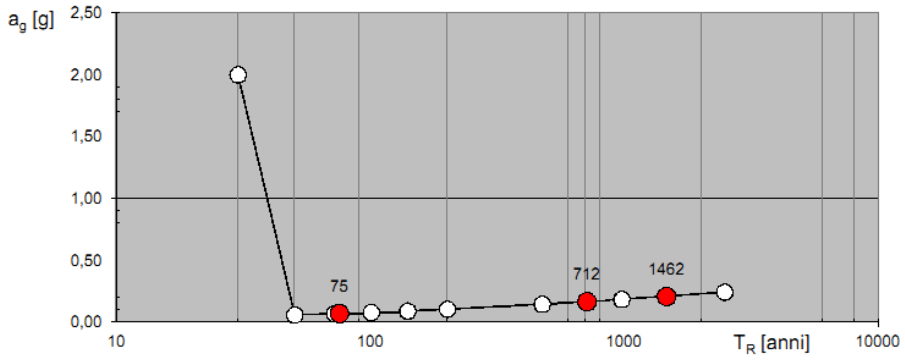


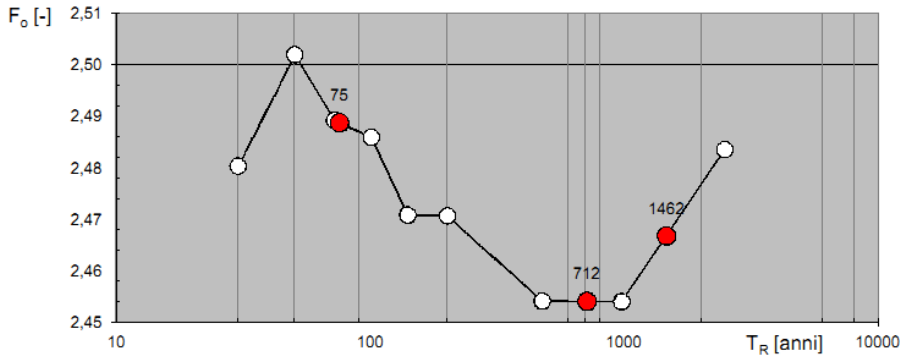
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

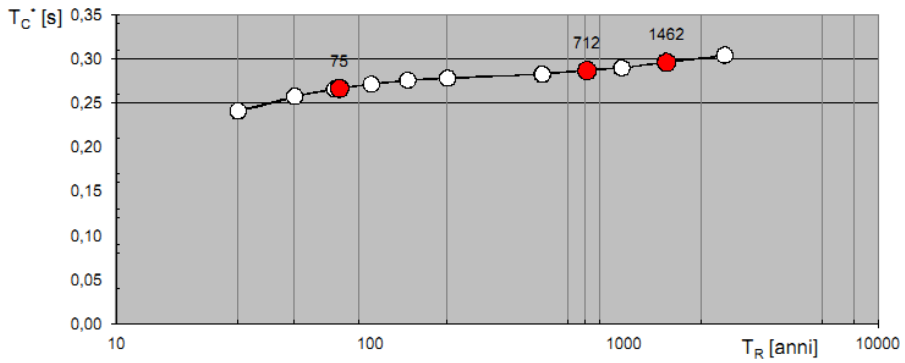
@T Ambiente e Territorio Srl

Elaborazioni effettuate con *"Spettri NTC ver.1*

Valori di progetto dei parametri a_g, F_o, T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R





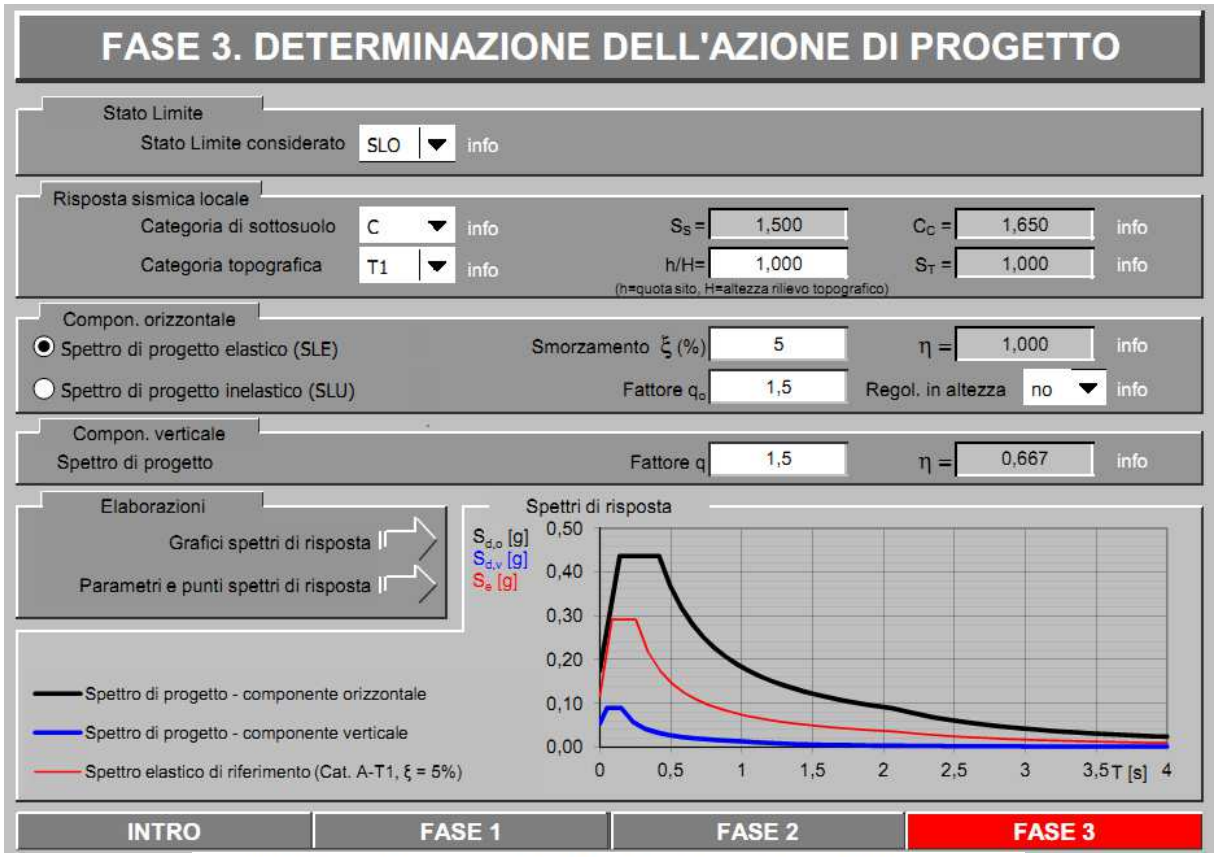


Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

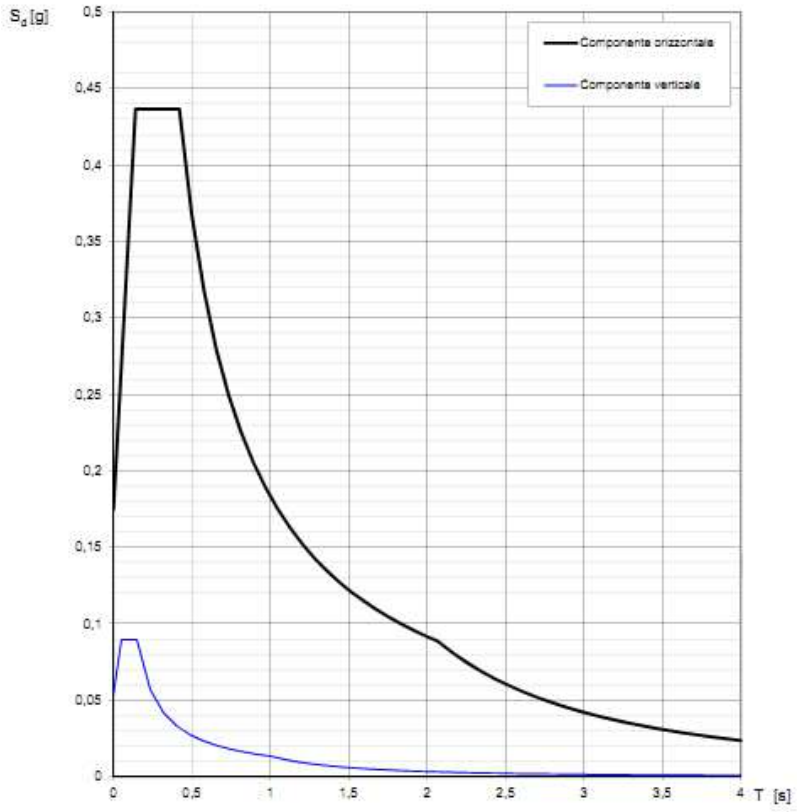
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	5	0,117	2,498	0,254
SLD	75	0,069	2,489	0,267
SLV	712	0,165	2,454	0,287
SLC	1462	0,207	2,467	0,296

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

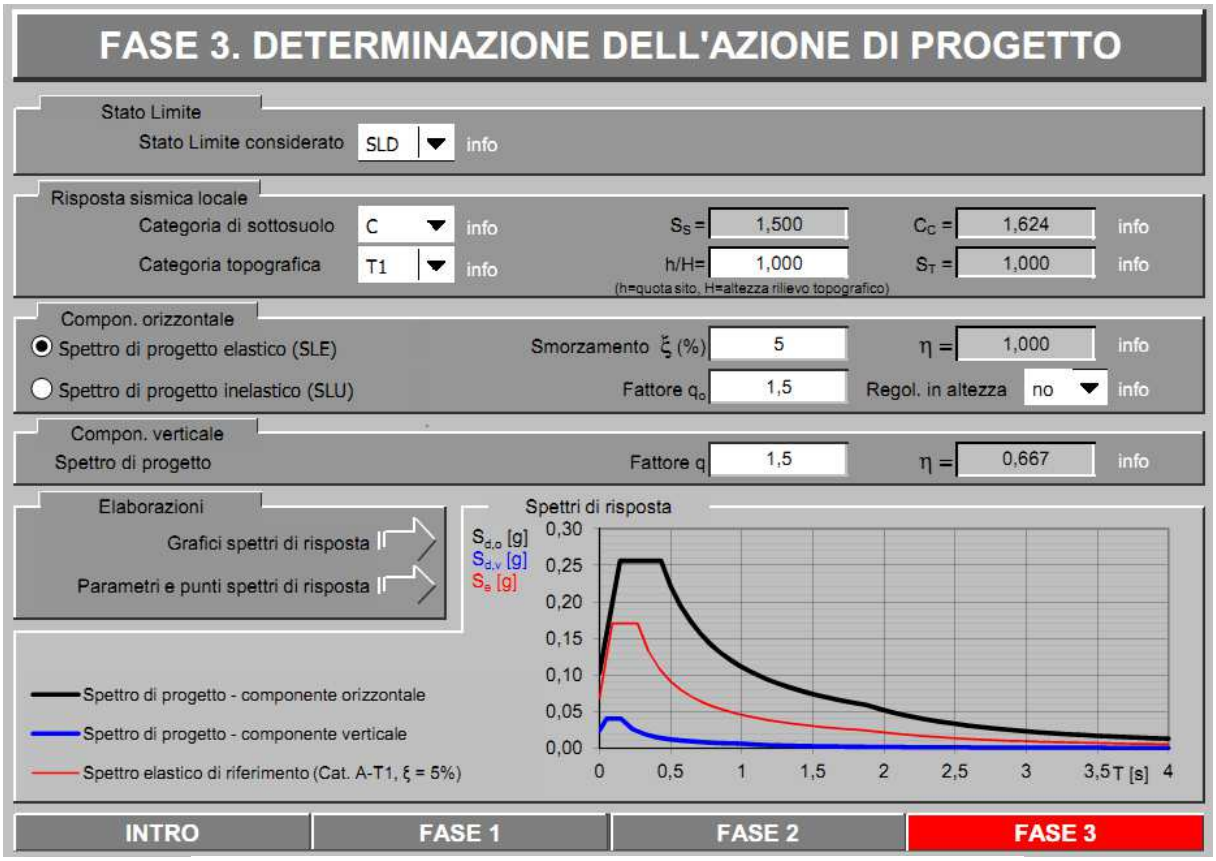


Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO

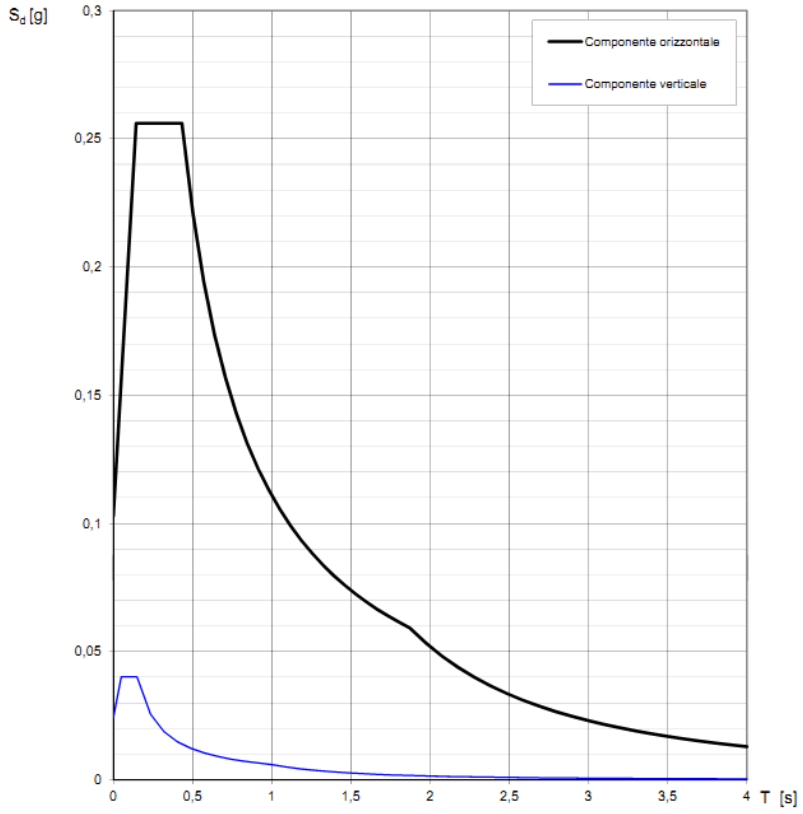


Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

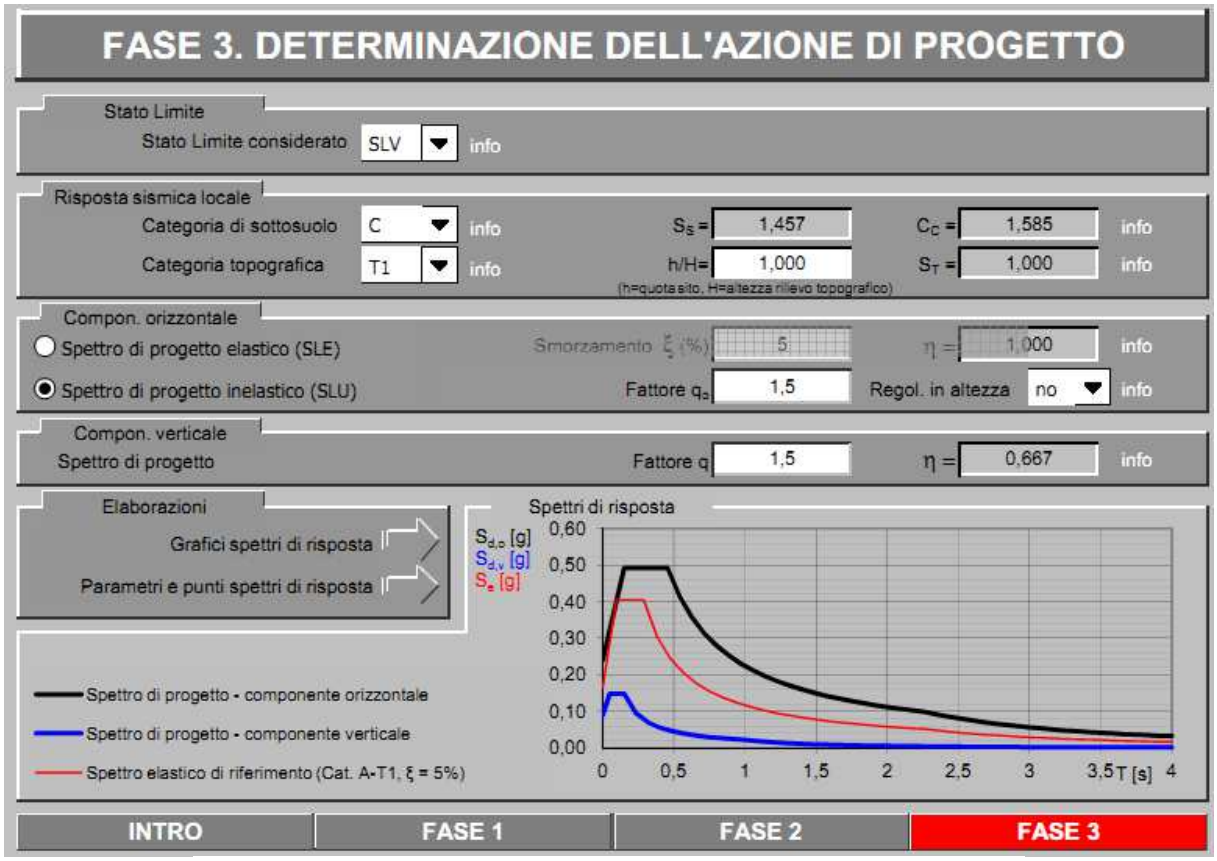
@T Ambiente e Territorio Srl



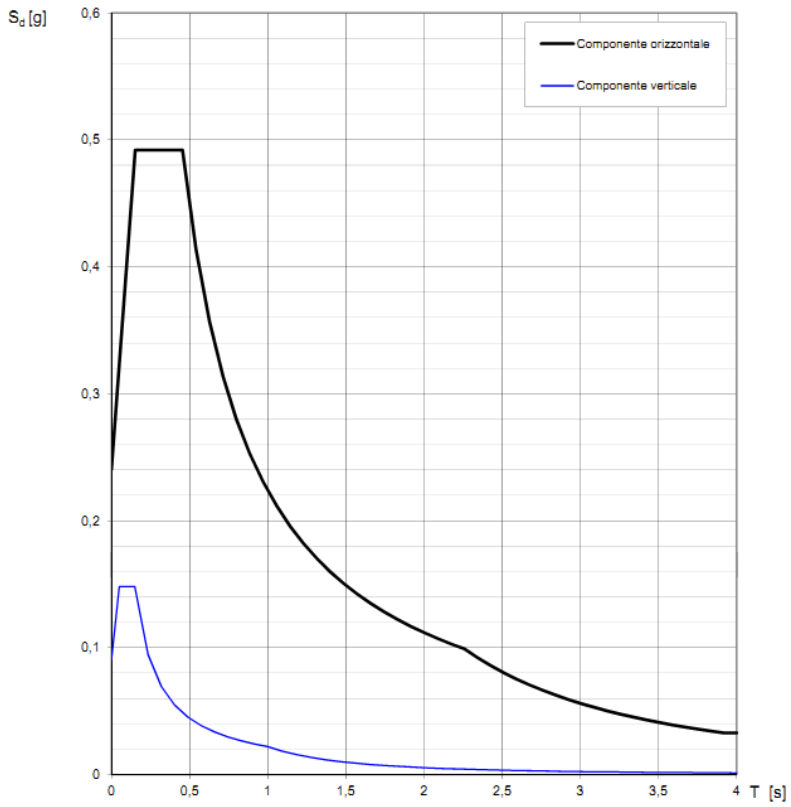
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



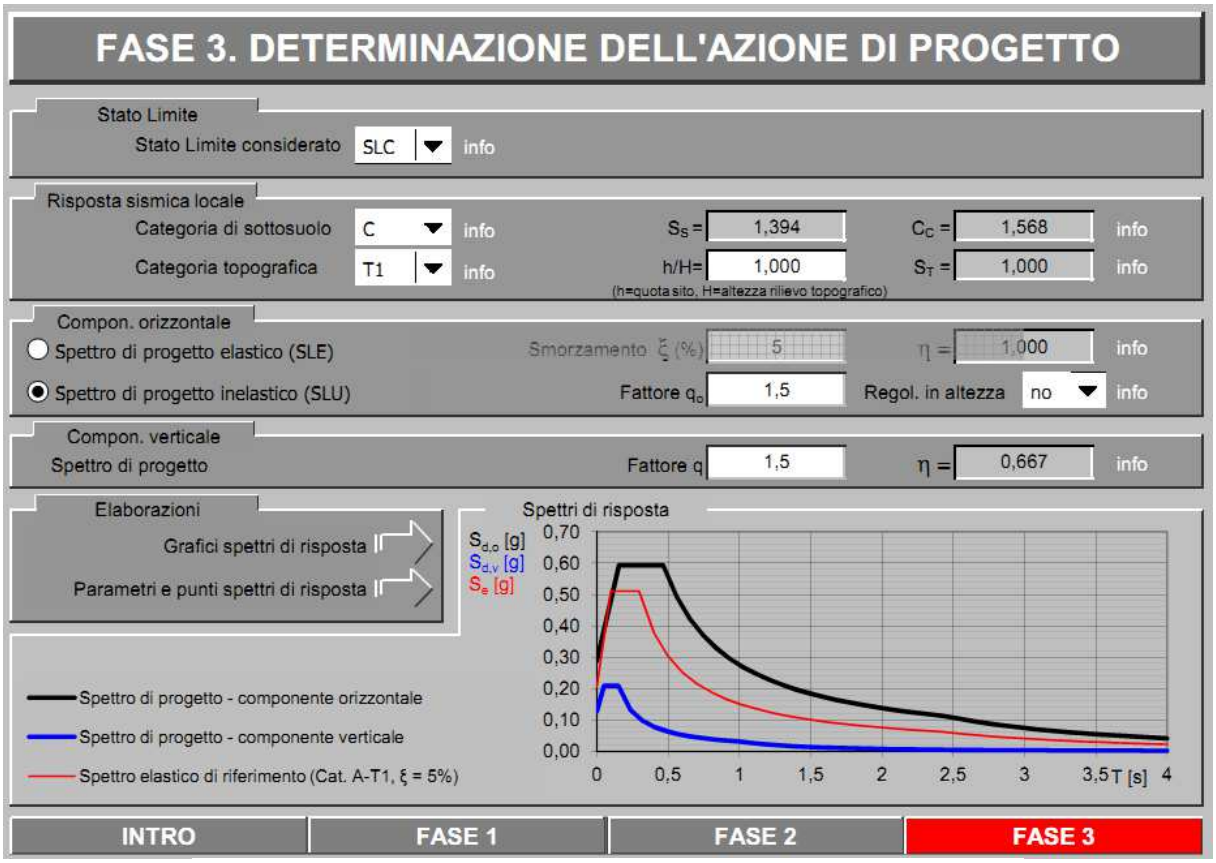
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl



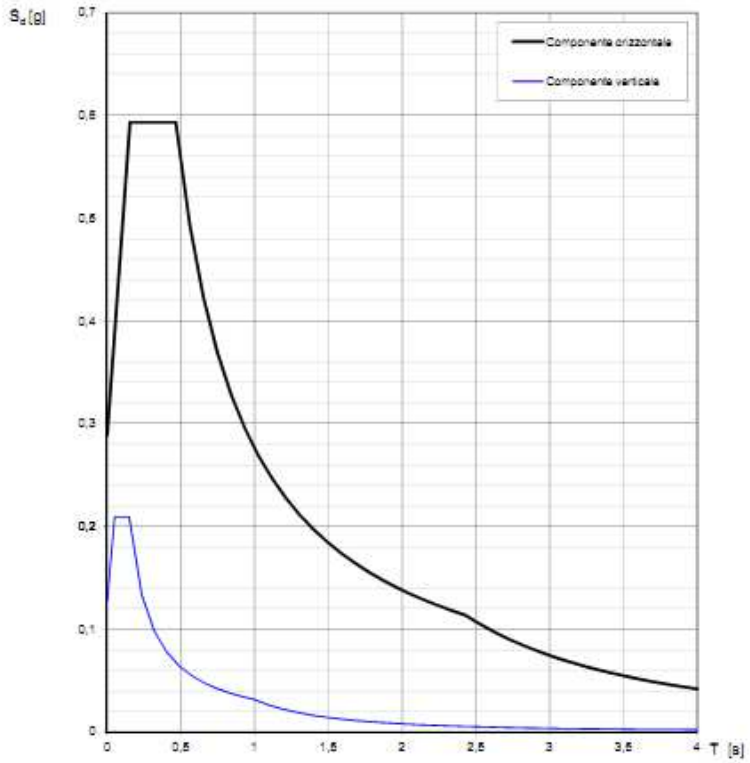
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
Ambiente e Territorio Srl



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



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
Ambiente e Territorio Srl

3.5 - CONSIDERAZIONI IN ORDINE ALLA STABILITÀ' DEL SITO NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è il processo per il quale si giunge all'annullamento della resistenza al taglio di terreni qualora sottoposti allo scuotimento di un terremoto.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un fluido viscoso. Il fenomeno, che si verifica in particolare nelle sabbie fini e nei limi in falda con densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione di confinamento e conseguentemente la tensione efficace si riduce a zero.

In generale si può osservare che i depositi più facilmente liquefacibili sono i terreni recenti, i terreni di bonifica ed in generale i depositi non consolidati caratterizzati da:-

profondità dello strato potenzialmente liquefacibile < 15 m dal p.c.;

- falda molto superficiale (profondità inferiore ai 5 m dal p.c.);
- densità relativa Dr < 60 %;
- diametro medio: 0,02 mm < D50 < 2 mm;
- frazione dei fini (diametro < 0.005 mm) < 15%

Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche sismiche sono:

- magnitudo M > 5.5;
- PGA > 0.15 g;
- durata > 15-20 sec.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

E' noto i che i materiali più suscettibili a fenomeni di liquefazione in seguito a sollecitazioni sismiche sono quelli prettamente sabbiosi posti sotto falda a profondità relativamente basse.

La valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei terreni in base all'età ed ai tipi di depositi (Joung e Perkins, 1978), in quanto depositi alluvionali Olocenici, dotati di un grado di addensamento medio, risultano caratterizzati da una bassa probabilità di liquefazione.

Tipo di deposito	*Probabilità di liquefazione di depositi sedimentari durante terremoti Strong Motion*			
	< 500 anni	*Olocene*	*Pleistocene*	*Pre-Pleistocene*
a) Depositi continentali				
Canale fluviale	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianura di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianura e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	-	Bassa	Bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Sconosciuta
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa

Tabella per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione

(Joung e Perkins, 1978)

Le conoscenze dei luoghi e le ricerche bibliografiche non hanno messo in evidenza precedenti casi di processi di liquefazione nella zona.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione si fa presente che la vigente normativa tecnica per le costruzioni (NTC08) precisa che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M<5;

2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;

3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni dirette superficiali;

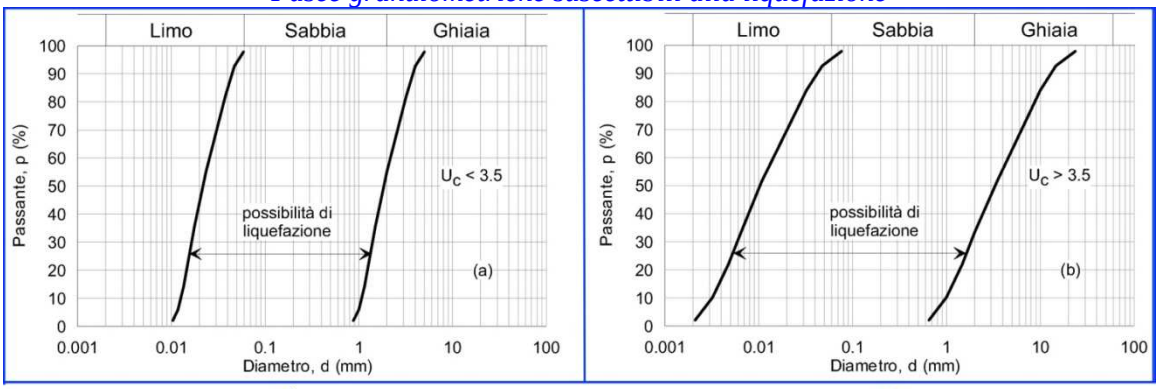
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1) 60>30 oppure qc1N>180, dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in a) della seguente immagine, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5, ed in b) della medesima nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc> 3,5 (b), dove Uc = D60/D10 con D60 diametro equivalente passante al 60% e D10 diametro equivalente passante al 10%.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Fasce granulometriche suscettibili alla liquefazione



a) *b)*

Nel sito oggetto di studio si ritiene che i terreni di fondazione abbiano una distribuzione granulometrica esterna a quella indicata nell'immagine di cui sopra trattandosi per lo più di limi e argille nei primi 11,5 m e ghiaie tra 11,5 e 15 m dal p.c. pertanto, in accordo alla normativa vigente, la verifica alla liquefazione potrebbe essere omessa.

Tuttavia, sulla base delle prove CPT eseguite nell'area, si è proceduto comunque alla verifica della liquefazione.

La verifica consiste nella stima alle varie profondità di un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto fra la resistenza alla liquefazione del terreno (CRR) e lo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma (CSR).

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Le verifiche possono essere di tipo puntuale (singoli livelli) o globale (sull'intera colonna stratigrafica).

Il parametro CRR può essere ottenuto attraverso correlazioni semi-empiriche con prove in sito (prove penetrometriche statiche, dinamiche (SPT) o mediante misura delle velocità

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

delle onde S. La grandezza CSR è funzione dell'accelerazione sismica orizzontale max in superficie e della magnitudo.

Le NTC 2008 non indicano un valore specifico di Fs di riferimento, lasciando al progettista la scelta e la motivazione del margine di sicurezza.

L'Eurocodice 8 suggerisce, nel caso di impiego di correlazioni semi-empiriche, che un terreno debba essere considerato liquefacibile se lo sforzo di taglio indotto dal terremoto superi l'80% della resistenza mobilitata dal terreno.

$$CSR >= 0.80\ CRR$$

Questo comporta un coefficiente di sicurezza limite paria Fs = CRR/CSR = 1.25.
Adottando la metodologia di verifica dell'Eurocodice 8 il valore di Fs calcolato dove essere maggiore di 1,25 per considerare i depositi non liquefacibili.

In accordo con la normativa vigente si è adottata una procedura di calcolo semplificata. Per la verifica alla liquefazione sono stati utilizzati i dati provenienti dalla prova CPT eseguita nell'area, una Magnitudo pari a 6,14 (Richter), prevista per la zona sismogenetica n. 913 ed una accelerazione pari a 0,15 g leggermente superiore a quella massima prevista per la zona dalla classificazione nazionale (0.139g).

Dai calcoli effettuati con software dedicato (LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software) risulta che i terreni costituenti i depositi nell'area oggetto di studio non sono potenzialmente liquefacibili (vedasi report allegato).

I terreni di fondazione, essendo costituiti da depositi alluvionali dotati di un grado di consistenza medio-elevato, sono esenti da fenomeni di liquefazione e di eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

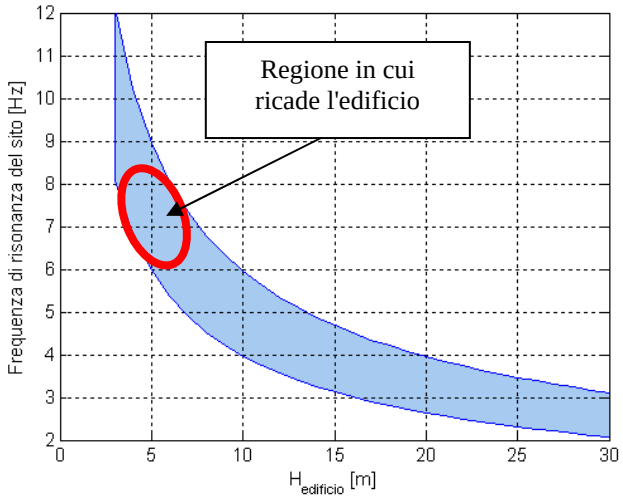
3.6 - FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI

L'indagine sismica effettuata ha inoltre consentito la valutazione della frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni indagati. Tale valutazione risulta di notevole importanza se si considera che in caso di eventi sismici la struttura subisce danni notevolmente maggiori se essa presenta dei modi di vibrare con frequenze prossime a quelle dei terreni (fenomeno della doppia risonanza).

Nakamura (1989) ha dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

I grafici HVSR mostrano un picco anche se non significativo a circa 3,5/4 Hz all'interno del campo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz).

Sono pertanto da escludere, in via preliminare, fenomeni d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).



Relazione tipica altezza edificio – frequenza di risonanza (es. Masi et al. 2007)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

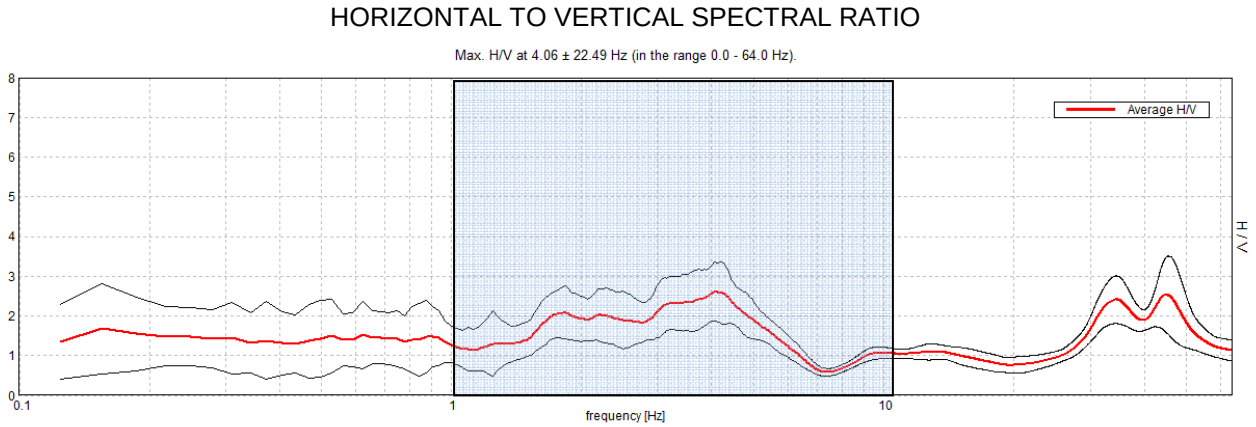


Grafico HVSR Misura H/V 1

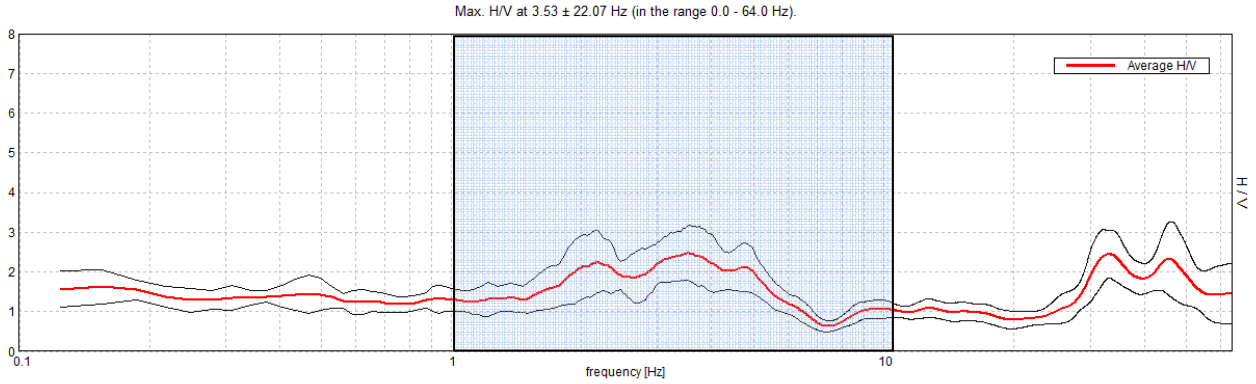


Grafico HVSR Misura H/V 2

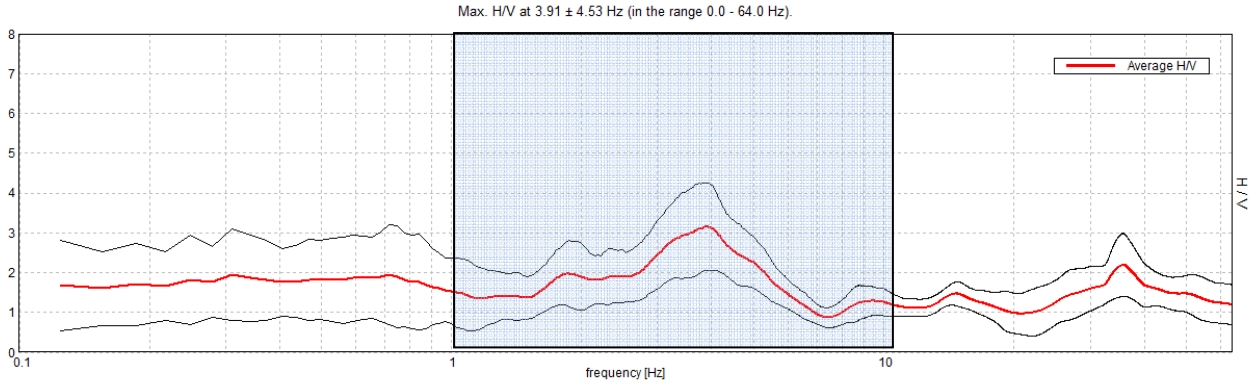


Grafico HVSR Misura H/V 3

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

4 - STIMA DEL VALORE DI PROGETTO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO (Rd) PER LE VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) (NTC 2008)

In base al contesto litostratigrafico esistente e sulla base dei parametri di resistenza dedotti dalle singole prove geognostiche, si riportano, qui di seguito, i criteri utilizzati per la determinazione della capacità portante ammissibile del terreno di fondazione dell'area.

La scelta dei parametri geotecnici per la verifica della stabilità del terreno di fondazione è stata fatta:

1) in base al tipo di problema geotecnico in questione;

2) sulla base della storia tensionale e della litologia del deposito in oggetto secondo i passaggi procedurali qui di seguito schematizzati:

tipo di problema geotecnico: "carico"
⇩
condizioni critiche per la stabilità: "a breve scadenza"
⇩
determinazione dei parametri di resistenza:
"Cu" (coesione non drenata) e "ϕ" (angolo d'attrito interno)

Per quanto concerne la verifica della stabilità del terreno di fondazione è essenziale stabilire innanzitutto le condizioni più critiche per la stessa e quindi operare una scelta opportuna dei parametri geotecnici da utilizzare.

Nei terreni coesivi e semicoesivi (limi ed argille) poco permeabili l'applicazione di carichi al terreno induce delle tensioni che generano sovrappressioni nei pori del mezzo sollecitato: le condizioni più critiche per la stabilità del terreno di fondazione sono quelle

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

iniziali; la verifica della stabilità dell'opera di fondazione va perciò effettuata in condizioni non drenate, cioè a breve termine, utilizzando la resistenza al taglio del terreno in termini di tensioni totali, vale a dire con tf = Cu ed assumendo come angolo d'attrito interno $\phi = 0$.

Nei terreni granulari (sabbie e ghiaie) l'applicazione di sovraccarichi non ingenera sovrappressioni interstiziali dei fluidi presenti, a causa dell'elevata permeabilità tipica di questi tipi di terreni: i parametri di resistenza impiegati per la verifica di stabilità sono quindi espressi in termini di tensioni efficaci, poichè fanno riferimento a condizioni drenate del terreno; di conseguenza si assumerà $\phi' \neq 0$ e coesione nulla c = 0.

Le considerazioni che seguono si basano su criteri teorici attualmente convalidati ed opportunamente applicati al caso in questione in base al presente contesto geologico-morfologico ed ipotizzando l'utilizzo di una fondazione diretta.

Pur rimandando al progettista calcolatore delle strutture ogni ipotesi progettuale, in base al contesto litostratigrafico esistente e sulla base dei parametri geotecnici di resistenza stimati nel presente lavoro, si riporta qui di seguito il criterio utilizzato per la stima di massima del valore di progetto della resistenza del terreno (Rd) impiegando una fondazione diretta nastriforme di larghezza pari a 1,5 m.

La pressione di contatto limite ultima di un corpo di carico è quella pressione raggiunta per la quale non è più possibile alcuna forma di equilibrio del terreno.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Per la stima del valore di progetto di massima della resistenza del terreno Rd di fondazione vengono utilizzati metodi noti in letteratura.

Per tale scopo si è ipotizzato una profondità media di posa pari a 1,5 m dall'attuale p.c. ed una profondità di incastro pari a 1 m dall'attuale p.c..

La falda viene considerata ad una profondità media di -1,5 m dal p.c..

Si sono utilizzati valori caratteristici dei parametri geotecnici intesi come stima ragionata e cautelativa dei valori dei parametri nello stato limite considerato ed il modello geotecnico rappresentativo del volume significativo di terreno interessato dalle sollecitazioni.

Secondo le istruzioni del CSLP appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi solo quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità o quando in presenza di strutture di sufficiente rigidezza si ha il trasferimento delle azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Nel caso in oggetto, per motivi cautelativi, si sono utilizzati i valori minimi dei parametri di resistenza al taglio e dei moduli di deformazione dei terreni di fondazione.

Si sono eseguite le seguenti stime per la capacità portante del terreno (progettazione per le azioni sismiche) in condizioni non drenate (a breve termine) ed in condizioni a lungo termine (drenate).

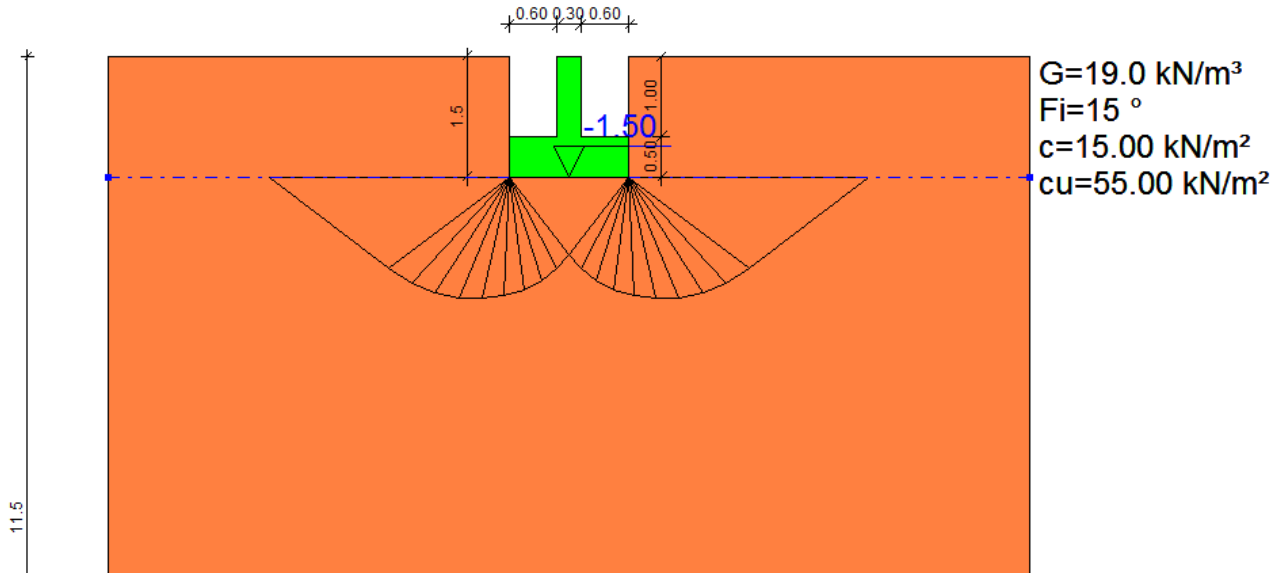
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

Ai fini della stima della capacità portante, nel presente lavoro si considera il modello geologico seguente:

MODELLO GEOLOGICO		
Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia**
A	0,00m ÷1,00m	Terreno vegetale (suolo agricolo) e paleovegetale.
B	1,00m ÷ 11,50m	Alternanza di limi argillosi e argille limose da poco a moderatamente consistenti
C	11,50 m ÷ 30 m	Alternanza di sabbie e ghiaie addensate

Le stime di capacità portante per l'azione sismica agli SLU sono di seguito condotte per lo SLV in condizioni non drenate e drenate per carico limite dell'insieme fondazione-terreno con l'approccio progettuale 2 (DA2) (combinazione unica STR-GEO) applicando un coefficiente globale $\gamma r = 2,3$ (Capacità Portante).

B **Larghezza fondazione (m)**	**L** **Lunghezza fondazione (m)**	**P** **Piano di posa (m)**	**D** **Profondità di incastro (m)**
1,5	**10**	**1,5**	**1**



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

(CONDIZIONE NON DRENATA U.U. A BREVE TERMINE)

FONDAZIONE NASTRIFORME 1,5 X 10 IN U.U.

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	1.5 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	1.0 m
Profondità falda	1.5

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.241
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0578
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.1966

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.54	2.5	0.25
S.L.D.	75.0	0.67	2.49	0.27
S.L.V.	712.0	1.62	2.45	0.29
S.L.C.	1462.0	2.03	2.47	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.81	0.2	0.0165	0.0083
S.L.D.	1.005	0.2	0.0205	0.0102
S.L.V.	2.3606	0.24	0.0578	0.0289
S.L.C.	2.8282	0.28	0.0808	0.0404

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
11.5	19.0	20.5	15.0	15	15.0	15.0	55.0	15000.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	19.5	22.0	30.0	30	5.0	5.0	0.0	50000.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3
Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	426.65 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd]	185.5 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	17066.13 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)
==========

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	426.65 kN/m²
Resistenza di progetto	185.5 kN/m²

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	426.65 kN/m²
Resistenza di progetto	185.5 kN/m²

(CONDIZIONE DRENATA C.D. A LUNGO TERMINE)

FONDAZIONE NASTRIFORME 1,5 X 10 IN C.D.

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	1.5 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	1.0 m
Profondità falda	1.5

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.241
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0578
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.1966

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe III
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.54	2.5	0.25
S.L.D.	75.0	0.67	2.49	0.27
S.L.V.	712.0	1.62	2.45	0.29
S.L.C.	1462.0	2.03	2.47	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.81	0.2	0.0165	0.0083
S.L.D.	1.005	0.2	0.0205	0.0102
S.L.V.	2.3606	0.24	0.0578	0.0289
S.L.C.	2.8282	0.28	0.0808	0.0404

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
11.5	19.0	20.5	15.0	15	15.0	15.0	55.0	15000.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	19.5	22.0	30.0	30	5.0	5.0	0.0	50000.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione	Tangente	Coesione	Coesione	Peso Unità	Peso unità	Coef. Rid.	Coef.Rid.Ca

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

	Sismica	angolo di resistenza al taglio	efficace	non drenata	volume in fondazione	volume copertura	Capacità portante verticale	pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma
Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	347.06 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd]	150.9 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 13882.36 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.94
Fattore [Nc]	10.98
Fattore [Ng]	1.18
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	352.24 kN/m²
Resistenza di progetto	153.15 kN/m²

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.94
Fattore [Nc]	10.98
Fattore [Ng]	1.18
Fattore forma [Sc]	1.05

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
Ambiente e Territorio Srl

Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.43
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	347.06 kN/m²
Resistenza di progetto	150.9 kN/m²

Le simulazioni di cui sopra, per la stima della capacità portante, hanno fornito un valore minimo stimato di progetto Rd della resistenza del terreno (resistenza del sistema geotecnico) pari a circa 2 Kg/cm^2 in condizioni non drenate e pari a circa 1,5 Kg/cm^2, in condizioni drenate.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

4.1 - STIMA DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

Per quanto concerne la stima del modulo di reazione, o coefficiente di sottofondo (Ks), che lega concettualmente la pressione del terreno ai cedimenti, si può ricavare il modulo Ks medio dalla formula generale:

$$Ks = 1 / B\ E's$$

in cui:

$E's = (1-\mu^2)/Es$
Es = modulo elastico
μ = coefficiente di Poisson
B = larghezza fondazione

Considerando quindi:

- un modulo elastico minimo per i depositi presenti che tenga conto del rimaneggiamento imposto dalla messa in opera delle fondazioni pari a 15 MPa;

- un coefficiente medio di Poisson pari a 0,3;

si stima il seguente valore del modulo di reazione (Ks);

Larghezza fondazione (m)	**Ks (T/m^3)**
1	1600

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

5 - CEDIMENTI

I cedimenti dei terreni di fondazione, com'è noto, risultano generalmente costituiti dai contributi dovuti a fenomeni immediati e di consolidazione; quelli di consolidazione si dilazionano nel tempo all'interno dei terreni fini coesivi, quelli immediati fanno sentire i loro effetti principalmente in presenza di terreni granulari, esaurendosi al termine dell'imposizione dei carichi e cioè nel momento in cui sono completate le opere d'arte.

Per quanto riguarda l'entità dei cedimenti delle strutture fondazionali si può affermare quanto segue:

- i terreni sono prevalentemente di tipo coesivo a partire dalla quota di circa 1 m dal p.c. sino a 11,5 m circa dal p.c., più in profondità diventano predominanti i terreni granulari (ghiaie l.s.);
- i terreni di fondazione, a natura coesiva, direttamente interessati dai carichi statici presentano valori dei moduli elastici nel complesso dell'ordine dei 15÷20 MPa;
- i sottostanti terreni granulari, che presentano moduli elastici nel complesso dell'ordine dei 40÷60 MPa, dando luogo a cedimenti elatico-immediati sono di poco interesse in quanto non interessati dal bulbo d'influenza delle fondazione;
- le verifiche dei cedimenti nei confronti degli stati limite d'esercizio, in assenza di azioni sismiche, riguardano i cedimenti in regime statico; il concetto essenziale comporta che nelle verifiche il cedimento di progetto debba essere minore di una determinata soglia critica, pregiudizievole alla funzionalità della struttura.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

Presupponendo di posare le strutture di fondazione a profondità di circa 1,5 m dall'attuale p.c., una stima dell'entità dei cedimenti massimi per i terreni fini viene effettuata secondo la teoria dell'elasticità considerando il cedimento dei terreni fini coesivi sottostanti la fondazione per uno spessore pari alla larghezza della fondazione:

- un diagramma semplificato di carico di tipo rettangolare;
- moduli elastici desunti dalle prove in situ;
- l'applicazione della seguente formula generale: $S = [\sigma (1 - \mu^2) / E] \times H$.

in cui: σ = pressione unitaria d'esercizio
E = modulo elastico
μ = coefficiente di Poisson
H = larghezza fondazione

Considerando un modulo elastico minimo per i depositi coesivi presenti sottostanti al piano di posa delle fondazioni pari a 15 MPa e un coefficiente di Poisson pari a 0,3, si sono così stimati cedimenti massimi, per le fondazioni che presumibilmente potranno essere realizzate, di circa 0,01 m (1 cm), considerando una pressione massima unitaria d'esercizio sui terreni pari a 1,25 Kg/cm^2.

Tale entità del cedimento (1 cm) è modesta e pertanto di poco interesse per quanto concerne il decorso dello stesso (consolidamento). Tali cedimenti assoluti sono di norma tollerabili da strutture in elevazione di tipo iperstatico, purchè i cedimenti differenziali siano un'aliquota trascurabile di quelli assoluti: a tal proposito, per quanto sopra evidenziato da un punto di vista stratigrafico (uniformità laterale), vi è un ragionevole motivo per ritenere che i decorsi dei cedimenti possano avvenire con uniformità se i carichi statici saranno uniformemente distribuiti. Sull'area in oggetto, e ciò è stato evidenziato dalle indagini effettuate in sito, non sussistono significative variazioni laterali di carattere litologico e delle

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

caratteristiche geomeccaniche del terreno e quindi risulta piuttosto improbabile la possibilità che si possano verificare cedimenti differenziali se i carichi saranno quanto più distribuiti.

Nel caso di carichi non uniformemente distribuiti potrà essere presa in considerazione l'adozione di giunti strutturali in corrispondenza di aree caricate diversamente.

CEDIMENTI AMMISSIBILI

Tipo di movimento	*Fattore di limitazione*	*Valore ammissibile*
Cedimento	Collegamento a reti di servizi	15 ÷ 30 cm
	Accesso	30 ÷ 60 cm
	Probab. di cedimenti differenziali	
	• murature portanti	2,5 ÷ 5 cm
	• strutture intelaiate	5 ÷ 10 cm
	• ciminiere, silos	7,5 ÷ 30 cm
Rotazione rigida (*tilt*)	Stabilità al ribaltamento	Dipende dall'altezza e dal peso
		0,04 *H*
	Rotazione di ciminiere, torri	0,003 *L*
	operatività di macchine	0,0002 *L*
	• macchine tessili	
	• turbogeneratori	
	Binari di carro ponte	0,003 *L*
	Drenaggio di sup. pavimentate	0,01 ÷ 0,02 *L*
Cedimenti differenziali	Murature portanti multipiano	0,0005 ÷ 0,001 *L*
	Murature portanti ad un piano	0,001 ÷ 0,02 *L*
	Lesioni di intonaci	0,001 *L*
	Telai in c.a.	0,0025 ÷ 0,004 *L*
	Pareti di strutture a telaio in c.a.	0,003 *L*
	Telaio in acciaio	0,002 *L*
	Strutture semplici in acciaio	0,005 *L*

L = distanza fra due pilastri adiacenti.
I valori ammissibili più elevati si riferiscono a strutture più flessibili ed a condizioni di sottosuolo uniformi; i più ridotti a strutture rigide e condizioni di sottosuolo irregolari. 108

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

6 - FATTIBILITA' GEOLOGICO-SISMICA E GEOTECNICA DELL'INTERVENTO E CONSIDERAZIONI FINALI

La presente relazione geologica-geotecnica e sismica concerne i risultati delle indagini geognostiche, lo studio geologico-sismico, la stima dei parametri geotecnici relativi ai terreni di fondazione e la stima della capacità portante dei terreni interessati dal progetto di realizzazione della Casa della Salute NCP "Lubiana-San Lazzaro" in Via XXIV Maggio in comune di Parma.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di n. 3 corpi di fabbrica ad un piano fuoriterra e l'impiego di fondazioni dirette.

Le considerazioni di cui al presente elaborato ed in particolare le prescrizioni in merito alla stima della capacità portante dei terreni di fondazione, sono riferite alla quota dell'attuale piano campagna, a partire dal quale sono state effettuate le relative indagini geognostiche.

Scopo del presente lavoro è quello di fornire un quadro generale geologico-morfologico-idrogeologico e sismico di tutta l'area interessata dal progetto e di caratterizzare dal punto di vista geotecnico e geomeccanico tutte le litologie presenti, per permettere ai progettisti delle strutture di poter operare le opportune scelte del caso.

I sopralluoghi effettuati non hanno messo in evidenza fenomeni di instabilità del terreno; ciò è confermato anche dalle condizioni strutturali dei manufatti esistenti nelle

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

vicinanze che non mostrano lesioni o altri indizi di incompatibilità tra le strutture in elevazione e la portanza del terreno.

Per quanto concerne la stratigrafia di dettaglio dell'area, il terreno di fondazione è caratterizzato nei primi 11,5 metri circa di profondità da livelli litologici a granulometria fine coesivi, costituiti per lo più da argille e limi da poco a moderatamente consistenti, con intercalati a diverse profondità sottili livelli di argille organiche e torbe, e, più in profondità (> 11,5 m), da livelli granulari addensati costituiti da sabbie e ghiaie all'interno dei quali sono andate a rifiuto tutte le prove penetrometriche.

I terreni di cui sopra presentano caratteristiche geotecniche e geomeccaniche che rientrano nella media per depositi alluvionali di questo tipo, forniscono cioè sufficienti garanzie di capacità portante nei confronti dell'applicazione di carichi statici verticali uniformemente distribuiti; diventano tuttavia spingenti (instabili), soprattutto se saturi, in fase di scavo.

Nel caso che alla quota di imposta delle fondazioni si rinvengano lenti di terreno scadenti dal punto di vista delle caratteristiche geomeccaniche, queste dovranno essere opportunamente bonificate. Le bonifiche ed eventuali riempimenti, per portare in quota i piani fondazionali, dovranno essere realizzati con calcestruzzo magro.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico la falda freatica potrà interferire con le opere fondazionali. L'area d'intervento nella zona delle risorgive dell'alta pianura. Nel corso dell'indagine geognostica svolta nel maggio 2015 è stata rinvenuta la falda a -1,5 m dal p.c.

Le simulazioni per la stima della capacità portante hanno fornito un valore minimo stimato di progetto Rd della resistenza del terreno (resistenza del sistema geotecnico) pari a circa 1,5 Kg/cm^2 in condizioni drenate e nulle le spinte orizzontali.

Il valore di Rd (resistenza del sistema geotecnico) stimato nel presente lavoro è indicativo e fornisce un riferimento dell'ordine di grandezza della capacità portante dei terreni di fondazione presenti sull'area. I cedimenti stimati, inferiori ad 1 cm, sono da ritenere trascurabili. Per quanto sopra evidenziato da un punto di vista dell'assetto stratigrafico, non sussistono significative variazioni laterali di carattere litologico e delle caratteristiche geomeccaniche del terreno e quindi risulta piuttosto improbabile la possibilità che si possano verificare cedimenti differenziali se i carichi saranno ben distribuiti.

Si prescrive di attestare le future fondazioni di tipo diretto nastriformi ad una profondità non inferiore a circa 1,5 m circa dal p.c.; ciò permetterà di by-passare quelle litologie interessate dal gelo e dalle significative variazioni di umidità stagionali responsabili in primis dei fenomeni di rigonfiamento e ritiro.

Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Parma, classificato a bassa sismicità (Zona 3) ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 –

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, i terreni di fondazione presenti lungo la verticale dell'area d'intervento, da quanto si è potuto sino ad ora accertare nei primi 30 m di profondità, appartengono alla categoria "C".

Le verifiche in ordine alla stabilità' del sito nei confronti della liquefazione, eseguite in accordo alla normativa vigente, hanno consentito di considerare i depositi presenti come non liquefacibili.

Allo stato attuale delle conoscenze si ritengono improbabili la presenza di zone interessate da potenziali fenomeni cosismici sull'area oggetto di studio.

L'analisi di microzonazione sismica non ha evidenziato tuttavia, in via preliminare, la possibilità che si possano verificare fenomeni d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

La presente relazione ha preso in esame uno stato di fatto ed ha inteso evidenziare le problematiche tecniche che si potranno incontrare; tuttavia in corso d'opera si potranno apportare adeguamenti progettuali ritenuti più idonei alla realtà geologico-morfologica che si andrà a rilevare nel dettaglio.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Quanto sopra rientra nei criteri generali stabiliti dalle norme in vigore, in particolare dal D.M. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...”, dove si sottolinea che le indagini in fase di progetto, per quanto possano essere estese e approfondite, non sono generalmente sufficienti a definire nei dettagli le reali situazioni geologiche e geomeccaniche e che quindi l’ipotesi progettuale va costantemente affinata in corso d’opera.

In fase d’esecuzione degli scavi e realizzazione dei corpi fondazionali è buona e consolidata prassi verificare, mediante supervisione geologica, le considerazioni di natura geologico-geotecnica assunte in questo elaborato.

Parma, maggio 2015

il geologo

Dott. Alberto Trivioli

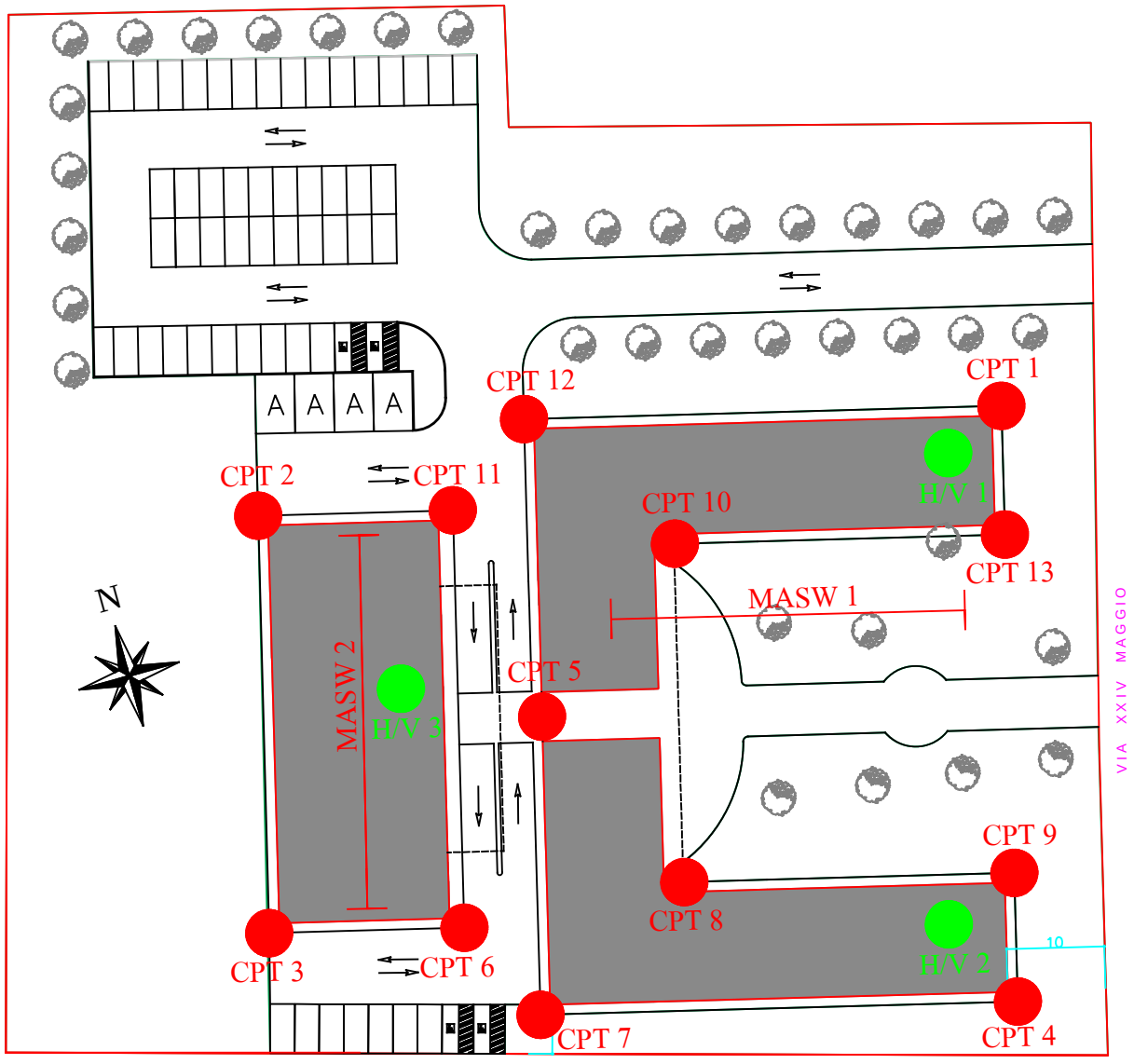


Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

ALLEGATO 1

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

H/V (MISURE DI SISMICA PASSIVA

MASW (SISMICA ATTIVA)

ALLEGATO 2

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

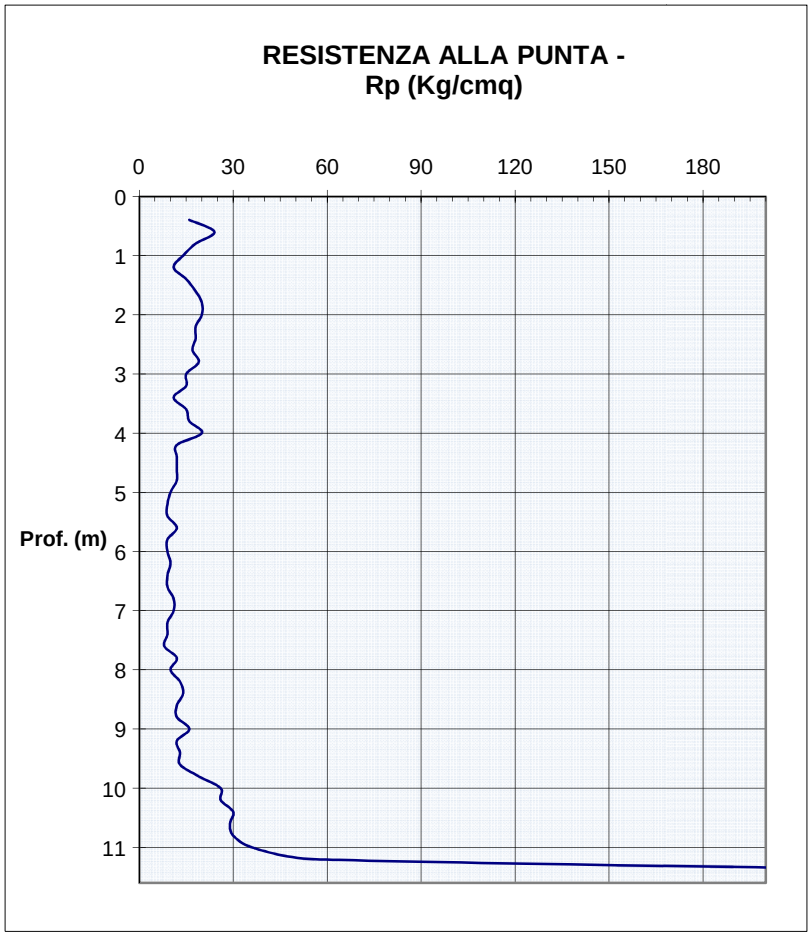
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.0 m
Note:

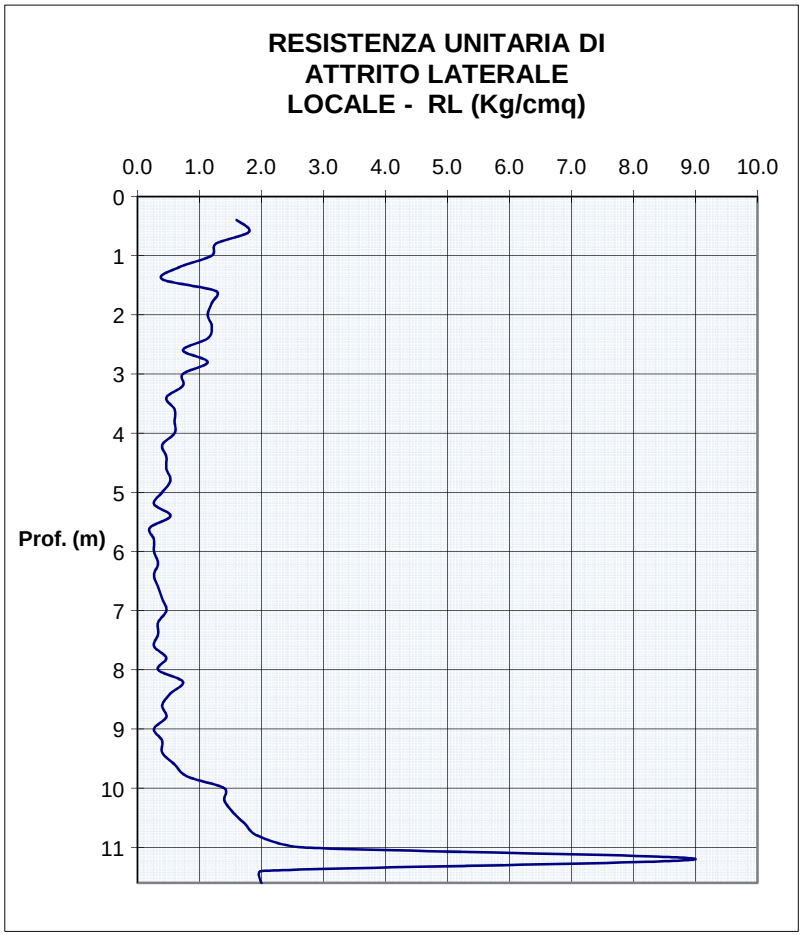
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT1	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	16	39		16	1.60	0.00	10	0.80	21.61	240	argille organiche
0.6	24	48		24	1.80	0.00	13	1.20	24.42	360	limi e argille
0.8	18	45		18	1.27	0.00	14	0.90	22.44	270	limi e argille
1	14	33		14	1.20	0.00	11	0.70	20.66	210	limi e argille
1.2	11	29		11	0.67	0.00	16	0.55	18.91	165	limi e argille
1.4	15	25		15	0.40	0.00	37	0.75	21.15	225	limi e sabbie limose
1.6	18	24		18	1.27	0.00	14	0.90	22.44	270	limi e argille
1.8	20	39	104	20	1.20	1.04	16	1.00	23.17	300	limi e argille
2	20	38		20	1.13	0.00	17	1.00	23.17	300	limi e argille
2.2	18	35		18	1.20	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	18	36		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
2.6	17	34		17	0.73	0.00	23	0.85	22.04	255	limi e argille
2.8	19	30		19	1.13	0.00	16	0.95	22.81	285	limi e argille
3	15	32		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3.2	15	26		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3.4	11	22	123	11	0.47	1.23	23	0.55	18.91	165	limi e argille
3.6	15	22		15	0.60	0.00	25	0.75	21.15	225	limi e argille
3.8	16	25		16	0.60	0.00	26	0.80	21.61	240	limi e argille
4	20	29		20	0.60	0.00	33	1.00	23.17	300	limi e sabbie limose
4.2	12	21		12	0.40	0.00	30	0.60	19.54	180	limi e argille
4.4	12	18		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
4.6	12	19	93	12	0.47	0.93	25	0.60	19.54	180	limi e argille
4.8	12	19		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
5	10	18		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
5.2	9	15		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
5.4	9	13	98	9	0.53	0.98	16	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	12	20		12	0.20	0.00	60	0.60	19.54	180	limi e sabbie limose
5.8	9	12		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6	9	13		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6.2	10	14		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
6.4	9	14	105	9	0.27	1.05	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6.6	9	13		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
6.8	11	16		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
7	11	17		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
7.2	9	16		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
7.4	9	14	105	9	0.33	1.05	27	0.45	17.43	135	limi e argille
7.6	8	13		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
7.8	12	16		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
8	10	17	120	10	0.33	1.20	30	0.50	18.21	150	limi e argille
8.2	13	18		13	0.73	0.00	17	0.65	20.12	195	limi e argille
8.4	14	25		14	0.53	0.00	26	0.70	20.66	210	limi e argille
8.6	12	20		12	0.40	0.00	30	0.60	19.54	180	limi e argille
8.8	12	18	145	12	0.47	1.45	25	0.60	19.54	180	limi e argille
9	16	23		16	0.27	0.00	60	0.80	21.61	240	limi e sabbie limose
9.2	12	16	152	12	0.40	1.52	30	0.60	19.54	180	limi e argille
9.4	13	19		13	0.40	0.00	32	0.65	20.12	195	limi e sabbie limose
9.6	13	19		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
9.8	19	28	165	19	0.80	1.65	23	0.95	22.81	285	limi e argille
10	26	38		26	1.40	0.00	18	1.30	24.96	390	limi e argille
10.2	26	47		26	1.40	0.00	18	1.30	24.96	390	limi e argille
10.4	30	51		30	1.53	0.00	19	1.50	25.91	450	limi e argille
10.6	29	52		29	1.73	0.00	16	1.45	25.69	435	limi e argille
10.8	30	56	212	30	1.93	2.12	15	1.50	25.91	450	limi e argille
11	36	65		36	2.67	0.00	13	1.80	27.11	540	limi e argille
11.2	56	96		56	9.00	0.00	6	2.80	29.90	840	argille organiche
11.4	260	395		260	2.00	0.00	130	13.00	38.46	3900	ghiaie e ghiaie sabbiose
11.6	370	400		370	2.00	0.00	185	18.50	40.19	5550	ghiaie e ghiaie sabbiose



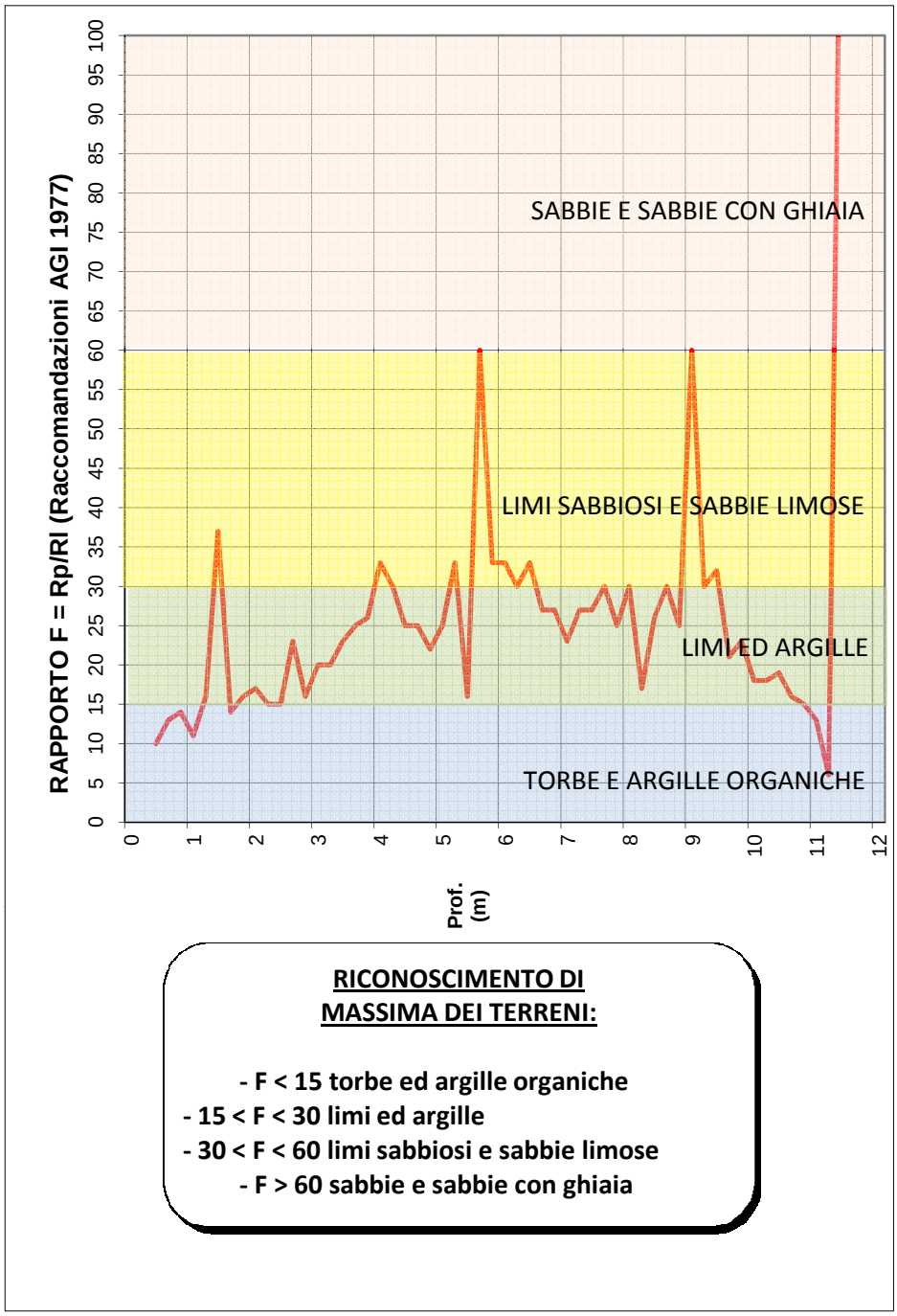


Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT1

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT1



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

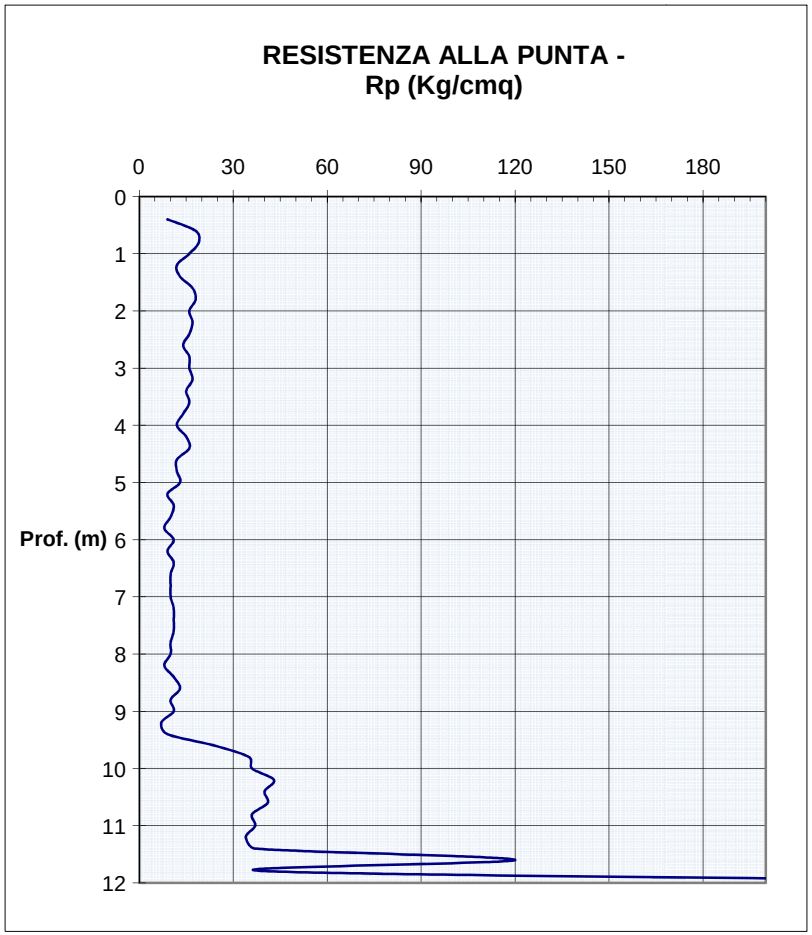
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.5 m
Note:

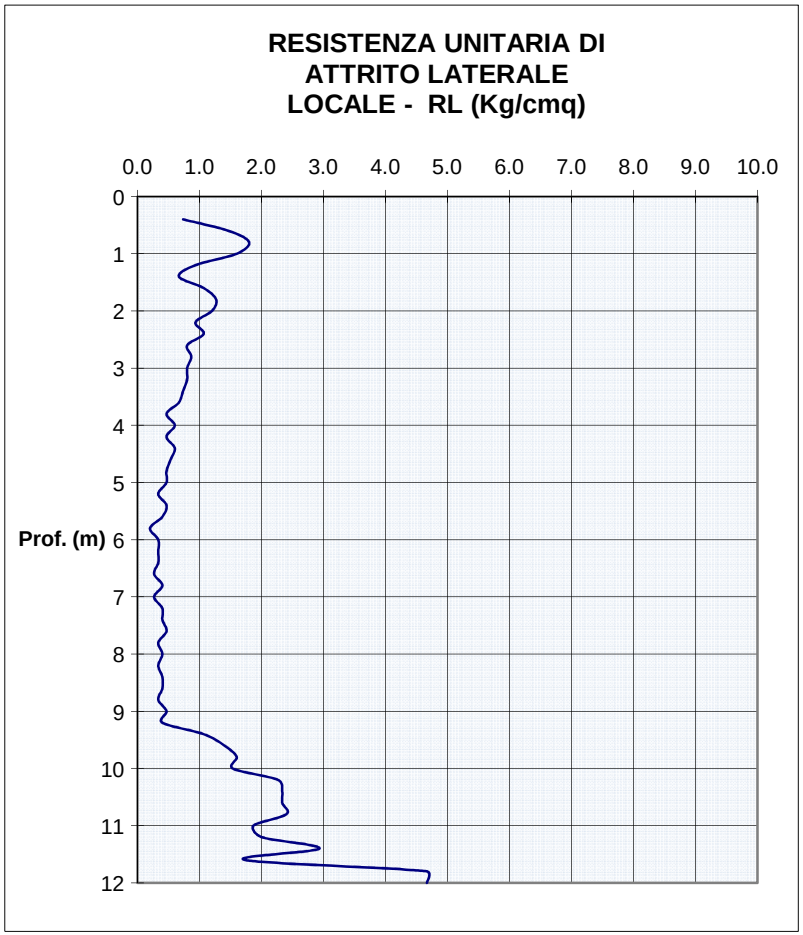
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT2	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	9	20		9	0.73	0.00	12	0.45	17.43	135	limi e argille
0.6	18	29		18	1.47	0.00	12	0.90	22.44	270	limi e argille
0.8	19	41		19	1.80	0.00	10	0.95	22.81	285	argille organiche
1	16	43		16	1.60	0.00	10	0.80	21.61	240	argille organiche
1.2	12	36		12	0.93	0.00	12	0.60	19.54	180	limi e argille
1.4	13	27		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
1.6	17	27		17	1.07	0.00	15	0.85	22.04	255	limi e argille
1.8	18	34		18	1.27	0.00	14	0.90	22.44	270	limi e argille
2	16	35		16	1.20	0.00	13	0.80	21.61	240	limi e argille
2.2	17	35	94	17	0.93	0.94	18	0.85	22.04	255	limi e argille
2.4	16	30		16	1.07	0.00	15	0.80	21.61	240	limi e argille
2.6	14	30		14	0.80	0.00	17	0.70	20.66	210	limi e argille
2.8	16	28		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
3	16	29		16	0.80	0.00	20	0.80	21.61	240	limi e argille
3.2	17	29		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	15	27	107	15	0.73	1.07	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3.6	16	27		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
3.8	14	24		14	0.47	0.00	30	0.70	20.66	210	limi e argille
4	12	19		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
4.2	15	24		15	0.47	0.00	32	0.75	21.15	225	limi e sabbie limose
4.4	16	23	98	16	0.60	0.98	26	0.80	21.61	240	limi e argille
4.6	12	21		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
4.8	12	20		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
5	13	20		13	0.47	0.00	27	0.65	20.12	195	limi e argille
5.2	9	16		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.4	11	16		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
5.6	10	17		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
5.8	8	14		8	0.20	0.00	40	0.40	16.55	120	limi e sabbie limose
6	11	14		11	0.33	0.00	33	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
6.2	9	14		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
6.4	11	16		11	0.33	0.00	33	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
6.6	10	15	122	10	0.27	1.22	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
6.8	10	14		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7	10	16		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
7.2	11	15		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
7.4	11	17	132	11	0.40	1.32	27	0.55	18.91	165	limi e argille
7.6	11	17		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	10	17		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
8	10	15		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
8.2	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
8.4	11	16	143	11	0.40	1.43	27	0.55	18.91	165	limi e argille
8.6	13	19		13	0.40	0.00	32	0.65	20.12	195	limi e sabbie limose
8.8	10	16		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
9	11	16		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
9.2	7	14		7	0.40	0.00	17	0.35	15.54	105	limi e argille
9.4	9	15		9	1.07	0.00	8	0.45	17.43	135	argille organiche
9.6	24	40	174	24	1.40	1.74	17	1.20	24.42	360	limi e argille
9.8	35	56		35	1.60	0.00	21	1.75	26.93	525	limi e argille
10	36	60		36	1.53	0.00	23	1.80	27.11	540	limi e argille
10.2	43	66	212	43	2.27	2.12	18	2.15	28.25	645	limi e argille
10.4	40	74		40	2.33	0.00	17	2.00	27.79	600	limi e argille
10.6	41	76	250	41	2.33	2.50	17	2.05	27.95	615	limi e argille
10.8	36	71		36	2.40	0.00	15	1.80	27.11	540	limi e argille
11	37	73		37	1.87	0.00	19	1.85	27.29	555	limi e argille
11.2	34	62		34	2.00	0.00	17	1.70	26.74	510	limi e argille
11.4	37	67		37	2.93	0.00	12	1.85	27.29	555	limi e argille
11.6	120	164	360	120	1.73	3.60	69	6.00	34.37	1800	sabbie e sabbie con ghiaia
11.8	43	69		43	4.67	0.00	9	2.15	28.25	645	argille organiche
12	330	400	450	330	4.67	4.50	70	16.50	39.64	4950	sabbie e sabbie con ghiaia



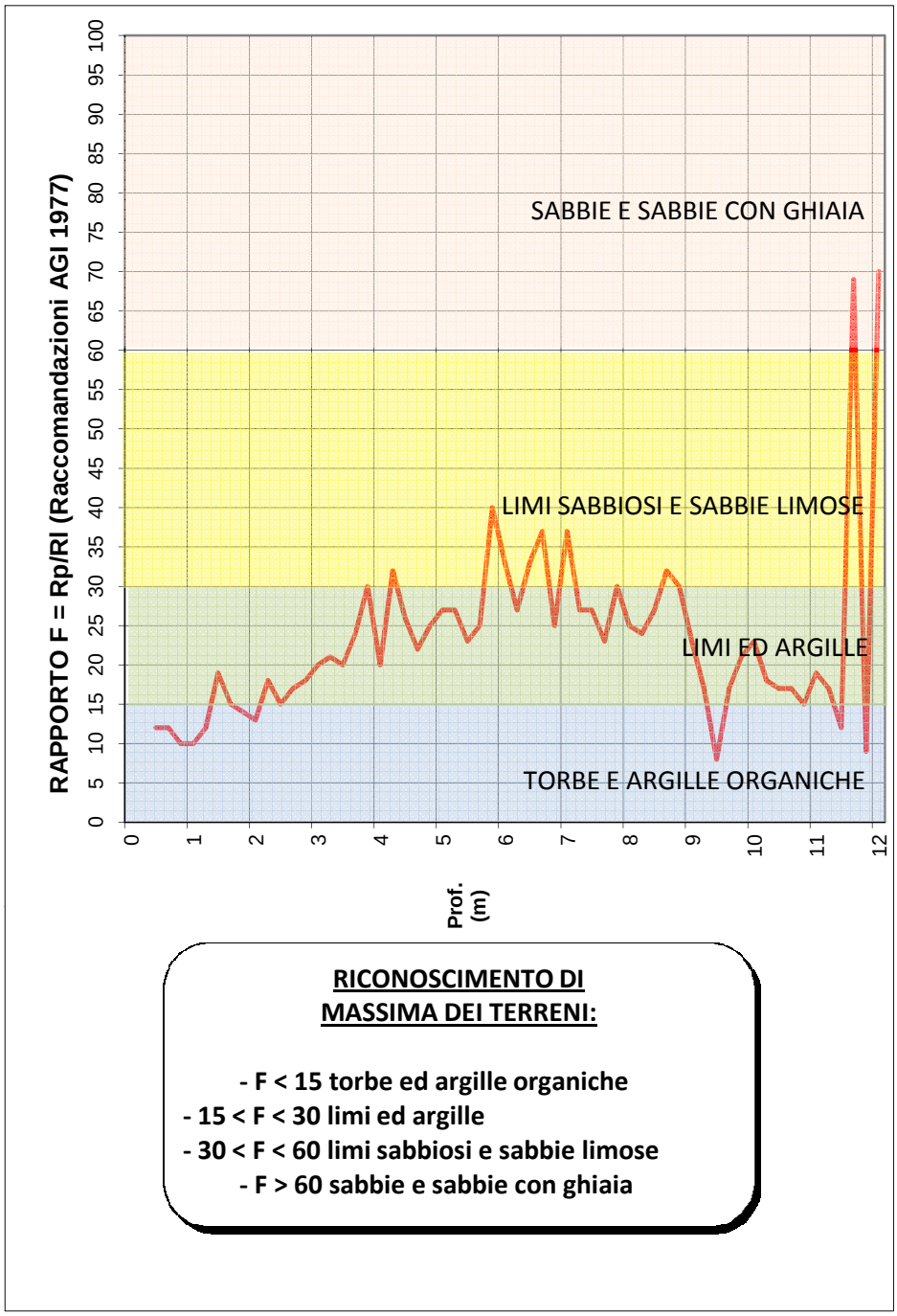


PROVA CPT2

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT2



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

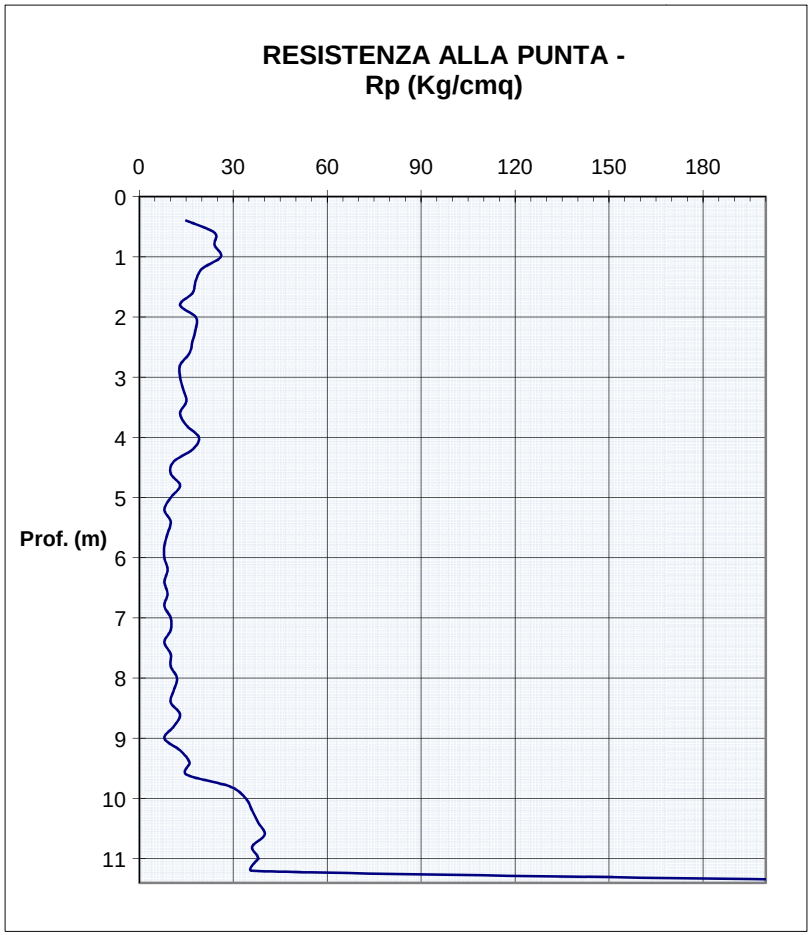
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.95 m
Note:

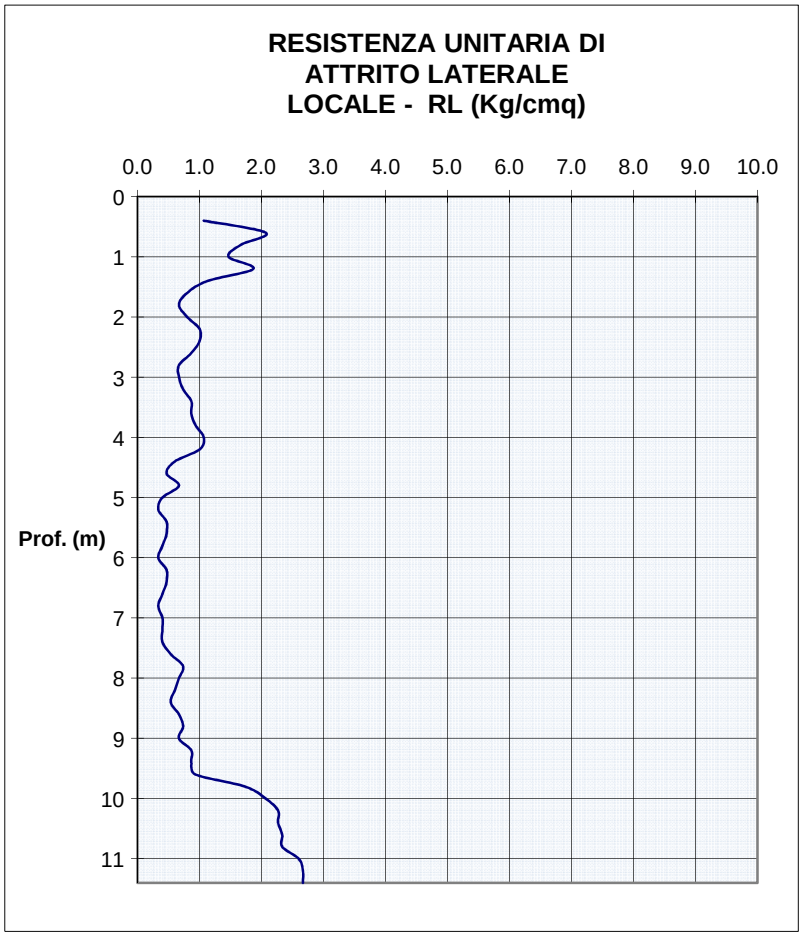
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT3	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	15	23		15	1.07	0.00	14	0.75	21.15	225	limi e argille
0.6	24	40		24	2.07	0.00	11	1.20	24.42	360	limi e argille
0.8	24	55		24	1.67	0.00	14	1.20	24.42	360	limi e argille
1	26	51		26	1.47	0.00	17	1.30	24.96	390	limi e argille
1.2	20	42		20	1.87	0.00	10	1.00	23.17	300	argille organiche
1.4	18	46		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
1.6	17	34		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
1.8	13	25		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
2	18	28	127	18	0.80	1.27	22	0.90	22.44	270	limi e argille
2.2	18	30		18	1.00	0.00	18	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	17	32		17	1.00	0.00	17	0.85	22.04	255	limi e argille
2.6	16	31	90	16	0.87	0.90	18	0.80	21.61	240	limi e argille
2.8	13	26		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
3	13	23		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
3.2	14	24		14	0.73	0.00	19	0.70	20.66	210	limi e argille
3.4	15	26		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
3.6	13	26		13	0.87	0.00	15	0.65	20.12	195	limi e argille
3.8	15	28		15	0.93	0.00	16	0.75	21.15	225	limi e argille
4	19	33		19	1.07	0.00	17	0.95	22.81	285	limi e argille
4.2	17	33	110	17	1.00	1.10	17	0.85	22.04	255	limi e argille
4.4	11	26		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
4.6	10	19		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
4.8	13	20		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
5	10	20		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
5.2	8	14	83	8	0.33	0.83	24	0.40	16.55	120	limi e argille
5.4	10	15		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
5.6	9	16		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
5.8	8	15		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
6	8	14	110	8	0.33	1.10	24	0.40	16.55	120	limi e argille
6.2	9	14		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
6.4	8	15		8	0.47	0.00	17	0.40	16.55	120	limi e argille
6.6	9	16	108	9	0.40	1.08	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.8	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
7	10	15		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	10	16		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.4	8	14		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
7.6	10	16	125	10	0.53	1.25	18	0.50	18.21	150	limi e argille
7.8	10	18		10	0.73	0.00	13	0.50	18.21	150	limi e argille
8	12	23		12	0.67	0.00	18	0.60	19.54	180	limi e argille
8.2	11	21		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
8.4	10	19		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
8.6	13	21		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
8.8	11	21		11	0.73	0.00	15	0.55	18.91	165	limi e argille
9	8	19	156	8	0.67	1.56	12	0.40	16.55	120	limi e argille
9.2	13	23		13	0.87	0.00	15	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	16	29		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
9.6	15	28		15	0.93	0.00	16	0.75	21.15	225	limi e argille
9.8	29	43		29	1.73	0.00	16	1.45	25.69	435	limi e argille
10	34	60		34	2.07	0.00	16	1.70	26.74	510	limi e argille
10.2	36	67		36	2.27	0.00	15	1.80	27.11	540	limi e argille
10.4	38	72	240	38	2.27	2.40	16	1.90	27.46	570	limi e argille
10.6	40	74		40	2.33	0.00	17	2.00	27.79	600	limi e argille
10.8	36	71		36	2.33	0.00	15	1.80	27.11	540	limi e argille
11	38	73		38	2.60	0.00	14	1.90	27.46	570	limi e argille
11.2	36	75		36	2.67	0.00	13	1.80	27.11	540	limi e argille
11.4	280	320	300	280	2.67	3.00	105	14.00	38.83	4200	ghiaie e ghiaie sabbiose



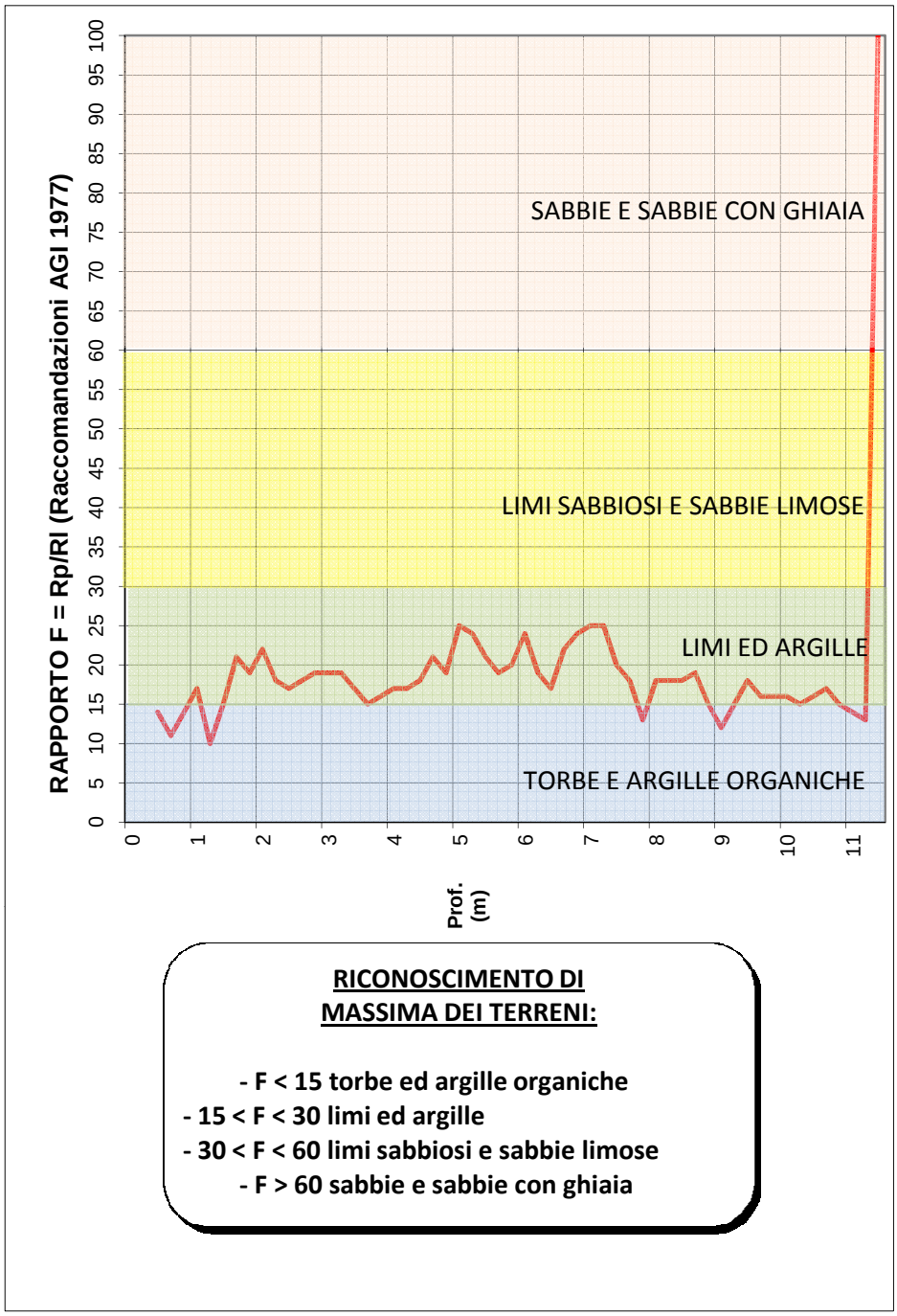


PROVA CPT3

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT3



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- F < 15 torbe ed argille organiche
- 15 < F < 30 limi ed argille
- 30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose
- F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

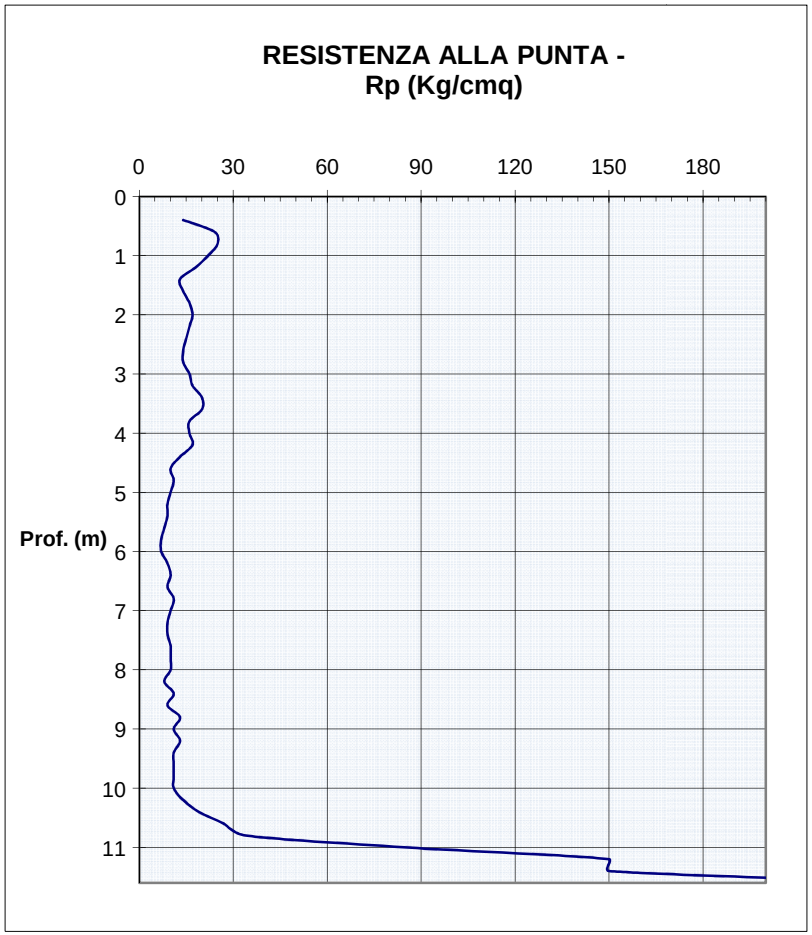
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.00 m
Note:

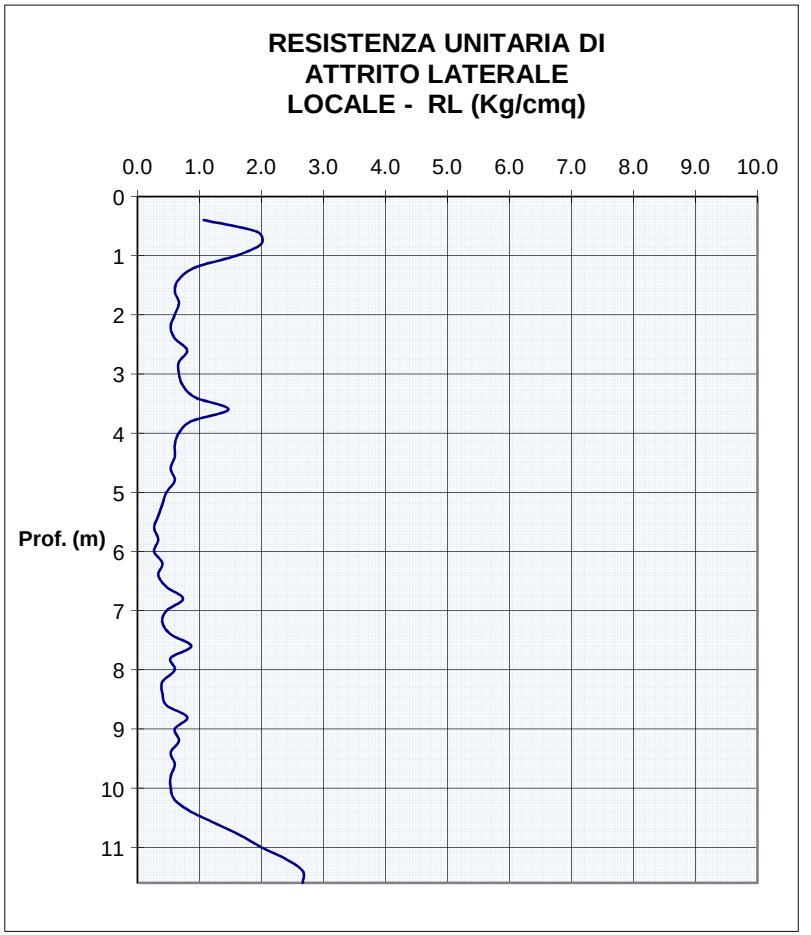
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT4	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	14	21		14	1.07	0.00	13	0.70	20.66	210	limi e argille
0.6	24	40		24	1.93	0.00	12	1.20	24.42	360	limi e argille
0.8	25	54		25	2.00	0.00	12	1.25	24.70	375	limi e argille
1	22	52		22	1.60	0.00	13	1.10	23.83	330	limi e argille
1.2	18	42		18	0.93	0.00	19	0.90	22.44	270	limi e argille
1.4	13	27		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
1.6	14	24		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
1.8	16	25		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
2	17	27	87	17	0.60	0.87	28	0.85	22.04	255	limi e argille
2.2	16	25		16	0.53	0.00	30	0.80	21.61	240	limi e argille
2.4	15	23		15	0.60	0.00	25	0.75	21.15	225	limi e argille
2.6	14	23	75	14	0.80	0.75	17	0.70	20.66	210	limi e argille
2.8	14	26	81	14	0.67	0.81	21	0.70	20.66	210	limi e argille
3	16	26		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
3.2	17	27		17	0.73	0.00	23	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	20	31		20	0.93	0.00	21	1.00	23.17	300	limi e argille
3.6	20	34	102	20	1.47	1.02	13	1.00	23.17	300	limi e argille
3.8	16	38		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
4	16	29		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
4.2	17	27		17	0.60	0.00	28	0.85	22.04	255	limi e argille
4.4	13	22		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
4.6	10	19	102	10	0.53	1.02	18	0.50	18.21	150	limi e argille
4.8	11	19		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
5	10	19		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
5.2	9	16	87	9	0.40	0.87	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5.4	9	15		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	8	13		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
5.8	7	11		7	0.33	0.00	21	0.35	15.54	105	limi e argille
6	7	12		7	0.27	0.00	26	0.35	15.54	105	limi e argille
6.2	9	13	100	9	0.40	1.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.4	10	16		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
6.6	9	14		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
6.8	11	18		11	0.73	0.00	15	0.55	18.91	165	limi e argille
7	10	21		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
7.4	9	15		9	0.53	0.00	16	0.45	17.43	135	limi e argille
7.6	10	18		10	0.87	0.00	11	0.50	18.21	150	limi e argille
7.8	10	23		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
8	10	18		10	0.60	0.00	16	0.50	18.21	150	limi e argille
8.2	8	17		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
8.4	11	17		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
8.6	9	15		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
8.8	13	20		13	0.80	0.00	16	0.65	20.12	195	limi e argille
9	11	23		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
9.2	13	22		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	11	21		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
9.6	11	19	150	11	0.60	1.50	18	0.55	18.91	165	limi e argille
9.8	11	20		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
10	11	19		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
10.2	14	22		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
10.4	19	28		19	0.87	0.00	21	0.95	22.81	285	limi e argille
10.6	27	40		27	1.27	0.00	21	1.35	25.21	405	limi e argille
10.8	34	53		34	1.67	0.00	20	1.70	26.74	510	limi e argille
11	85	110		85	2.00	0.00	42	4.25	32.40	1275	limi e sabbie limose
11.2	150	180		150	2.40	0.00	62	7.50	35.60	2250	sabbie e sabbie con ghiaia
11.4	150	186	213	150	2.67	2.13	56	7.50	35.60	2250	limi e sabbie limose
11.6	250	290	350	250	2.67	3.50	93	12.50	38.27	3750	ghiaie e ghiaie sabbiose



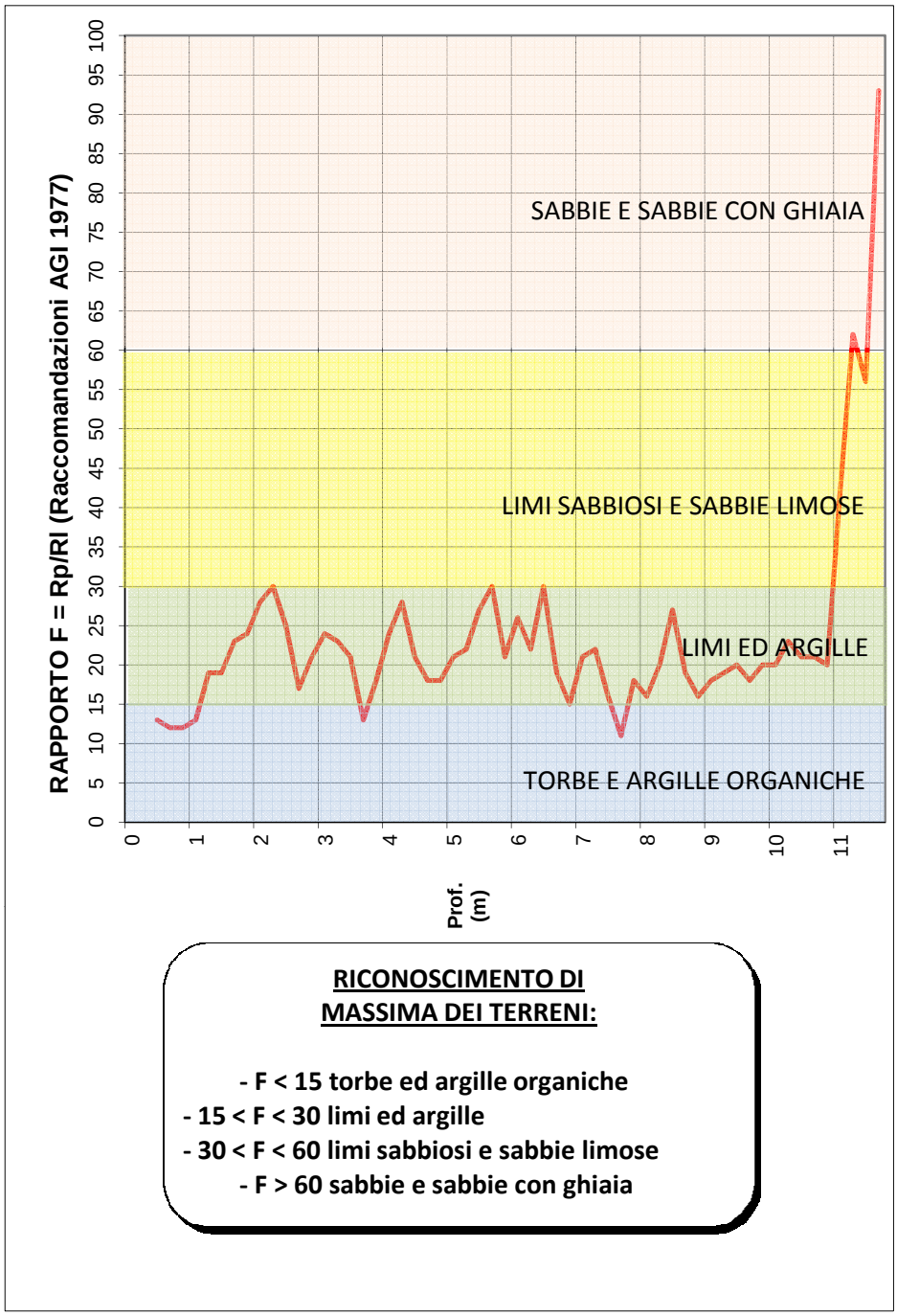


PROVA CPT4

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT4



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

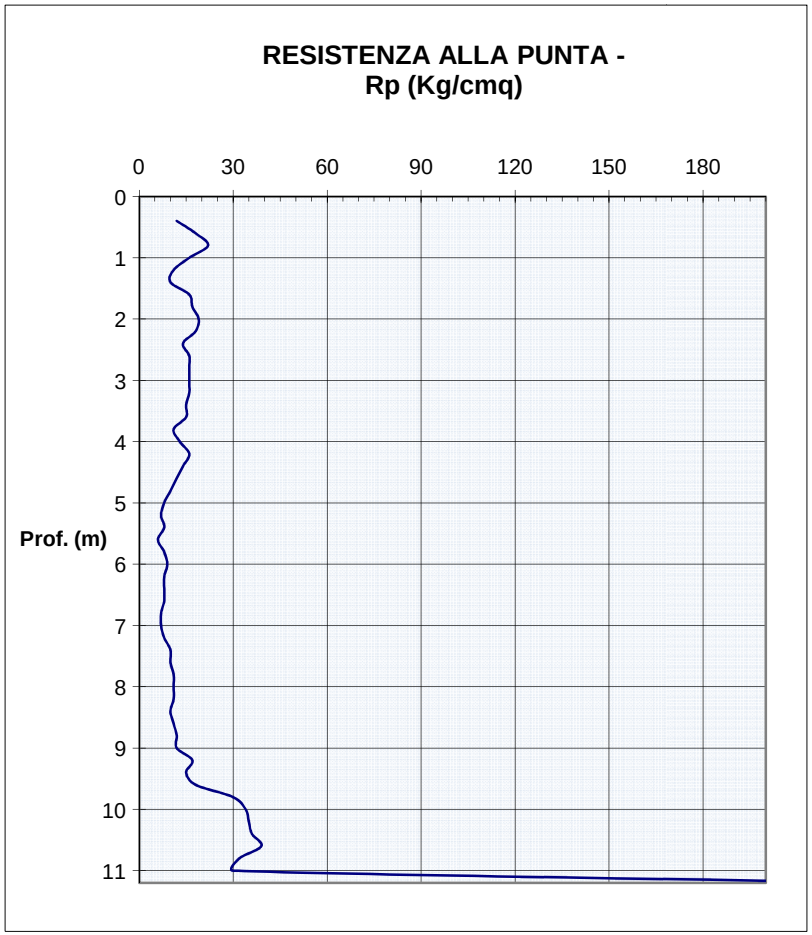
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.00 m
Note:

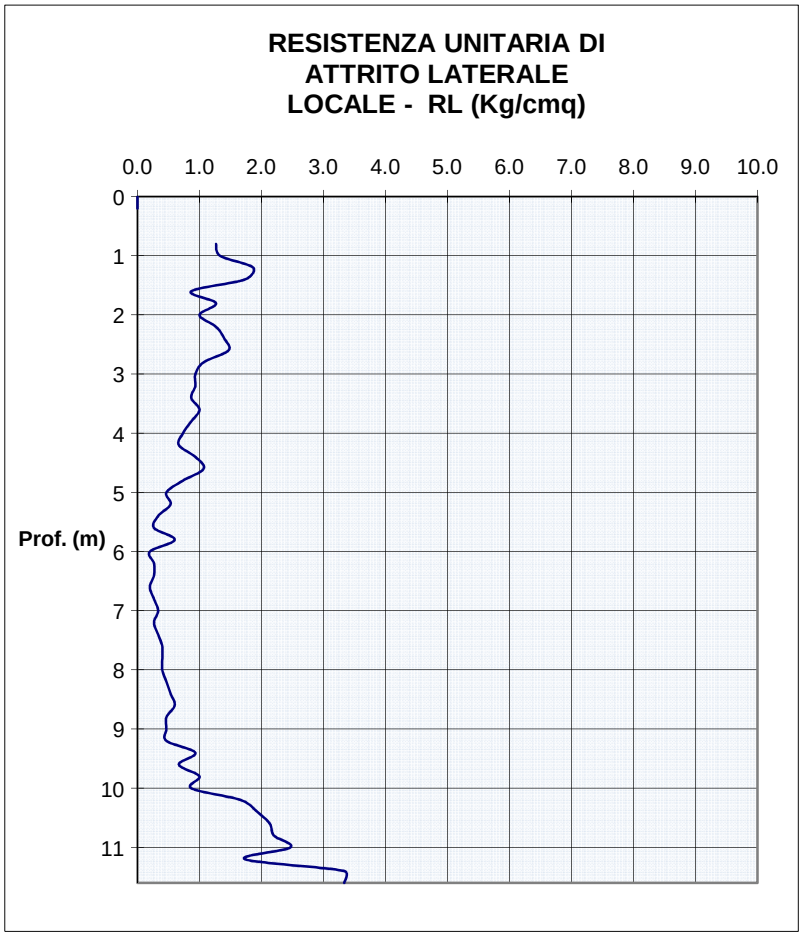
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT5	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	12	22		12	1.27	0.00	9	0.60	19.54	180	argille organiche
0.6	18	37		18	1.33	0.00	13	0.90	22.44	270	limi e argille
0.8	22	42		22	1.87	0.00	11	1.10	23.83	330	limi e argille
1	16	44		16	1.73	0.00	9	0.80	21.61	240	argille organiche
1.2	11	37		11	0.87	0.00	12	0.55	18.91	165	limi e argille
1.4	10	23		10	1.27	0.00	7	0.50	18.21	150	argille organiche
1.6	16	35		16	1.00	0.00	16	0.80	21.61	240	limi e argille
1.8	17	32	100	17	1.27	1.00	13	0.85	22.04	255	limi e argille
2	19	38		19	1.40	0.00	13	0.95	22.81	285	limi e argille
2.2	18	39		18	1.47	0.00	12	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	14	36		14	1.07	0.00	13	0.70	20.66	210	limi e argille
2.6	16	32		16	0.93	0.00	17	0.80	21.61	240	limi e argille
2.8	16	30		16	0.93	0.00	17	0.80	21.61	240	limi e argille
3	16	30		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
3.2	16	29		16	1.00	0.00	16	0.80	21.61	240	limi e argille
3.4	15	30		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
3.6	15	28		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3.8	11	22		11	0.67	0.00	16	0.55	18.91	165	limi e argille
4	13	23		13	0.93	0.00	13	0.65	20.12	195	limi e argille
4.2	16	30		16	1.07	0.00	15	0.80	21.61	240	limi e argille
4.4	14	30		14	0.73	0.00	19	0.70	20.66	210	limi e argille
4.6	12	23		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
4.8	10	17		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
5	8	16		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
5.2	7	12	85	7	0.27	0.85	26	0.35	15.54	105	limi e argille
5.4	8	12		8	0.60	0.00	13	0.40	16.55	120	limi e argille
5.6	6	15		6	0.20	0.00	30	0.30	14.36	90	limi e argille
5.8	8	11		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
6	9	13		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6.2	8	12	106	8	0.20	1.06	40	0.40	16.55	120	limi e sabbie limose
6.4	8	11		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
6.6	8	12		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
6.8	7	12		7	0.27	0.00	26	0.35	15.54	105	limi e argille
7	7	11	116	7	0.33	1.16	21	0.35	15.54	105	limi e argille
7.2	8	13		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
7.4	10	16		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.6	10	16		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.8	11	17		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
8	11	18		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
8.2	11	19		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
8.4	10	19		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
8.6	11	18	145	11	0.47	1.45	23	0.55	18.91	165	limi e argille
8.8	12	19		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
9	12	19		12	0.93	0.00	12	0.60	19.54	180	limi e argille
9.2	17	31		17	0.67	0.00	25	0.85	22.04	255	limi e argille
9.4	15	25		15	1.00	0.00	15	0.75	21.15	225	limi e argille
9.6	18	33	164	18	0.87	1.64	20	0.90	22.44	270	limi e argille
9.8	30	43		30	1.67	0.00	18	1.50	25.91	450	limi e argille
10	34	59		34	1.93	0.00	17	1.70	26.74	510	limi e argille
10.2	35	64		35	2.13	0.00	16	1.75	26.93	525	limi e argille
10.4	36	68		36	2.20	0.00	16	1.80	27.11	540	limi e argille
10.6	39	72		39	2.47	0.00	15	1.95	27.63	585	limi e argille
10.8	32	69	250	32	1.73	2.50	18	1.60	26.34	480	limi e argille
11	30	56		30	3.33	0.00	9	1.50	25.91	450	argille organiche
11.2	240	290		240	3.33	0.00	72	12.00	38.06	3600	sabbie e sabbie con ghiaia



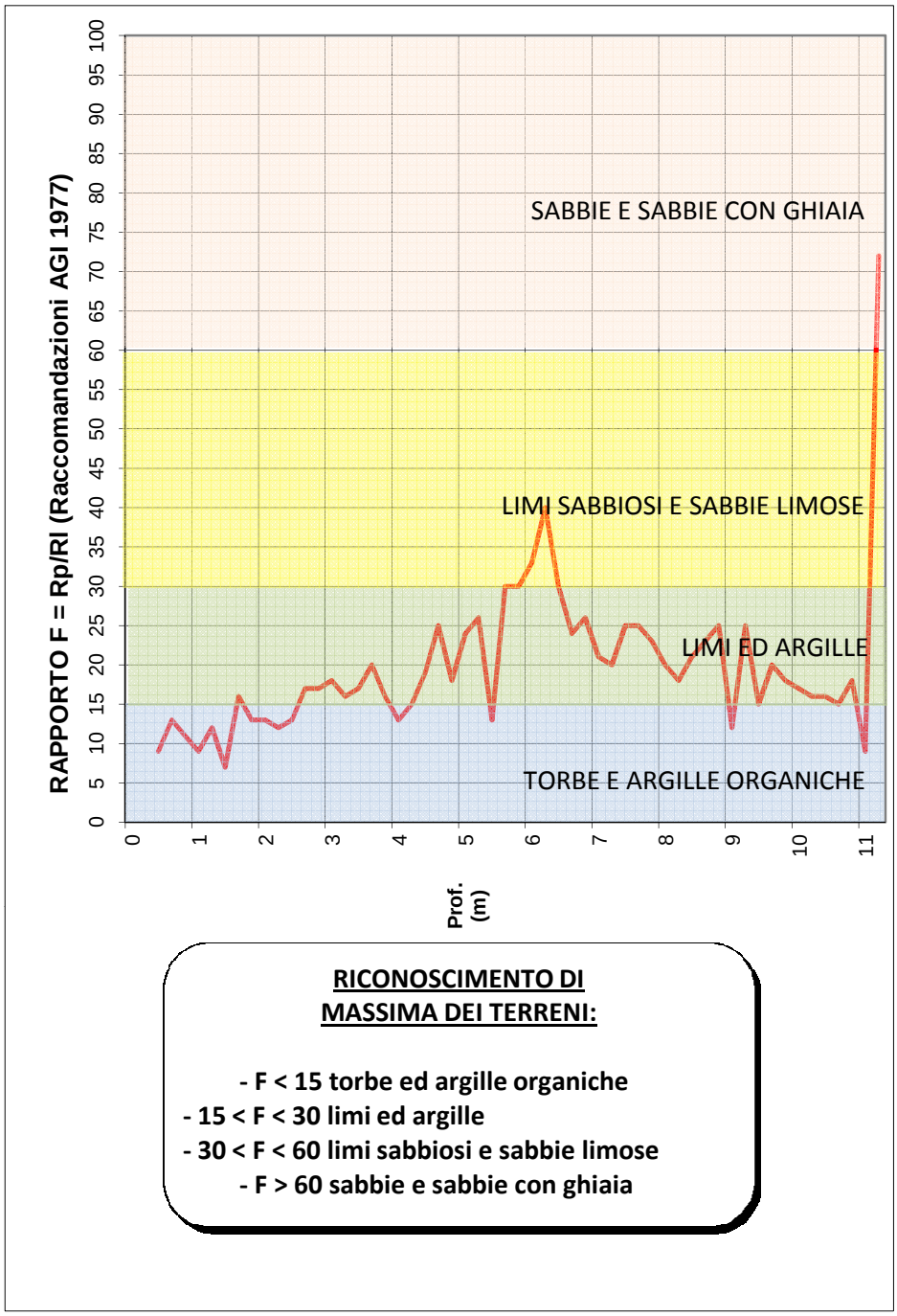


PROVA CPT5

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT5



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

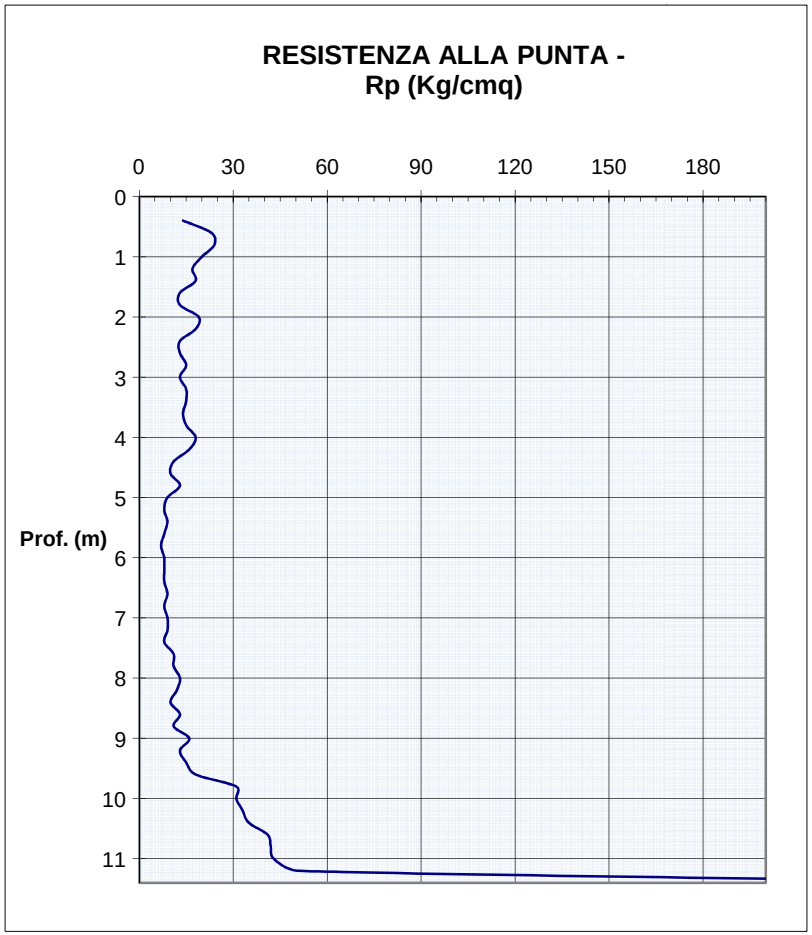
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.95 m
Note:

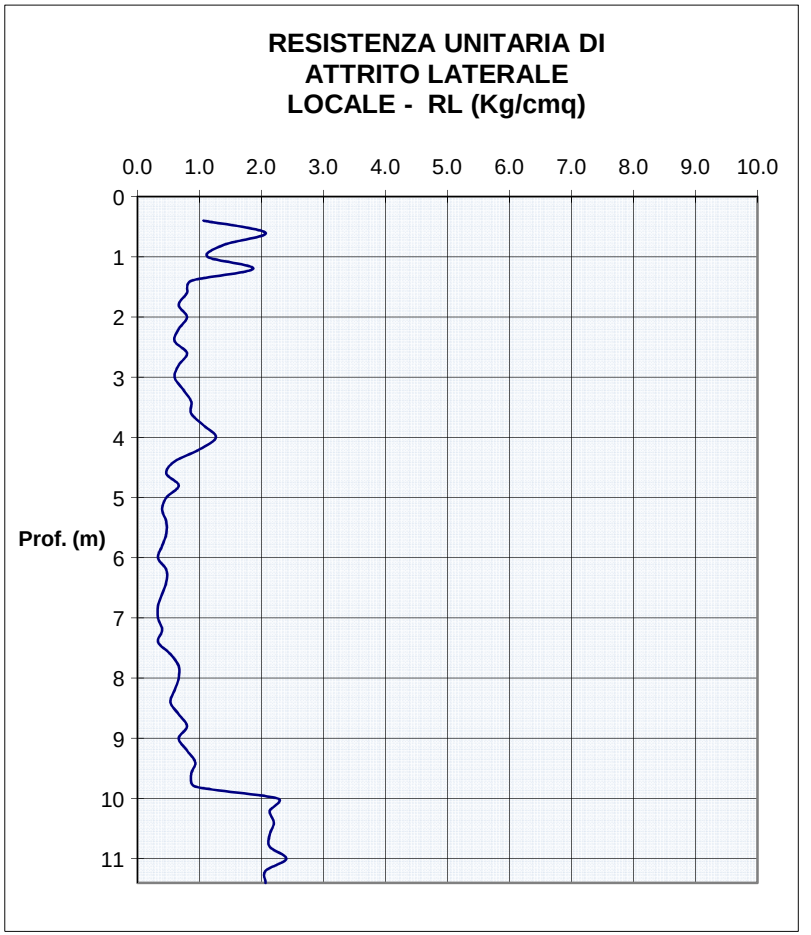
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT6	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	14	22		14	1.07	0.00	13	0.70	20.66	210	limi e argille
0.6	23	39		23	2.07	0.00	11	1.15	24.13	345	limi e argille
0.8	24	55		24	1.40	0.00	17	1.20	24.42	360	limi e argille
1	20	41		20	1.13	0.00	17	1.00	23.17	300	limi e argille
1.2	17	34		17	1.87	0.00	9	0.85	22.04	255	argille organiche
1.4	18	46		18	0.87	0.00	20	0.90	22.44	270	limi e argille
1.6	13	26		13	0.80	0.00	16	0.65	20.12	195	limi e argille
1.8	13	25	125	13	0.67	1.25	19	0.65	20.12	195	limi e argille
2	19	29		19	0.80	0.00	23	0.95	22.81	285	limi e argille
2.2	18	30		18	0.67	0.00	27	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	13	23		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
2.6	13	22		13	0.80	0.00	16	0.65	20.12	195	limi e argille
2.8	15	27		15	0.67	0.00	22	0.75	21.15	225	limi e argille
3	13	23	102	13	0.60	1.02	21	0.65	20.12	195	limi e argille
3.2	15	24		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3.4	15	26		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
3.6	14	27		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
3.8	15	28		15	1.07	0.00	14	0.75	21.15	225	limi e argille
4	18	34		18	1.27	0.00	14	0.90	22.44	270	limi e argille
4.2	16	35		16	1.00	0.00	16	0.80	21.61	240	limi e argille
4.4	11	26		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
4.6	10	19	109	10	0.47	1.09	21	0.50	18.21	150	limi e argille
4.8	13	20		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
5	9	19		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
5.2	8	15		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
5.4	9	15		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	8	15	107	8	0.47	1.07	17	0.40	16.55	120	limi e argille
5.8	7	14		7	0.40	0.00	17	0.35	15.54	105	limi e argille
6	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
6.2	8	13		8	0.47	0.00	17	0.40	16.55	120	limi e argille
6.4	8	15		8	0.47	0.00	17	0.40	16.55	120	limi e argille
6.6	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.8	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
7	9	14		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
7.2	9	14	113	9	0.40	1.13	22	0.45	17.43	135	limi e argille
7.4	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
7.6	11	16		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	11	19		11	0.67	0.00	16	0.55	18.91	165	limi e argille
8	13	23		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
8.2	12	22		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
8.4	10	19		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
8.6	13	21		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
8.8	11	21		11	0.80	0.00	13	0.55	18.91	165	limi e argille
9	16	28		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
9.2	13	23		13	0.80	0.00	16	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	15	27	141	15	0.93	1.41	16	0.75	21.15	225	limi e argille
9.6	18	32		18	0.87	0.00	20	0.90	22.44	270	limi e argille
9.8	31	44		31	0.93	0.00	33	1.55	26.13	465	limi e sabbie limose
10	31	45		31	2.27	0.00	13	1.55	26.13	465	limi e argille
10.2	33	67		33	2.13	0.00	15	1.65	26.54	495	limi e argille
10.4	35	67	180	35	2.20	1.80	15	1.75	26.93	525	limi e argille
10.6	41	74		41	2.13	0.00	19	2.05	27.95	615	limi e argille
10.8	42	74		42	2.13	0.00	19	2.10	28.10	630	limi e argille
11	43	75		43	2.40	0.00	17	2.15	28.25	645	limi e argille
11.2	51	87		51	2.07	0.00	24	2.55	29.32	765	limi e argille
11.4	295	326	336	295	2.07	3.36	142	14.75	39.09	4425	ghiaie e ghiaie sabbiose



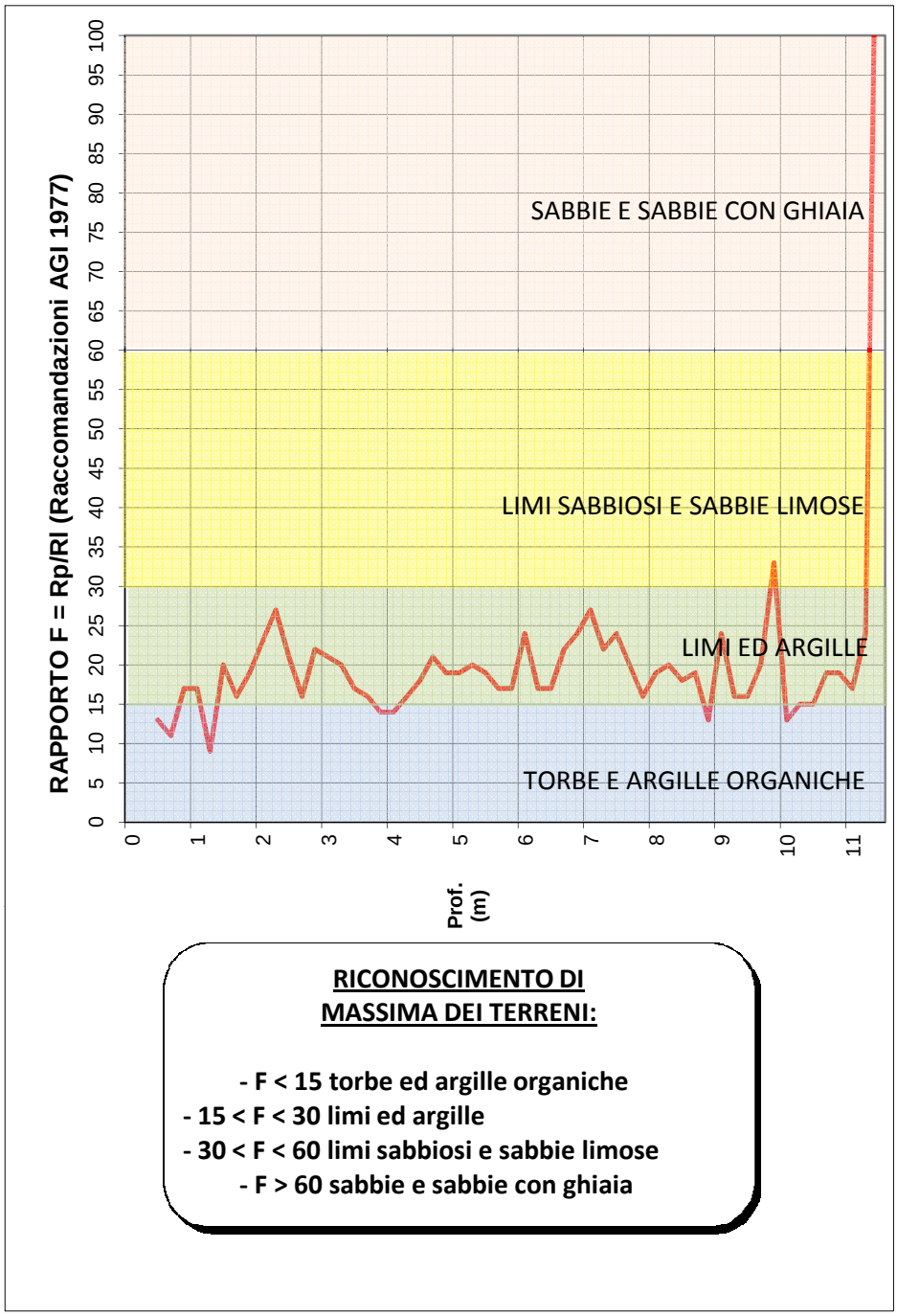


PROVA CPT6

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT6



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

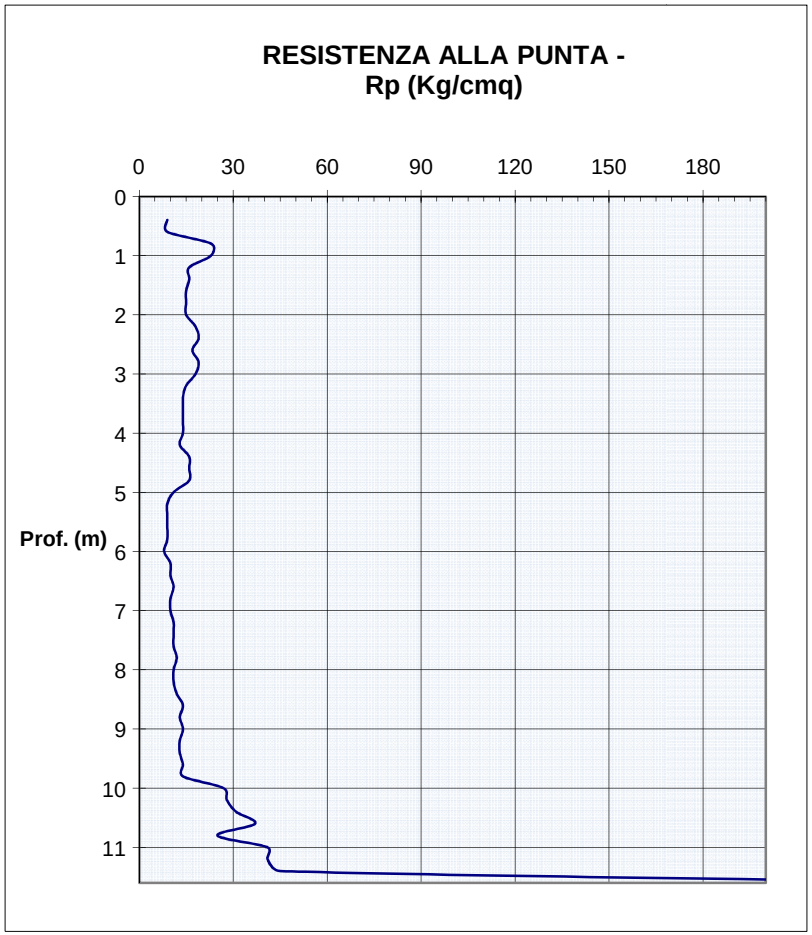
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.10 m
Note:

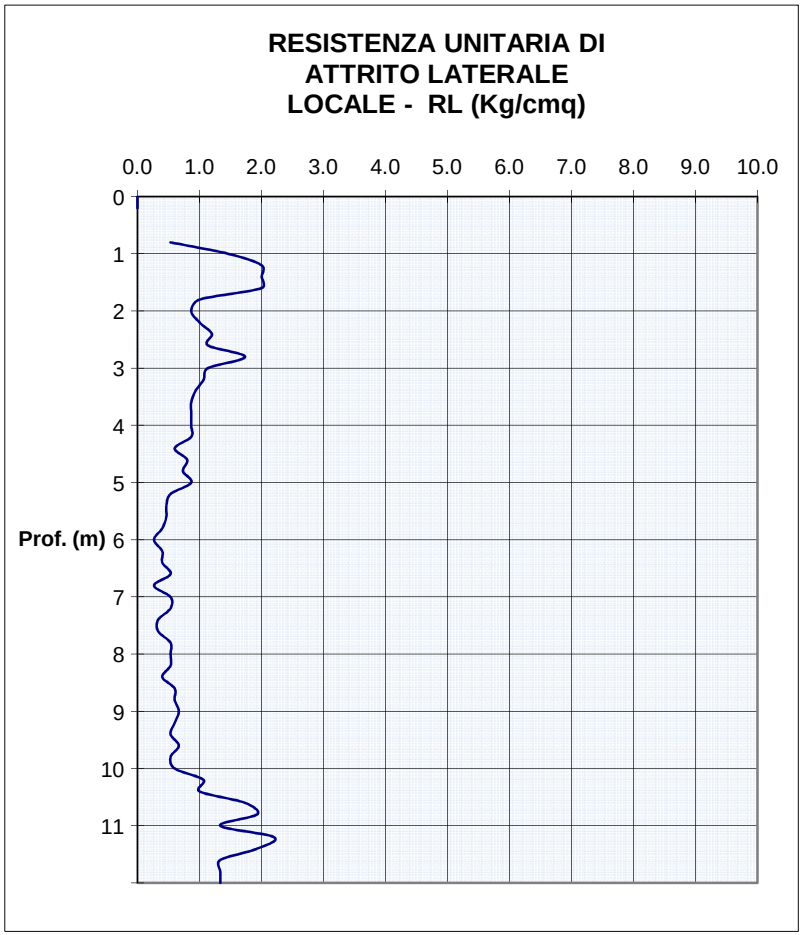
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT7	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	9	15		9	0.53	0.00	16	0.45	17.43	135	limi e argille
0.6	9	17		9	1.47	0.00	6	0.45	17.43	135	argille organiche
0.8	23	45		23	2.00	0.00	11	1.15	24.13	345	limi e argille
1	23	53		23	2.00	0.00	11	1.15	24.13	345	limi e argille
1.2	16	46		16	2.00	0.00	8	0.80	21.61	240	argille organiche
1.4	16	46		16	1.00	0.00	16	0.80	21.61	240	limi e argille
1.6	15	30	100	15	0.87	1.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
1.8	15	28		15	1.00	0.00	15	0.75	21.15	225	limi e argille
2	15	30		15	1.20	0.00	12	0.75	21.15	225	limi e argille
2.2	18	36		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	19	36		19	1.73	0.00	10	0.95	22.81	285	argille organiche
2.6	17	43		17	1.13	0.00	15	0.85	22.04	255	limi e argille
2.8	19	36	101	19	1.07	1.01	17	0.95	22.81	285	limi e argille
3	18	34		18	0.93	0.00	19	0.90	22.44	270	limi e argille
3.2	15	29		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
3.4	14	27		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
3.6	14	27		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
3.8	14	27		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
4	14	27		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
4.2	13	22		13	0.80	0.00	16	0.65	20.12	195	limi e argille
4.4	16	28		16	0.73	0.00	21	0.80	21.61	240	limi e argille
4.6	16	27	90	16	0.87	0.90	18	0.80	21.61	240	limi e argille
4.8	16	29		16	0.53	0.00	30	0.80	21.61	240	limi e argille
5	11	19		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
5.2	9	16		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
5.4	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	9	15		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
5.8	9	13		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6	8	14		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
6.2	10	16		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
6.4	10	18		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
6.6	11	15		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
6.8	10	18	130	10	0.53	1.30	18	0.50	18.21	150	limi e argille
7	10	18		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	11	16		11	0.33	0.00	33	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
7.4	11	16		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
7.6	11	19		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	12	20		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
8	11	19		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
8.2	11	17		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
8.4	12	21		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
8.6	14	23		14	0.67	0.00	21	0.70	20.66	210	limi e argille
8.8	13	23		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
9	14	23	140	14	0.53	1.40	26	0.70	20.66	210	limi e argille
9.2	13	21		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	13	23		13	0.53	0.00	24	0.65	20.12	195	limi e argille
9.6	14	22		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
9.8	14	23		14	1.07	0.00	13	0.70	20.66	210	limi e argille
10	27	43		27	1.00	0.00	27	1.35	25.21	405	limi e argille
10.2	28	43		28	1.73	0.00	16	1.40	25.46	420	limi e argille
10.4	31	57		31	1.93	0.00	16	1.55	26.13	465	limi e argille
10.6	37	66		37	1.33	0.00	27	1.85	27.29	555	limi e argille
10.8	25	45		25	2.20	0.00	11	1.25	24.70	375	limi e argille
11	41	74		41	1.93	0.00	21	2.05	27.95	615	limi e argille
11.2	41	70		41	1.33	0.00	30	2.05	27.95	615	limi e argille
11.4	45	65		45	1.33	0.00	33	2.25	28.54	675	limi e sabbie limose
11.6	270	290	345	270	1.33	3.45	202	13.50	38.65	4050	ghiaie e ghiaie sabbiose



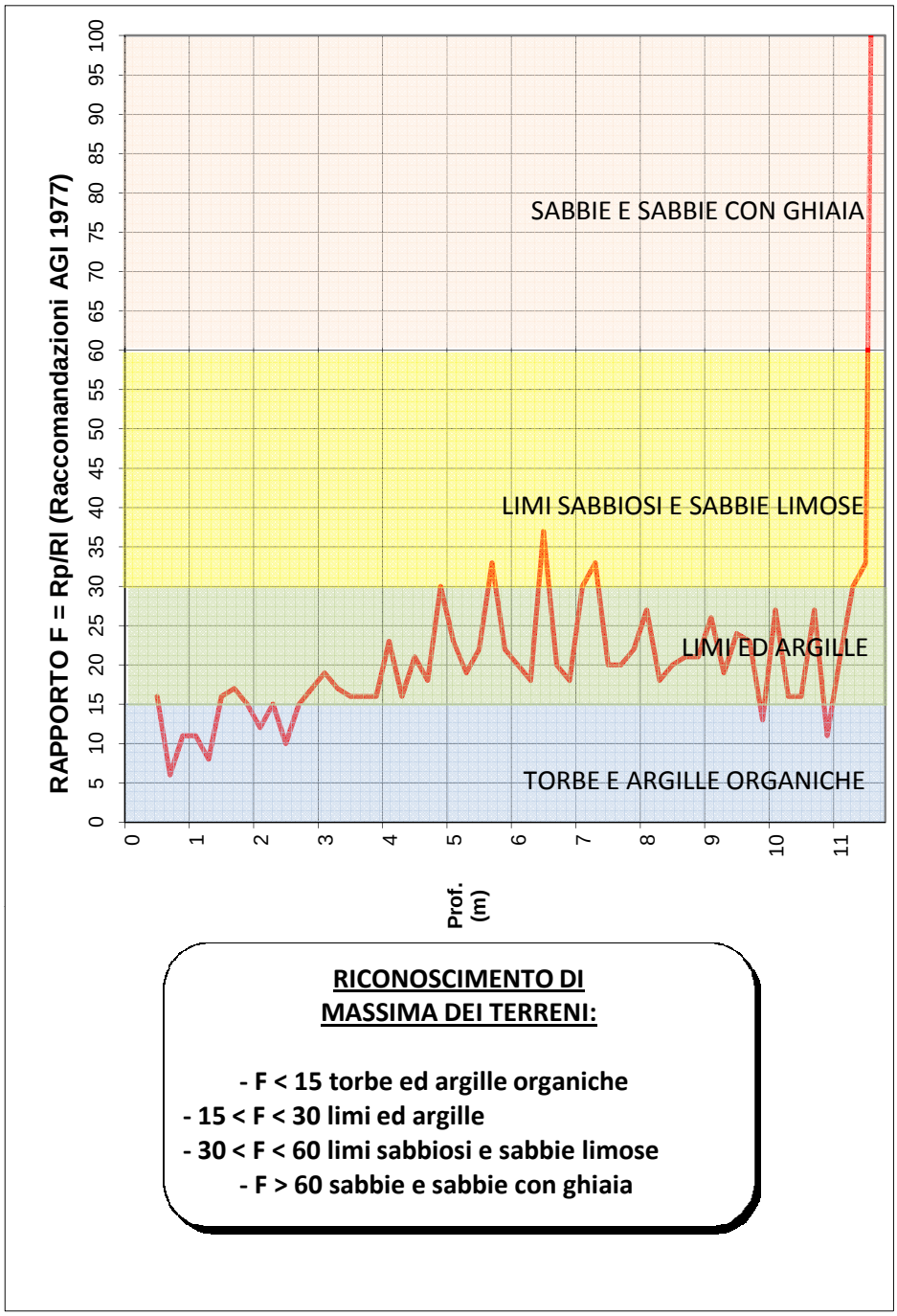


PROVA CPT7

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT7



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

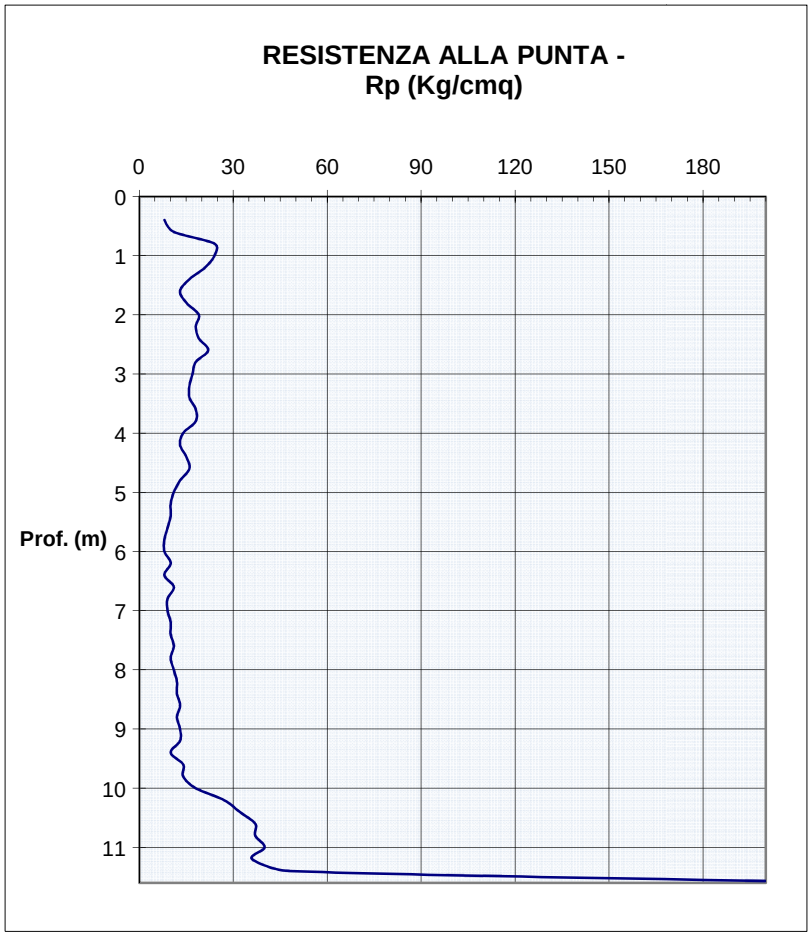
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.20 m
Note:

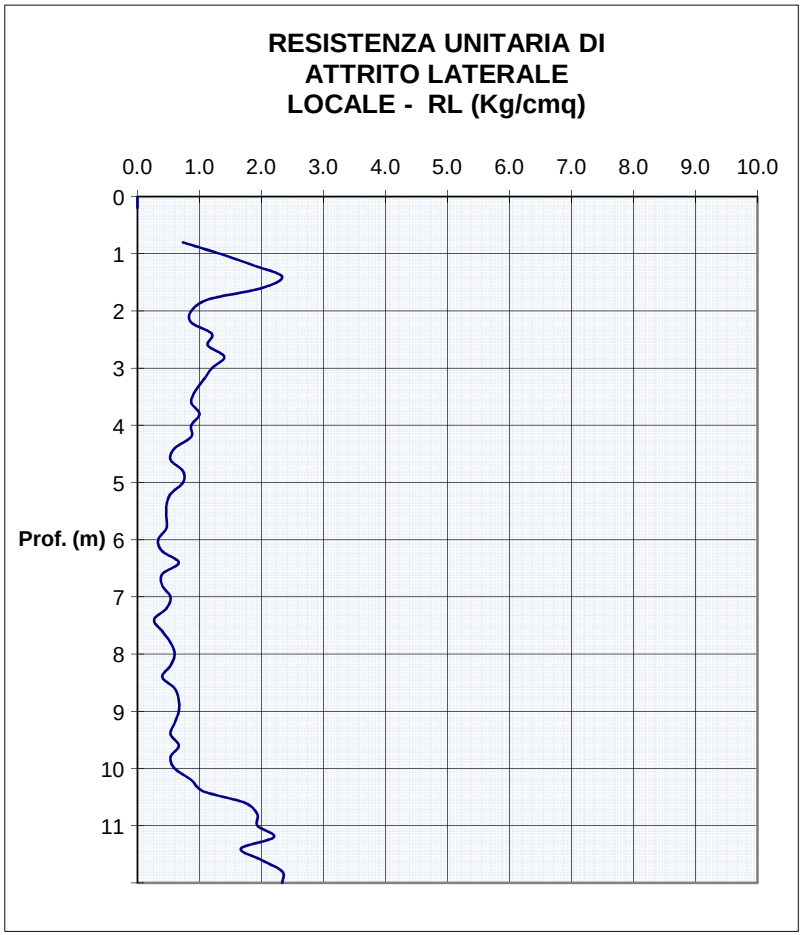
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT8	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	8	15		8	0.73	0.00	10	0.40	16.55	120	argille organiche
0.6	11	22		11	1.33	0.00	8	0.55	18.91	165	argille organiche
0.8	24	44		24	1.87	0.00	12	1.20	24.42	360	limi e argille
1	24	52		24	2.33	0.00	10	1.20	24.42	360	argille organiche
1.2	21	56		21	2.00	0.00	10	1.05	23.51	315	argille organiche
1.4	16	46		16	1.13	0.00	14	0.80	21.61	240	limi e argille
1.6	13	30		13	0.87	0.00	15	0.65	20.12	195	limi e argille
1.8	15	28		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
2	19	32	120	19	1.20	1.20	15	0.95	22.81	285	limi e argille
2.2	18	36		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	19	36		19	1.40	0.00	13	0.95	22.81	285	limi e argille
2.6	22	43	98	22	1.20	0.98	18	1.10	23.83	330	limi e argille
2.8	18	36		18	1.07	0.00	16	0.90	22.44	270	limi e argille
3	17	33		17	0.93	0.00	18	0.85	22.04	255	limi e argille
3.2	16	30		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
3.4	16	29		16	1.00	0.00	16	0.80	21.61	240	limi e argille
3.6	18	33		18	0.87	0.00	20	0.90	22.44	270	limi e argille
3.8	18	31		18	0.87	0.00	20	0.90	22.44	270	limi e argille
4	14	27		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
4.2	13	22		13	0.53	0.00	24	0.65	20.12	195	limi e argille
4.4	15	23		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
4.6	16	27		16	0.73	0.00	21	0.80	21.61	240	limi e argille
4.8	13	24		13	0.53	0.00	24	0.65	20.12	195	limi e argille
5	11	19	104	11	0.47	1.04	23	0.55	18.91	165	limi e argille
5.2	10	17		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
5.4	10	17		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
5.6	9	16		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.8	8	13	1118	8	0.40	11.18	20	0.40	16.55	120	limi e argille
6	8	14		8	0.67	0.00	12	0.40	16.55	120	limi e argille
6.2	10	20		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
6.4	8	14		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
6.6	11	17	118	11	0.53	1.18	20	0.55	18.91	165	limi e argille
6.8	9	17		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
7	9	16		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
7.2	10	14		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.4	10	16		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
7.6	11	19	135	11	0.60	1.35	18	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	10	19		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
8	11	19		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
8.2	12	18		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
8.4	12	21		12	0.67	0.00	18	0.60	19.54	180	limi e argille
8.6	13	23		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
8.8	12	22		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
9	13	22		13	0.53	0.00	24	0.65	20.12	195	limi e argille
9.2	13	21		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	10	20		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
9.6	14	22		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
9.8	14	23		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
10	18	31		18	1.07	0.00	16	0.90	22.44	270	limi e argille
10.2	27	43		27	1.73	0.00	15	1.35	25.21	405	limi e argille
10.4	32	58		32	1.93	0.00	16	1.60	26.34	480	limi e argille
10.6	37	66		37	1.93	0.00	19	1.85	27.29	555	limi e argille
10.8	37	66		37	2.20	0.00	16	1.85	27.29	555	limi e argille
11	40	73	255	40	1.67	2.55	24	2.00	27.79	600	limi e argille
11.2	36	61		36	2.00	0.00	18	1.80	27.11	540	limi e argille
11.4	48	78		48	2.33	0.00	20	2.40	28.94	720	limi e argille
11.6	230	265	390	230	2.33	3.90	98	11.50	37.84	3450	ghiaie e ghiaie sabbiose



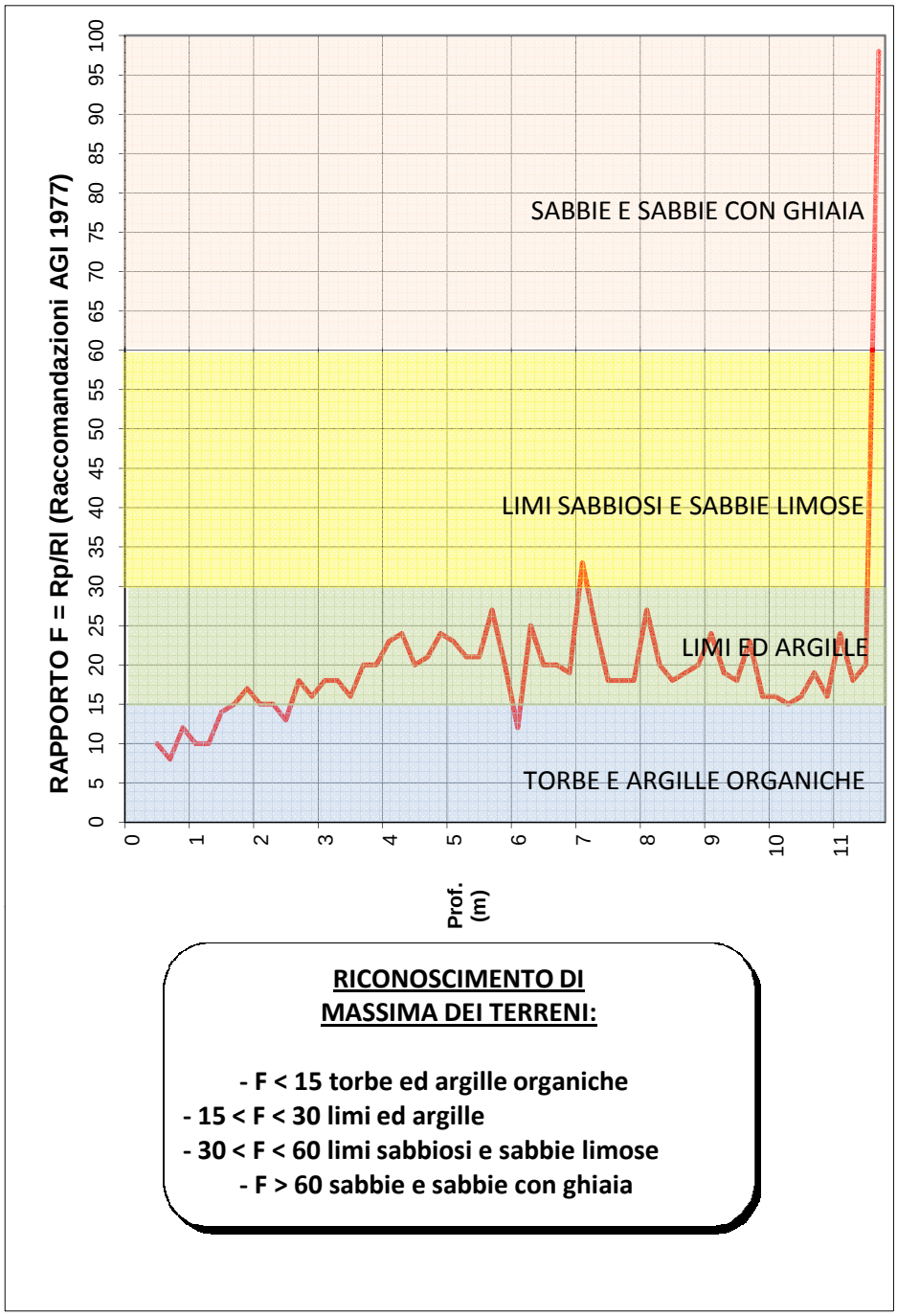


PROVA CPT8

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT8



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- F < 15 torbe ed argille organiche
- 15 < F < 30 limi ed argille
- 30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose
- F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

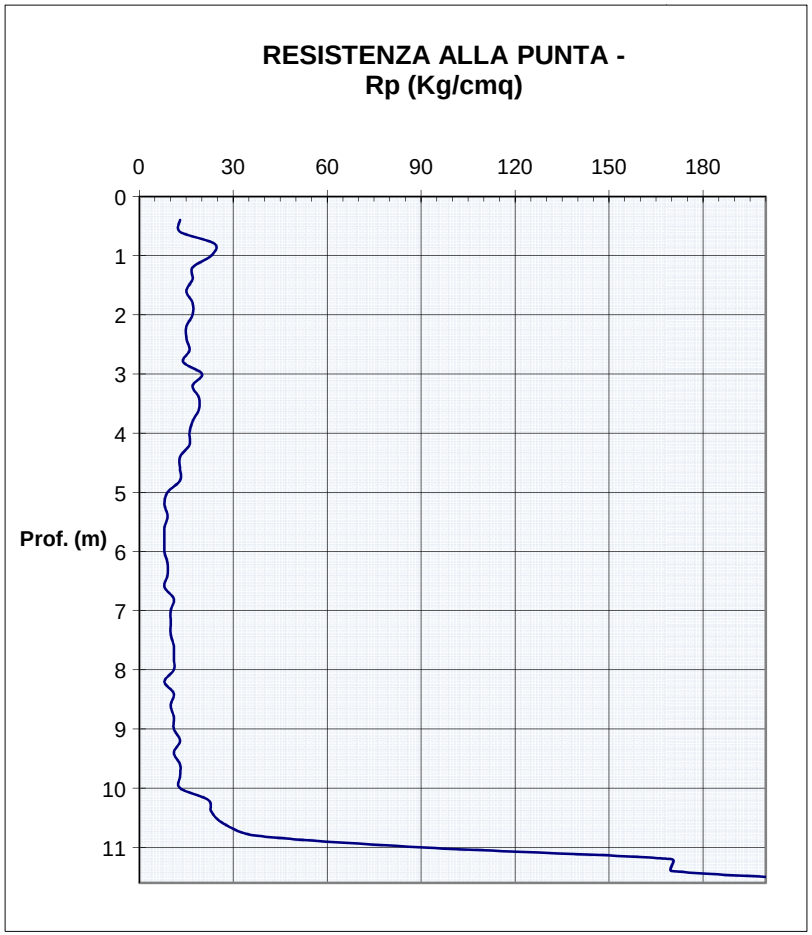
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.95 m
Note:

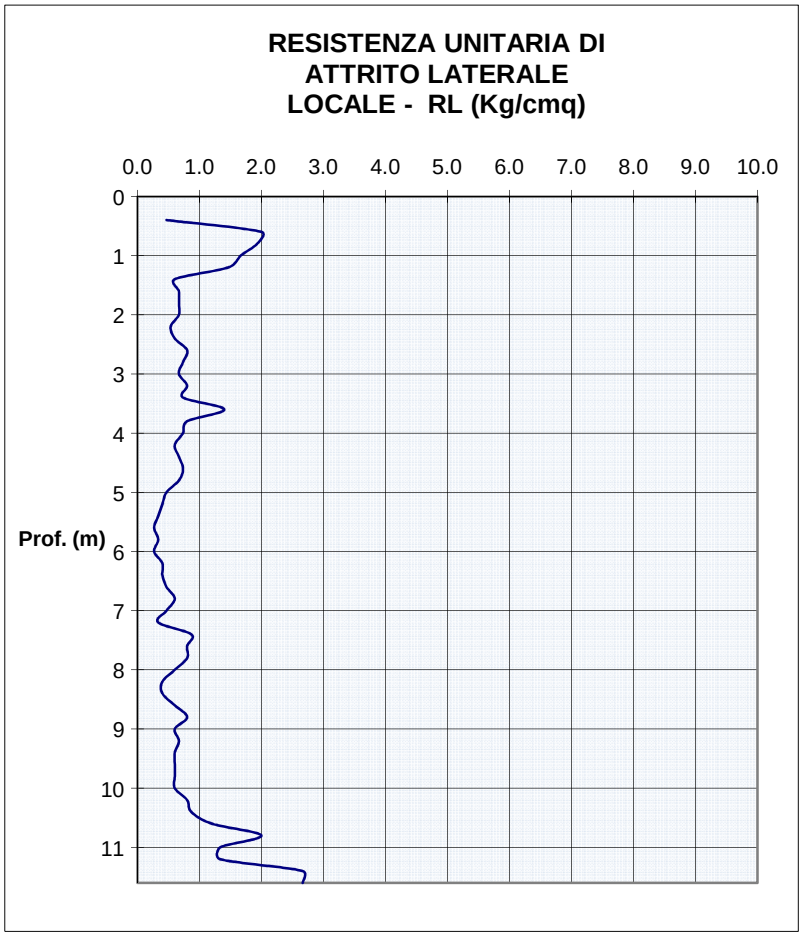
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT9	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	13	20		13	0.47	0.00	27	0.65	20.12	195	limi e argille
0.6	13	20		13	2.00	0.00	6	0.65	20.12	195	argille organiche
0.8	24	54		24	1.93	0.00	12	1.20	24.42	360	limi e argille
1	23	52		23	1.67	0.00	13	1.15	24.13	345	limi e argille
1.2	17	42		17	1.47	0.00	11	0.85	22.04	255	limi e argille
1.4	17	39		17	0.60	0.00	28	0.85	22.04	255	limi e argille
1.6	15	24		15	0.67	0.00	22	0.75	21.15	225	limi e argille
1.8	17	27		17	0.67	0.00	25	0.85	22.04	255	limi e argille
2	17	27	87	17	0.67	0.87	25	0.85	22.04	255	limi e argille
2.2	15	25		15	0.53	0.00	28	0.75	21.15	225	limi e argille
2.4	15	23		15	0.60	0.00	25	0.75	21.15	225	limi e argille
2.6	16	25	75	16	0.80	0.75	20	0.80	21.61	240	limi e argille
2.8	14	26	81	14	0.73	0.81	19	0.70	20.66	210	limi e argille
3	20	31		20	0.67	0.00	30	1.00	23.17	300	limi e argille
3.2	17	27		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	19	31		19	0.73	0.00	25	0.95	22.81	285	limi e argille
3.6	19	30	102	19	1.40	1.02	13	0.95	22.81	285	limi e argille
3.8	17	38		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
4	16	28		16	0.73	0.00	21	0.80	21.61	240	limi e argille
4.2	16	27		16	0.60	0.00	26	0.80	21.61	240	limi e argille
4.4	13	22		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
4.6	13	23	102	13	0.73	1.02	17	0.65	20.12	195	limi e argille
4.8	13	24		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
5	9	19		9	0.47	0.00	19	0.45	17.43	135	limi e argille
5.2	8	15	87	8	0.40	0.87	20	0.40	16.55	120	limi e argille
5.4	9	15		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	8	13		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
5.8	8	12		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
6	8	13		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
6.2	9	13	100	9	0.40	1.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.4	9	15		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.6	8	14		8	0.47	0.00	17	0.40	16.55	120	limi e argille
6.8	11	18		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
7	10	19		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	10	17		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
7.4	10	15		10	0.87	0.00	11	0.50	18.21	150	limi e argille
7.6	11	24		11	0.80	0.00	13	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	11	23		11	0.80	0.00	13	0.55	18.91	165	limi e argille
8	11	23		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
8.2	8	17		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
8.4	11	17		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
8.6	10	16		10	0.60	0.00	16	0.50	18.21	150	limi e argille
8.8	11	20		11	0.80	0.00	13	0.55	18.91	165	limi e argille
9	11	23		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
9.2	13	22		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
9.4	11	21		11	0.60	0.00	18	0.55	18.91	165	limi e argille
9.6	13	22	150	13	0.60	1.50	21	0.65	20.12	195	limi e argille
9.8	13	22		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
10	13	22		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
10.2	22	31		22	0.80	0.00	27	1.10	23.83	330	limi e argille
10.4	23	35		23	0.87	0.00	26	1.15	24.13	345	limi e argille
10.6	27	40		27	1.20	0.00	22	1.35	25.21	405	limi e argille
10.8	37	55		37	2.00	0.00	18	1.85	27.29	555	limi e argille
11	90	120		90	1.33	0.00	67	4.50	32.73	1350	sabbie e sabbie con ghiaia
11.2	170	190		170	1.33	0.00	127	8.50	36.27	2550	ghiaie e ghiaie sabbiose
11.4	170	190	213	170	2.67	2.13	63	8.50	36.27	2550	sabbie e sabbie con ghiaia
11.6	240	280	350	240	2.67	3.50	90	12.00	38.06	3600	sabbie e sabbie con ghiaia



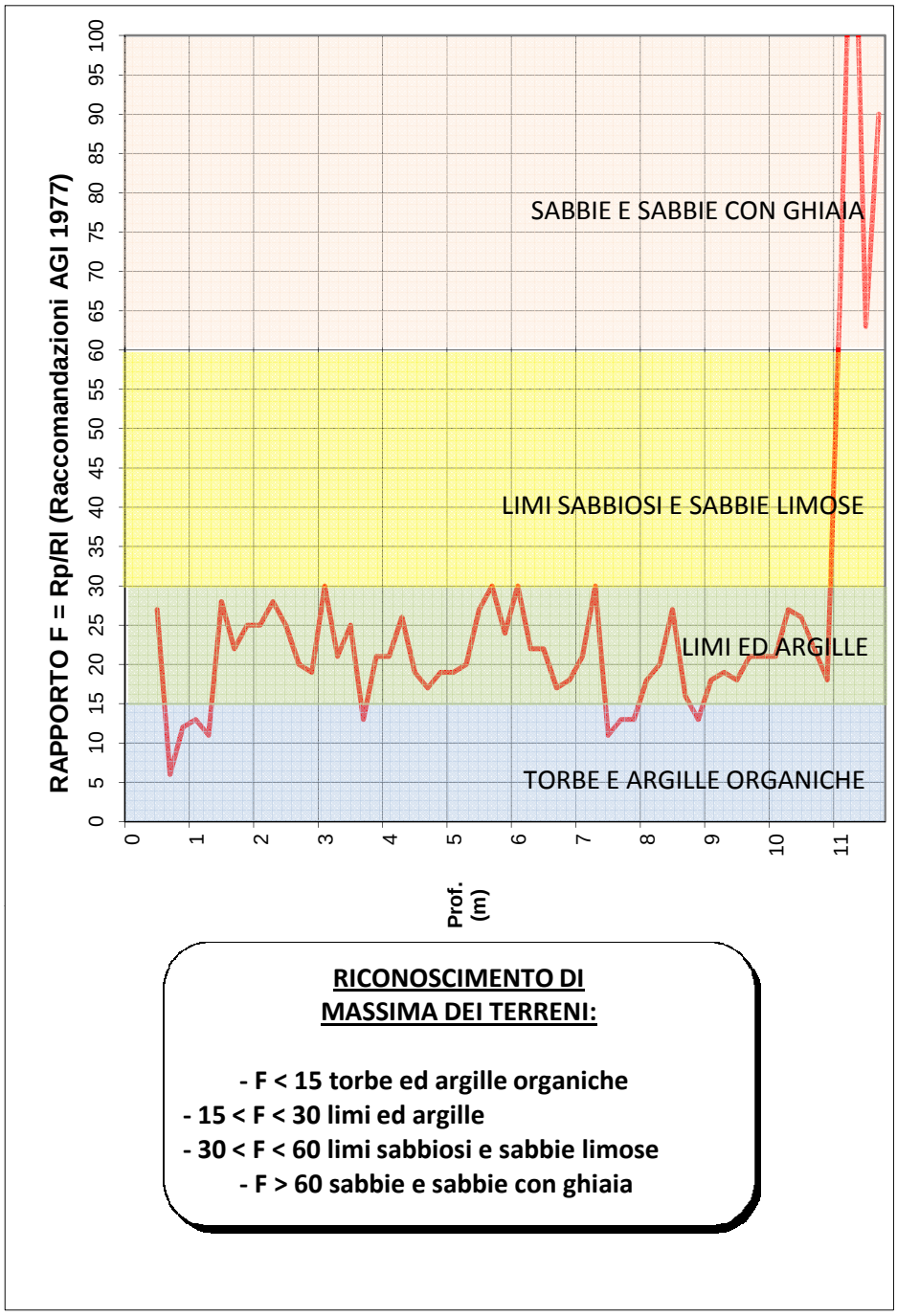


PROVA CPT9

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT9



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- F < 15 torbe ed argille organiche
- 15 < F < 30 limi ed argille
- 30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose
- F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT" (AGI 1977)
(cone penetration test)

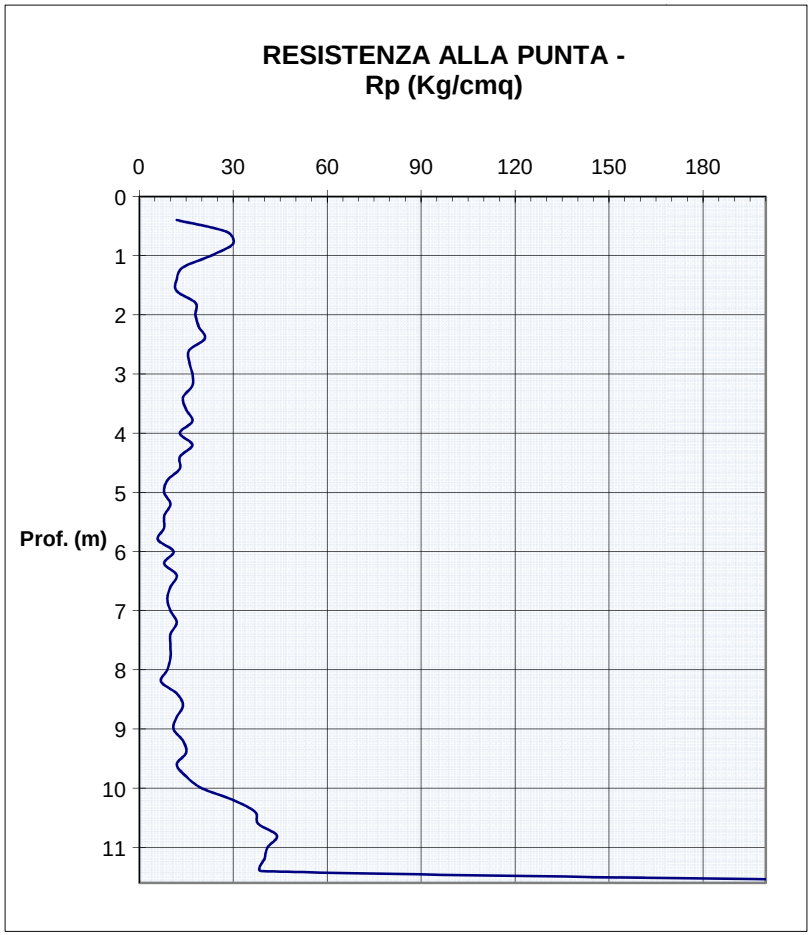
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.80 m
Note:

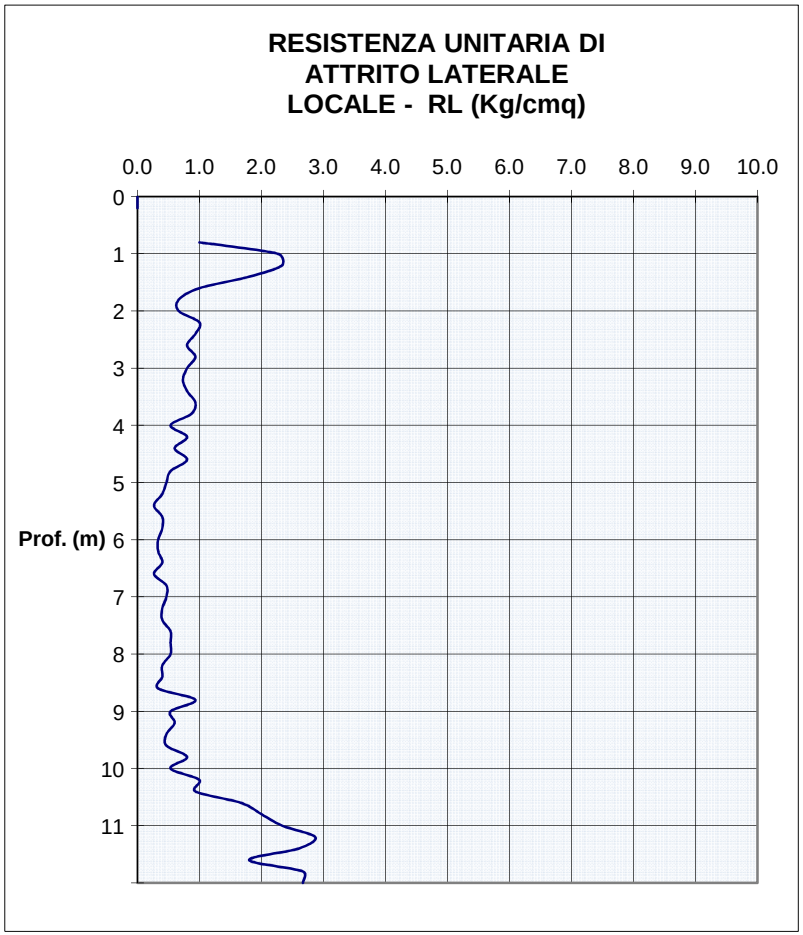
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT10	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	12	22		12	1.00	0.00	12	0.60	19.54	180	limi e argille
0.6	28	43		28	2.27	0.00	12	1.40	25.46	420	limi e argille
0.8	30	64		30	2.33	0.00	12	1.50	25.91	450	limi e argille
1	23	58		23	1.80	0.00	12	1.15	24.13	345	limi e argille
1.2	14	41		14	1.00	0.00	14	0.70	20.66	210	limi e argille
1.4	12	27		12	0.67	0.00	18	0.60	19.54	180	limi e argille
1.6	12	22		12	0.67	0.00	18	0.60	19.54	180	limi e argille
1.8	18	28		18	1.00	0.00	18	0.90	22.44	270	limi e argille
2	18	33		18	0.93	0.00	19	0.90	22.44	270	limi e argille
2.2	19	33		19	0.80	0.00	23	0.95	22.81	285	limi e argille
2.4	21	33		21	0.93	0.00	22	1.05	23.51	315	limi e argille
2.6	16	30		16	0.80	0.00	20	0.80	21.61	240	limi e argille
2.8	16	28	85	16	0.73	0.85	21	0.80	21.61	240	limi e argille
3	17	28		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
3.2	17	29		17	0.93	0.00	18	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	14	28		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
3.6	15	28		15	0.53	0.00	28	0.75	21.15	225	limi e argille
3.8	17	25		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
4	13	25	120	13	0.60	1.20	21	0.65	20.12	195	limi e argille
4.2	17	26		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
4.4	13	25		13	0.53	0.00	24	0.65	20.12	195	limi e argille
4.6	13	21		13	0.47	0.00	27	0.65	20.12	195	limi e argille
4.8	9	16	75	9	0.40	0.75	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5	8	14		8	0.27	0.00	30	0.40	16.55	120	limi e argille
5.2	10	14	62	10	0.40	0.62	25	0.50	18.21	150	limi e argille
5.4	8	14		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
5.6	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
5.8	6	11		6	0.33	0.00	18	0.30	14.36	90	limi e argille
6	11	16		11	0.40	0.00	27	0.55	18.91	165	limi e argille
6.2	8	14	80	8	0.27	0.80	30	0.40	16.55	120	limi e argille
6.4	12	16		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
6.6	10	17		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
6.8	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
7	10	16		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	12	18		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
7.4	10	18		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
7.6	10	18		10	0.53	0.00	18	0.50	18.21	150	limi e argille
7.8	10	18		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
8	9	15		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
8.2	7	13	132	7	0.33	1.32	21	0.35	15.54	105	limi e argille
8.4	12	17		12	0.93	0.00	12	0.60	19.54	180	limi e argille
8.6	14	28		14	0.53	0.00	26	0.70	20.66	210	limi e argille
8.8	12	20		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
9	11	20		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
9.2	14	21		14	0.47	0.00	30	0.70	20.66	210	limi e argille
9.4	15	22		15	0.80	0.00	18	0.75	21.15	225	limi e argille
9.6	12	24		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
9.8	15	23		15	1.00	0.00	15	0.75	21.15	225	limi e argille
10	20	35		20	0.93	0.00	21	1.00	23.17	300	limi e argille
10.2	30	44		30	1.67	0.00	18	1.50	25.91	450	limi e argille
10.4	37	62		37	2.00	0.00	18	1.85	27.29	555	limi e argille
10.6	38	68		38	2.33	0.00	16	1.90	27.46	570	limi e argille
10.8	44	79		44	2.87	0.00	15	2.20	28.40	660	limi e argille
11	41	84	250	41	2.60	2.50	15	2.05	27.95	615	limi e argille
11.2	40	79		40	1.80	0.00	22	2.00	27.79	600	limi e argille
11.4	39	66		39	2.67	0.00	14	1.95	27.63	585	limi e argille
11.6	280	320		280	2.67	0.00	105	14.00	38.83	4200	ghiaie e ghiaie sabbiose



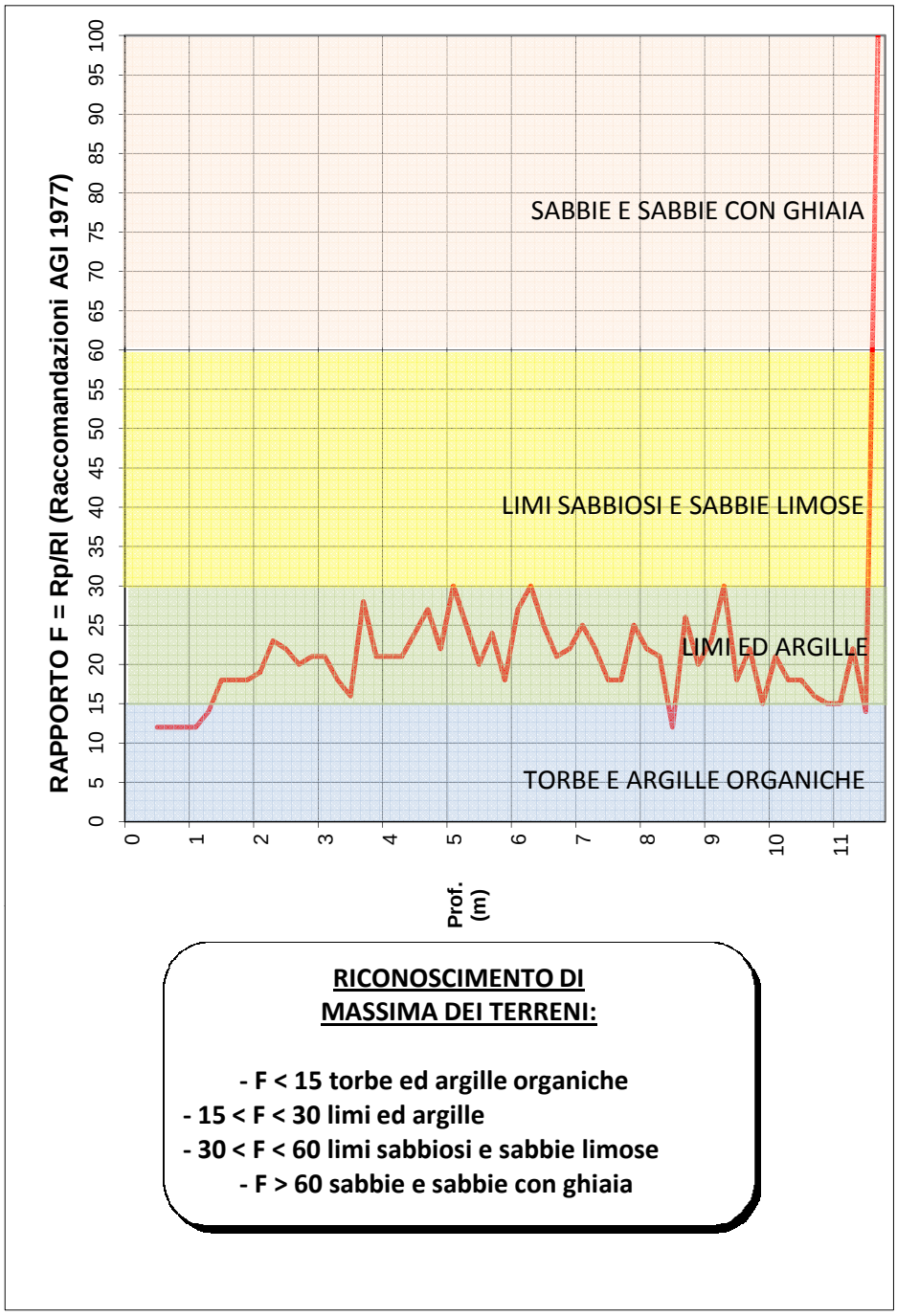


PROVA CPT10

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT10



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

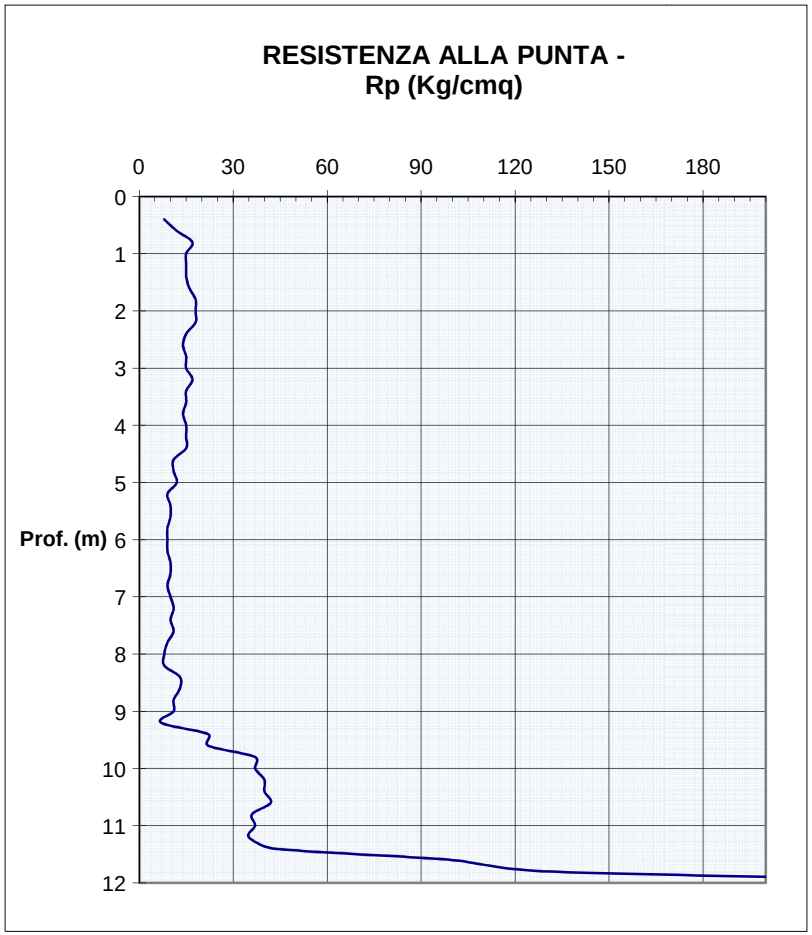
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.5 m
Note:

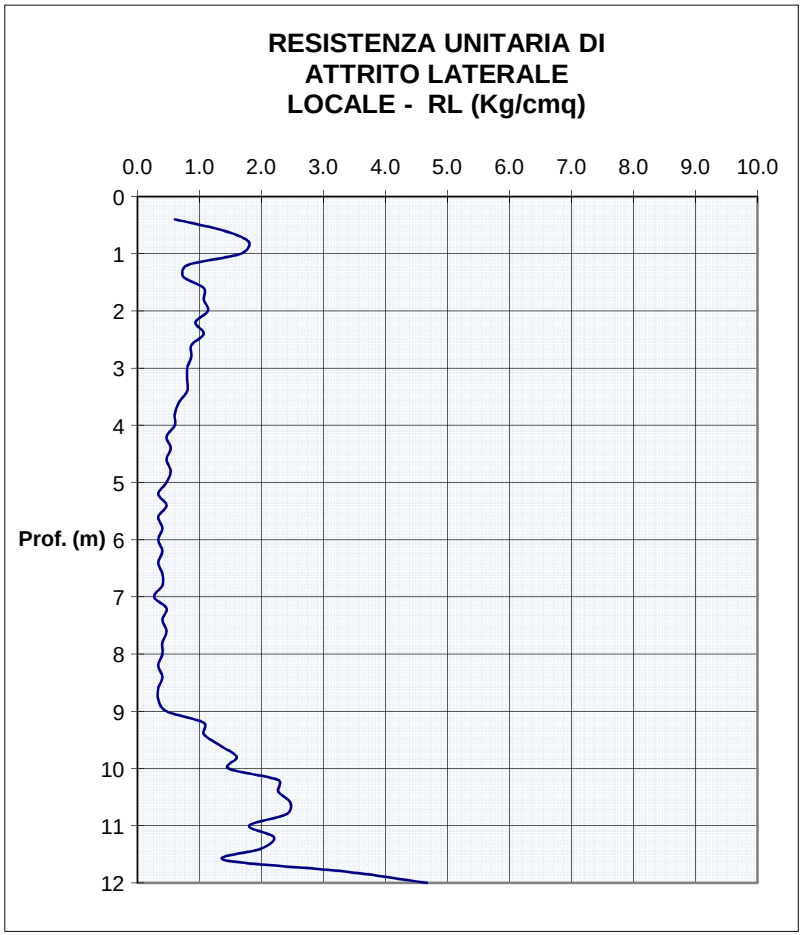
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT11	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	8	18		8	0.60	0.00	13	0.40	16.55	120	limi e argille
0.6	12	21		12	1.40	0.00	8	0.60	19.54	180	argille organiche
0.8	17	38		17	1.80	0.00	9	0.85	22.04	255	argille organiche
1	15	42		15	1.67	0.00	9	0.75	21.15	225	argille organiche
1.2	15	40		15	0.80	0.00	18	0.75	21.15	225	limi e argille
1.4	15	27		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
1.6	16	27		16	1.07	0.00	15	0.80	21.61	240	limi e argille
1.8	18	34		18	1.07	0.00	16	0.90	22.44	270	limi e argille
2	18	34		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
2.2	18	35	80	18	0.93	0.80	19	0.90	22.44	270	limi e argille
2.4	15	29		15	1.07	0.00	14	0.75	21.15	225	limi e argille
2.6	14	30		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
2.8	15	28		15	0.87	0.00	17	0.75	21.15	225	limi e argille
3	15	28		15	0.80	0.00	18	0.75	21.15	225	limi e argille
3.2	17	29		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	15	27		15	0.80	0.00	18	0.75	21.15	225	limi e argille
3.6	15	27		15	0.67	0.00	22	0.75	21.15	225	limi e argille
3.8	14	24		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
4	15	24		15	0.60	0.00	25	0.75	21.15	225	limi e argille
4.2	15	24		15	0.47	0.00	32	0.75	21.15	225	limi e sabbie limose
4.4	15	22		15	0.53	0.00	28	0.75	21.15	225	limi e argille
4.6	11	19	120	11	0.47	1.20	23	0.55	18.91	165	limi e argille
4.8	11	18		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
5	12	20		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
5.2	9	16		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.4	10	15		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
5.6	10	17		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
5.8	9	14		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6	9	15		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
6.2	9	14		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
6.4	10	16	110	10	0.33	1.10	30	0.50	18.21	150	limi e argille
6.6	10	15		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
6.8	9	15		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
7	10	16		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
7.2	11	15		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
7.4	10	17		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.6	11	17	128	11	0.47	1.28	23	0.55	18.91	165	limi e argille
7.8	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
8	8	14		8	0.40	0.00	20	0.40	16.55	120	limi e argille
8.2	8	14		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
8.4	13	18		13	0.40	0.00	32	0.65	20.12	195	limi e sabbie limose
8.6	13	19		13	0.33	0.00	39	0.65	20.12	195	limi e sabbie limose
8.8	11	16	151	11	0.33	1.51	33	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
9	11	16		11	0.47	0.00	23	0.55	18.91	165	limi e argille
9.2	7	14		7	1.07	0.00	6	0.35	15.54	105	argille organiche
9.4	22	38		22	1.07	0.00	20	1.10	23.83	330	limi e argille
9.6	22	38		22	1.33	0.00	16	1.10	23.83	330	limi e argille
9.8	37	57		37	1.60	0.00	23	1.85	27.29	555	limi e argille
10	37	61		37	1.47	0.00	25	1.85	27.29	555	limi e argille
10.2	40	62		40	2.27	0.00	17	2.00	27.79	600	limi e argille
10.4	40	74	232	40	2.27	2.32	17	2.00	27.79	600	limi e argille
10.6	42	76		42	2.47	0.00	17	2.10	28.10	630	limi e argille
10.8	36	73		36	2.40	0.00	15	1.80	27.11	540	limi e argille
11	37	73	280	37	1.80	2.80	20	1.85	27.29	555	limi e argille
11.2	35	62		35	2.20	0.00	15	1.75	26.93	525	limi e argille
11.4	43	76		43	2.00	0.00	21	2.15	28.25	645	limi e argille
11.6	100	130		100	1.40	0.00	71	5.00	33.34	1500	sabbie e sabbie con ghiaia
11.8	130	151	380	130	3.33	3.80	39	6.50	34.81	1950	limi e sabbie limose
12	300	350		300	4.67	0.00	64	15.00	39.17	4500	sabbie e sabbie con ghiaia



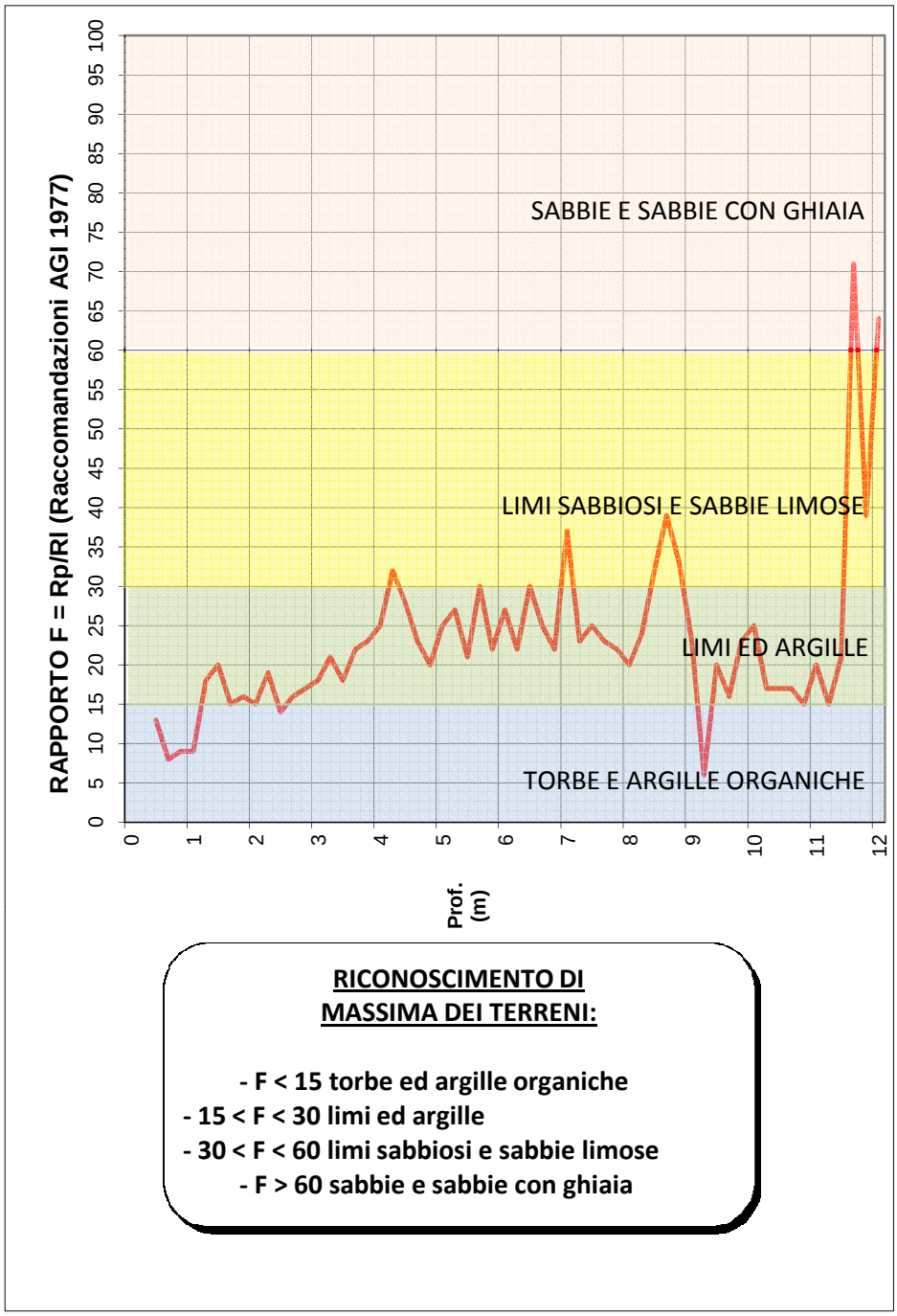


PROVA CPT11

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT11



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

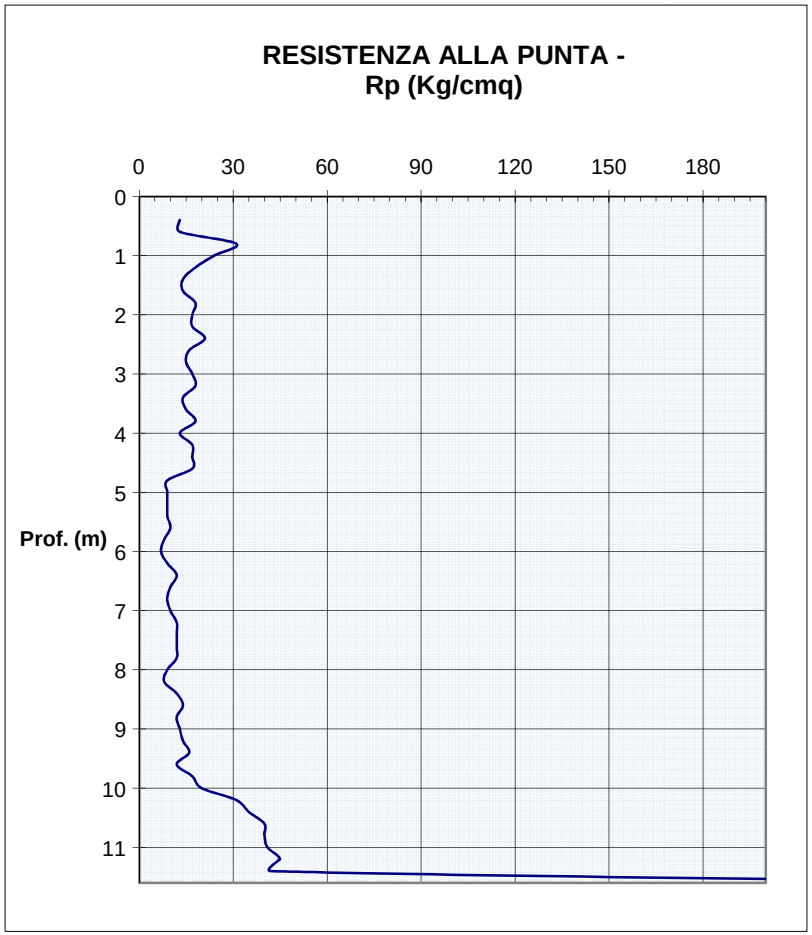
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 1.80 m
Note:

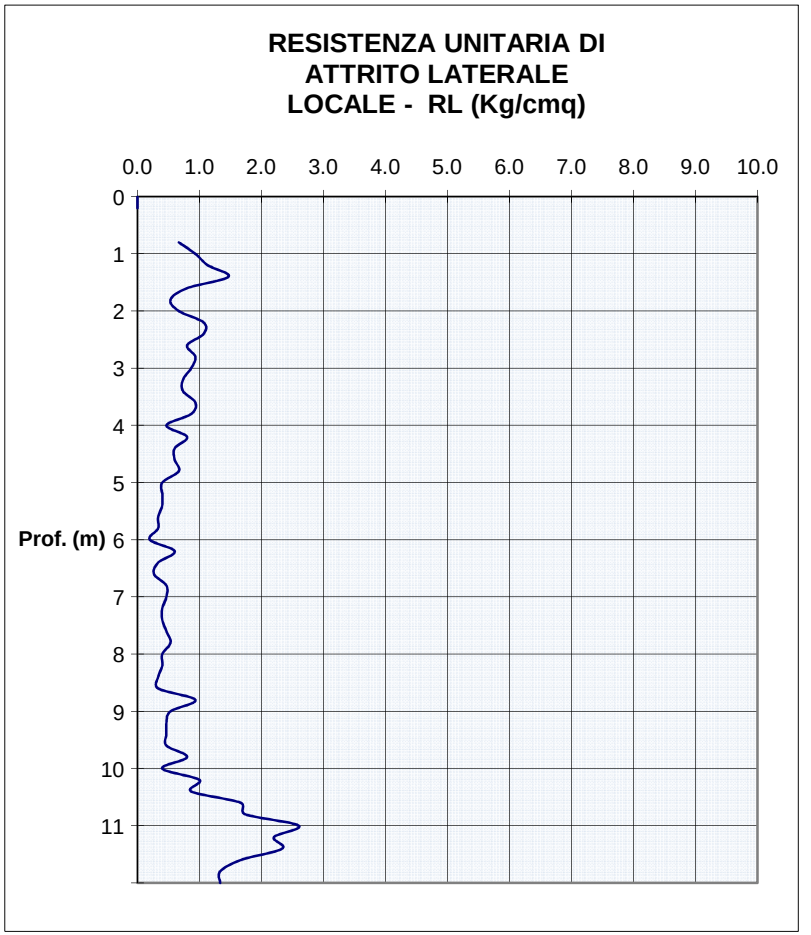
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT12	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	13	23		13	0.67	0.00	19	0.65	20.12	195	limi e argille
0.6	13	23		13	0.93	0.00	13	0.65	20.12	195	limi e argille
0.8	31	45		31	1.13	0.00	27	1.55	26.13	465	limi e argille
1	24	41		24	1.47	0.00	16	1.20	24.42	360	limi e argille
1.2	18	40		18	0.80	0.00	22	0.90	22.44	270	limi e argille
1.4	14	26		14	0.53	0.00	26	0.70	20.66	210	limi e argille
1.6	14	22		14	0.67	0.00	21	0.70	20.66	210	limi e argille
1.8	18	28		18	1.07	0.00	16	0.90	22.44	270	limi e argille
2	17	33		17	1.07	0.00	15	0.85	22.04	255	limi e argille
2.2	17	33		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
2.4	21	33		21	0.93	0.00	22	1.05	23.51	315	limi e argille
2.6	16	30		16	0.87	0.00	18	0.80	21.61	240	limi e argille
2.8	15	28	70	15	0.73	0.70	20	0.75	21.15	225	limi e argille
3	17	28		17	0.73	0.00	23	0.85	22.04	255	limi e argille
3.2	18	29		18	0.93	0.00	19	0.90	22.44	270	limi e argille
3.4	14	28		14	0.87	0.00	16	0.70	20.66	210	limi e argille
3.6	15	28		15	0.47	0.00	32	0.75	21.15	225	limi e sabbie limose
3.8	18	25	90	18	0.80	0.90	22	0.90	22.44	270	limi e argille
4	13	25		13	0.60	0.00	21	0.65	20.12	195	limi e argille
4.2	17	26		17	0.60	0.00	28	0.85	22.04	255	limi e argille
4.4	17	26		17	0.67	0.00	25	0.85	22.04	255	limi e argille
4.6	17	27		17	0.40	0.00	42	0.85	22.04	255	limi e sabbie limose
4.8	9	15		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5	9	15		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5.2	9	15	80	9	0.33	0.80	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.4	9	14		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
5.6	10	15		10	0.20	0.00	50	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
5.8	8	11		8	0.60	0.00	13	0.40	16.55	120	limi e argille
6	7	16		7	0.33	0.00	21	0.35	15.54	105	limi e argille
6.2	9	14	98	9	0.27	0.98	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6.4	12	16		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
6.6	10	17		10	0.47	0.00	21	0.50	18.21	150	limi e argille
6.8	9	16		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
7	10	16		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
7.2	12	18		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
7.4	12	19		12	0.53	0.00	22	0.60	19.54	180	limi e argille
7.6	12	20		12	0.40	0.00	30	0.60	19.54	180	limi e argille
7.8	12	18	121	12	0.40	1.21	30	0.60	19.54	180	limi e argille
8	9	15		9	0.33	0.00	27	0.45	17.43	135	limi e argille
8.2	8	13		8	0.33	0.00	24	0.40	16.55	120	limi e argille
8.4	12	17		12	0.93	0.00	12	0.60	19.54	180	limi e argille
8.6	14	28		14	0.53	0.00	26	0.70	20.66	210	limi e argille
8.8	12	20		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
9	13	20		13	0.47	0.00	27	0.65	20.12	195	limi e argille
9.2	14	21		14	0.47	0.00	30	0.70	20.66	210	limi e argille
9.4	16	23		16	0.80	0.00	20	0.80	21.61	240	limi e argille
9.6	12	24		12	0.40	0.00	30	0.60	19.54	180	limi e argille
9.8	17	23	165	17	1.00	1.65	17	0.85	22.04	255	limi e argille
10	20	35		20	0.87	0.00	23	1.00	23.17	300	limi e argille
10.2	31	44		31	1.67	0.00	18	1.55	26.13	465	limi e argille
10.4	35	60		35	1.73	0.00	20	1.75	26.93	525	limi e argille
10.6	40	66		40	2.60	0.00	15	2.00	27.79	600	limi e argille
10.8	40	79		40	2.20	0.00	18	2.00	27.79	600	limi e argille
11	41	74		41	2.33	0.00	17	2.05	27.95	615	limi e argille
11.2	45	80		45	1.67	0.00	27	2.25	28.54	675	limi e argille
11.4	42	67		42	1.33	0.00	31	2.10	28.10	630	limi e sabbie limose
11.6	290	310	340	290	1.33	3.40	217	14.50	39.01	4350	ghiaie e ghiaie sabbiose



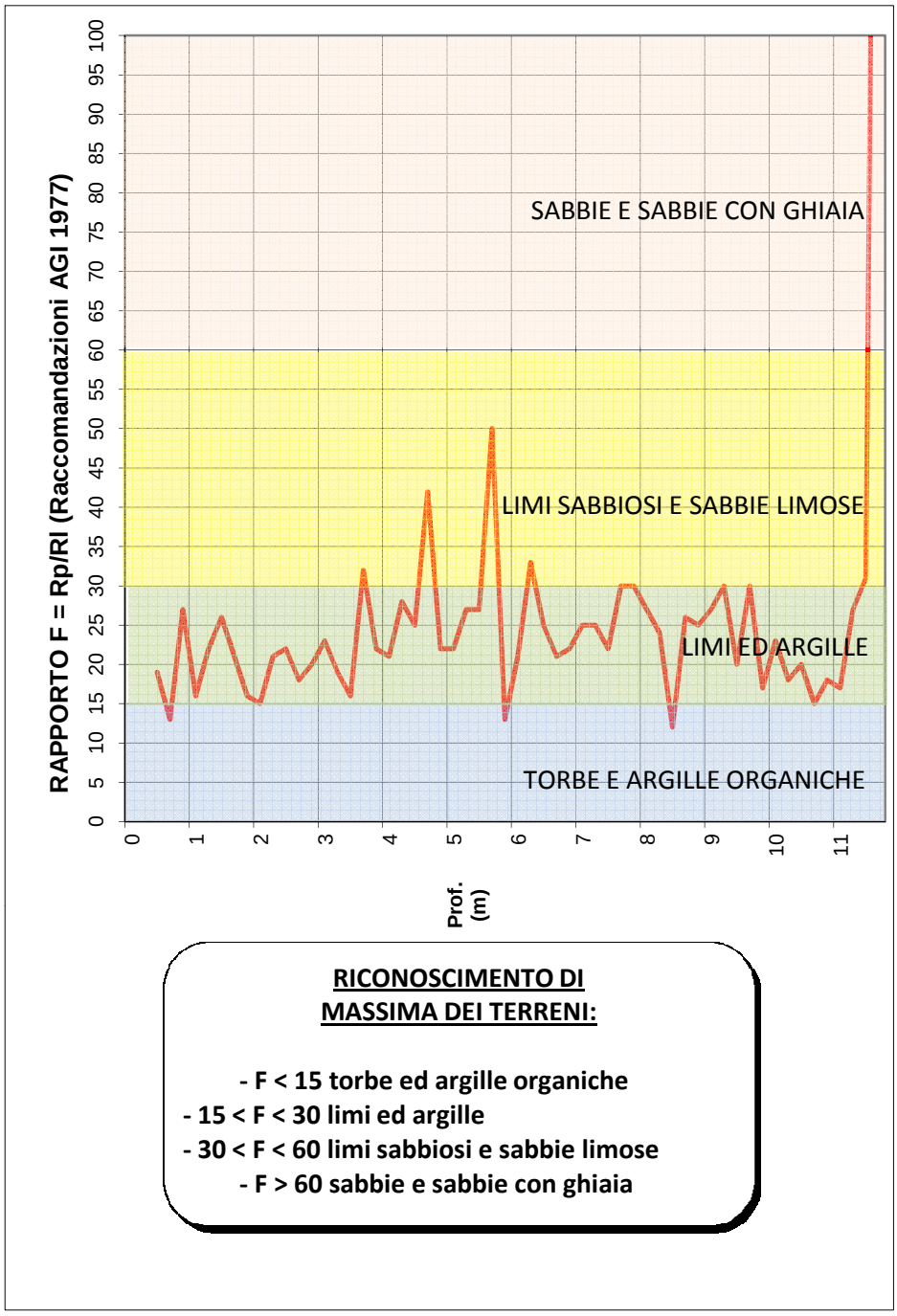


Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT12

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT12



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- **F < 15 torbe ed argille organiche**
- **15 < F < 30 limi ed argille**
- **30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose**
- **F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia**

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA PENETROMETRICA STATICA "CPT"" (AGI 1977)
(cone penetration test)

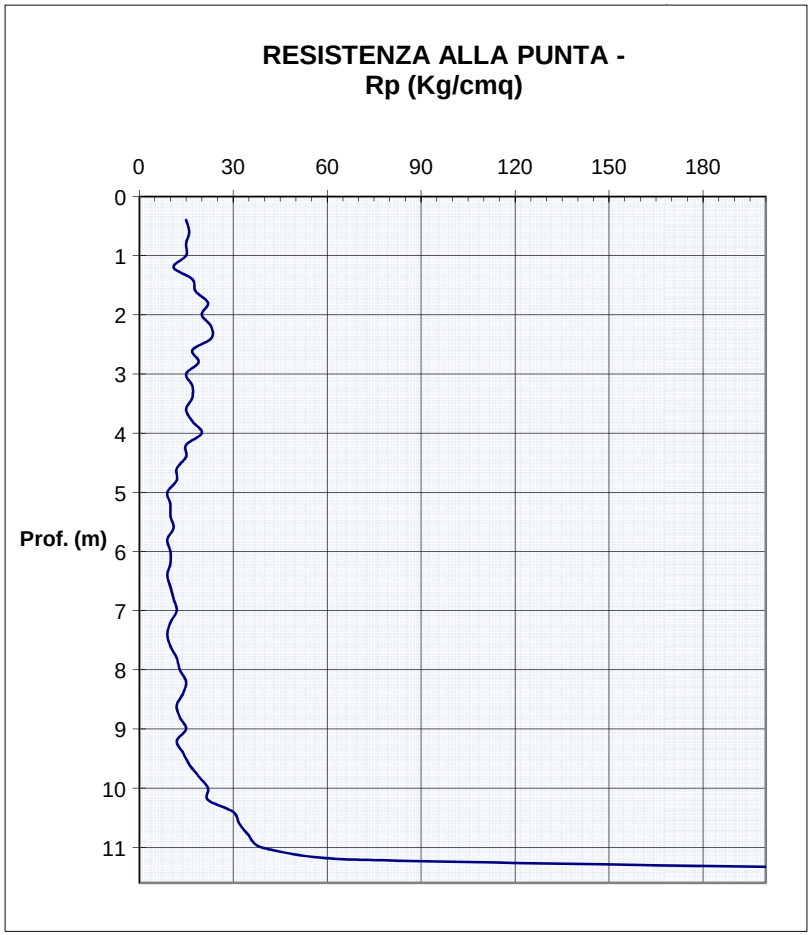
Committente: AUSL
Cantiere: Via XXIV Maggio
Quota inizio: p.c.
Profondità Falda: - 2.0 m
Note:

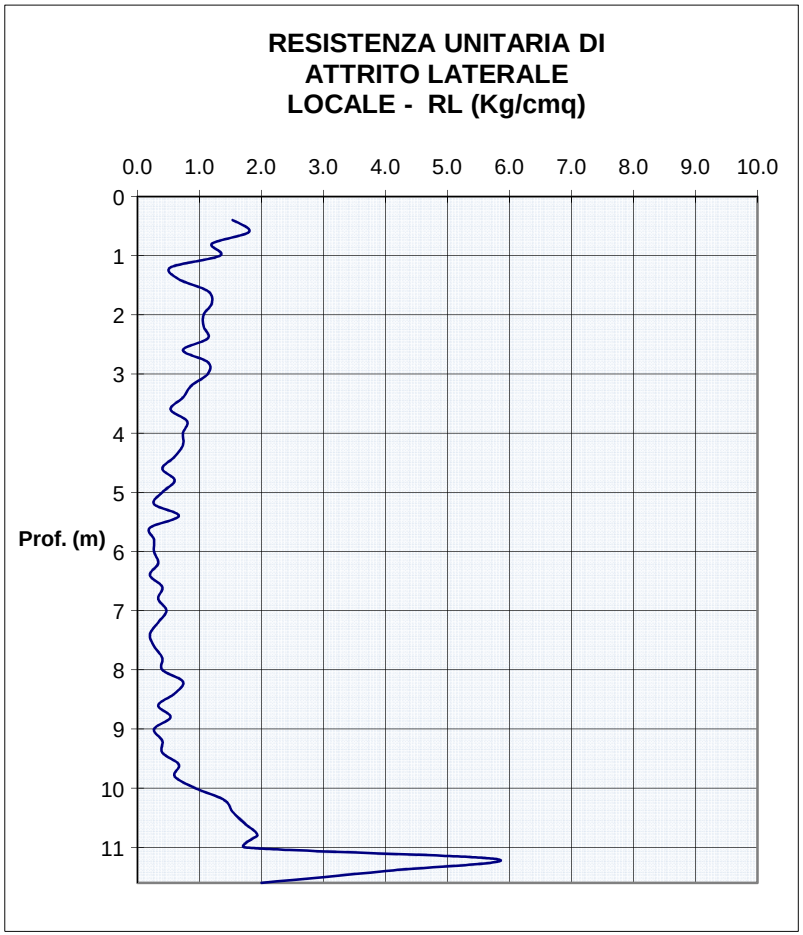
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA	CPT13	25-mag-15

LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Resistenza	Resistenza	Resistenza	Rp	Rl	Rt	Rp/Rl	Cu	ϕu	Eu	Litologia
(metri)	alla punta	laterale	totale	Kg/cm²	Kg/cm²	T	-	Kg/cm²	°	Kg/cm²	Norme AGI '77
0											
0.2											
0.4	15	38		15	1.53	0.00	9	0.75	21.15	225	argille organiche
0.6	16	39		16	1.80	0.00	8	0.80	21.61	240	argille organiche
0.8	15	42		15	1.20	0.00	12	0.75	21.15	225	limi e argille
1	15	33		15	1.33	0.00	11	0.75	21.15	225	limi e argille
1.2	11	31		11	0.53	0.00	20	0.55	18.91	165	limi e argille
1.4	17	25		17	0.67	0.00	25	0.85	22.04	255	limi e argille
1.6	18	28		18	1.13	0.00	15	0.90	22.44	270	limi e argille
1.8	22	39	104	22	1.20	1.04	18	1.10	23.83	330	limi e argille
2	20	38		20	1.07	0.00	18	1.00	23.17	300	limi e argille
2.2	23	39		23	1.07	0.00	21	1.15	24.13	345	limi e argille
2.4	23	39		23	1.13	0.00	20	1.15	24.13	345	limi e argille
2.6	17	34		17	0.73	0.00	23	0.85	22.04	255	limi e argille
2.8	19	30		19	1.13	0.00	16	0.95	22.81	285	limi e argille
3	15	32		15	1.13	0.00	13	0.75	21.15	225	limi e argille
3.2	17	34		17	0.87	0.00	19	0.85	22.04	255	limi e argille
3.4	17	30	123	17	0.73	1.23	23	0.85	22.04	255	limi e argille
3.6	15	26		15	0.53	0.00	28	0.75	21.15	225	limi e argille
3.8	17	25		17	0.80	0.00	21	0.85	22.04	255	limi e argille
4	20	32		20	0.73	0.00	27	1.00	23.17	300	limi e argille
4.2	15	26		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
4.4	15	26		15	0.60	0.00	25	0.75	21.15	225	limi e argille
4.6	12	21	93	12	0.40	0.93	30	0.60	19.54	180	limi e argille
4.8	12	18		12	0.60	0.00	20	0.60	19.54	180	limi e argille
5	9	18		9	0.40	0.00	22	0.45	17.43	135	limi e argille
5.2	10	16		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
5.4	10	14	98	10	0.67	0.98	15	0.50	18.21	150	limi e argille
5.6	11	21		11	0.20	0.00	55	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
5.8	9	12		9	0.27	0.00	33	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6	10	14		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
6.2	10	14		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
6.4	9	14	105	9	0.20	1.05	45	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
6.6	10	13		10	0.40	0.00	25	0.50	18.21	150	limi e argille
6.8	11	17		11	0.33	0.00	33	0.55	18.91	165	limi e sabbie limose
7	12	17		12	0.47	0.00	25	0.60	19.54	180	limi e argille
7.2	10	17		10	0.33	0.00	30	0.50	18.21	150	limi e argille
7.4	9	14	105	9	0.20	1.05	45	0.45	17.43	135	limi e sabbie limose
7.6	10	13		10	0.27	0.00	37	0.50	18.21	150	limi e sabbie limose
7.8	12	16		12	0.40	0.00	30	0.60	19.54	180	limi e argille
8	13	19	120	13	0.40	1.20	32	0.65	20.12	195	limi e sabbie limose
8.2	15	21		15	0.73	0.00	20	0.75	21.15	225	limi e argille
8.4	14	25		14	0.60	0.00	23	0.70	20.66	210	limi e argille
8.6	12	21		12	0.33	0.00	36	0.60	19.54	180	limi e sabbie limose
8.8	13	18	145	13	0.53	1.45	24	0.65	20.12	195	limi e argille
9	15	23		15	0.27	0.00	56	0.75	21.15	225	limi e sabbie limose
9.2	12	16	152	12	0.40	1.52	30	0.60	19.54	180	limi e argille
9.4	14	20		14	0.40	0.00	35	0.70	20.66	210	limi e sabbie limose
9.6	16	22		16	0.67	0.00	24	0.80	21.61	240	limi e argille
9.8	19	29	165	19	0.60	1.65	31	0.95	22.81	285	limi e sabbie limose
10	22	31		22	0.93	0.00	23	1.10	23.83	330	limi e argille
10.2	22	36		22	1.40	0.00	15	1.10	23.83	330	limi e argille
10.4	30	51		30	1.53	0.00	19	1.50	25.91	450	limi e argille
10.6	32	55		32	1.73	0.00	18	1.60	26.34	480	limi e argille
10.8	35	61	212	35	1.93	2.12	18	1.75	26.93	525	limi e argille
11	39	68		39	1.73	0.00	22	1.95	27.63	585	limi e argille
11.2	65	91		65	5.80	0.00	11	3.25	30.81	975	limi e argille
11.4	270	357		270	4.00	0.00	67	13.50	38.65	4050	sabbie e sabbie con ghiaia
11.6	350	410		350	2.00	0.00	175	17.50	39.92	5250	ghiaie e ghiaie sabbiose



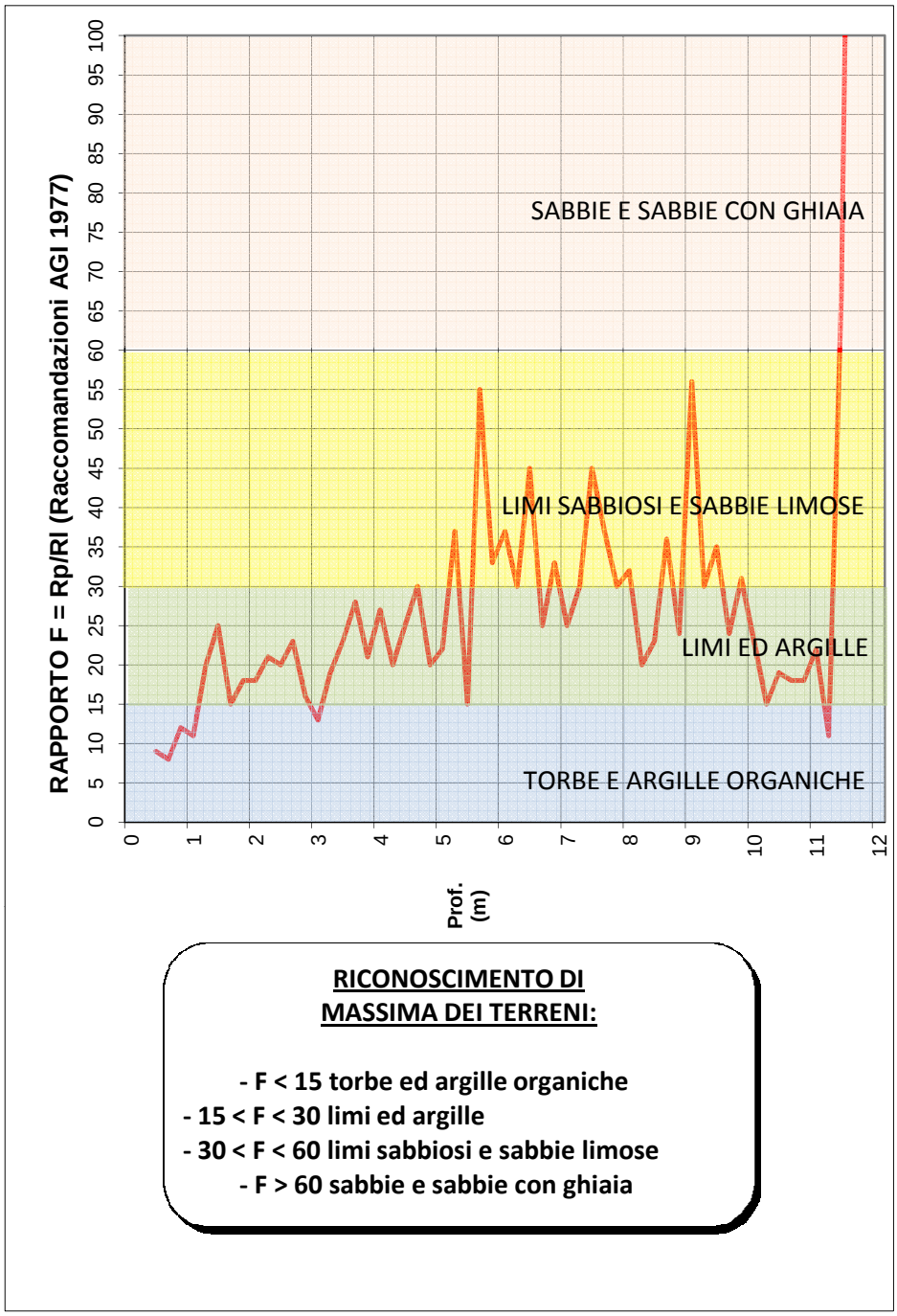


PROVA CPT13

Dott. Geol. Alberto Trivioli

Dott. Geol. Alberto Trivioli

PROVA CPT13



RICONOSCIMENTO DI MASSIMA DEI TERRENI:

- F < 15 torbe ed argille organiche
- 15 < F < 30 limi ed argille
- 30 < F < 60 limi sabbiosi e sabbie limose
- F > 60 sabbie e sabbie con ghiaia

ALLEGATO 3

SISMICA ATTIVA (MASW)

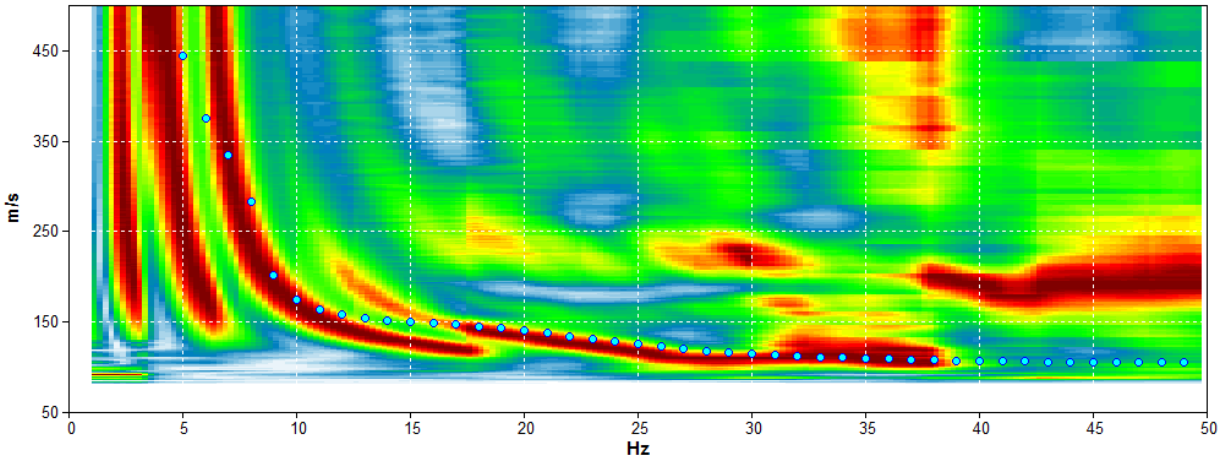
PARMA VIA XXIV MAGGIO, MISURA DI SISMICA ATTIVA - MASW 1

Start recording: 25/05/15 16:15:00 End recording: 25/05/15 16:20:30
Trace length: 0h01'46''. Analyzed 86% trace (manual window selection)
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12

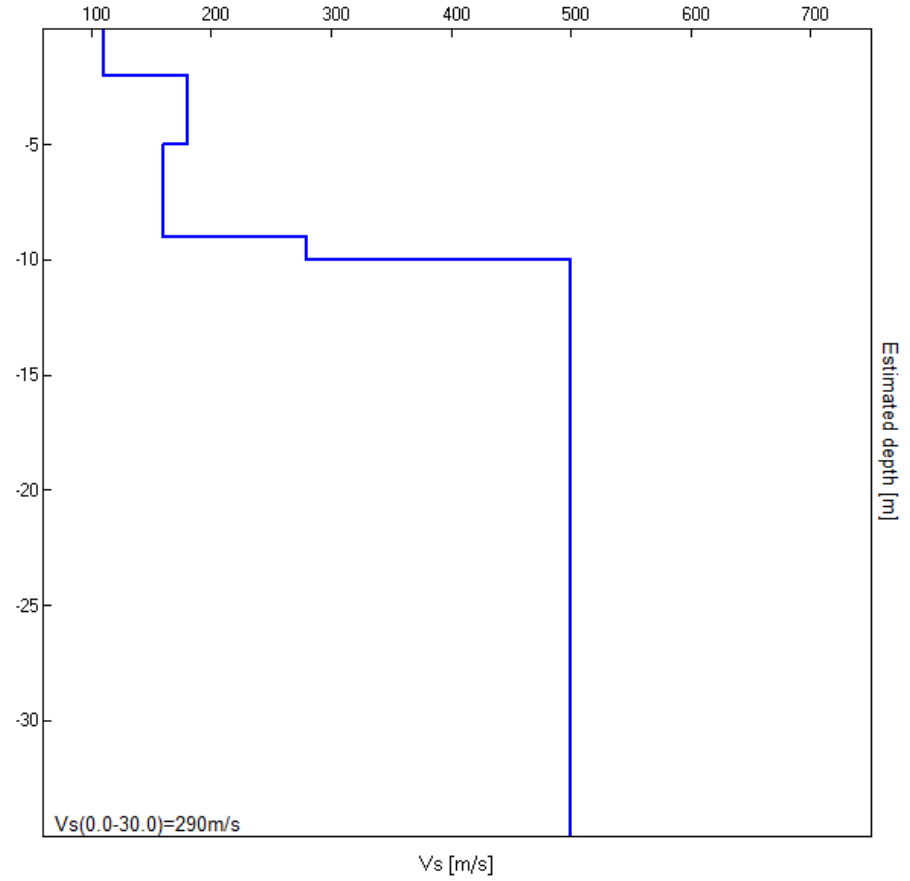
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

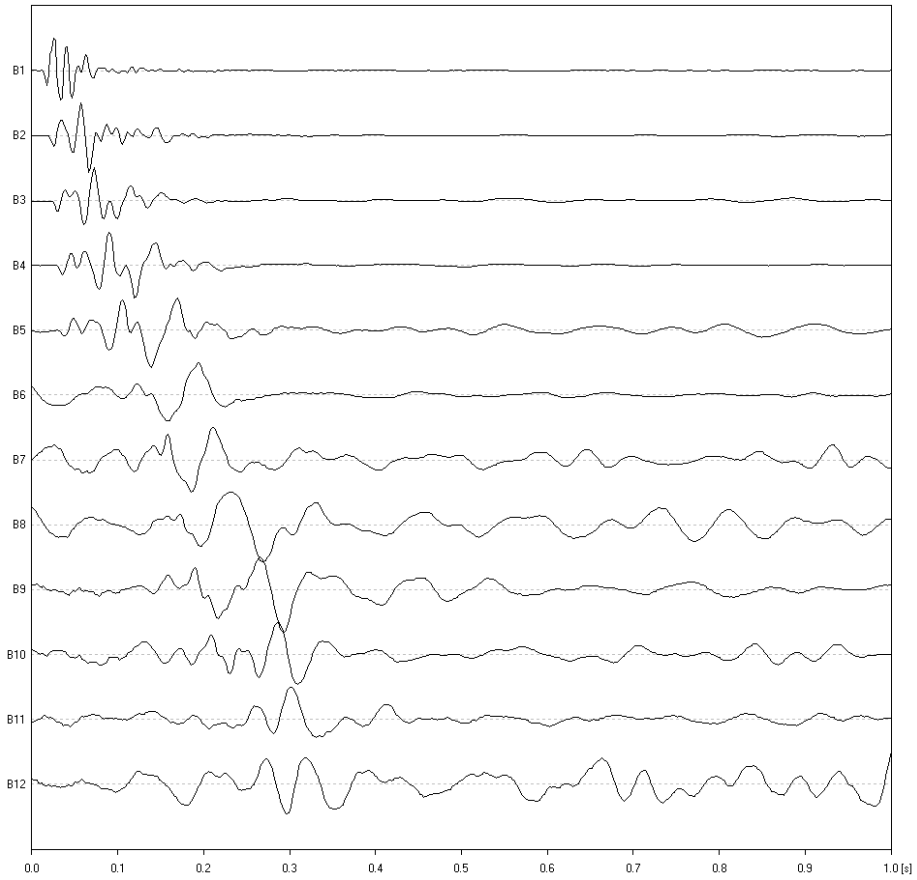
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	110	0.40
5.00	3.00	180	0.40
9.00	4.00	160	0.42
10.00	1.00	280	0.42
40.00	30.00	500	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs(0.0-30.0)=290m/s


100
200
300
400
500
600
700
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Vs(0.0-30.0)=290m/s
Estimated depth [m]
Vs [m/s]


B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
B10
B11
B12
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0 [s]

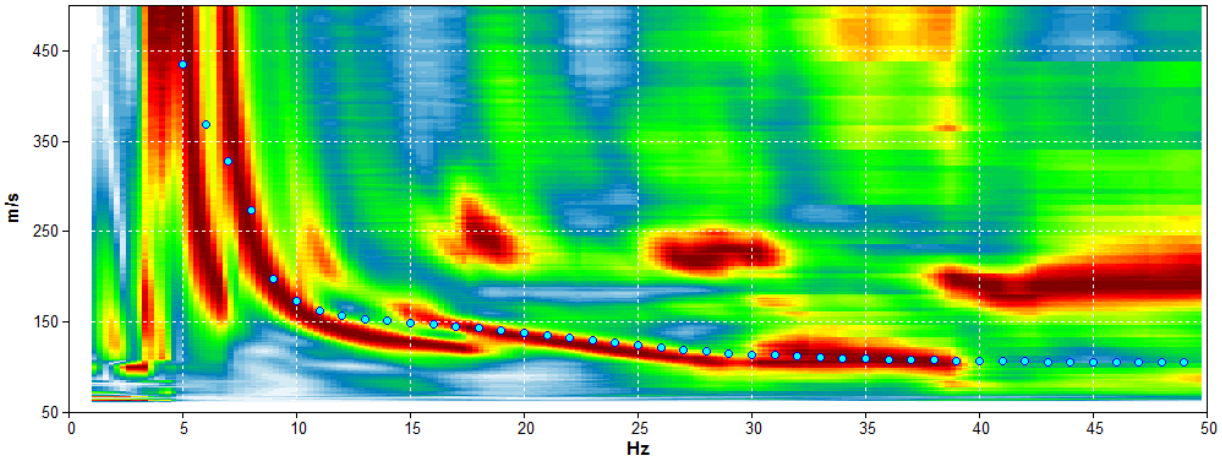
PARMA VIA XXIV MAGGIO, MISURA DI SISMICA ATTIVA - MASW 2

Start recording: 25/05/15 16:24:00 End recording: 25/05/15 16:29:20
Trace length: 0h01'44''. Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12

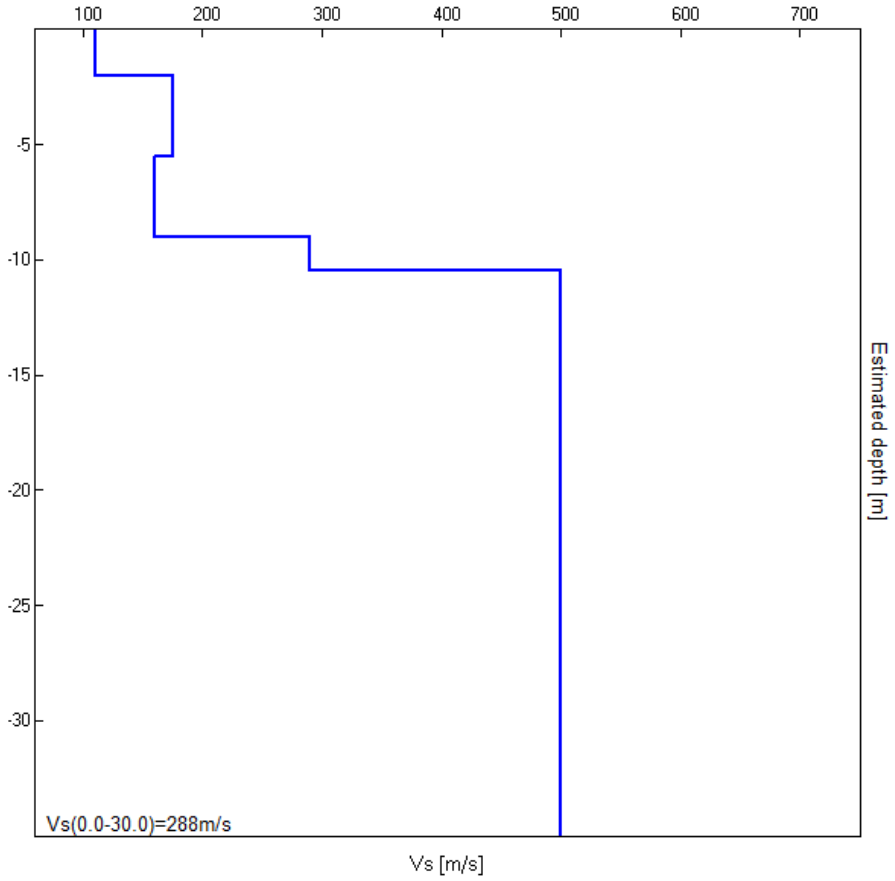
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

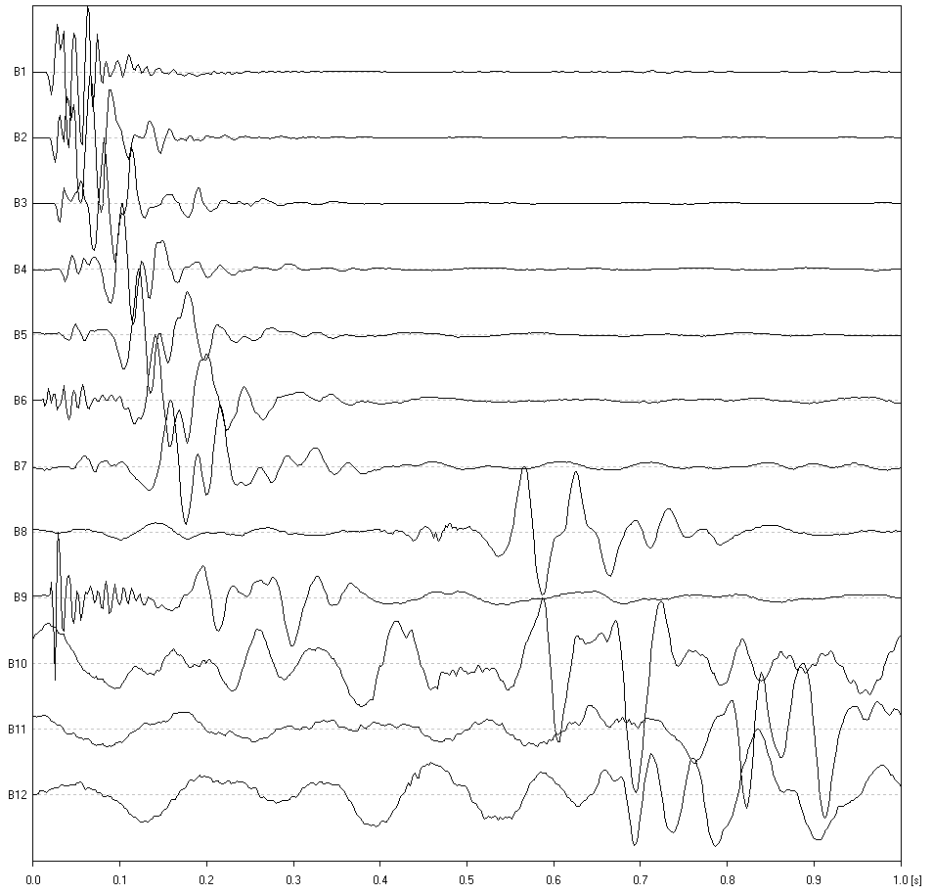
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	110	0.40
5.50	3.50	175	0.40
9.00	3.50	160	0.42
10.50	1.50	290	0.42
40.50	30.00	500	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs(0.0-30.0)=288m/s


100
200
300
400
500
600
700
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Vs(0.0-30.0)=288m/s
Vs [m/s]
Estimated depth [m]


B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
B10
B11
B12
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0 [s]

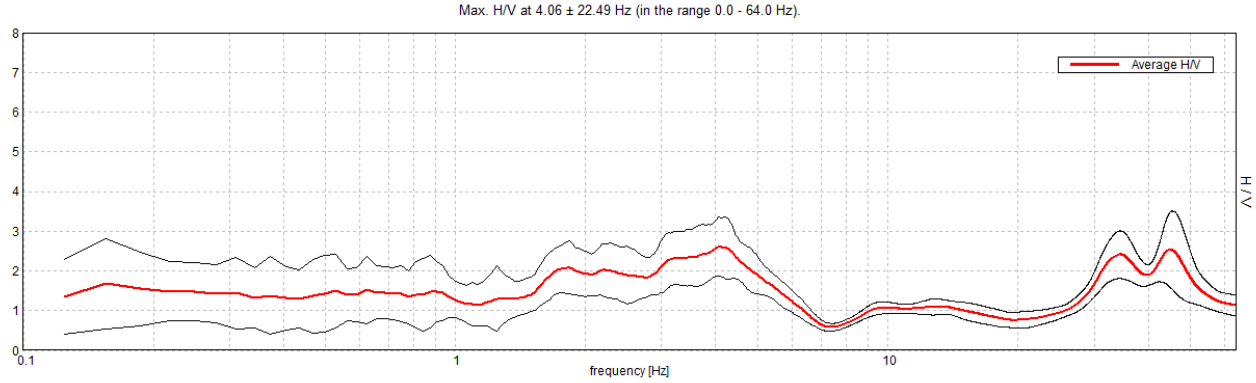
ALLEGATO 4

SISMICA PASSIVA (HVSR)

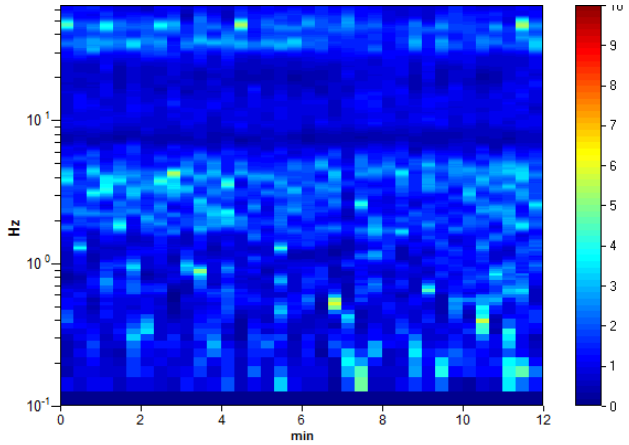
PARMA VIA XXIV MAGGIO, AUSL MISURA DI SIMICA PASSIVA – H/V 1

Instrument: TEN-0010/01-07
Start recording: 25/05/15 15:59:28 End recording: 25/05/15 16:11:29
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-
GPS location: 010°21.5072 E, 44°47.1031 N (88.2 m)
(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples
Satellite no.: 04
Trace length: 0h12'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

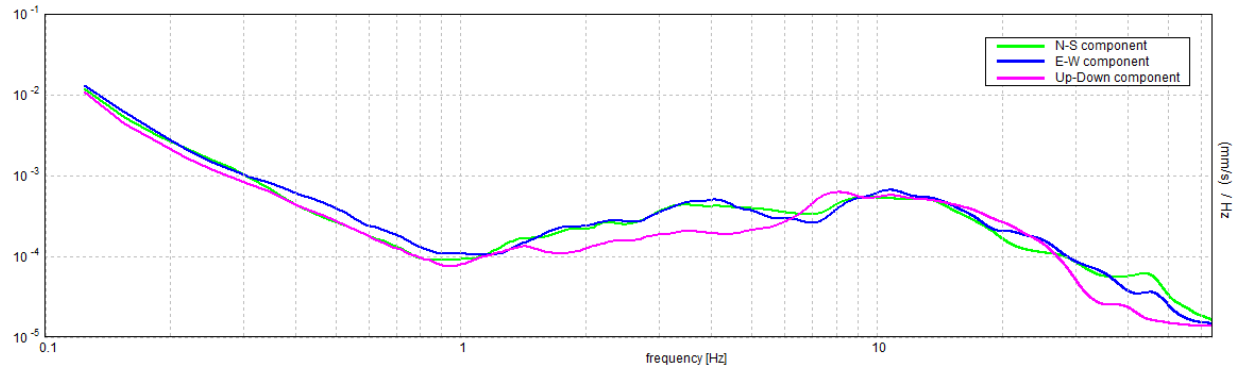
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Max. H/V at 4.06 ± 22.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2925.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 196 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.60 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|5.53583| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	22.48932 < 0.20313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7434 < 1.58	OK	

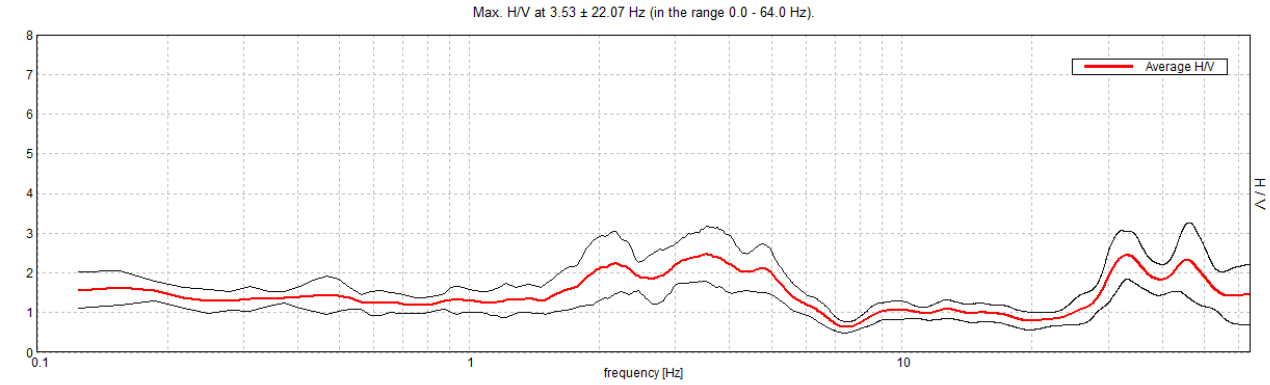
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

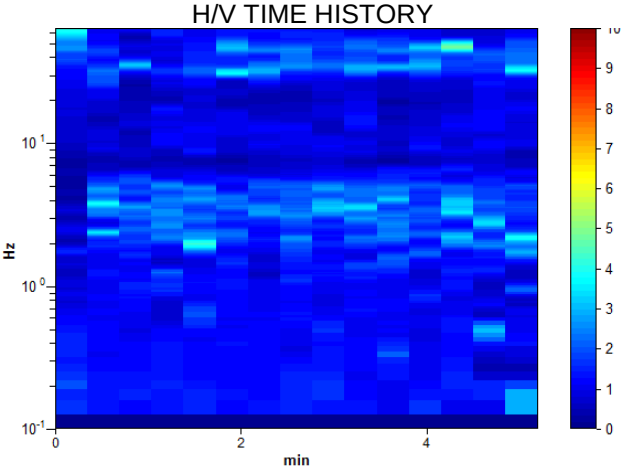
PARMA VIA XXIV MAGGIO, AUSL MISURA DI SIMICA PASSIVA – H/V 2

Instrument: TEN-0010/01-07
Start recording: 25/05/15 16:24:00 End recording: 25/05/15 16:29:20
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-
Trace length: 0h05'12''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

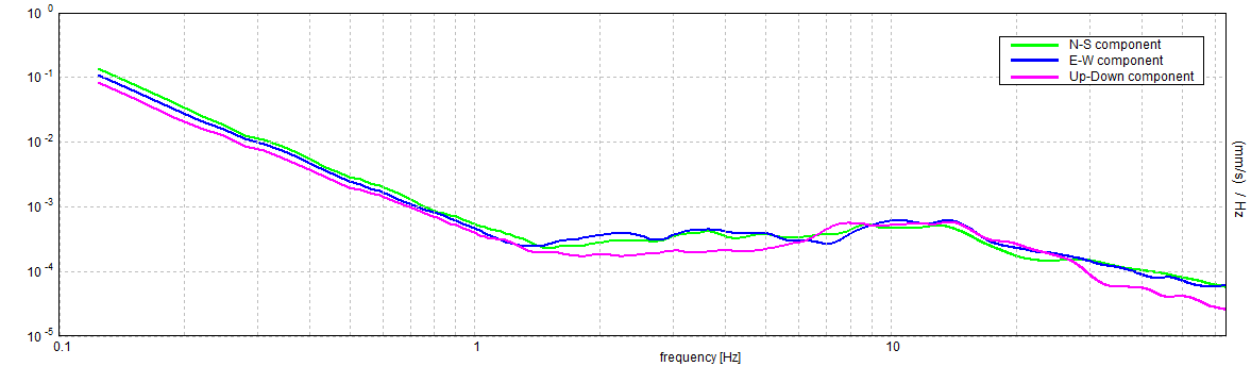
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Max. H/V at 3.53 ± 22.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1059.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 170 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.47 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|6.25074| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	22.07293 < 0.17656		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6929 < 1.58	OK	

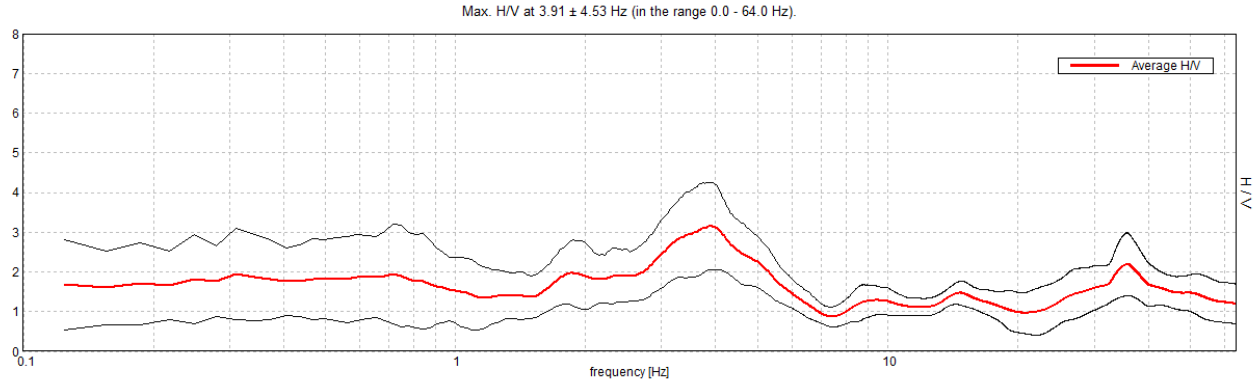
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

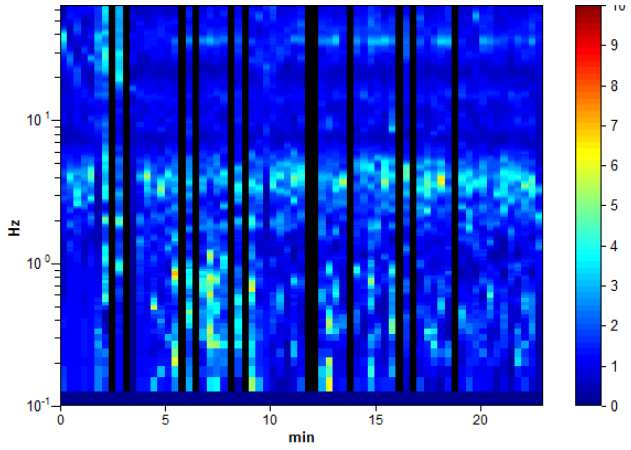
PARMA VIA XXIV MAGGIO, AUSL MISURA DI SIMICA PASSIVA – H/V 3

Instrument: TEN-0010/01-07
Start recording: 25/05/15 16:40:04 End recording: 25/05/15 17:03:05
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-
Trace length: 0h23'00''. Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

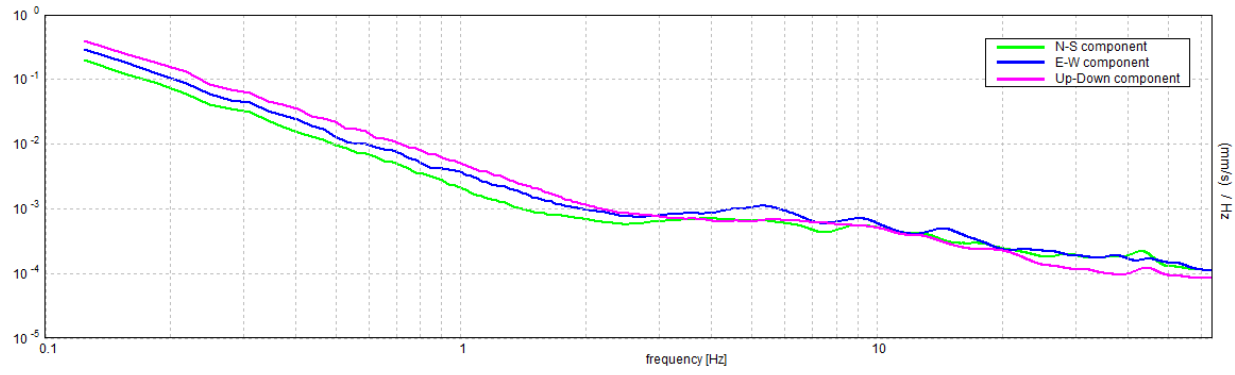
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Max. H/V at 3.91 ± 4.53 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4453.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 188 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.16 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.16051| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.53324 < 0.19531		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.0954 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

ALLEGATO 5

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

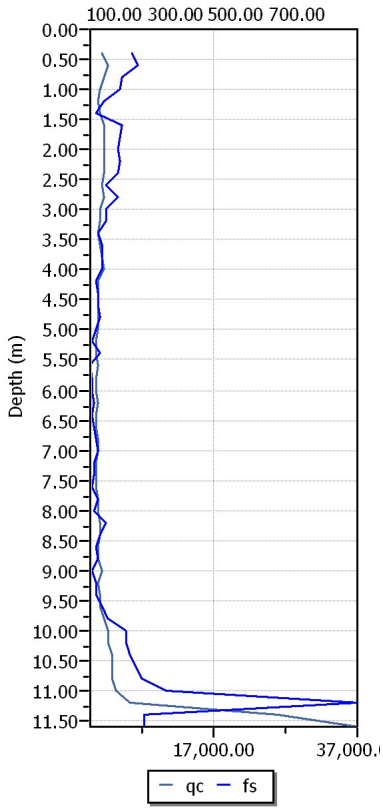
Project title : PARMA - REALIZZAZIONE DI CASA DELLA SALUTE NCP "LUBIANA SAN LAZZARO" IN VIA XXIV MAGGIO

Project subtitle : VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE SU CPT 1

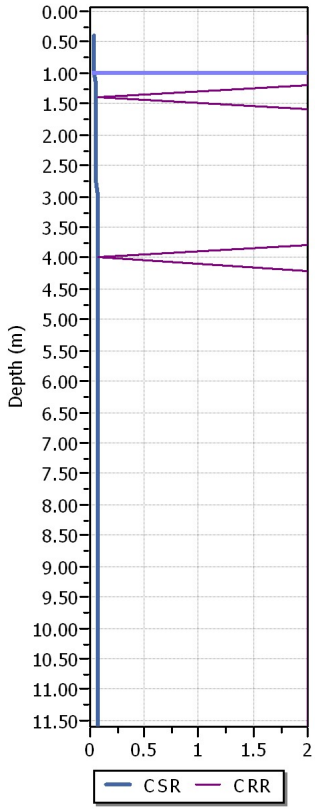
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.14
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.15 g
Fines correction method:	Stark & Olson (1995)	User defined F.S.:	1.00

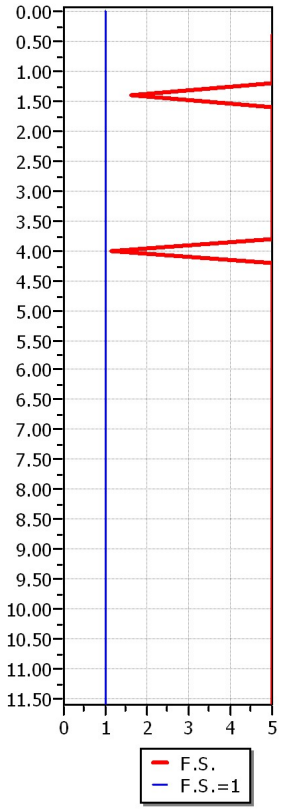
CPT data graph



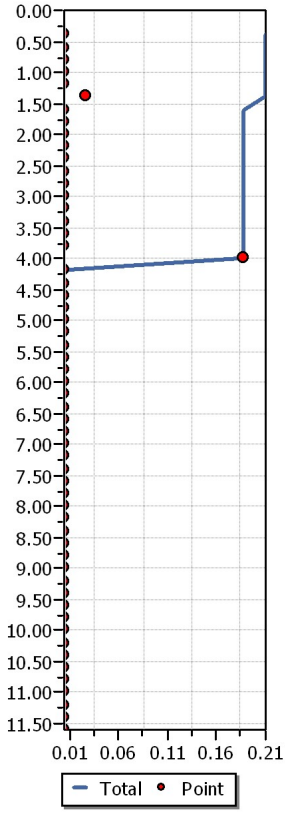
Shear stress ratio



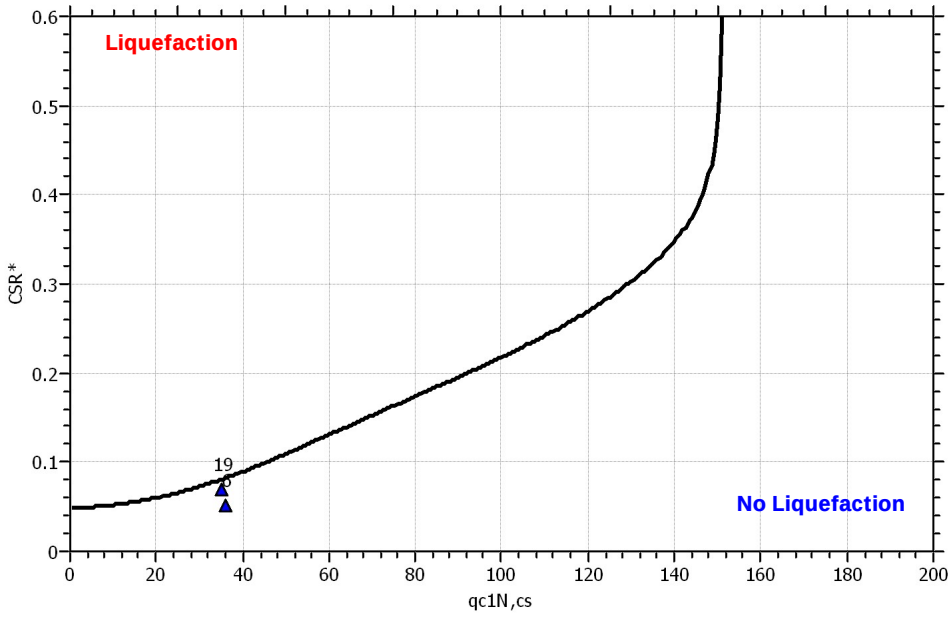
Factor of safety

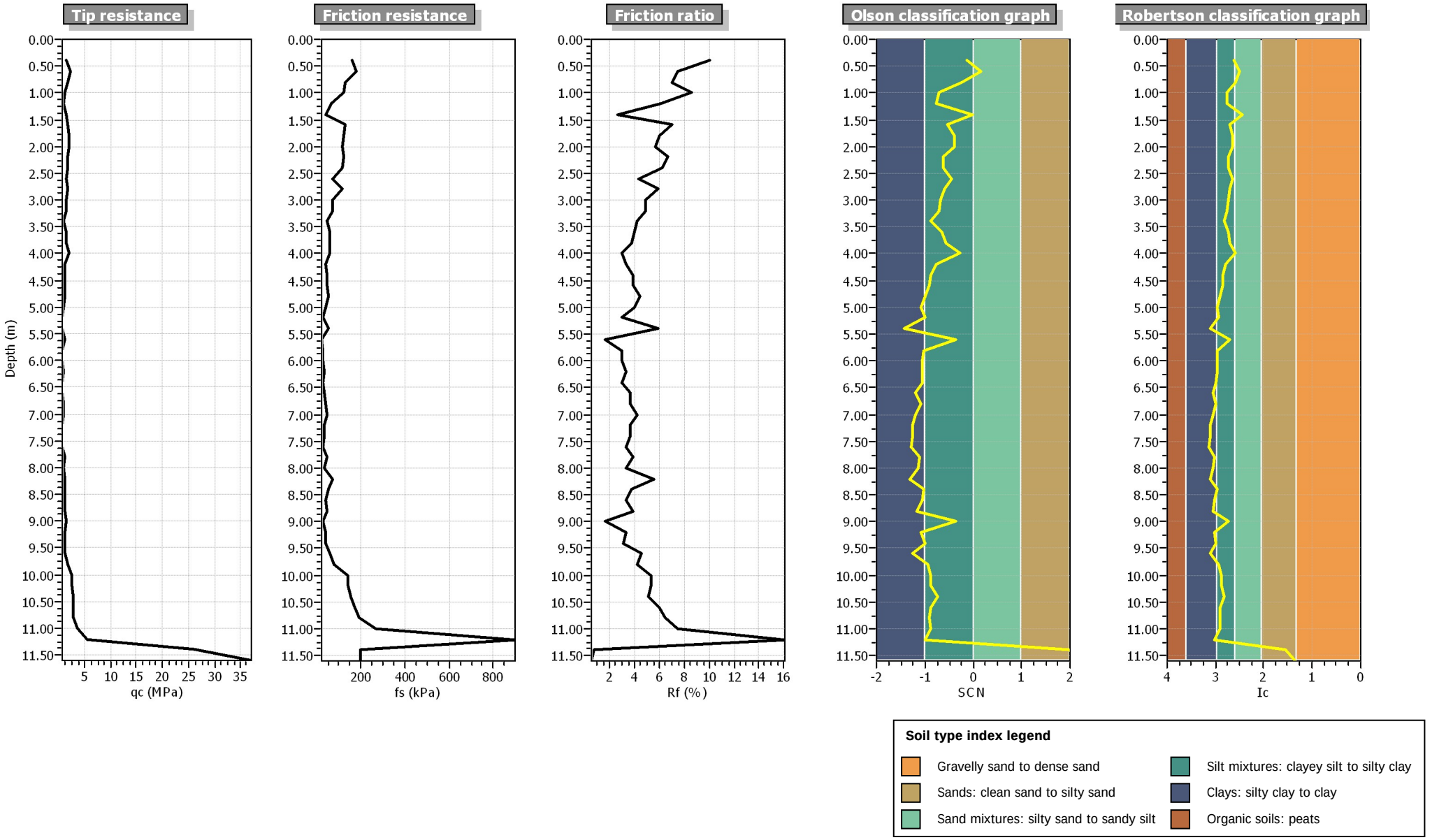


Settlements (cm)



$M_w=7^{1/2}$, sigma'=1 atm base curve




Tip resistance
Friction resistance
Friction ratio
Olson classification graph
Robertson classification graph
Depth (m)
qc (MPa)
fs (kPa)
Rf (%)
SCN
Ic
Soil type index legend
Gravelly sand to dense sand
Sands: clean sand to silty sand
Sand mixtures: silty sand to sandy silt
Silt mixtures: clayey silt to silty clay
Clays: silty clay to clay
Organic soils: peats

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
1	0.40	1.60	160.00	36.18	19.00
2	0.60	2.40	180.00	31.04	19.00
3	0.80	1.80	127.00	35.46	19.00
4	1.00	1.40	120.00	43.96	19.00
5	1.20	1.10	67.00	43.10	19.00
6	1.40	1.50	40.00	28.93	19.00
7	1.60	1.80	127.00	40.35	19.00
8	1.80	2.00	120.00	37.24	19.00
9	2.00	2.00	113.00	37.10	19.00
10	2.20	1.80	120.00	41.90	19.00
11	2.40	1.80	113.00	41.69	19.00
12	2.60	1.70	73.00	37.56	19.00
13	2.80	1.90	113.00	41.43	19.00
14	3.00	1.50	73.00	42.81	19.00
15	3.20	1.50	73.00	43.52	19.00
16	3.40	1.10	47.00	47.97	19.00
17	3.60	1.50	60.00	41.90	19.00
18	3.80	1.60	60.00	40.47	19.00
19	4.00	2.00	60.00	34.32	19.00
20	4.20	1.20	40.00	45.42	19.00
21	4.40	1.20	47.00	48.57	19.00
22	4.60	1.20	47.00	49.26	19.00
23	4.80	1.20	53.00	51.91	19.00
24	5.00	1.00	40.00	55.24	19.00
25	5.20	0.90	27.00	53.98	19.00
26	5.40	0.90	53.00	66.76	19.00
27	5.60	1.20	20.00	40.47	19.00
28	5.80	0.90	27.00	56.28	19.00
29	6.00	0.90	27.00	57.03	19.00
30	6.20	1.00	33.00	56.44	19.00
31	6.40	0.90	27.00	58.53	19.00
32	6.60	0.90	33.00	62.74	19.00
33	6.80	1.10	40.00	57.54	19.00
34	7.00	1.10	47.00	61.08	19.00
35	7.20	0.90	33.00	65.05	19.00
36	7.40	0.90	33.00	65.81	19.00
37	7.60	0.80	27.00	69.09	19.00
38	7.80	1.20	47.00	59.61	19.00
39	8.00	1.00	33.00	62.68	19.00
40	8.20	1.30	73.00	65.41	19.00
41	8.40	1.40	53.00	56.45	19.00
42	8.60	1.20	40.00	59.16	19.00
43	8.80	1.20	47.00	62.66	19.00
44	9.00	1.60	27.00	42.23	19.00
45	9.20	1.20	40.00	60.91	19.00
46	9.40	1.30	40.00	57.65	19.00
47	9.60	1.30	60.00	65.68	19.00
48	9.80	1.90	80.00	53.69	19.00
49	10.00	2.60	140.00	51.07	19.00
50	10.20	2.60	140.00	51.43	19.00
51	10.40	3.00	153.00	47.65	19.00
52	10.60	2.90	173.00	51.61	19.00
53	10.80	3.00	193.00	52.65	19.00
54	11.00	3.60	267.00	51.84	19.00
55	11.20	5.60	900.00	60.28	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
56	11.40	26.00	200.00	3.64	19.00
57	11.60	37.00	200.00	0.81	19.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c : Measured cone resistance
f_s : Sleeve friction resistance
Fines content : Percentage of fines in soil (%)
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
4	1.00	19.00	0.00	19.00	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
5	1.20	22.80	1.96	20.84	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
6	1.40	26.60	3.92	22.68	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
7	1.60	30.40	5.89	24.51	1.00	0.11	2.04	0.05	1.00	0.05
8	1.80	34.20	7.85	26.35	1.00	0.11	2.04	0.06	1.00	0.06
9	2.00	38.00	9.81	28.19	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
10	2.20	41.80	11.77	30.03	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
11	2.40	45.60	13.73	31.87	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
12	2.60	49.40	15.70	33.70	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
13	2.80	53.20	17.66	35.54	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
14	3.00	57.00	19.62	37.38	1.00	0.13	2.04	0.07	1.00	0.07
15	3.20	60.80	21.58	39.22	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
16	3.40	64.60	23.54	41.06	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
17	3.60	68.40	25.51	42.89	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
18	3.80	72.20	27.47	44.73	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
19	4.00	76.00	29.43	46.57	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
20	4.20	79.80	31.39	48.41	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
21	4.40	83.60	33.35	50.25	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
22	4.60	87.40	35.32	52.08	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
23	4.80	91.20	37.28	53.92	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
24	5.00	95.00	39.24	55.76	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
25	5.20	98.80	41.20	57.60	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
26	5.40	102.60	43.16	59.44	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
27	5.60	106.40	45.13	61.27	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
28	5.80	110.20	47.09	63.11	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
29	6.00	114.00	49.05	64.95	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
30	6.20	117.80	51.01	66.79	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
31	6.40	121.60	52.97	68.63	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
32	6.60	125.40	54.94	70.46	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
33	6.80	129.20	56.90	72.30	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
34	7.00	133.00	58.86	74.14	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
35	7.20	136.80	60.82	75.98	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
36	7.40	140.60	62.78	77.82	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
37	7.60	144.40	64.75	79.65	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
38	7.80	148.20	66.71	81.49	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
39	8.00	152.00	68.67	83.33	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
40	8.20	155.80	70.63	85.17	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
41	8.40	159.60	72.59	87.01	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
42	8.60	163.40	74.56	88.84	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
43	8.80	167.20	76.52	90.68	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
44	9.00	171.00	78.48	92.52	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
45	9.20	174.80	80.44	94.36	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
46	9.40	178.60	82.40	96.20	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
47	9.60	182.40	84.37	98.03	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
48	9.80	186.20	86.33	99.87	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
49	10.00	190.00	88.29	101.71	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
50	10.20	193.80	90.25	103.55	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
51	10.40	197.60	92.21	105.39	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
52	10.60	201.40	94.18	107.22	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
53	10.80	205.20	96.14	109.06	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
54	11.00	209.00	98.10	110.90	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
55	11.20	212.80	100.06	112.74	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
56	11.40	216.60	102.02	114.58	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
57	11.60	220.40	103.99	116.41	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)
u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)
Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)
r_d : Nonlinear shear mass factor
CSR : Cyclic Stress Ratio
MSF : Magnitude Scaling Factor
$CSR_{eq,M=7.5}$ CSR adjusted for M=7.5
K_{sigma} Effective overburden stress factor
CSR^* CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
1	1.60	58.04	5.75	63.78	2.00
2	2.40	71.08	4.99	76.07	2.00
3	1.80	46.17	5.75	51.91	2.00
4	1.40	32.12	5.75	37.86	2.00
5	1.10	24.10	5.75	29.84	2.00
6	1.50	31.50	4.58	36.08	0.08
7	1.80	36.36	5.75	42.10	2.00
8	2.00	38.96	5.75	44.71	2.00
9	2.00	37.67	5.75	43.41	2.00
10	1.80	32.85	5.75	38.59	2.00
11	1.80	31.89	5.75	37.63	2.00
12	1.70	29.28	5.75	35.03	2.00
13	1.90	31.87	5.75	37.62	2.00
14	1.50	24.53	5.75	30.28	2.00
15	1.50	23.95	5.75	29.70	2.00
16	1.10	17.17	5.75	22.91	2.00
17	1.50	22.90	5.75	28.65	2.00
18	1.60	23.92	5.75	29.67	2.00
19	2.00	29.31	5.62	34.92	0.08
20	1.20	17.25	5.75	22.99	2.00
21	1.20	16.93	5.75	22.67	2.00
22	1.20	16.63	5.75	22.37	2.00
23	1.20	16.34	5.75	22.09	2.00
24	1.00	13.39	5.75	19.14	2.00
25	0.90	11.86	5.75	17.60	2.00
26	0.90	11.67	5.75	17.42	2.00
27	1.20	15.33	5.75	21.08	2.00
28	0.90	11.33	5.75	17.07	2.00
29	0.90	11.17	5.75	16.91	2.00
30	1.00	12.24	5.75	17.98	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
31	0.90	10.86	5.75	16.61	2.00
32	0.90	10.72	5.75	16.47	2.00
33	1.10	12.94	5.75	18.68	2.00
34	1.10	12.78	5.75	18.52	2.00
35	0.90	10.33	5.75	16.07	2.00
36	0.90	10.20	5.75	15.95	2.00
37	0.80	8.96	5.75	14.71	2.00
38	1.20	13.29	5.75	19.04	2.00
39	1.00	10.95	5.75	16.70	2.00
40	1.30	14.09	5.75	19.83	2.00
41	1.40	15.01	5.75	20.75	2.00
42	1.20	12.73	5.75	18.48	2.00
43	1.20	12.60	5.75	18.35	2.00
44	1.60	16.63	5.75	22.38	2.00
45	1.20	12.35	5.75	18.10	2.00
46	1.30	13.25	5.75	19.00	2.00
47	1.30	13.13	5.75	18.88	2.00
48	1.90	19.01	5.75	24.76	2.00
49	2.60	25.78	5.75	31.53	2.00
50	2.60	25.55	5.75	31.30	2.00
51	3.00	29.22	5.75	34.97	2.00
52	2.90	28.01	5.75	33.75	2.00
53	3.00	28.73	5.75	34.47	2.00
54	3.60	34.19	5.75	39.93	2.00
55	5.60	52.74	5.75	58.49	2.00
56	26.00	242.90	0.00	242.90	2.00
57	37.00	342.92	0.00	342.92	2.00

q_c : Measured cone resistance
q_{c1N} : Normalized cone resistance
D_q : Cone adjustment portion due to fines
$q_{c1N,cs}$: Normalized and adjusted cone resistance
$CRR_{7.5}$: Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	1.60	58.62	5.00	0.00	0.00
2	2.40	71.79	5.00	0.00	0.00
3	1.80	46.63	5.00	0.00	0.00
4	1.40	32.44	5.00	0.00	0.00
5	1.10	24.34	5.00	0.00	0.00
6	1.50	31.81	1.64	0.11	0.02
7	1.80	36.72	5.00	0.00	0.00
8	2.00	39.35	5.00	0.00	0.00
9	2.00	38.04	5.00	0.00	0.00
10	1.80	33.17	5.00	0.00	0.00
11	1.80	32.20	5.00	0.00	0.00
12	1.70	29.57	5.00	0.00	0.00
13	1.90	32.19	5.00	0.00	0.00
14	1.50	24.78	5.00	0.00	0.00
15	1.50	24.19	5.00	0.00	0.00
16	1.10	17.34	5.00	0.00	0.00
17	1.50	23.13	5.00	0.00	0.00
18	1.60	24.16	5.00	0.00	0.00
19	2.00	29.60	1.15	0.92	0.18

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
20	1.20	17.42	5.00	0.00	0.00
21	1.20	17.10	5.00	0.00	0.00
22	1.20	16.79	5.00	0.00	0.00
23	1.20	16.50	5.00	0.00	0.00
24	1.00	13.53	5.00	0.00	0.00
25	0.90	11.98	5.00	0.00	0.00
26	0.90	11.79	5.00	0.00	0.00
27	1.20	15.48	5.00	0.00	0.00
28	0.90	11.44	5.00	0.00	0.00
29	0.90	11.28	5.00	0.00	0.00
30	1.00	12.36	5.00	0.00	0.00
31	0.90	10.97	5.00	0.00	0.00
32	0.90	10.83	5.00	0.00	0.00
33	1.10	13.07	5.00	0.00	0.00
34	1.10	12.90	5.00	0.00	0.00
35	0.90	10.43	5.00	0.00	0.00
36	0.90	10.30	5.00	0.00	0.00
37	0.80	9.05	5.00	0.00	0.00
38	1.20	13.43	5.00	0.00	0.00
39	1.00	11.06	5.00	0.00	0.00
40	1.30	14.23	5.00	0.00	0.00
41	1.40	15.16	5.00	0.00	0.00
42	1.20	12.86	5.00	0.00	0.00
43	1.20	12.73	5.00	0.00	0.00
44	1.60	16.80	5.00	0.00	0.00
45	1.20	12.48	5.00	0.00	0.00
46	1.30	13.39	5.00	0.00	0.00
47	1.30	13.26	5.00	0.00	0.00
48	1.90	19.20	5.00	0.00	0.00
49	2.60	26.04	5.00	0.00	0.00
50	2.60	25.80	5.00	0.00	0.00
51	3.00	29.51	5.00	0.00	0.00
52	2.90	28.28	5.00	0.00	0.00
53	3.00	29.01	5.00	0.00	0.00
54	3.60	34.53	5.00	0.00	0.00
55	5.60	53.27	5.00	0.00	0.00
56	26.00	245.32	5.00	0.00	0.00
57	37.00	346.34	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.21

q_c : Measured cone resistance
q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
FS_L : Factor of safety against liquefaction
e_v : Post-liquefaction volumentric strain
Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.00	9.50	0.00
5	0.00	9.40	0.00	6	0.00	9.30	0.00
7	0.00	9.20	0.00	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

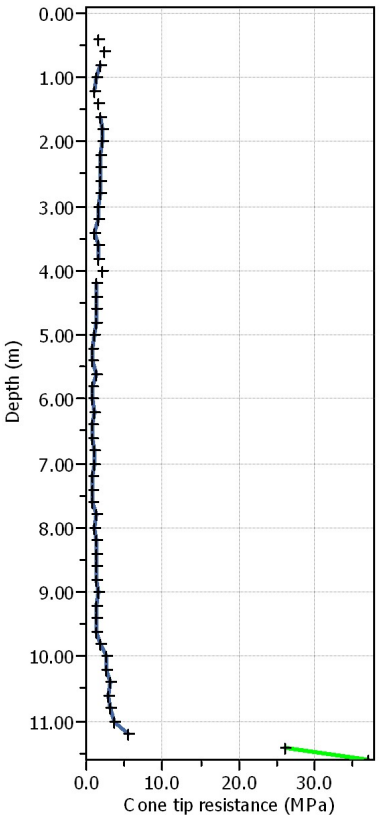
Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00
57	0.00	4.20	0.00				

Overall potential I_L : 0.00

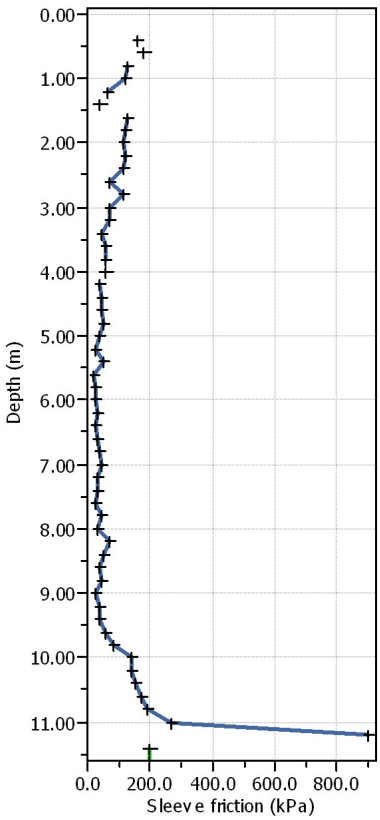
I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
I_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
I_L > 15.00 - Liquefaction certain

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

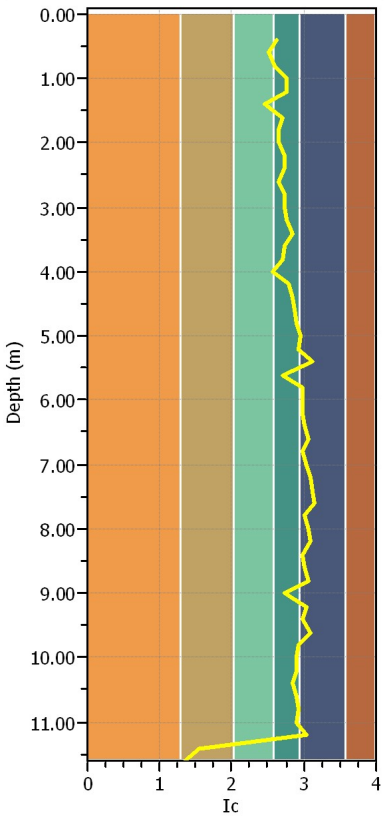
Tip resistance graph



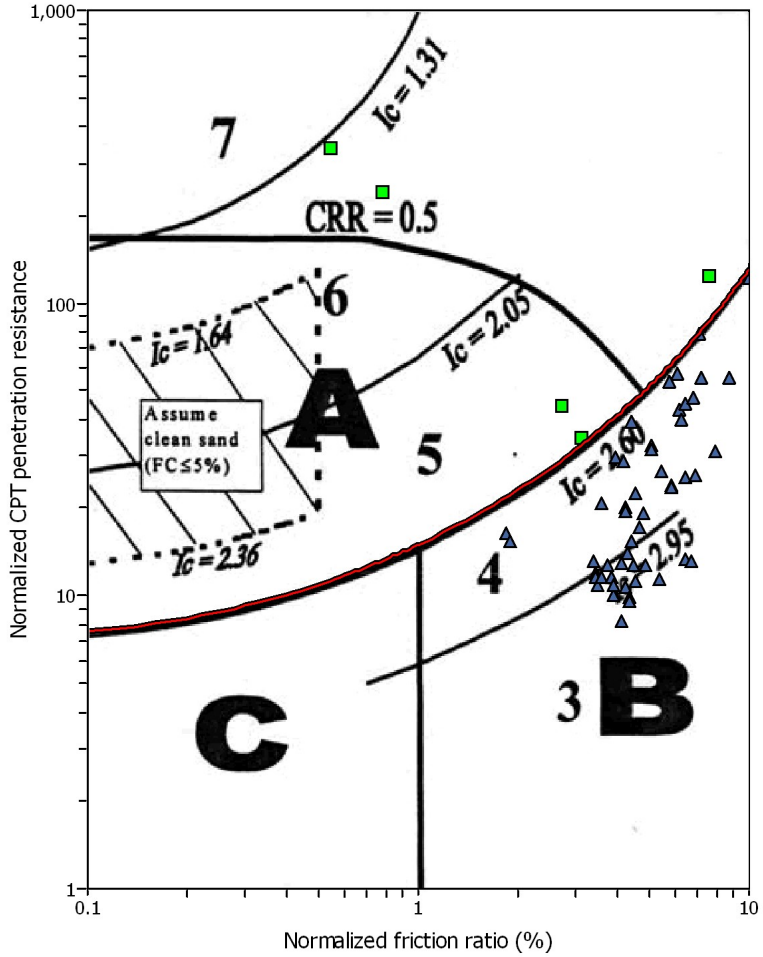
Sleeve friction graph



Soil behaviour type index Ic



Summary of liquefaction potential



Zone A: Cyclic liquefaction possible - depends on size and duration of cyclic loading.
Zone B: Liquefaction unlikely - check other criteria.
Zone C: Flow/cyclic liquefaction possible - depends on soil plasticity and sensitivity as well as size and duration of cyclic loading.

Ic cutoff value (2.60)
Point does not meet criteria (assumed not susceptible to liquefaction)
Point meets criteria and will be tested

Total points:	**57**
Points accepted for testing:	**5**
Points excluded for testing:	**52**

Soil type index legend

- Gravelly sand to dense sand
- Sands: clean sand to silty sand
- Sand mixtures: silty sand to sandy silt
- Silt mixtures: clayey silt to silty clay
- Clays: silty clay to clay
- Organic soils: peats

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

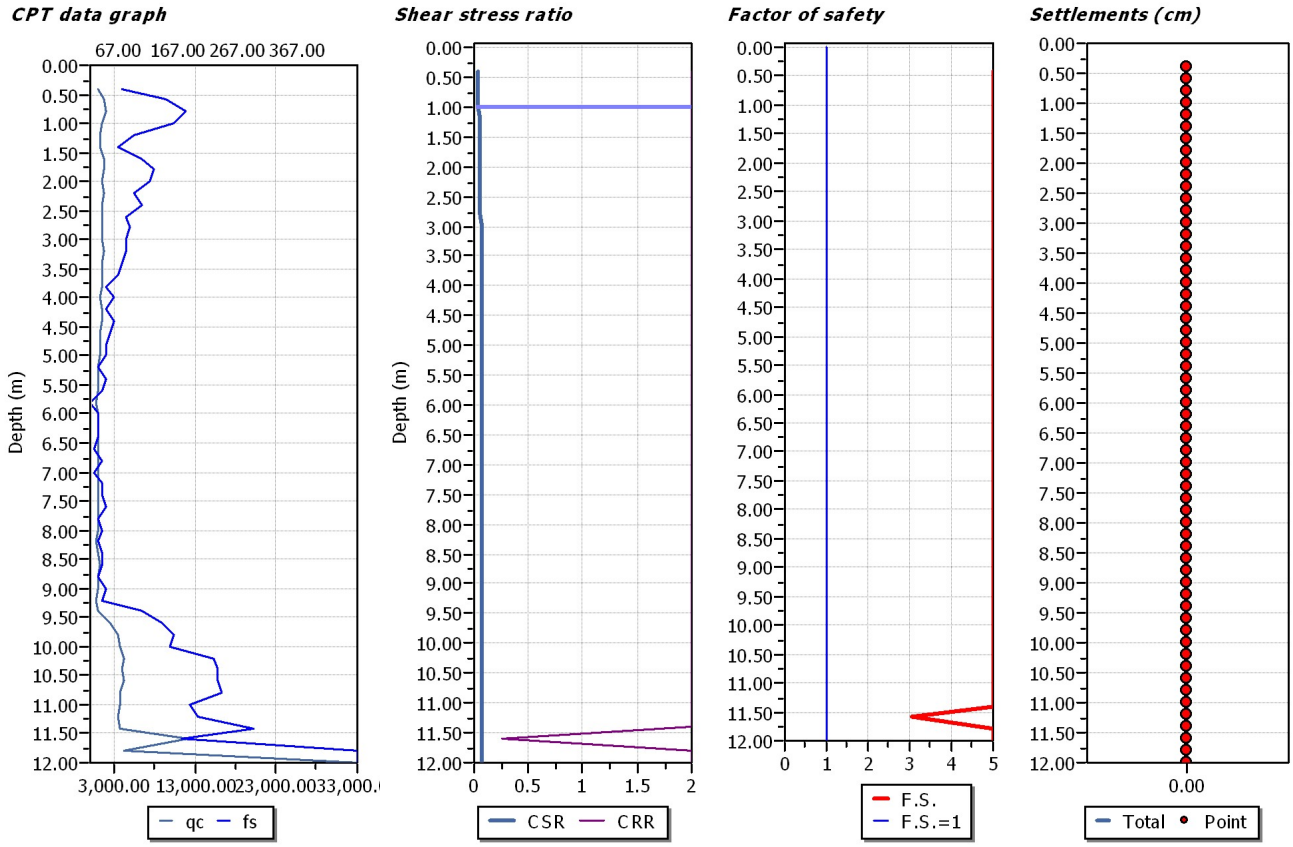
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

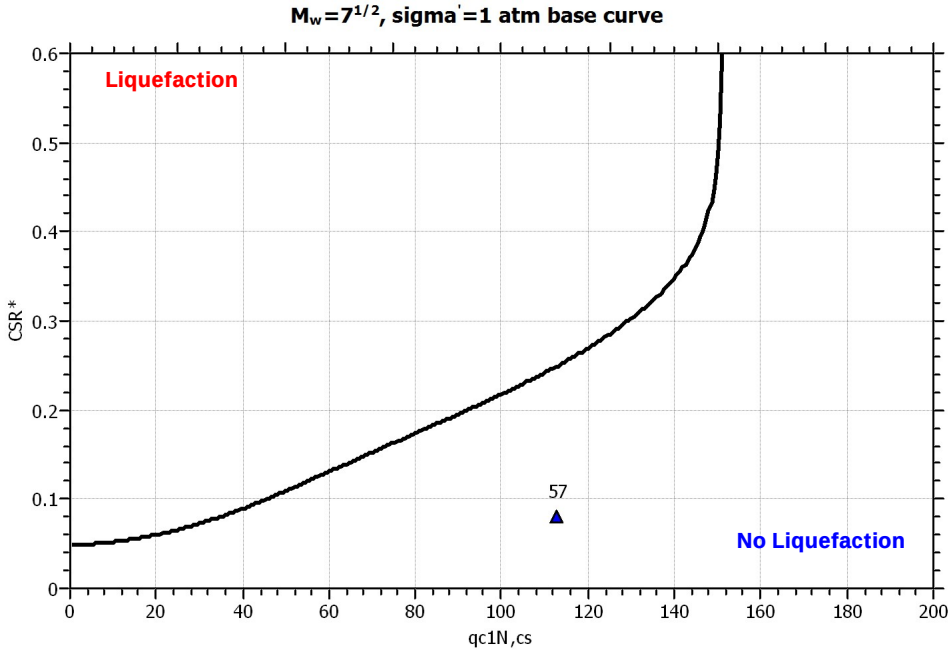
Project title : PARMA - REALIZZAZIONE DI CASA DELLA SALUTE NCP "LUBIANA SAN LAZZARO" IN VIA XXIV MAGGIO

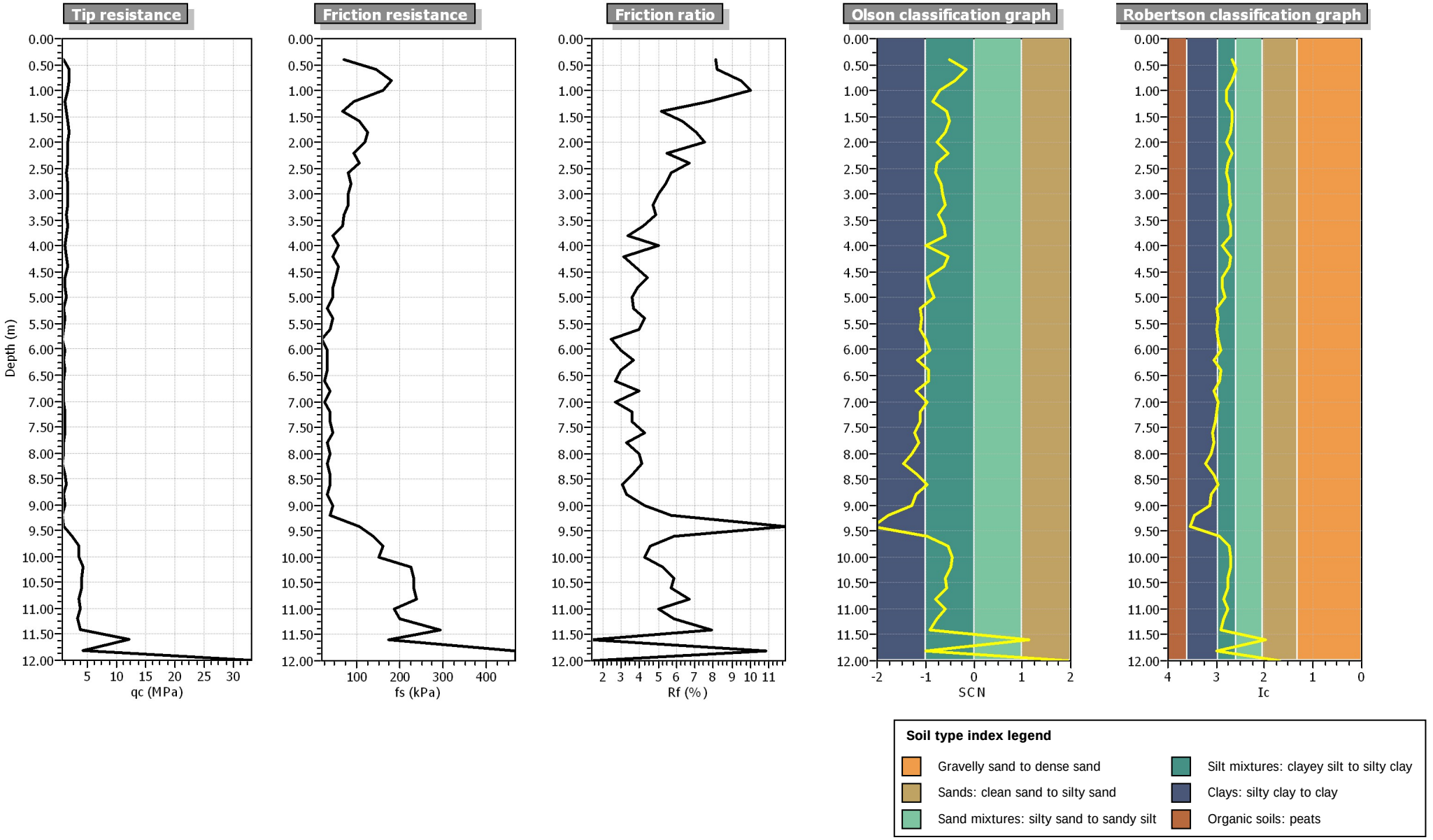
Project subtitle : VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE SU CPT 2

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.14
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.15 g
Fines correction method:	Stark & Olson (1995)	User defined F.S.:	1.00






Tip resistance
Friction resistance
Friction ratio
Olson classification graph
Robertson classification graph
Depth (m)
qc (MPa)
fs (kPa)
Rf (%)
SCN
Ic
Soil type index legend
Gravelly sand to dense sand
Sands: clean sand to silty sand
Sand mixtures: silty sand to sandy silt
Silt mixtures: clayey silt to silty clay
Clays: silty clay to clay
Organic soils: peats

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
1	0.40	0.90	73.00	39.13	19.00
2	0.60	1.80	147.00	35.15	19.00
3	0.80	1.90	180.00	39.41	19.00
4	1.00	1.60	160.00	44.78	19.00
5	1.20	1.20	93.00	45.66	19.00
6	1.40	1.30	67.00	39.22	19.00
7	1.60	1.70	107.00	39.35	19.00
8	1.80	1.80	127.00	41.20	19.00
9	2.00	1.60	120.00	44.79	19.00
10	2.20	1.70	93.00	39.66	19.00
11	2.40	1.60	107.00	44.54	19.00
12	2.60	1.40	80.00	44.97	19.00
13	2.80	1.60	87.00	42.74	19.00
14	3.00	1.60	80.00	42.15	19.00
15	3.20	1.70	80.00	40.91	19.00
16	3.40	1.50	73.00	44.22	19.00
17	3.60	1.60	67.00	41.46	19.00
18	3.80	1.40	47.00	41.25	19.00
19	4.00	1.20	60.00	51.09	19.00
20	4.20	1.50	47.00	40.27	19.00
21	4.40	1.60	60.00	42.25	19.00
22	4.60	1.20	53.00	51.21	19.00
23	4.80	1.20	47.00	49.94	19.00
24	5.00	1.30	47.00	47.61	19.00
25	5.20	0.90	33.00	57.24	19.00
26	5.40	1.10	47.00	55.51	19.00
27	5.60	1.00	40.00	57.51	19.00
28	5.80	0.80	20.00	56.69	19.00
29	6.00	1.10	33.00	51.76	19.00
30	6.20	0.90	33.00	61.19	19.00
31	6.40	1.10	33.00	53.06	19.00
32	6.60	1.00	27.00	54.58	19.00
33	6.80	1.00	40.00	61.92	19.00
34	7.00	1.00	27.00	55.92	19.00
35	7.20	1.10	40.00	58.86	19.00
36	7.40	1.10	40.00	59.51	19.00
37	7.60	1.10	47.00	63.10	19.00
38	7.80	1.00	33.00	61.99	19.00
39	8.00	1.00	40.00	66.21	19.00
40	8.20	0.80	33.00	75.52	19.00
41	8.40	1.10	40.00	62.75	19.00
42	8.60	1.30	40.00	55.48	19.00
43	8.80	1.00	33.00	65.40	19.00
44	9.00	1.10	47.00	67.75	19.00
45	9.20	0.70	40.00	93.40	19.00
46	9.40	0.90	107.00	100.00	19.00
47	9.60	2.40	140.00	53.63	19.00
48	9.80	3.50	160.00	41.78	19.00
49	10.00	3.60	153.00	40.36	19.00
50	10.20	4.30	227.00	41.00	19.00
51	10.40	4.00	233.00	44.29	19.00
52	10.60	4.10	233.00	43.67	19.00
53	10.80	3.60	240.00	49.44	19.00
54	11.00	3.70	187.00	44.14	19.00
55	11.20	3.40	200.00	48.88	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
56	11.40	3.70	293.00	53.20	19.00
57	11.60	12.00	173.00	12.91	19.00
58	11.80	4.30	467.00	57.39	19.00
59	12.00	33.00	467.00	6.05	19.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c : Measured cone resistance
f_s : Sleeve friction resistance
Fines content : Percentage of fines in soil (%)
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
4	1.00	19.00	0.00	19.00	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
5	1.20	22.80	1.96	20.84	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
6	1.40	26.60	3.92	22.68	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
7	1.60	30.40	5.89	24.51	1.00	0.11	2.04	0.05	1.00	0.05
8	1.80	34.20	7.85	26.35	1.00	0.11	2.04	0.06	1.00	0.06
9	2.00	38.00	9.81	28.19	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
10	2.20	41.80	11.77	30.03	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
11	2.40	45.60	13.73	31.87	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
12	2.60	49.40	15.70	33.70	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
13	2.80	53.20	17.66	35.54	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
14	3.00	57.00	19.62	37.38	1.00	0.13	2.04	0.07	1.00	0.07
15	3.20	60.80	21.58	39.22	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
16	3.40	64.60	23.54	41.06	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
17	3.60	68.40	25.51	42.89	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
18	3.80	72.20	27.47	44.73	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
19	4.00	76.00	29.43	46.57	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
20	4.20	79.80	31.39	48.41	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
21	4.40	83.60	33.35	50.25	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
22	4.60	87.40	35.32	52.08	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
23	4.80	91.20	37.28	53.92	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
24	5.00	95.00	39.24	55.76	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
25	5.20	98.80	41.20	57.60	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
26	5.40	102.60	43.16	59.44	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
27	5.60	106.40	45.13	61.27	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
28	5.80	110.20	47.09	63.11	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
29	6.00	114.00	49.05	64.95	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
30	6.20	117.80	51.01	66.79	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
31	6.40	121.60	52.97	68.63	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
32	6.60	125.40	54.94	70.46	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
33	6.80	129.20	56.90	72.30	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
34	7.00	133.00	58.86	74.14	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
35	7.20	136.80	60.82	75.98	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
36	7.40	140.60	62.78	77.82	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
37	7.60	144.40	64.75	79.65	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
38	7.80	148.20	66.71	81.49	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
39	8.00	152.00	68.67	83.33	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
40	8.20	155.80	70.63	85.17	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
41	8.40	159.60	72.59	87.01	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
42	8.60	163.40	74.56	88.84	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
43	8.80	167.20	76.52	90.68	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
44	9.00	171.00	78.48	92.52	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
45	9.20	174.80	80.44	94.36	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
46	9.40	178.60	82.40	96.20	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
47	9.60	182.40	84.37	98.03	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
48	9.80	186.20	86.33	99.87	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
49	10.00	190.00	88.29	101.71	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
50	10.20	193.80	90.25	103.55	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
51	10.40	197.60	92.21	105.39	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
52	10.60	201.40	94.18	107.22	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
53	10.80	205.20	96.14	109.06	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
54	11.00	209.00	98.10	110.90	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
55	11.20	212.80	100.06	112.74	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
56	11.40	216.60	102.02	114.58	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
57	11.60	220.40	103.99	116.41	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
58	11.80	224.20	105.95	118.25	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
59	12.00	228.00	107.91	120.09	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)
u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)
Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)
r_d : Nonlinear shear mass factor
CSR : Cyclic Stress Ratio
MSF : Magnitude Scaling Factor
$CSR_{eq,M=7.5}$ CSR adjusted for M=7.5
K_{sigma} Effective overburden stress factor
CSR^* CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
1	0.90	32.65	5.75	38.39	2.00
2	1.80	53.31	5.75	59.06	2.00
3	1.90	48.73	5.75	54.48	2.00
4	1.60	36.71	5.75	42.45	2.00
5	1.20	26.29	5.75	32.03	2.00
6	1.30	27.30	5.75	33.05	2.00
7	1.70	34.34	5.75	40.08	2.00
8	1.80	35.06	5.75	40.81	2.00
9	1.60	30.14	5.75	35.88	2.00
10	1.70	31.02	5.75	36.77	2.00
11	1.60	28.34	5.75	34.09	2.00
12	1.40	24.12	5.75	29.86	2.00
13	1.60	26.84	5.75	32.58	2.00
14	1.60	26.17	5.75	31.92	2.00
15	1.70	27.15	5.75	32.89	2.00
16	1.50	23.41	5.75	29.16	2.00
17	1.60	24.43	5.75	30.18	2.00
18	1.40	20.93	5.75	26.68	2.00
19	1.20	17.58	5.75	23.33	2.00
20	1.50	21.56	5.75	27.30	2.00
21	1.60	22.57	5.75	28.32	2.00
22	1.20	16.63	5.75	22.37	2.00
23	1.20	16.34	5.75	22.09	2.00
24	1.30	17.41	5.75	23.15	2.00
25	0.90	11.86	5.75	17.60	2.00
26	1.10	14.27	5.75	20.01	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
27	1.00	12.78	5.75	18.52	2.00
28	0.80	10.07	5.75	15.82	2.00
29	1.10	13.65	5.75	19.39	2.00
30	0.90	11.01	5.75	16.76	2.00
31	1.10	13.28	5.75	19.02	2.00
32	1.00	11.91	5.75	17.66	2.00
33	1.00	11.76	5.75	17.51	2.00
34	1.00	11.61	5.75	17.36	2.00
35	1.10	12.62	5.75	18.37	2.00
36	1.10	12.47	5.75	18.22	2.00
37	1.10	12.33	5.75	18.07	2.00
38	1.00	11.08	5.75	16.82	2.00
39	1.00	10.95	5.75	16.70	2.00
40	0.80	8.67	5.75	14.41	2.00
41	1.10	11.79	5.75	17.54	2.00
42	1.30	13.79	5.75	19.54	2.00
43	1.00	10.50	5.75	16.25	2.00
44	1.10	11.44	5.75	17.18	2.00
45	0.70	7.21	5.75	12.95	2.00
46	0.90	9.18	5.75	14.92	2.00
47	2.40	24.24	5.75	29.99	2.00
48	3.50	35.02	5.75	40.77	2.00
49	3.60	35.70	5.75	41.44	2.00
50	4.30	42.26	5.75	48.00	2.00
51	4.00	38.96	5.75	44.71	2.00
52	4.10	39.59	5.75	45.34	2.00
53	3.60	34.47	5.75	40.22	2.00
54	3.70	35.13	5.75	40.88	2.00
55	3.40	32.02	5.75	37.77	2.00
56	3.70	34.57	5.75	40.31	2.00
57	12.00	111.22	1.51	112.73	0.25
58	4.30	39.54	5.75	45.29	2.00
59	33.00	301.13	0.20	301.34	2.00

q_c : Measured cone resistance
q_{c1N} : Normalized cone resistance
D_q : Cone adjustment portion due to fines
$q_{c1N,cs}$: Normalized and adjusted cone resistance
$CRR_{7.5}$: Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	0.90	32.97	5.00	0.00	0.00
2	1.80	53.84	5.00	0.00	0.00
3	1.90	49.22	5.00	0.00	0.00
4	1.60	37.07	5.00	0.00	0.00
5	1.20	26.55	5.00	0.00	0.00
6	1.30	27.57	5.00	0.00	0.00
7	1.70	34.68	5.00	0.00	0.00
8	1.80	35.41	5.00	0.00	0.00
9	1.60	30.43	5.00	0.00	0.00
10	1.70	31.33	5.00	0.00	0.00
11	1.60	28.63	5.00	0.00	0.00
12	1.40	24.35	5.00	0.00	0.00
13	1.60	27.10	5.00	0.00	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
14	1.60	26.43	5.00	0.00	0.00
15	1.70	27.42	5.00	0.00	0.00
16	1.50	23.64	5.00	0.00	0.00
17	1.60	24.67	5.00	0.00	0.00
18	1.40	21.14	5.00	0.00	0.00
19	1.20	17.76	5.00	0.00	0.00
20	1.50	21.77	5.00	0.00	0.00
21	1.60	22.80	5.00	0.00	0.00
22	1.20	16.79	5.00	0.00	0.00
23	1.20	16.50	5.00	0.00	0.00
24	1.30	17.58	5.00	0.00	0.00
25	0.90	11.98	5.00	0.00	0.00
26	1.10	14.41	5.00	0.00	0.00
27	1.00	12.90	5.00	0.00	0.00
28	0.80	10.17	5.00	0.00	0.00
29	1.10	13.78	5.00	0.00	0.00
30	0.90	11.12	5.00	0.00	0.00
31	1.10	13.41	5.00	0.00	0.00
32	1.00	12.03	5.00	0.00	0.00
33	1.00	11.88	5.00	0.00	0.00
34	1.00	11.73	5.00	0.00	0.00
35	1.10	12.75	5.00	0.00	0.00
36	1.10	12.59	5.00	0.00	0.00
37	1.10	12.45	5.00	0.00	0.00
38	1.00	11.19	5.00	0.00	0.00
39	1.00	11.06	5.00	0.00	0.00
40	0.80	8.75	5.00	0.00	0.00
41	1.10	11.91	5.00	0.00	0.00
42	1.30	13.93	5.00	0.00	0.00
43	1.00	10.61	5.00	0.00	0.00
44	1.10	11.55	5.00	0.00	0.00
45	0.70	7.28	5.00	0.00	0.00
46	0.90	9.27	5.00	0.00	0.00
47	2.40	24.48	5.00	0.00	0.00
48	3.50	35.37	5.00	0.00	0.00
49	3.60	36.05	5.00	0.00	0.00
50	4.30	42.68	5.00	0.00	0.00
51	4.00	39.35	5.00	0.00	0.00
52	4.10	39.99	5.00	0.00	0.00
53	3.60	34.81	5.00	0.00	0.00
54	3.70	35.48	5.00	0.00	0.00
55	3.40	32.34	5.00	0.00	0.00
56	3.70	34.91	5.00	0.00	0.00
57	12.00	112.33	3.06	0.00	0.00
58	4.30	39.94	5.00	0.00	0.00
59	33.00	304.13	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.00

q_c : Measured cone resistance
q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
FS_L : Factor of safety against liquefaction
e_v : Post-liquefaction volumentric strain
Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

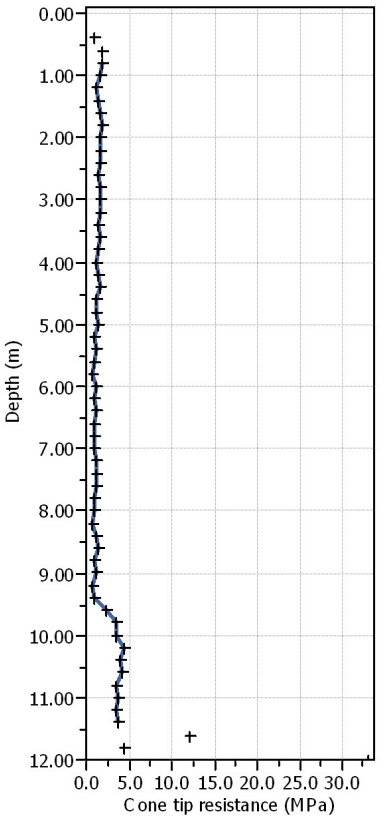
Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.00	9.50	0.00
5	0.00	9.40	0.00	6	0.00	9.30	0.00
7	0.00	9.20	0.00	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00
57	0.00	4.20	0.00	58	0.00	4.10	0.00
59	0.00	4.00	0.00				

Overall potential I_L : 0.00

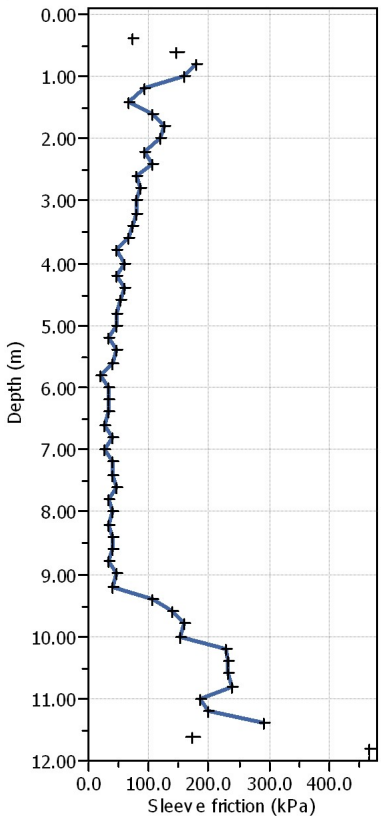
I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
I_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
I_L > 15.00 - Liquefaction certain

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

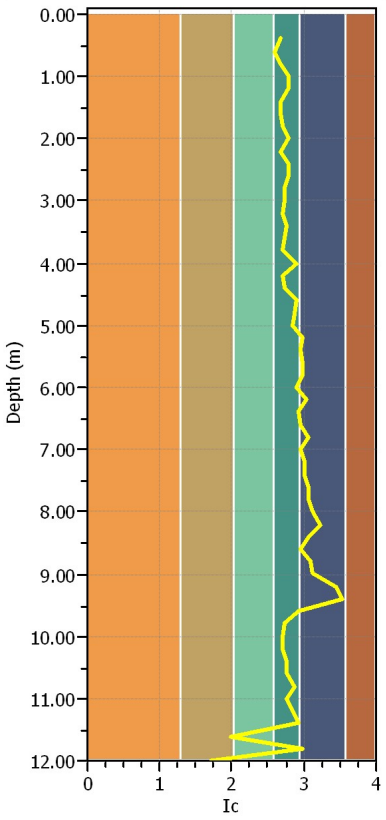
Tip resistance graph



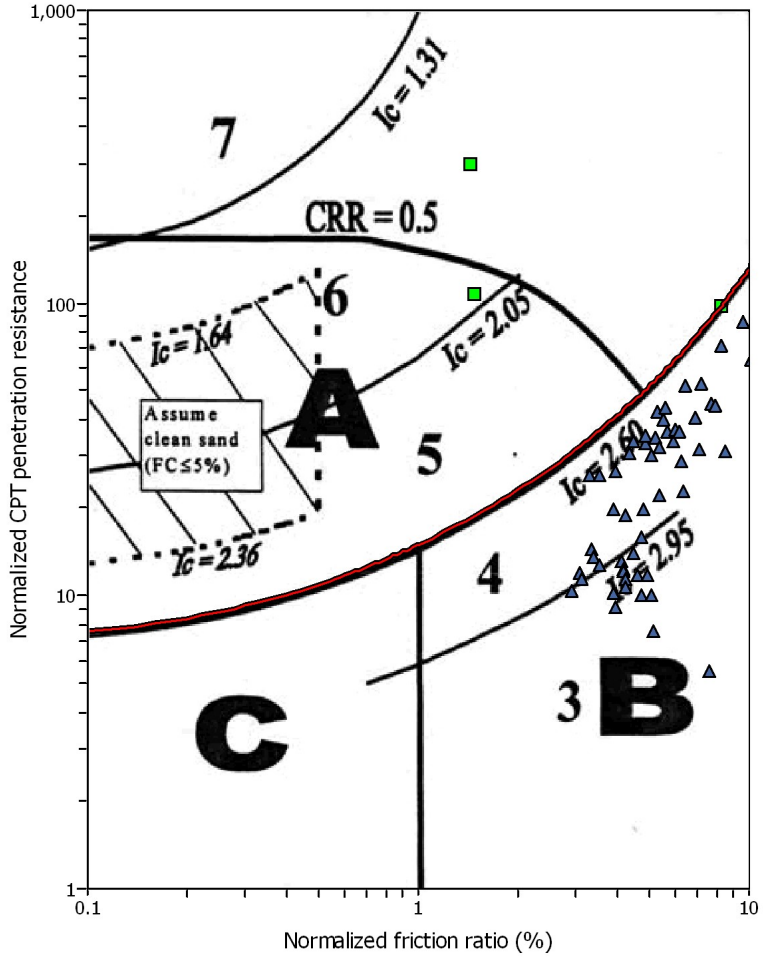
Sleeve friction graph



Soil behaviour type index Ic



Summary of liquefaction potential



Zone A: Cyclic liquefaction possible - depends on size and duration of cyclic loading.
Zone B: Liquefaction unlikely - check other criteria.
Zone C: Flow/cyclic liquefaction possible - depends on soil plasticity and sensitivity as well as size and duration of cyclic loading.

Ic cutoff value (2.60)
Point does not meet criteria (assumed not susceptible to liquefaction)
Point meets criteria and will be tested

Total points:	**59**
Points accepted for testing:	**3**
Points excluded for testing:	**56**

Soil type index legend

- Gravelly sand to dense sand
- Sands: clean sand to silty sand
- Sand mixtures: silty sand to sandy silt
- Silt mixtures: clayey silt to silty clay
- Clays: silty clay to clay
- Organic soils: peats

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

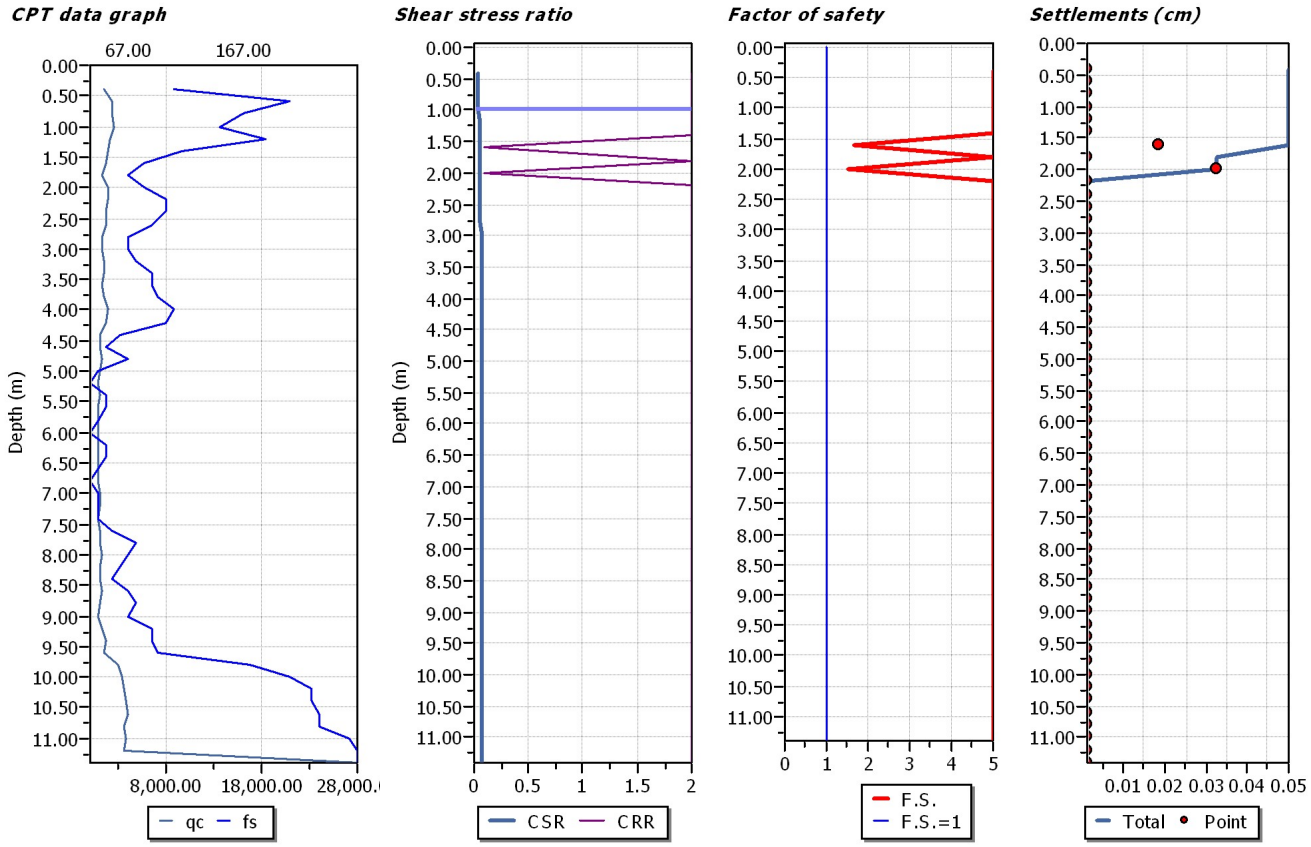
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

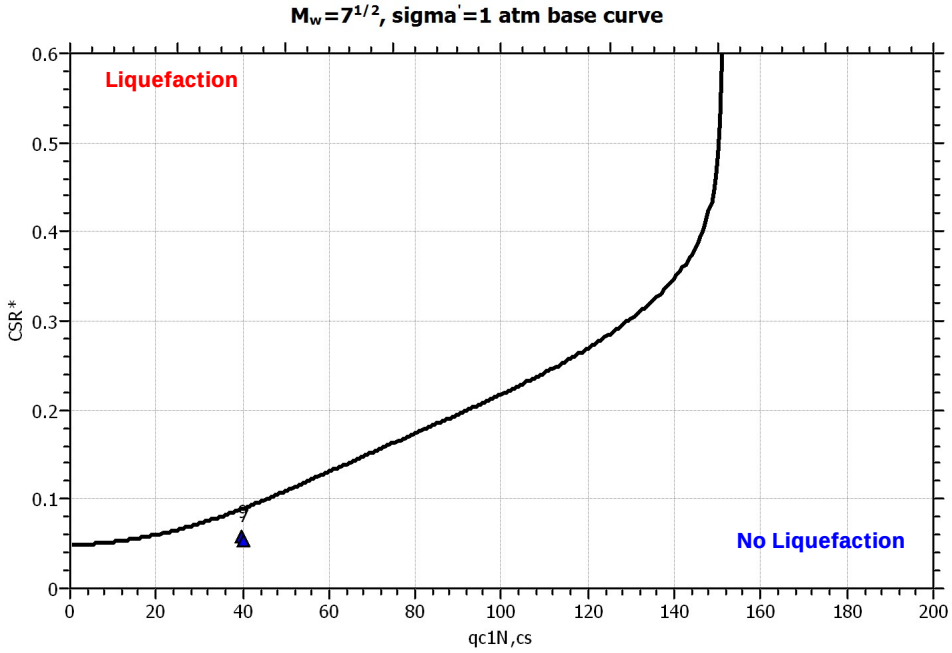
Project title : PARMA - REALIZZAZIONE DI CASA DELLA SALUTE NCP "LUBIANA SAN LAZZARO" IN VIA XXIV MAGGIO

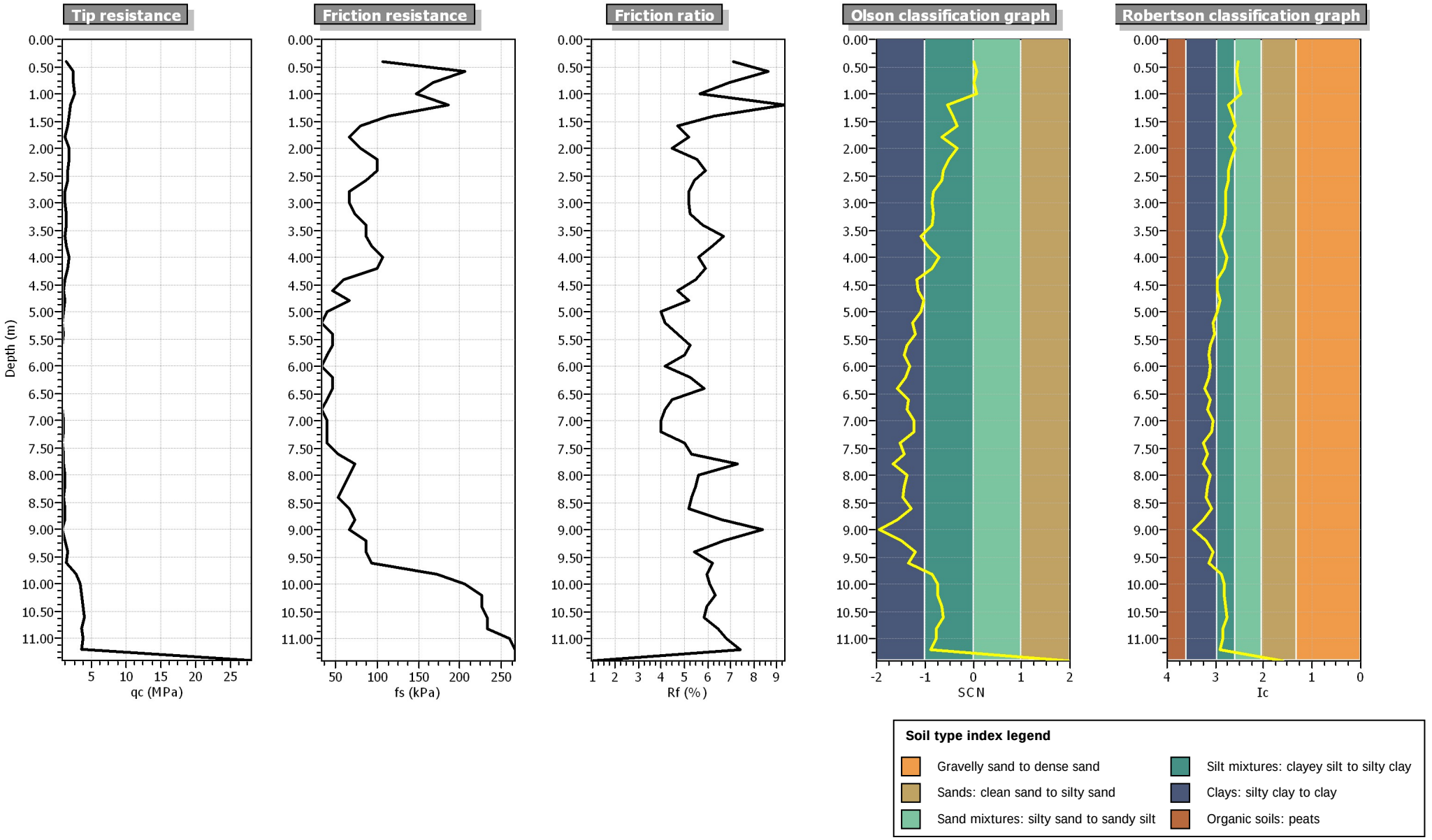
Project subtitle : VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE SU CPT 3

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.14
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.15 g
Fines correction method:	Stark & Olson (1995)	User defined F.S.:	1.00






Tip resistance
Friction resistance
Friction ratio
Olson classification graph
Robertson classification graph
Depth (m)
qc (MPa)
fs (kPa)
Rf (%)
SCN
Ic
Soil type index legend
Gravelly sand to dense sand
Sands: clean sand to silty sand
Sand mixtures: silty sand to sandy silt
Silt mixtures: clayey silt to silty clay
Clays: silty clay to clay
Organic soils: peats

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
1	0.40	1.50	107.00	31.89	19.00
2	0.60	2.40	207.00	33.07	19.00
3	0.80	2.40	167.00	32.14	19.00
4	1.00	2.60	147.00	30.20	19.00
5	1.20	2.00	187.00	41.74	19.00
6	1.40	1.80	113.00	37.67	19.00
7	1.60	1.70	80.00	35.13	19.00
8	1.80	1.30	67.00	41.12	19.00
9	2.00	1.80	80.00	35.11	19.00
10	2.20	1.80	100.00	39.06	19.00
11	2.40	1.70	100.00	41.53	19.00
12	2.60	1.60	87.00	42.00	19.00
13	2.80	1.30	67.00	45.40	19.00
14	3.00	1.30	67.00	46.20	19.00
15	3.20	1.40	73.00	45.82	19.00
16	3.40	1.50	87.00	47.06	19.00
17	3.60	1.30	87.00	53.00	19.00
18	3.80	1.50	93.00	49.62	19.00
19	4.00	1.90	107.00	44.36	19.00
20	4.20	1.70	100.00	47.69	19.00
21	4.40	1.10	60.00	56.05	19.00
22	4.60	1.00	47.00	56.44	19.00
23	4.80	1.30	67.00	52.79	19.00
24	5.00	1.00	40.00	55.24	19.00
25	5.20	0.80	33.00	62.50	19.00
26	5.40	1.00	47.00	59.60	19.00
27	5.60	0.90	47.00	65.26	19.00
28	5.80	0.80	40.00	68.81	19.00
29	6.00	0.80	33.00	66.03	19.00
30	6.20	0.90	47.00	67.78	19.00
31	6.40	0.80	47.00	74.85	19.00
32	6.60	0.90	40.00	66.29	19.00
33	6.80	0.80	33.00	69.50	19.00
34	7.00	1.00	40.00	62.64	19.00
35	7.20	1.00	40.00	63.36	19.00
36	7.40	0.80	40.00	75.99	19.00
37	7.60	1.00	53.00	70.30	19.00
38	7.80	1.00	73.00	78.02	19.00
39	8.00	1.20	67.00	67.04	19.00
40	8.20	1.10	60.00	69.97	19.00
41	8.40	1.00	53.00	73.29	19.00
42	8.60	1.30	67.00	64.91	19.00
43	8.80	1.10	73.00	76.33	19.00
44	9.00	0.80	67.00	95.65	19.00
45	9.20	1.30	87.00	72.25	19.00
46	9.40	1.60	87.00	62.18	19.00
47	9.60	1.50	93.00	67.30	19.00
48	9.80	2.90	173.00	50.22	19.00
49	10.00	3.40	207.00	47.64	19.00
50	10.20	3.60	227.00	47.47	19.00
51	10.40	3.80	227.00	45.72	19.00
52	10.60	4.00	233.00	44.57	19.00
53	10.80	3.60	233.00	48.88	19.00
54	11.00	3.80	260.00	49.14	19.00
55	11.20	3.60	267.00	52.15	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
56	11.40	28.00	267.00	4.37	19.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c : Measured cone resistance
f_s : Sleeve friction resistance
Fines content : Percentage of fines in soil (%)
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
4	1.00	19.00	0.00	19.00	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
5	1.20	22.80	1.96	20.84	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
6	1.40	26.60	3.92	22.68	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
7	1.60	30.40	5.89	24.51	1.00	0.11	2.04	0.05	1.00	0.05
8	1.80	34.20	7.85	26.35	1.00	0.11	2.04	0.06	1.00	0.06
9	2.00	38.00	9.81	28.19	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
10	2.20	41.80	11.77	30.03	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
11	2.40	45.60	13.73	31.87	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
12	2.60	49.40	15.70	33.70	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
13	2.80	53.20	17.66	35.54	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
14	3.00	57.00	19.62	37.38	1.00	0.13	2.04	0.07	1.00	0.07
15	3.20	60.80	21.58	39.22	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
16	3.40	64.60	23.54	41.06	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
17	3.60	68.40	25.51	42.89	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
18	3.80	72.20	27.47	44.73	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
19	4.00	76.00	29.43	46.57	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
20	4.20	79.80	31.39	48.41	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
21	4.40	83.60	33.35	50.25	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
22	4.60	87.40	35.32	52.08	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
23	4.80	91.20	37.28	53.92	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
24	5.00	95.00	39.24	55.76	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
25	5.20	98.80	41.20	57.60	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
26	5.40	102.60	43.16	59.44	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
27	5.60	106.40	45.13	61.27	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
28	5.80	110.20	47.09	63.11	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
29	6.00	114.00	49.05	64.95	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
30	6.20	117.80	51.01	66.79	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
31	6.40	121.60	52.97	68.63	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
32	6.60	125.40	54.94	70.46	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
33	6.80	129.20	56.90	72.30	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
34	7.00	133.00	58.86	74.14	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
35	7.20	136.80	60.82	75.98	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
36	7.40	140.60	62.78	77.82	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
37	7.60	144.40	64.75	79.65	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
38	7.80	148.20	66.71	81.49	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
39	8.00	152.00	68.67	83.33	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
40	8.20	155.80	70.63	85.17	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
41	8.40	159.60	72.59	87.01	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
42	8.60	163.40	74.56	88.84	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
43	8.80	167.20	76.52	90.68	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
44	9.00	171.00	78.48	92.52	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
45	9.20	174.80	80.44	94.36	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
46	9.40	178.60	82.40	96.20	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
47	9.60	182.40	84.37	98.03	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
48	9.80	186.20	86.33	99.87	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
49	10.00	190.00	88.29	101.71	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
50	10.20	193.80	90.25	103.55	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
51	10.40	197.60	92.21	105.39	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
52	10.60	201.40	94.18	107.22	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
53	10.80	205.20	96.14	109.06	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
54	11.00	209.00	98.10	110.90	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
55	11.20	212.80	100.06	112.74	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
56	11.40	216.60	102.02	114.58	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)
u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)
Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)
r_d : Nonlinear shear mass factor
CSR : Cyclic Stress Ratio
MSF : Magnitude Scaling Factor
$CSR_{eq,M=7.5}$ CSR adjusted for M=7.5
K_{sigma} Effective overburden stress factor
CSR^* CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
1	1.50	54.41	5.15	59.56	2.00
2	2.40	71.08	5.38	76.46	2.00
3	2.40	61.56	5.20	66.76	2.00
4	2.60	59.65	4.83	64.47	2.00
5	2.00	43.81	5.75	49.56	2.00
6	1.80	37.80	5.75	43.55	2.00
7	1.70	34.34	5.75	40.08	0.09
8	1.30	25.32	5.75	31.07	2.00
9	1.80	33.90	5.75	39.65	0.09
10	1.80	32.85	5.75	38.59	2.00
11	1.70	30.12	5.75	35.86	2.00
12	1.60	27.56	5.75	33.31	2.00
13	1.30	21.81	5.75	27.55	2.00
14	1.30	21.26	5.75	27.01	2.00
15	1.40	22.36	5.75	28.10	2.00
16	1.50	23.41	5.75	29.16	2.00
17	1.30	19.85	5.75	25.59	2.00
18	1.50	22.43	5.75	28.17	2.00
19	1.90	27.84	5.75	33.59	2.00
20	1.70	24.43	5.75	30.18	2.00
21	1.10	15.52	5.75	21.26	2.00
22	1.00	13.86	5.75	19.60	2.00
23	1.30	17.70	5.75	23.45	2.00
24	1.00	13.39	5.75	19.14	2.00
25	0.80	10.54	5.75	16.29	2.00
26	1.00	12.97	5.75	18.72	2.00
27	0.90	11.50	5.75	17.24	2.00
28	0.80	10.07	5.75	15.82	2.00
29	0.80	9.93	5.75	15.67	2.00
30	0.90	11.01	5.75	16.76	2.00
31	0.80	9.66	5.75	15.40	2.00
32	0.90	10.72	5.75	16.47	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
33	0.80	9.41	5.75	15.15	2.00
34	1.00	11.61	5.75	17.36	2.00
35	1.00	11.47	5.75	17.22	2.00
36	0.80	9.07	5.75	14.81	2.00
37	1.00	11.20	5.75	16.95	2.00
38	1.00	11.08	5.75	16.82	2.00
39	1.20	13.15	5.75	18.89	2.00
40	1.10	11.92	5.75	17.67	2.00
41	1.00	10.72	5.75	16.47	2.00
42	1.30	13.79	5.75	19.54	2.00
43	1.10	11.55	5.75	17.30	2.00
44	0.80	8.32	5.75	14.06	2.00
45	1.30	13.38	5.75	19.13	2.00
46	1.60	16.31	5.75	22.06	2.00
47	1.50	15.15	5.75	20.90	2.00
48	2.90	29.02	5.75	34.76	2.00
49	3.40	33.71	5.75	39.46	2.00
50	3.60	35.38	5.75	41.12	2.00
51	3.80	37.02	5.75	42.76	2.00
52	4.00	38.63	5.75	44.37	2.00
53	3.60	34.47	5.75	40.22	2.00
54	3.80	36.08	5.75	41.83	2.00
55	3.60	33.91	5.75	39.65	2.00
56	28.00	261.58	0.00	261.58	2.00

q_c : Measured cone resistance
q_{c1N} : Normalized cone resistance
D_q : Cone adjustment portion due to fines
$q_{c1N,cs}$: Normalized and adjusted cone resistance
$CRR_{7.5}$: Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	1.50	54.95	5.00	0.00	0.00
2	2.40	71.79	5.00	0.00	0.00
3	2.40	62.17	5.00	0.00	0.00
4	2.60	60.24	5.00	0.00	0.00
5	2.00	44.25	5.00	0.00	0.00
6	1.80	38.18	5.00	0.00	0.00
7	1.70	34.68	1.69	0.09	0.02
8	1.30	25.58	5.00	0.00	0.00
9	1.80	34.24	1.54	0.16	0.03
10	1.80	33.17	5.00	0.00	0.00
11	1.70	30.41	5.00	0.00	0.00
12	1.60	27.83	5.00	0.00	0.00
13	1.30	22.02	5.00	0.00	0.00
14	1.30	21.47	5.00	0.00	0.00
15	1.40	22.58	5.00	0.00	0.00
16	1.50	23.64	5.00	0.00	0.00
17	1.30	20.05	5.00	0.00	0.00
18	1.50	22.65	5.00	0.00	0.00
19	1.90	28.12	5.00	0.00	0.00
20	1.70	24.68	5.00	0.00	0.00
21	1.10	15.67	5.00	0.00	0.00
22	1.00	13.99	5.00	0.00	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
23	1.30	17.88	5.00	0.00	0.00
24	1.00	13.53	5.00	0.00	0.00
25	0.80	10.65	5.00	0.00	0.00
26	1.00	13.10	5.00	0.00	0.00
27	0.90	11.61	5.00	0.00	0.00
28	0.80	10.17	5.00	0.00	0.00
29	0.80	10.03	5.00	0.00	0.00
30	0.90	11.12	5.00	0.00	0.00
31	0.80	9.75	5.00	0.00	0.00
32	0.90	10.83	5.00	0.00	0.00
33	0.80	9.50	5.00	0.00	0.00
34	1.00	11.73	5.00	0.00	0.00
35	1.00	11.59	5.00	0.00	0.00
36	0.80	9.16	5.00	0.00	0.00
37	1.00	11.32	5.00	0.00	0.00
38	1.00	11.19	5.00	0.00	0.00
39	1.20	13.28	5.00	0.00	0.00
40	1.10	12.04	5.00	0.00	0.00
41	1.00	10.83	5.00	0.00	0.00
42	1.30	13.93	5.00	0.00	0.00
43	1.10	11.67	5.00	0.00	0.00
44	0.80	8.40	5.00	0.00	0.00
45	1.30	13.52	5.00	0.00	0.00
46	1.60	16.48	5.00	0.00	0.00
47	1.50	15.30	5.00	0.00	0.00
48	2.90	29.31	5.00	0.00	0.00
49	3.40	34.05	5.00	0.00	0.00
50	3.60	35.73	5.00	0.00	0.00
51	3.80	37.38	5.00	0.00	0.00
52	4.00	39.01	5.00	0.00	0.00
53	3.60	34.81	5.00	0.00	0.00
54	3.80	36.44	5.00	0.00	0.00
55	3.60	34.24	5.00	0.00	0.00
56	28.00	264.19	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.05

q_c : Measured cone resistance
q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
FS_L : Factor of safety against liquefaction
e_v : Post-liquefaction volumentric strain
Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.00	9.50	0.00
5	0.00	9.40	0.00	6	0.00	9.30	0.00
7	0.00	9.20	0.00	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

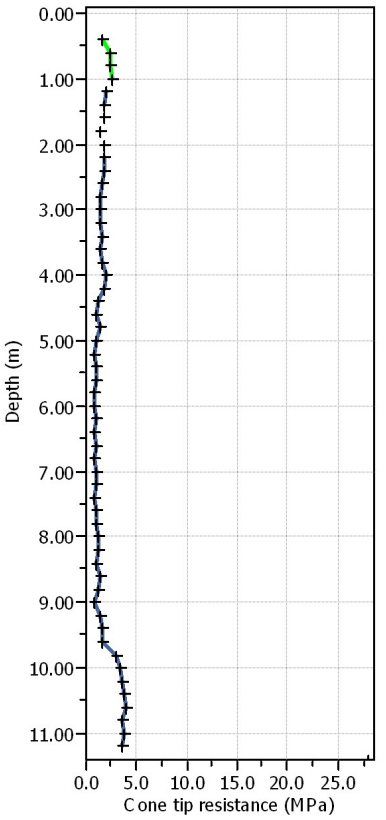
Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00

Overall potential I_L : 0.00

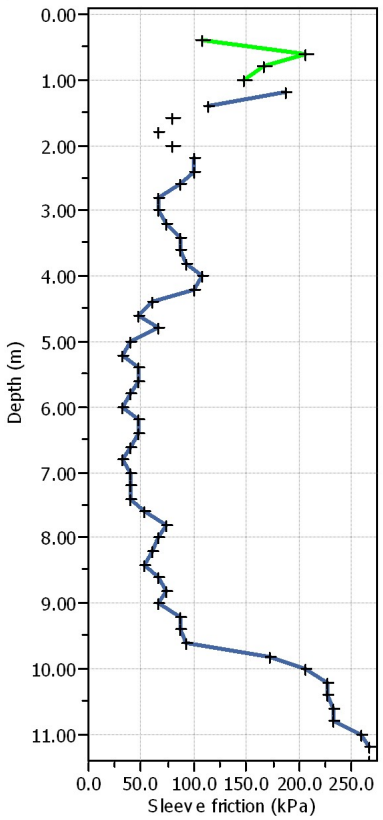
I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
I_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
I_L > 15.00 - Liquefaction certain

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

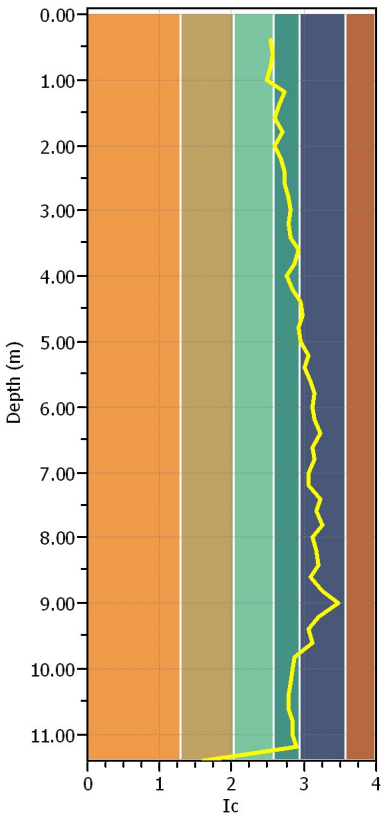
Tip resistance graph



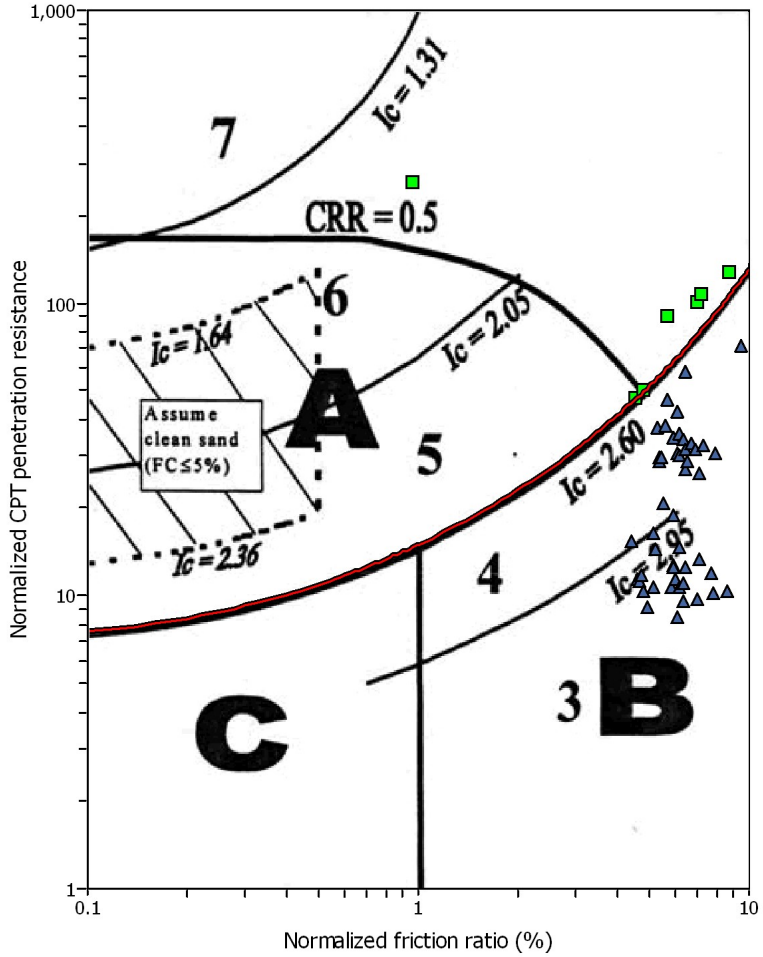
Sleeve friction graph



Soil behaviour type index Ic



Summary of liquefaction potential



Zone A: Cyclic liquefaction possible - depends on size and duration of cyclic loading.
Zone B: Liquefaction unlikely - check other criteria.
Zone C: Flow/cyclic liquefaction possible - depends on soil plasticity and sensitivity as well as size and duration of cyclic loading.

Ic cutoff value (2.60)
Point does not meet criteria (assumed not susceptible to liquefaction)
Point meets criteria and will be tested

Total points:	**56**
Points accepted for testing:	**7**
Points excluded for testing:	**49**

Soil type index legend

- Gravelly sand to dense sand
- Sands: clean sand to silty sand
- Sand mixtures: silty sand to sandy silt
- Silt mixtures: clayey silt to silty clay
- Clays: silty clay to clay
- Organic soils: peats

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

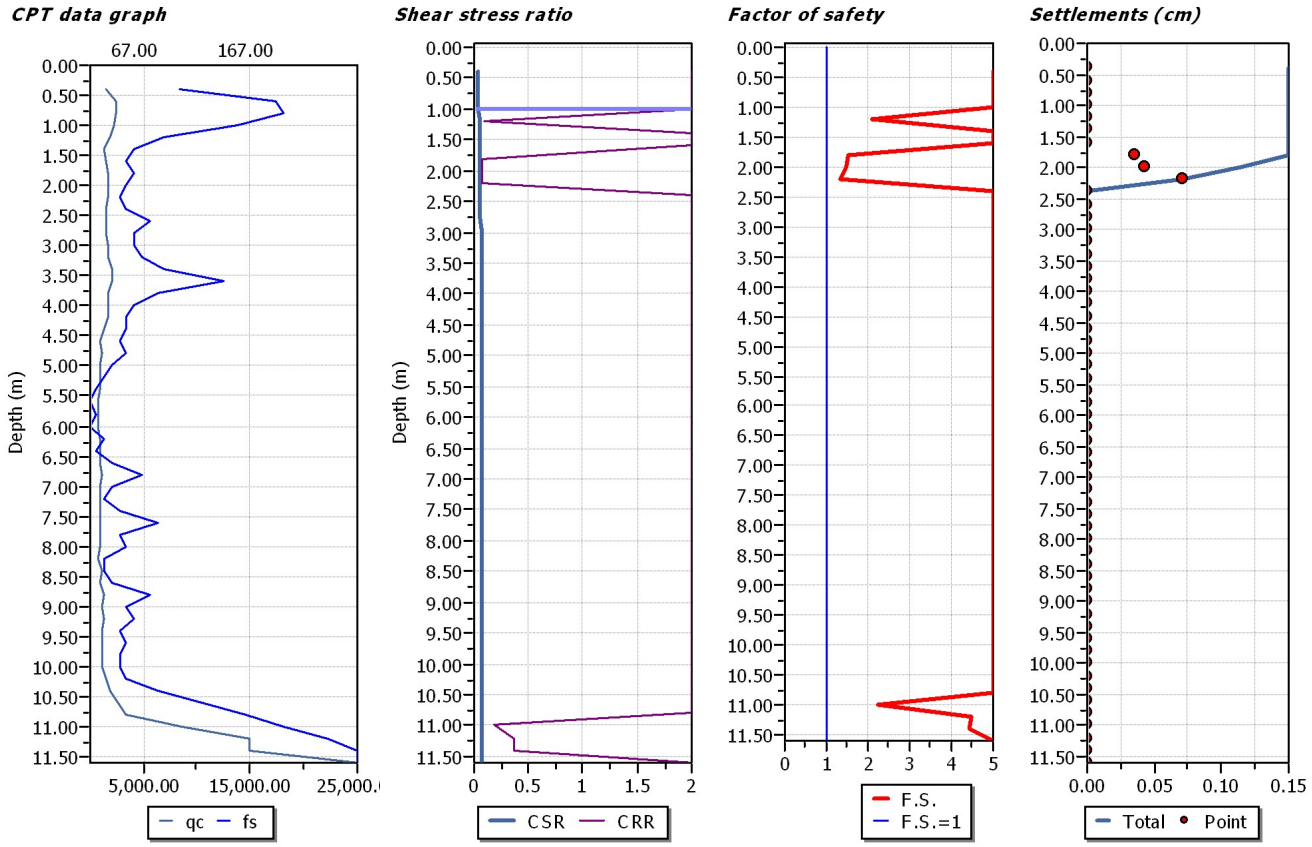
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

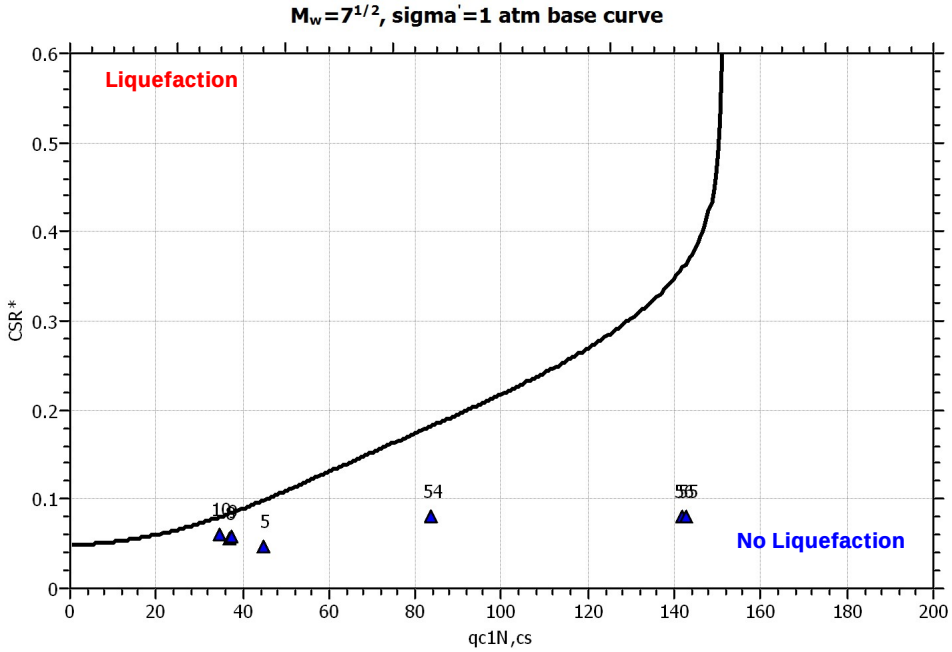
Project title : PARMA - REALIZZAZIONE DI CASA DELLA SALUTE NCP "LUBIANA SAN LAZZARO" IN VIA XXIV MAGGIO

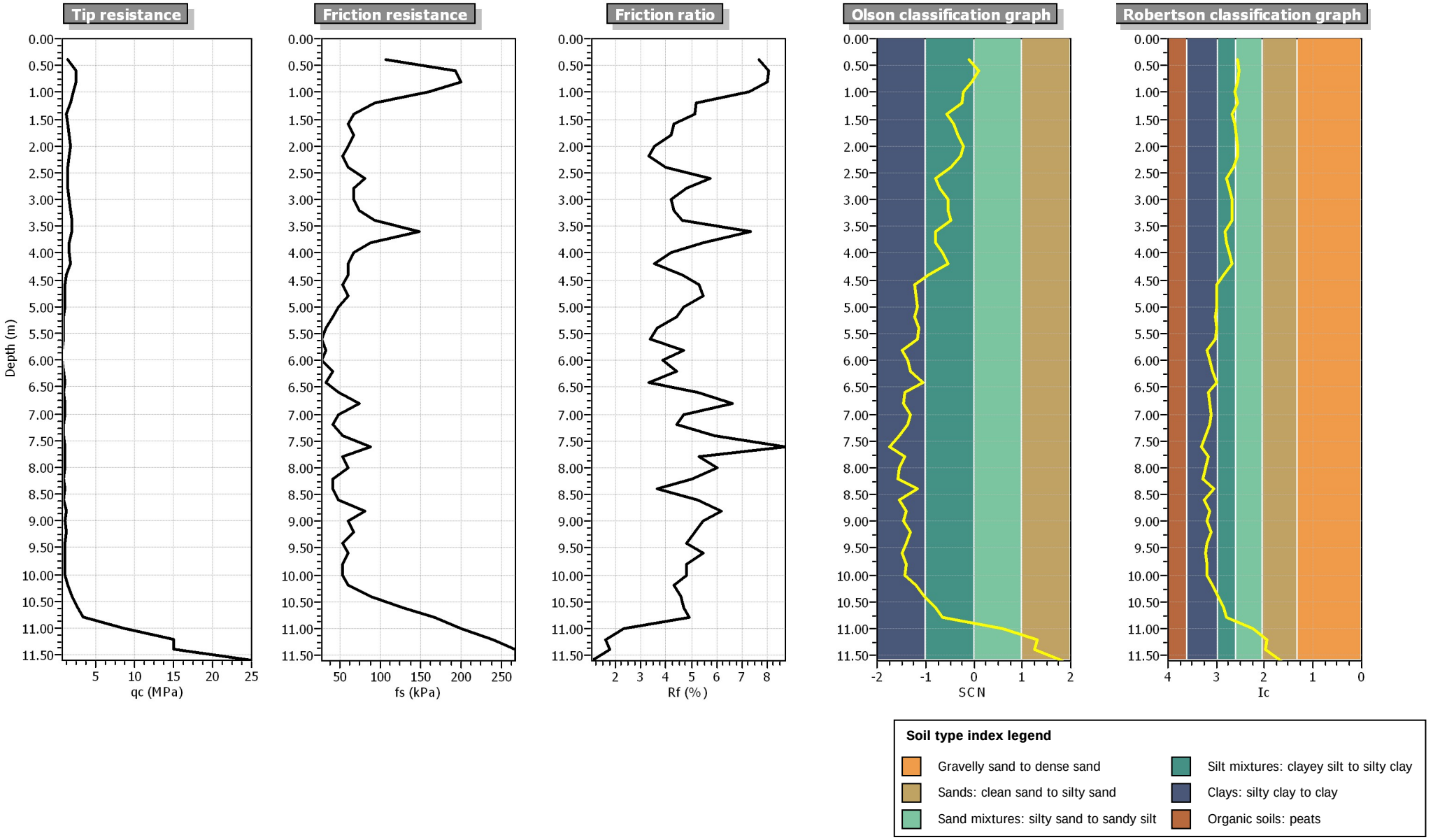
Project subtitle : VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE SU CPT 4

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w:	6.14
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground accelaration:	0.15 g
Fines correction method:	Stark & Olson (1995)	User defined F.S.:	1.00






Tip resistance
Friction resistance
Friction ratio
Olson classification graph
Robertson classification graph
Depth (m)
qc (MPa)
fs (kPa)
Rf (%)
SCN
Ic
Soil type index legend
Gravelly sand to dense sand
Sands: clean sand to silty sand
Sand mixtures: silty sand to sandy silt
Silt mixtures: clayey silt to silty clay
Clays: silty clay to clay
Organic soils: peats

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
1	0.40	1.40	107.00	33.52	19.00
2	0.60	2.40	193.00	32.04	19.00
3	0.80	2.50	200.00	33.76	19.00
4	1.00	2.20	160.00	35.63	19.00
5	1.20	1.80	93.00	33.99	19.00
6	1.40	1.30	67.00	39.22	19.00
7	1.60	1.40	60.00	36.51	19.00
8	1.80	1.60	67.00	35.16	19.00
9	2.00	1.70	60.00	32.85	19.00
10	2.20	1.60	53.00	33.60	19.00
11	2.40	1.50	60.00	37.76	19.00
12	2.60	1.40	80.00	44.97	19.00
13	2.80	1.40	67.00	42.97	19.00
14	3.00	1.60	67.00	39.50	19.00
15	3.20	1.70	73.00	39.55	19.00
16	3.40	2.00	93.00	38.76	19.00
17	3.60	2.00	147.00	46.78	19.00
18	3.80	1.60	87.00	46.20	19.00
19	4.00	1.60	67.00	42.71	19.00
20	4.20	1.70	60.00	39.72	19.00
21	4.40	1.30	60.00	49.54	19.00
22	4.60	1.00	53.00	58.58	19.00
23	4.80	1.10	60.00	57.61	19.00
24	5.00	1.00	47.00	58.04	19.00
25	5.20	0.90	40.00	60.58	19.00
26	5.40	0.90	33.00	58.04	19.00
27	5.60	0.80	27.00	60.74	19.00
28	5.80	0.70	33.00	71.97	19.00
29	6.00	0.70	27.00	69.09	19.00
30	6.20	0.90	40.00	64.68	19.00
31	6.40	1.00	33.00	57.14	19.00
32	6.60	0.90	47.00	69.44	19.00
33	6.80	1.10	73.00	69.03	19.00
34	7.00	1.00	47.00	65.67	19.00
35	7.20	0.90	40.00	68.68	19.00
36	7.40	0.90	53.00	75.26	19.00
37	7.60	1.00	87.00	81.30	19.00
38	7.80	1.00	53.00	71.05	19.00
39	8.00	1.00	60.00	74.43	19.00
40	8.20	0.80	40.00	79.55	19.00
41	8.40	1.10	40.00	62.75	19.00
42	8.60	0.90	47.00	77.59	19.00
43	8.80	1.30	80.00	69.17	19.00
44	9.00	1.10	60.00	72.74	19.00
45	9.20	1.30	67.00	66.71	19.00
46	9.40	1.10	53.00	71.50	19.00
47	9.60	1.10	60.00	74.81	19.00
48	9.80	1.10	53.00	72.84	19.00
49	10.00	1.10	53.00	73.51	19.00
50	10.20	1.40	60.00	63.58	19.00
51	10.40	1.90	87.00	56.52	19.00
52	10.60	2.70	127.00	48.84	19.00
53	10.80	3.40	167.00	45.03	19.00
54	11.00	8.50	200.00	20.78	19.00
55	11.20	15.00	240.00	11.73	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m³)
56	11.40	15.00	267.00	12.72	19.00
57	11.60	25.00	267.00	5.62	19.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c : Measured cone resistance
f_s : Sleeve friction resistance
Fines content : Percentage of fines in soil (%)
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
4	1.00	19.00	0.00	19.00	1.00	0.09	2.04	0.04	1.00	0.04
5	1.20	22.80	1.96	20.84	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
6	1.40	26.60	3.92	22.68	1.00	0.10	2.04	0.05	1.00	0.05
7	1.60	30.40	5.89	24.51	1.00	0.11	2.04	0.05	1.00	0.05
8	1.80	34.20	7.85	26.35	1.00	0.11	2.04	0.06	1.00	0.06
9	2.00	38.00	9.81	28.19	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
10	2.20	41.80	11.77	30.03	1.00	0.12	2.04	0.06	1.00	0.06
11	2.40	45.60	13.73	31.87	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
12	2.60	49.40	15.70	33.70	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
13	2.80	53.20	17.66	35.54	1.00	0.13	2.04	0.06	1.00	0.06
14	3.00	57.00	19.62	37.38	1.00	0.13	2.04	0.07	1.00	0.07
15	3.20	60.80	21.58	39.22	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
16	3.40	64.60	23.54	41.06	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
17	3.60	68.40	25.51	42.89	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
18	3.80	72.20	27.47	44.73	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
19	4.00	76.00	29.43	46.57	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
20	4.20	79.80	31.39	48.41	1.00	0.14	2.04	0.07	1.00	0.07
21	4.40	83.60	33.35	50.25	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
22	4.60	87.40	35.32	52.08	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
23	4.80	91.20	37.28	53.92	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
24	5.00	95.00	39.24	55.76	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
25	5.20	98.80	41.20	57.60	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
26	5.40	102.60	43.16	59.44	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
27	5.60	106.40	45.13	61.27	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
28	5.80	110.20	47.09	63.11	1.00	0.15	2.04	0.07	1.00	0.07
29	6.00	114.00	49.05	64.95	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
30	6.20	117.80	51.01	66.79	1.00	0.15	2.04	0.08	1.00	0.08
31	6.40	121.60	52.97	68.63	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
32	6.60	125.40	54.94	70.46	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
33	6.80	129.20	56.90	72.30	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
34	7.00	133.00	58.86	74.14	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
35	7.20	136.80	60.82	75.98	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
36	7.40	140.60	62.78	77.82	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
37	7.60	144.40	64.75	79.65	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
38	7.80	148.20	66.71	81.49	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
39	8.00	152.00	68.67	83.33	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
40	8.20	155.80	70.63	85.17	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
41	8.40	159.60	72.59	87.01	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
42	8.60	163.40	74.56	88.84	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
43	8.80	167.20	76.52	90.68	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
44	9.00	171.00	78.48	92.52	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r_d	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	K_{sigma}	CSR^*
45	9.20	174.80	80.44	94.36	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
46	9.40	178.60	82.40	96.20	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
47	9.60	182.40	84.37	98.03	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
48	9.80	186.20	86.33	99.87	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
49	10.00	190.00	88.29	101.71	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
50	10.20	193.80	90.25	103.55	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
51	10.40	197.60	92.21	105.39	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
52	10.60	201.40	94.18	107.22	1.00	0.16	2.04	0.08	1.00	0.08
53	10.80	205.20	96.14	109.06	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
54	11.00	209.00	98.10	110.90	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
55	11.20	212.80	100.06	112.74	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
56	11.40	216.60	102.02	114.58	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08
57	11.60	220.40	103.99	116.41	1.00	0.17	2.04	0.08	1.00	0.08

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)
u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)
Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)
r_d : Nonlinear shear mass factor
CSR : Cyclic Stress Ratio
MSF : Magnitude Scaling Factor
$CSR_{eq,M=7.5}$ CSR adjusted for M=7.5
K_{sigma} Effective overburden stress factor
CSR^* CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
1	1.40	50.78	5.46	56.25	2.00
2	2.40	71.08	5.18	76.26	2.00
3	2.50	64.12	5.51	69.63	2.00
4	2.20	50.47	5.75	56.22	2.00
5	1.80	39.43	5.55	44.98	0.10
6	1.30	27.30	5.75	33.05	2.00
7	1.40	28.28	5.75	34.02	2.00
8	1.60	31.17	5.75	36.91	0.08
9	1.70	32.02	5.33	37.35	0.08
10	1.60	29.20	5.48	34.68	0.08
11	1.50	26.57	5.75	32.32	2.00
12	1.40	24.12	5.75	29.86	2.00
13	1.40	23.48	5.75	29.23	2.00
14	1.60	26.17	5.75	31.92	2.00
15	1.70	27.15	5.75	32.89	2.00
16	2.00	31.21	5.75	36.96	2.00
17	2.00	30.54	5.75	36.28	2.00
18	1.60	23.92	5.75	29.67	2.00
19	1.60	23.45	5.75	29.19	2.00
20	1.70	24.43	5.75	30.18	2.00
21	1.30	18.34	5.75	24.09	2.00
22	1.00	13.86	5.75	19.60	2.00
23	1.10	14.98	5.75	20.73	2.00
24	1.00	13.39	5.75	19.14	2.00
25	0.90	11.86	5.75	17.60	2.00
26	0.90	11.67	5.75	17.42	2.00
27	0.80	10.22	5.75	15.97	2.00
28	0.70	8.81	5.75	14.56	2.00
29	0.70	8.69	5.75	14.43	2.00
30	0.90	11.01	5.75	16.76	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation $CRR_{7.5}$ (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1N}	D_q	$q_{c1n,cs}$	$CRR_{7.5}$
31	1.00	12.07	5.75	17.82	2.00
32	0.90	10.72	5.75	16.47	2.00
33	1.10	12.94	5.75	18.68	2.00
34	1.00	11.61	5.75	17.36	2.00
35	0.90	10.33	5.75	16.07	2.00
36	0.90	10.20	5.75	15.95	2.00
37	1.00	11.20	5.75	16.95	2.00
38	1.00	11.08	5.75	16.82	2.00
39	1.00	10.95	5.75	16.70	2.00
40	0.80	8.67	5.75	14.41	2.00
41	1.10	11.79	5.75	17.54	2.00
42	0.90	9.55	5.75	15.29	2.00
43	1.30	13.65	5.75	19.40	2.00
44	1.10	11.44	5.75	17.18	2.00
45	1.30	13.38	5.75	19.13	2.00
46	1.10	11.22	5.75	16.96	2.00
47	1.10	11.11	5.75	16.86	2.00
48	1.10	11.01	5.75	16.75	2.00
49	1.10	10.91	5.75	16.65	2.00
50	1.40	13.76	5.75	19.50	2.00
51	1.90	18.51	5.75	24.25	2.00
52	2.70	26.07	5.75	31.82	2.00
53	3.40	32.56	5.75	38.30	2.00
54	8.50	80.71	3.02	83.74	0.18
55	15.00	141.27	1.29	142.56	0.36
56	15.00	140.13	1.48	141.61	0.36
57	25.00	231.71	0.12	231.83	2.00

q_c : Measured cone resistance
q_{c1N} : Normalized cone resistance
D_q : Cone adjustment portion due to fines
$q_{c1N,cs}$: Normalized and adjusted cone resistance
$CRR_{7.5}$: Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	1.40	51.29	5.00	0.00	0.00
2	2.40	71.79	5.00	0.00	0.00
3	2.50	64.76	5.00	0.00	0.00
4	2.20	50.97	5.00	0.00	0.00
5	1.80	39.82	2.11	0.00	0.00
6	1.30	27.57	5.00	0.00	0.00
7	1.40	28.56	5.00	0.00	0.00
8	1.60	31.48	1.51	0.18	0.04
9	1.70	32.34	1.46	0.21	0.04
10	1.60	29.49	1.34	0.36	0.07
11	1.50	26.84	5.00	0.00	0.00
12	1.40	24.35	5.00	0.00	0.00
13	1.40	23.72	5.00	0.00	0.00
14	1.60	26.43	5.00	0.00	0.00
15	1.70	27.42	5.00	0.00	0.00
16	2.00	31.52	5.00	0.00	0.00
17	2.00	30.84	5.00	0.00	0.00
18	1.60	24.16	5.00	0.00	0.00
19	1.60	23.68	5.00	0.00	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
20	1.70	24.68	5.00	0.00	0.00
21	1.30	18.52	5.00	0.00	0.00
22	1.00	13.99	5.00	0.00	0.00
23	1.10	15.13	5.00	0.00	0.00
24	1.00	13.53	5.00	0.00	0.00
25	0.90	11.98	5.00	0.00	0.00
26	0.90	11.79	5.00	0.00	0.00
27	0.80	10.32	5.00	0.00	0.00
28	0.70	8.90	5.00	0.00	0.00
29	0.70	8.77	5.00	0.00	0.00
30	0.90	11.12	5.00	0.00	0.00
31	1.00	12.19	5.00	0.00	0.00
32	0.90	10.83	5.00	0.00	0.00
33	1.10	13.07	5.00	0.00	0.00
34	1.00	11.73	5.00	0.00	0.00
35	0.90	10.43	5.00	0.00	0.00
36	0.90	10.30	5.00	0.00	0.00
37	1.00	11.32	5.00	0.00	0.00
38	1.00	11.19	5.00	0.00	0.00
39	1.00	11.06	5.00	0.00	0.00
40	0.80	8.75	5.00	0.00	0.00
41	1.10	11.91	5.00	0.00	0.00
42	0.90	9.64	5.00	0.00	0.00
43	1.30	13.79	5.00	0.00	0.00
44	1.10	11.55	5.00	0.00	0.00
45	1.30	13.52	5.00	0.00	0.00
46	1.10	11.33	5.00	0.00	0.00
47	1.10	11.22	5.00	0.00	0.00
48	1.10	11.12	5.00	0.00	0.00
49	1.10	11.02	5.00	0.00	0.00
50	1.40	13.89	5.00	0.00	0.00
51	1.90	18.69	5.00	0.00	0.00
52	2.70	26.33	5.00	0.00	0.00
53	3.40	32.88	5.00	0.00	0.00
54	8.50	81.52	2.25	0.00	0.00
55	15.00	142.68	4.49	0.00	0.00
56	15.00	141.53	4.41	0.00	0.00
57	25.00	234.01	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 0.15

q_c : Measured cone resistance
q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
FS_L : Factor of safety against liquefaction
e_v : Post-liquefaction volumentric strain
Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.00	9.50	0.00
5	0.00	9.40	0.00	6	0.00	9.30	0.00
7	0.00	9.20	0.00	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

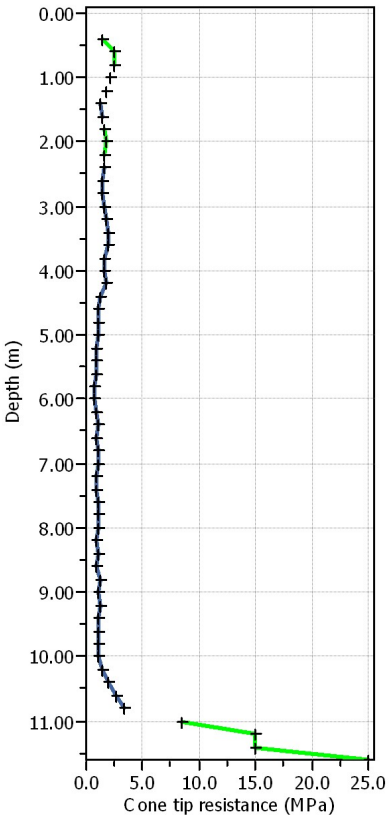
Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00
57	0.00	4.20	0.00				

Overall potential I_L : 0.00

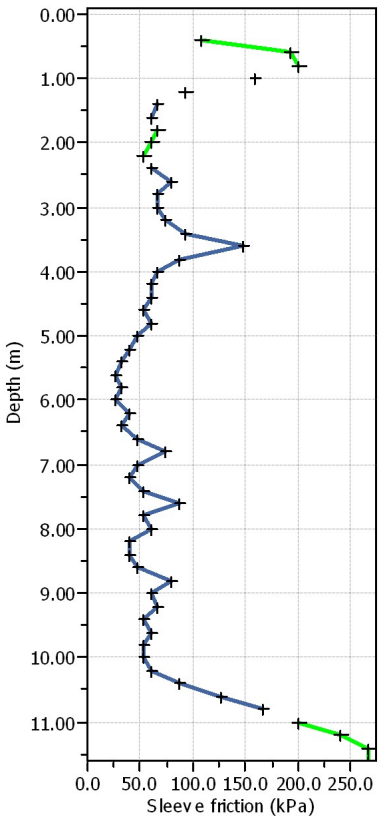
I_L = 0.00 - No liquefaction
I_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
I_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
I_L > 15.00 - Liquefaction certain

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web site: www.ambienteeterritoriosrl.it
Liquefaction analysis processed with: LiqIT v.4.7.7.1 - Geologismiki - Geotechnical Software

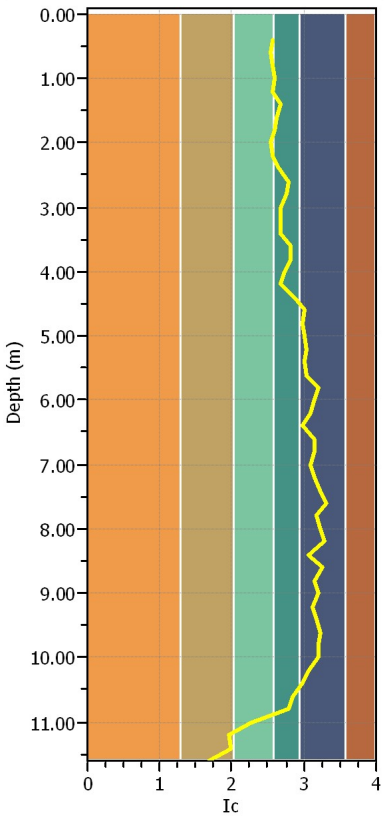
Tip resistance graph



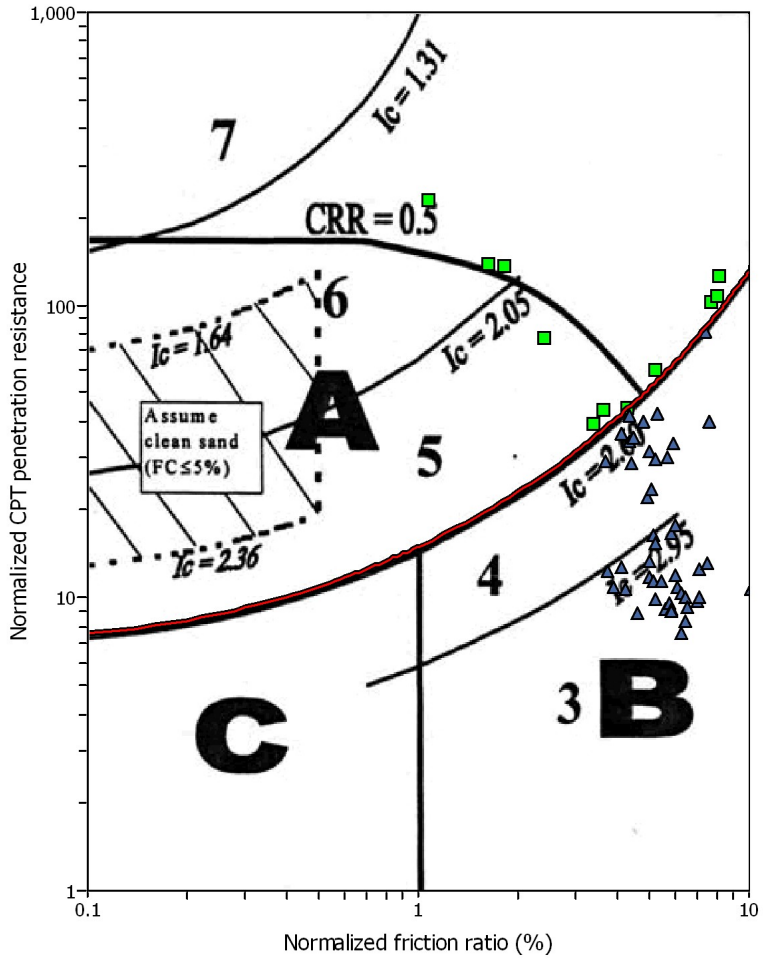
Sleeve friction graph



Soil behaviour type index Ic



Summary of liquefaction potential



Zone A: Cyclic liquefaction possible - depends on size and duration of cyclic loading.
Zone B: Liquefaction unlikely - check other criteria.
Zone C: Flow/cyclic liquefaction possible - depends on soil plasticity and sensitivity as well as size and duration of cyclic loading.

- Ic cutoff value (2.60)
- Point does not meet criteria (assumed not susceptible to liquefaction)
- Point meets criteria and will be tested

Total points:	**57**
Points accepted for testing:	**11**
Points excluded for testing:	**46**

Soil type index legend

- Gravelly sand to dense sand
- Sands: clean sand to silty sand
- Sand mixtures: silty sand to sandy silt
- Silt mixtures: clayey silt to silty clay
- Clays: silty clay to clay
- Organic soils: peats