



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Comune di Cento Provincia di Ferrara

Piano della Ricostruzione – Secondo stralcio (Variante al PRG)

Località Capoluogo, via del Pioppo – Modifica classificazione da zona G1 a nuova zona C.20

Riferimenti catastali Fg 49 mapp. 2175 comune di Cento Fe



Committente: **Tamburini Maurizio**
Via Guercino n. 17/1
44042 Cento Fe

05 Marzo 2015

Studio S.S.T. Settore Geologia e Ambiente

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.



INDICE:

1. PREMESSA	2
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	3
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	3
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA	3
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI	6
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	9
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	10
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	11
3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA.....	11
Azioni sismiche "Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna"	11
Categoria di suolo di fondazione – Secondo D.M. 14/01/08.....	12
Parametri sismici secondo "D.M. 14 gennaio 2008"	14
Magnitudo di progetto	17
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	18
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI.....	22
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI	23
6. CONCLUSIONI	28

ALLEGATO: certificati delle prove geologiche effettuate dalla ditta Demetra srl

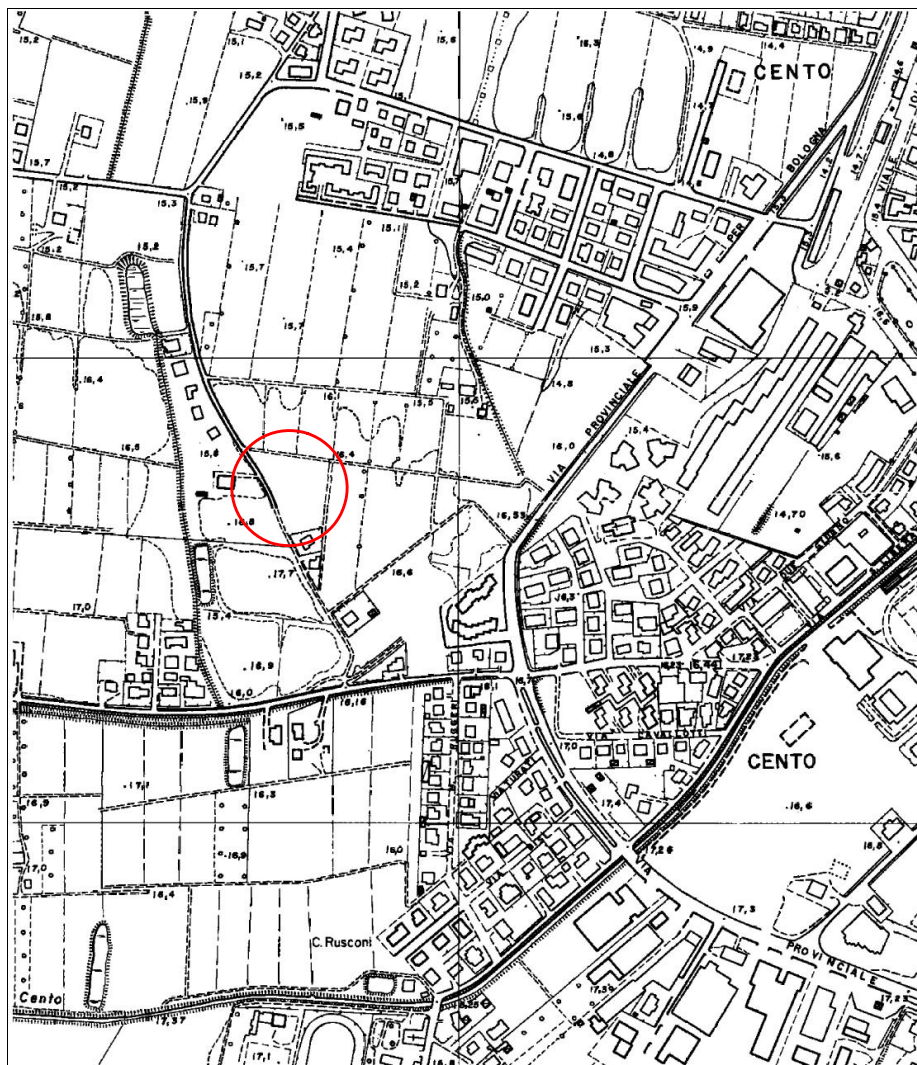
ALLEGATO: relazione geofisica per prova MASW

ALLEGATO: Studi sismici della Regione Emilia Romagna - Ordinanza n. 70 del 13/11/2012 e cartografia di riferimento

1. PREMESSA

Su incarico del Sig. Tamburini Maurizio, residente in via Guercino n. 17/1 a Cento (FE), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e sismica per la modifica di classificazione da zona G1 a nuova zona C.20 nel Piano della Ricostruzione del comune di Cento dell'area censita al NTC del comune di Cento (FE) ai seguenti mappali: Fg. 49 mapp. 2175.

In FIGURA 1.1 si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.



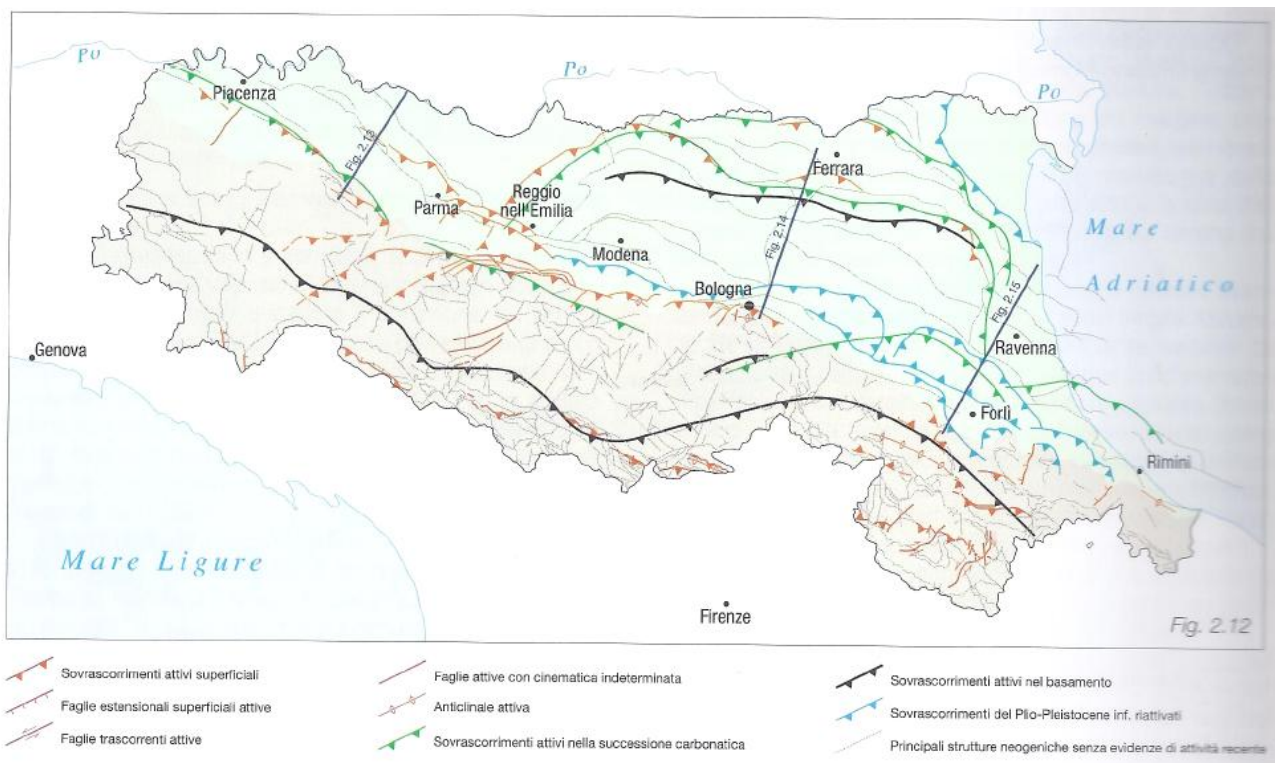
Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. N.30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n°617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna “Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico” per gli studi di microzonizzazione sismica.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella FIGURA 2.1 si riporta la mappa dei principali sovrascorrimenti attivi nel substrato roccioso emiliano-romagnolo e le sezioni passanti in prossimità di Cento.



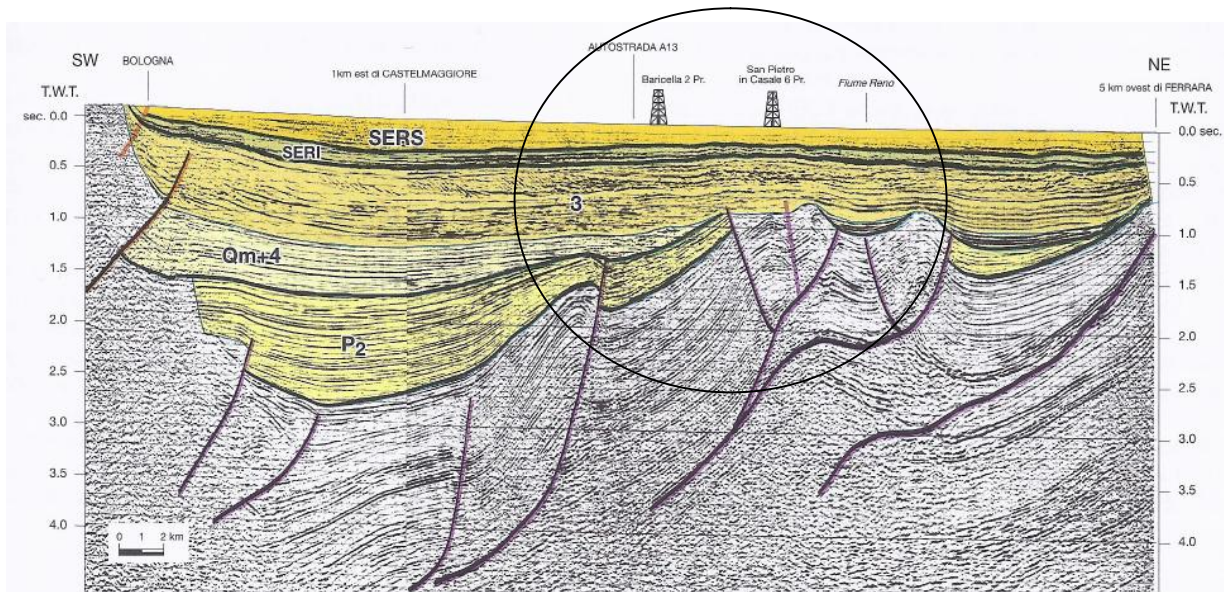


Fig. 2.14

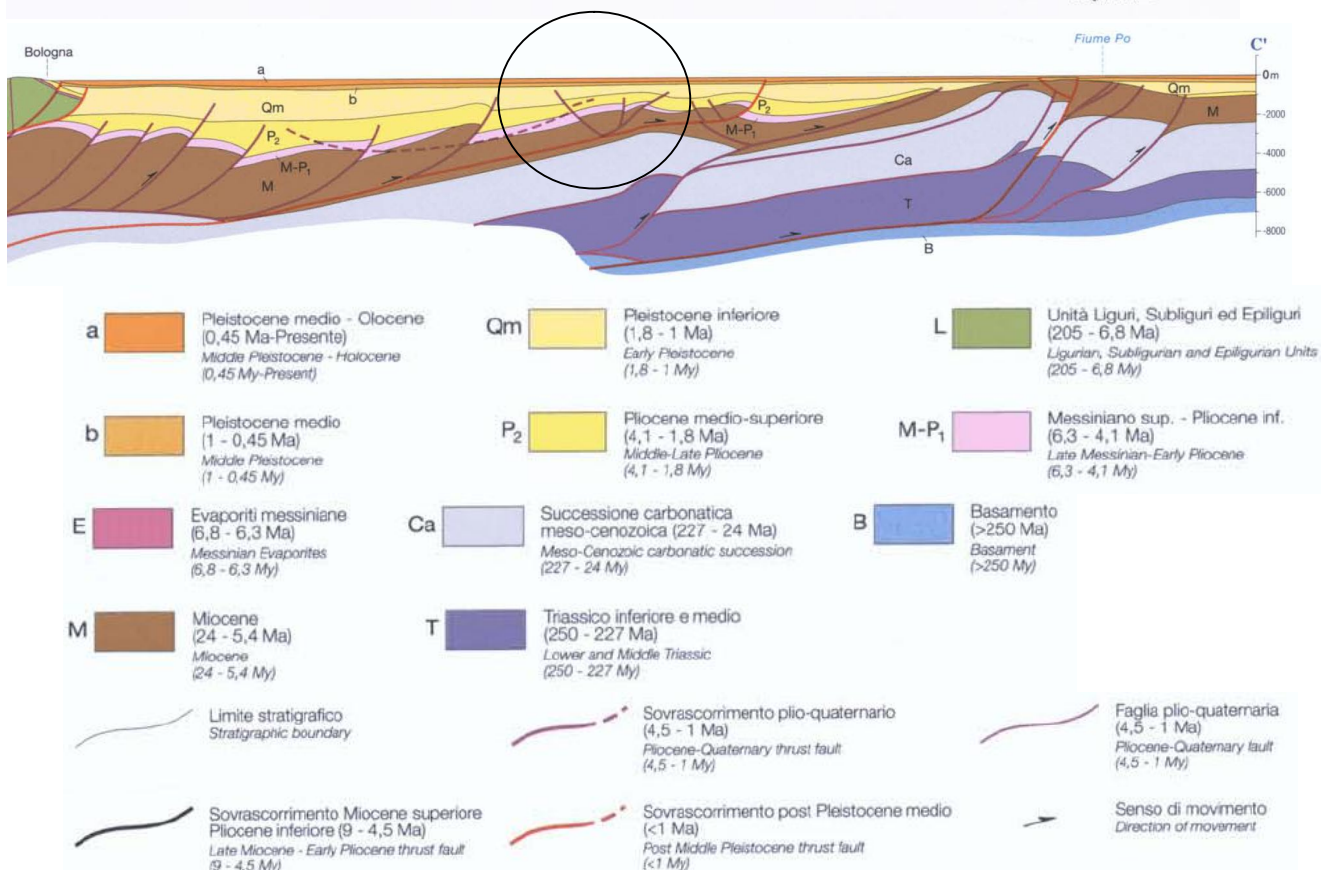


FIGURA 2.1 – Principali strutture del substrato geologico in corrispondenza del Contese..

Nella FIGURA 2.2 si riporta uno stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine dell'attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Cento era stata inserita nella OPCM 3274/2003.

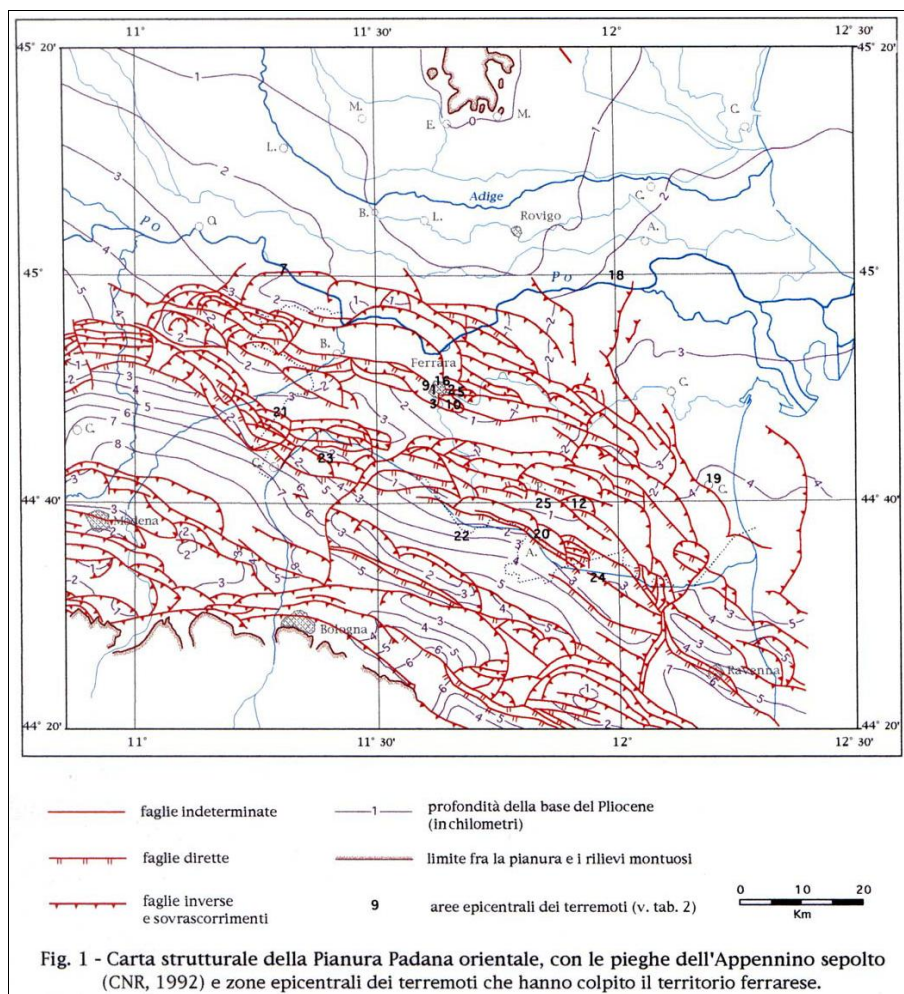


FIGURA 2.2– Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR,1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Cento ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.3), e potenzialmente è sede epicentrale di eventi sismici.

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$ (INGV, Veletti e Malensise, 2004).

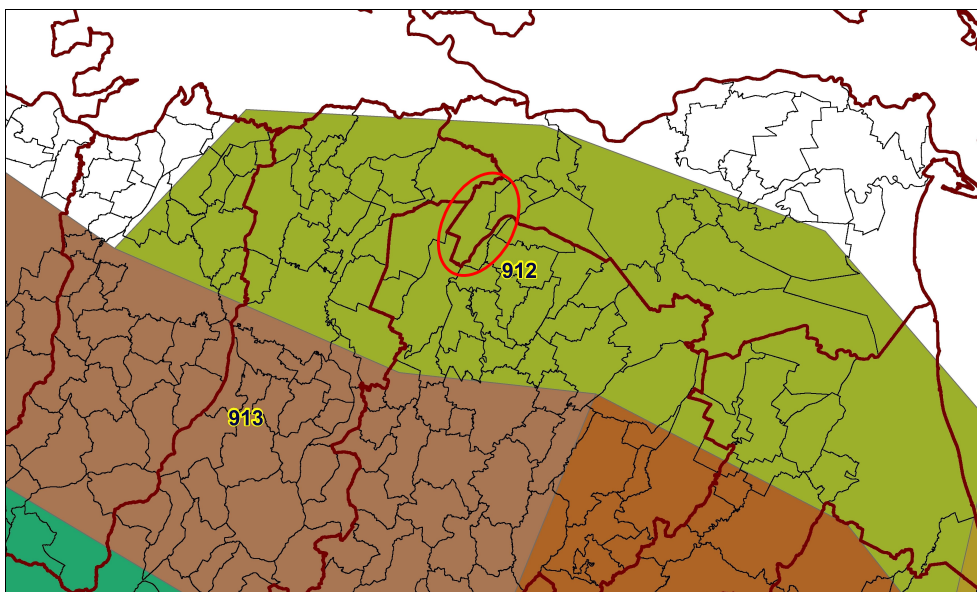


FIGURA 2.3 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

Generalmente i sedimenti che si rilevano a Cento sono di derivazione alluvionale, legati agli apporti dei fiumi appenninici in modo particolare al fiume Reno. Si rilevano depositi di canale e di argine prossimale con sedimenti tipici di alta e bassa energia idrodinamica.

Generalmente nel sito allo studio si rilevano sedimenti argilloso limosi, con possibile presenza di livelli torbosi; talora è possibile rilevare anche banchi sabbiosi di spessori da decimetrici a metrici a diverse profondità.

Per la validazione del modello geologico sono state prese in considerazione delle indagini bibliografiche eseguite nel lotto adiacente a quello in esame, consistenti in n. 3 prove penetrometriche statiche CPT, spinte fino alla profondità massima di -25,20 m dal p.c., eseguite nel dicembre 2014 dalla ditta Demetra srl., allegate a corredo della relazione geologica della dott.ssa geol. Cecilia Agostini.

Nella relazione è riportato che: non è stato possibile raggiungere profondità maggiori a causa del disancoraggio dello strumento di indagine, provocato dalla insufficiente resistenza offerta dai terreni superficiali rispetto a quelli profondi.

Viene inoltre presa in considerazione un'indagine sismica, realizzata tramite la tecnica MASW attiva e passiva che ha potuto investigare i terreni fino a oltre 30 m di profondità, sempre estrapolata dalla relazione della dott.ssa Agostini.

Attraverso dati bibliografici si ricava che la stratigrafia dell'area allo studio è caratterizzata da terreni coesivi fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

In FIGURA 2.4 si riporta l'ubicazione delle indagini bibliografiche e in FIGURA 2.5 i diagrammi di resistenza.

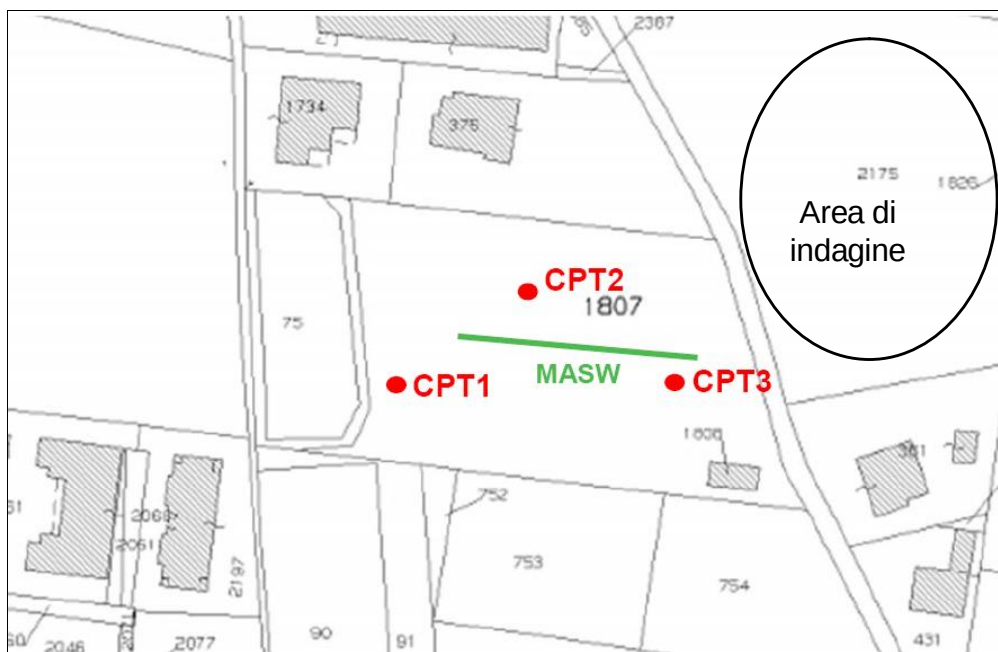
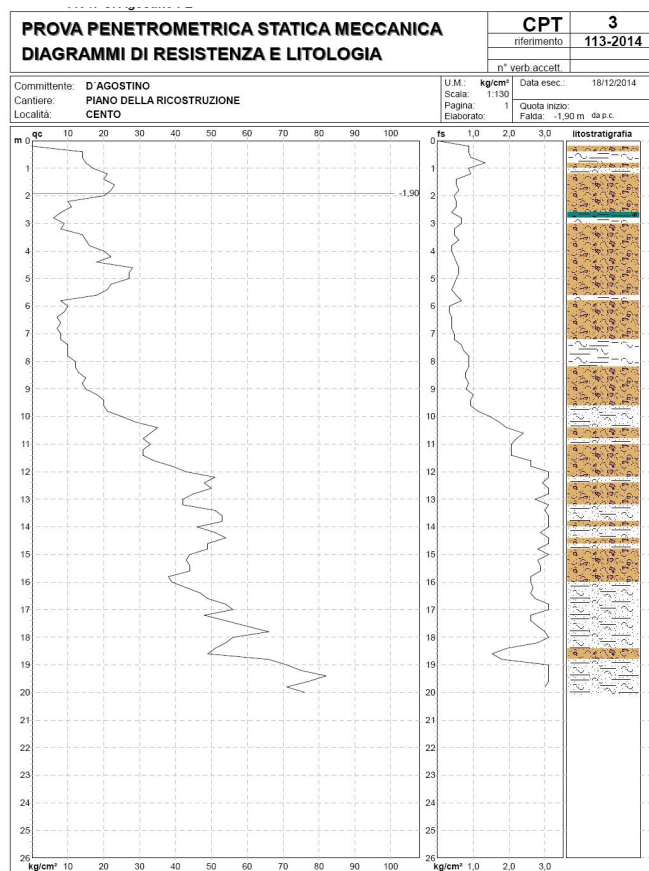
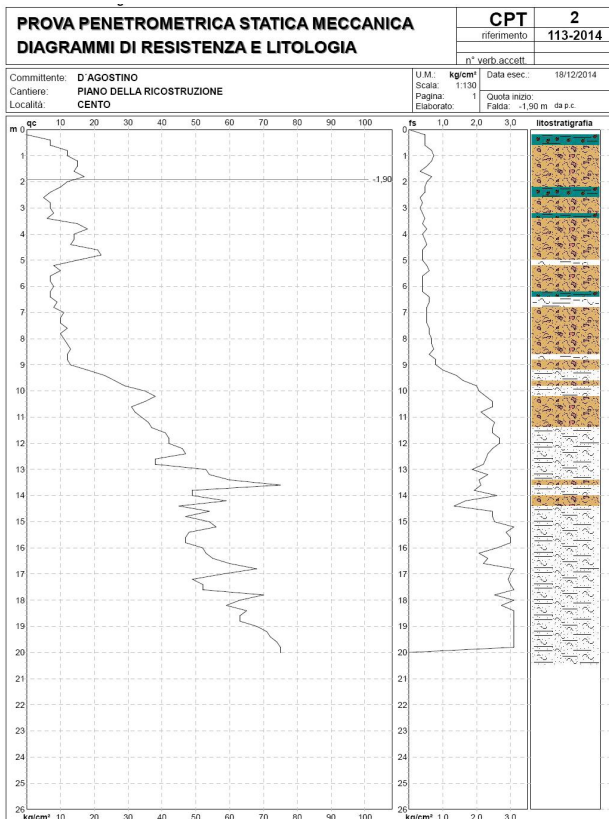
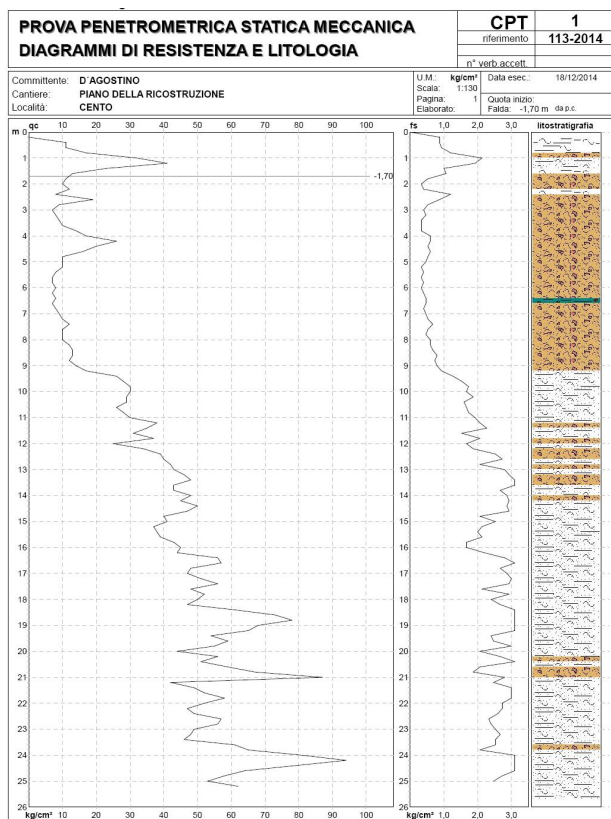


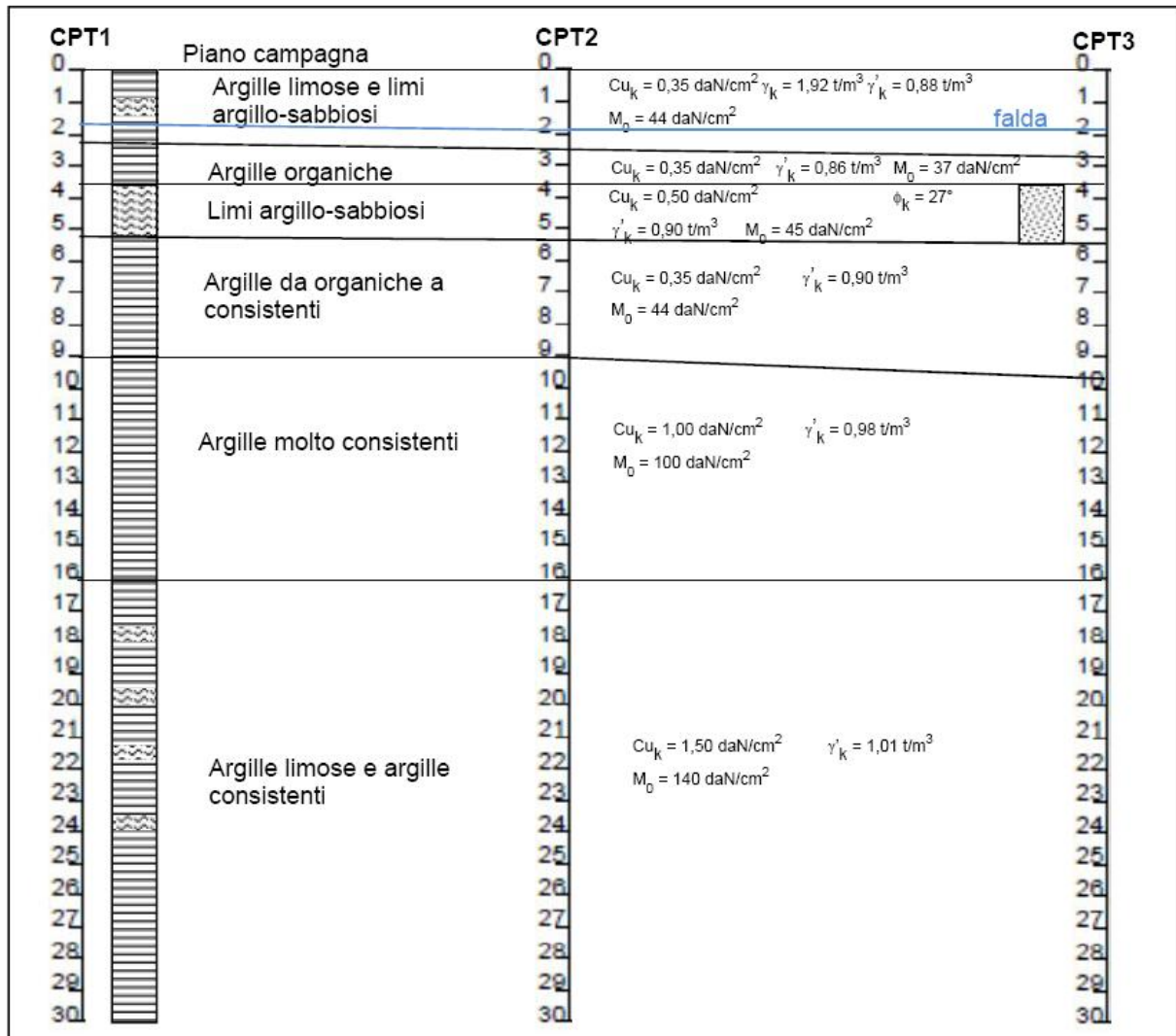
FIGURA 2.4 - l'ubicazione delle indagini bibliografiche



Diagrammi di resistenza delle tre prove penetrometriche statiche bibliografiche CPT

Di seguito viene illustrato il modello geotecnico schematico estrapolato dalla relazione geologica della dott.ssa geol. Cecilia Agostini.

Modello geotecnico



2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico l'assetto del territorio su cui si interviene risulta determinato essenzialmente da una dinamica di tipo fluviale che ha generato nel corso del tempo e mediante il susseguirsi di eventi, il deposito e l'accumulo dei sedimenti prevalentemente distali.

In particolare la sua evoluzione è legata al fiume Reno. Generalmente in quest'area prevalgono sedimenti alluvionali di catino interfluviale, depositatisi in ambiente di bassa energia idrodinamica, dunque prevalentemente si rinvencono terreni coesivi.

Analizzando la FIGURA 2.5, che riporta una zoomata della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara, si può notare come il sito allo studio sia ubicato in una posizione distale rispetto al paleoalveo.

Nell'area non ci sono segni topografici o tracce ben visibili, che indichino la presenza di paleoalvei minori o canali di esondazione fluviale, ma il tessuto urbano è così antropizzato che è difficile rilevare in sito questa tipologia di forme.

Le litologie presenti non possono pertanto essere definite senza un'indagine puntuale, poiché sedimenti generalmente fini di esondazione fluviale, e sedimenti generalmente più grossolani di alveo, sono stati sovrapposti, rendendo possibile la presenza di sabbie, o limi, o argille, o torbe, o miscele binarie e ternarie degli stessi, senza il rispetto di regole fisse sulla loro presenza e sulla loro distribuzione geometrica.

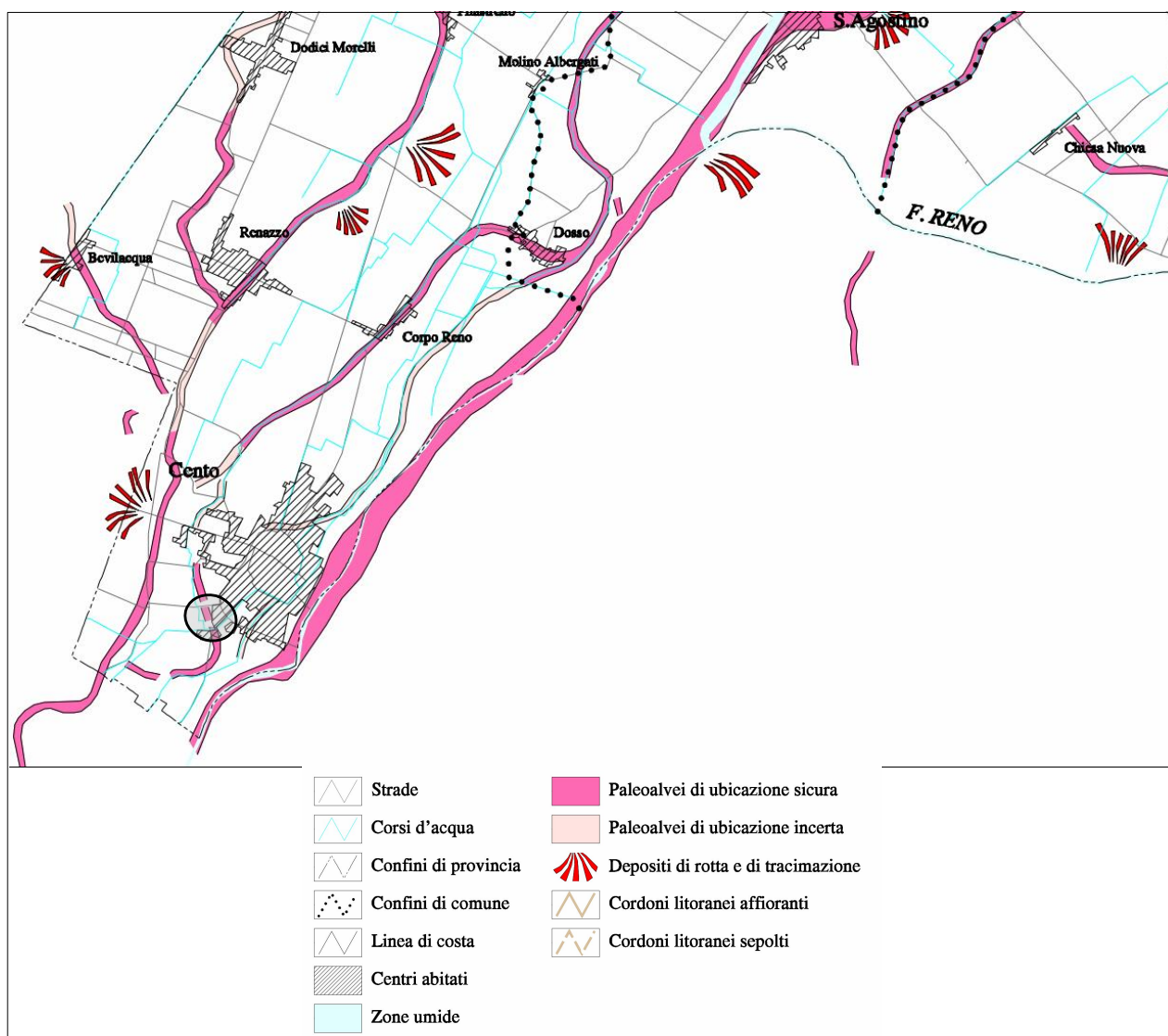


FIGURA 2.5 – Zoomata della carta Geomorfologica della provincia di Ferrara

2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Al momento delle prove il livello statico della falda è stata registrata alla quota di -1,70 / -1,90 m dal p.c.

Dall'osservazione dei dati storici reperiti presso le banche dati consultabili della Regione Emilia Romagna, si stima un'oscillazione stagionale della falda indicativamente compresa tra -0,60 m e -2,00 m da p.c.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

Le frequenti precipitazioni di questo periodo alterano in modo significativo i livelli di falda rendendoli sempre più prossimi ai piani campagna, imbibendo i terreni superficiali.

I caratteri prevalentemente argillosi e dunque poco permeabili dei litotipi affioranti, fanno sì che il territorio abbia dei coefficienti di deflusso superficiale delle acque meteoriche piuttosto alti.

La circolazione delle acque nel territorio in esame risulta governata in modo particolare dal fiume Reno.

L'area è attraversata da una serie di canalizzazioni secondarie, costituite da canalini interpoderali o interaziendali, che regolano lo scolo e l'irrigazione dell'area. Le acque meteoriche che precipitano all'interno dell'area che delimita il sito in esame vengono convogliate verso sud al canale di Cento.

In FIGURA 2.6 si riporta uno stralcio della *Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996* (Amministrazione provinciale di Ferrara), dove vengono evidenziati i tracciati dei canali di scolo. Da questa carta si può inoltre evincere che l'area in esame è stata soggetta ad allagamenti persistenti (area tratteggiata) in seguito a piogge intense per un periodo fino a 2 fino.

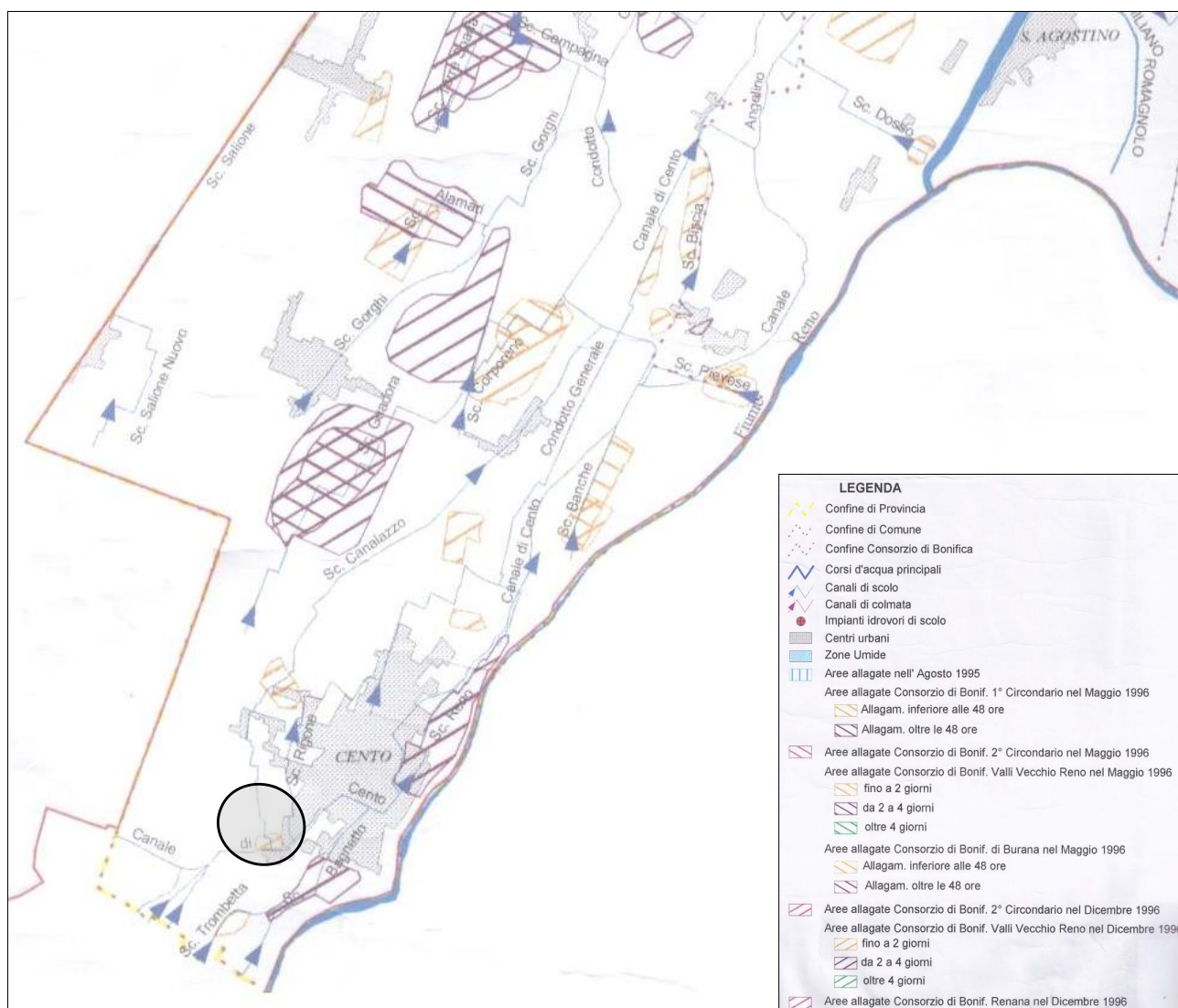


FIGURA 2.6– Particolare della Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996
(Amministrazione provinciale di Ferrara)

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo massima di 5,9.

Azioni sismiche “Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna”

L'Atto di indirizzo e coordinamento 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 ed urbanistica” fornisce i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia Romagna.

Per il comune di Cento vengono previste accelerazioni massime di 0.157g.

Nel medesimo atto viene specificato che in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti (PIANURA 2), come nel caso in esame, per suoli caratterizzati da valori di V_{s30} fino a 300 m/s si dovrà adottare un fattore di amplificazione sismica $F.A.=1,50$ per cui l'accelerazione diventerà $A_{max}=0,235$.

Accelerazione di progetto = 0,235 g

In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.) (PIANURA 2) si devono usare le seguenti tabelle.

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

In FIGURA 3.1 è riportato lo spettro di risposta secondo l'atto di indirizzo 112/2007.

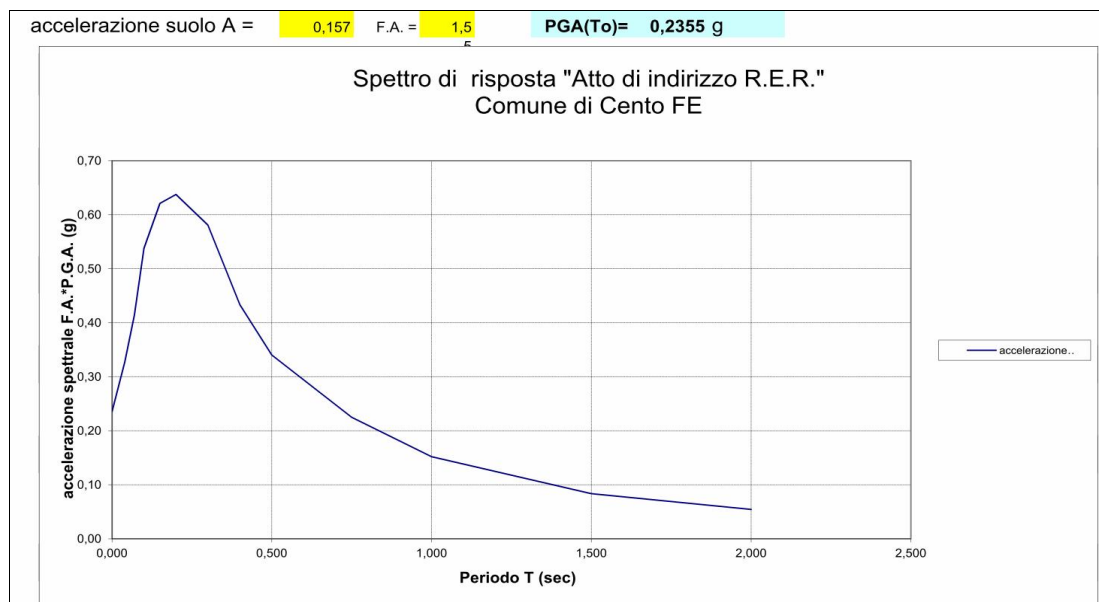


FIGURA 3.1 – Spettro di risposta secondo atto di indirizzo con $T_R=475$ anni, smorzamento = 5%.

Categoria di suolo di fondazione – Secondo D.M. 14/01/08

La categoria di suolo dipende dal valore di V_{s30} . Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 3.1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}} \quad \text{eq. 3.1}$$

dove,

V_{s30} : velocità media ponderata delle onde di taglio "S",

h_i : spessore dello strato i -esimo,

v_i : velocità delle onde di taglio "S" nello strato i -esimo.

Il valore di V_{s30} è stato rilevato attraverso un'indagine sismica mediante il metodo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) attivo e passivo.

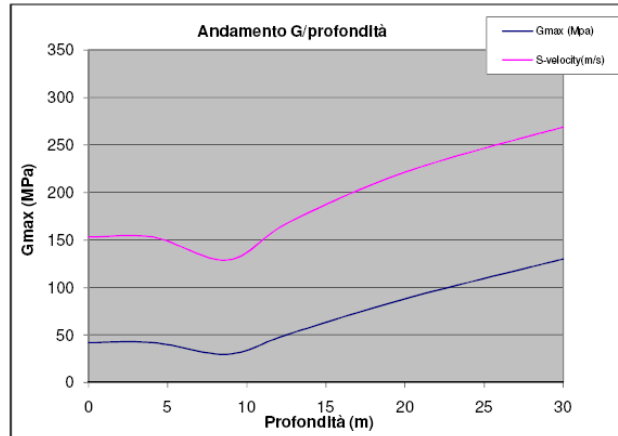
La prova eseguita dalla ditta INDAGO, nel lotto adiacente a quelle in esame, è ubicata in FIGURA 2.4.

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

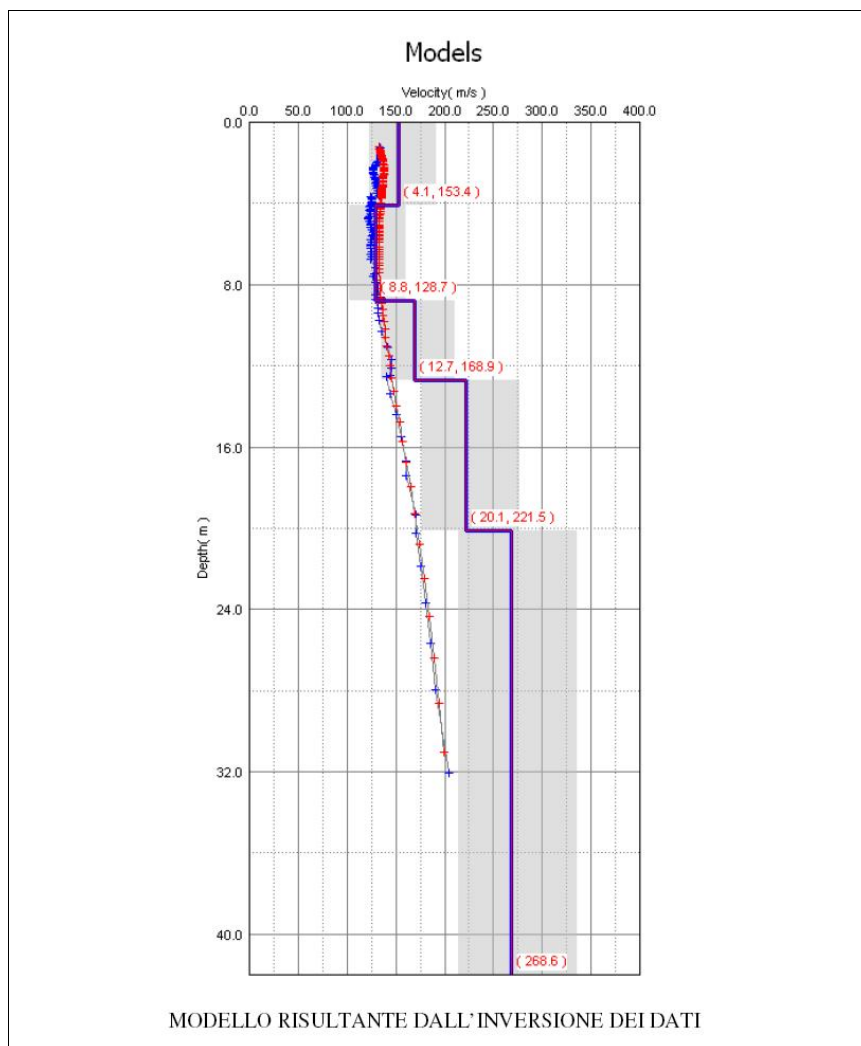
Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle V_s fino a oltre 30 m di profondità.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	153	42	1.80
4.1	153	42	1.80
8.8	129	30	1.80
12.7	169	51	1.80
20.1	222	89	1.80
30.0	269	130	1.80



V_{s30} (m/s) = 192



Il valore di V_{s30} è di 192 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.

$V_{s30} = 192$ m/s Categoria di suolo C

Parametri sismici secondo "D.M. 14 gennaio 2008"

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14/01/2008, attribuisce al comune di Cento un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo appartenente all'intervallo 0,150 – 0,175, con $T=0$, su suolo rigido ($V_{s30}>800\text{m/sec}$) e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

In FIGURA 3.4, si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

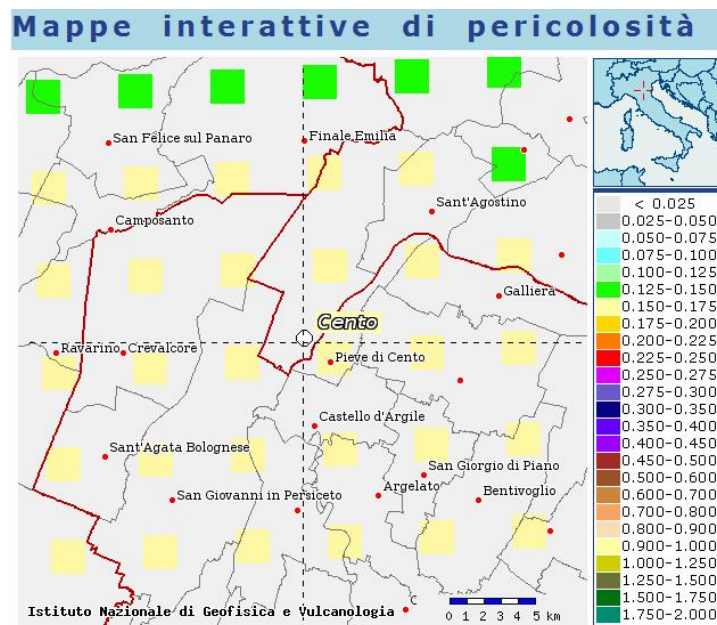


FIGURA 3.4 – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta. Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma per tutti i siti italiani, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella Tabella 3.1 tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi Stati Limite a cui si può spingere la progettazione. In questo caso si propone lo Stato Limite di Salvaguardia della vita, ma sarà responsabilità del progettista scegliere lo stato limite più consono in base alla tipologia di progetto.

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%

Tabella 3.1 - D.M. 14-01-2008 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Di seguito si riportano i parametri sismici calcolati secondo un approccio “sito dipendente”.

Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, si possono ottenere i valori dei suddetti parametri spettrali (a_g , F_0 e T^*c) del sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (FIGURA 3.5).

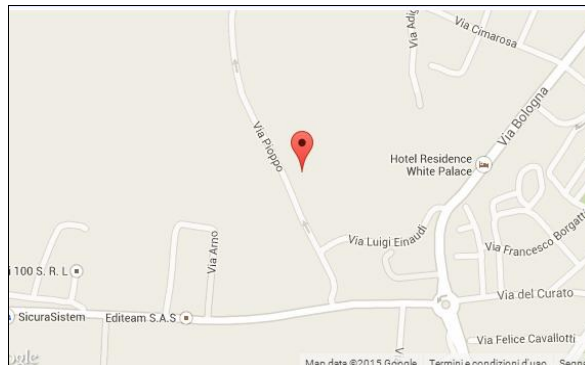


FIGURA 3.5 – Vertici della griglia di riferimento

fonte: <http://www.geostru.com/geoapp/Parametri-Sismici.aspx>

Si valutano i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*c per il sito di progetto (approccio “sito-dipendente”) a titolo esemplificativo considerando l'amplificazione stratigrafica e topografica (T1) (Cap. 3.2 del D.M. 2008) la categoria del sottosuolo (C) e la classe d'uso della costruzione (II) (Cap. 2.4 del D.M. 2008).

Per le analisi di microzonizzazione sismica si utilizzano i dati di scuotimento sismico con tempi di ritorno di $T_R=475$.

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 44,725216
longitudine: 11,277645
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15841	Lat: 44,7136	Lon: 11,2400	Distanza: 3243,998
Sito 2	ID: 15842	Lat: 44,7149	Lon: 11,3102	Distanza: 2818,337
Sito 3	ID: 15620	Lat: 44,7649	Lon: 11,3085	Distanza: 5040,025
Sito 4	ID: 15619	Lat: 44,7636	Lon: 11,2381	Distanza: 5287,333

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
 a_g : 0,044 g
 F_0 : 2,508
 T^*c : 0,256 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,056 g
Fo: 2,483
Tc*: 0,269 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,157 g
Fo: 2,591
Tc*: 0,273 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,209 g
Fo: 2,536
Tc*: 0,279 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,007
Amax: 0,642
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,008
Amax: 0,823
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,460
Cc: 1,610
St: 1,000
Kh: 0,055
Kv: 0,027
Amax: 2,245 (Amax / g=0,2288)
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,081

Kv: 0,040
Amax: 2,834
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com

Magnitudo di progetto

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$. Nei tempi storici erano stati stimati eventi con magnitudo di 5,6. Durante gli eventi del maggio 2012 si sono liberate energie sismiche sulla dorsale ferrarese con magnitudo di 5,9 (che è stato stimato da Picotti, 2013, come evento con T_R di 1000 anni). Conservativamente lo scrivente adotterà per le analisi della liquefazione delle sabbie la magnitudo di 6,14.

Magnitudo di progetto
 $M = 6,14$ Mw

In FIGURA 3.6 sono riportati i sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti; i terremoti storici in questa area allo studio sono decisamente più bassi.

Comune	Lat.	Lon.	Imax	Mw
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
BONDENO	44.88857	11.41666	8	5,6
CENTO	44.72685	11.28937	7	5,2
CODIGORO	44.83096	12.10568	<= 6	4,8
COMACCHIO	44.69444	12.18290	7	5,2
COPPARO	44.89391	11.82986	8	5,6
FERRARA	44.83559	11.61842	8	5,6
FORMIGNANA	44.84187	11.85894	8	5,6
JOLANDA DI SAVOIA	44.88518	11.97726	7	5,2
LAGOSANTO	44.76249	12.13965	7	5,2
MASI TORELLO	44.79369	11.79704	8	5,6
MASSA FISCAGLIA	44.80818	12.01334	7	5,2
MESOLA	44.92060	12.23033	<= 6	4,8
MIGLIARINO	44.77058	11.93149	8	5,6
MIRABELLO	44.82534	11.46031	8	5,6
OSTELLATO	44.74516	11.94085	8	5,6
POGGIO RENATICO	44.76571	11.48392	8	5,6
PORTOMAGGIOR	44.69759	11.80509	8	5,6
RO	44.94634	11.76146	8	5,6
SANT'AGOSTINO	44.79258	11.38519	8	5,6
VIGARANO MAINARDA	44.84191	11.49759	8	5,6
VOGHIERA	44.75737	11.75011	8	5,6
TRESIGALLO	44.81771	11.89393	8	5,6
GORO	44.85334	12.30076	<= 6	4,8
MIGLIARO	44.79835	11.97311	7	5,2
Mw=0,430Imax+2.182				

FIGURA 3.6 - Sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici

3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento M_w inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- -frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
- $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
- $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

Dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 3.7 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di $M > 7$.

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa D_r del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili ("Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile" di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con $D_r > 70\%$ vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

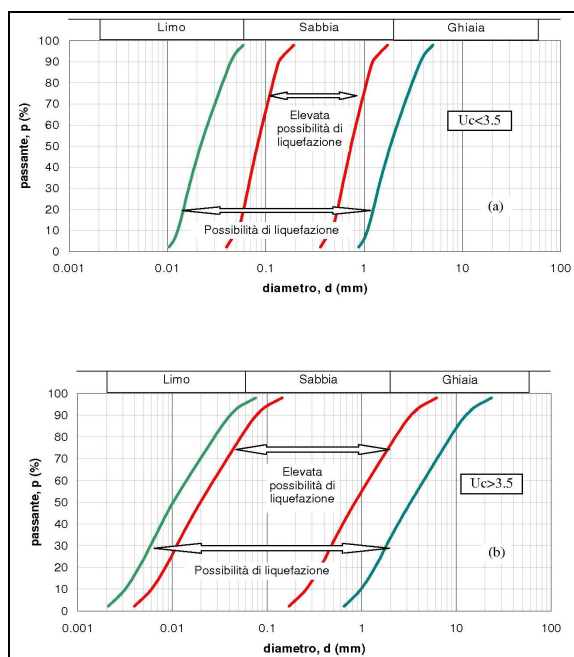


FIGURA 3.7 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

Il D.M. 14/01/2008 ha riassunto in questi 5 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*

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

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} 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 nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Dalla relazione geologica della dott.ssa geol. Cecilia Agostini emerge che:

- nella CPT1 è presente un livello liquefacibile dello spessore di 40 cm alla profondità di 4,20 m dal p.c.

- nella CPT2 i livelli a rischio di liquefazione sono due, spessi 240 cm, rispettivamente a 3,60 e 4,60 m dal p.c.

- nella CPT3 risultano suscettibili a liquefazione i sedimenti al contorno della superficie freatica e i sedimenti compresi tra 3,80 e 5,40 m dal p.c. con indice di liquefazione elevato.

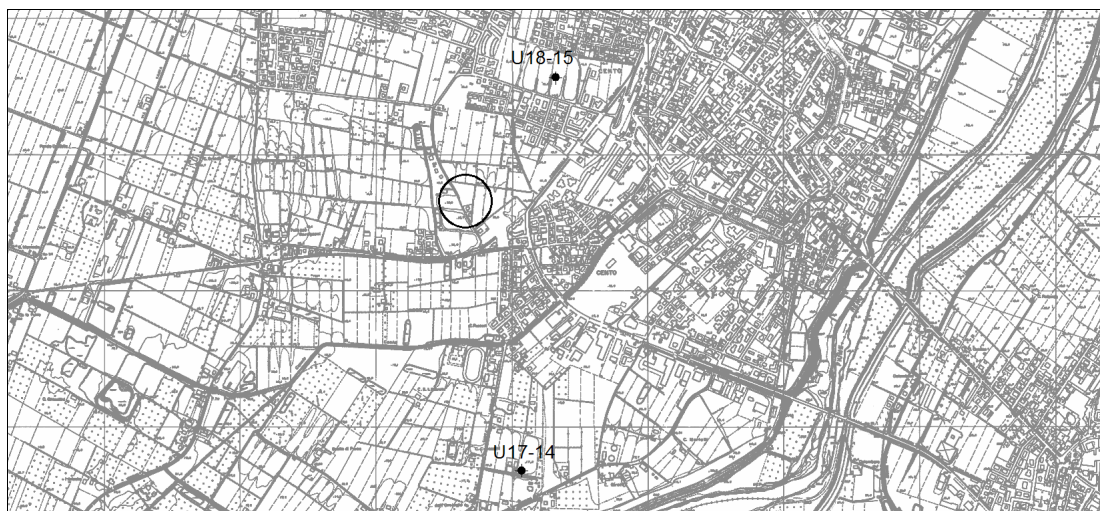
La verifica del rischio di liquefazione effettuata sulla base dei dati geofisici acquisiti tramite la prova MASW individua il rischio di liquefazione per i sedimenti per il livello giacente 5 m di profondità e tra 10 e 12 m dal p.c.; per quest'ultimo strato il rischio è escluso per la natura litologica coesiva e per il primo il rischio è riscontrabile solo in CPT3.

In sostanza i dati delle MASW permettono di confermare l'esclusione del rischio di liquefazione per i terreni indagati con CPT1 e CPT2 e di confermare il rischio per i terreni indagati con CPT3 e compresi tra 3,80 e 5,40 m dal p.c.

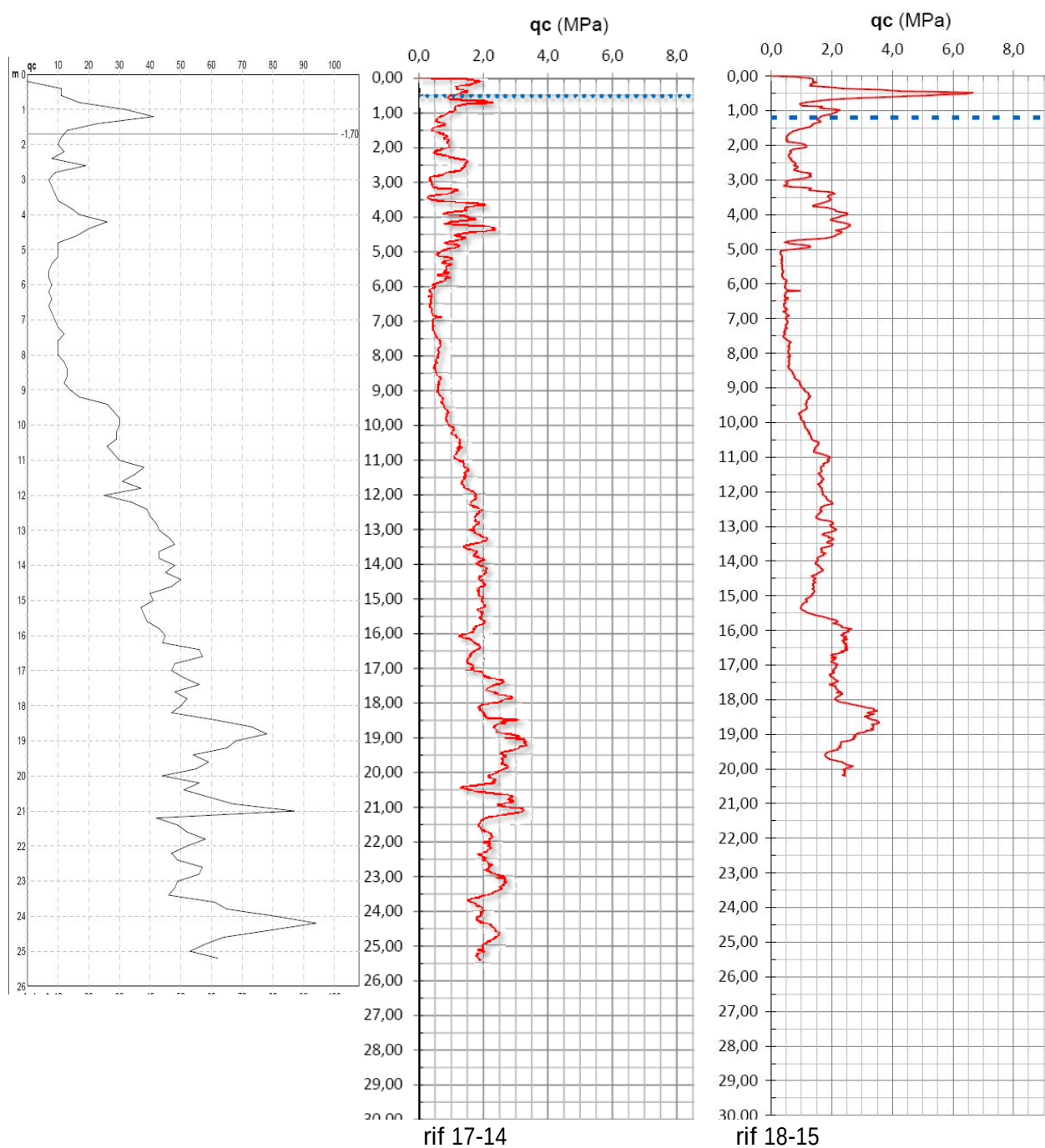
Verranno ora di seguito riportate due verifiche della liquefazione delle sabbie effettuate dallo scrivente rispettivamente a nord e a sud rispetto al sito allo studio, su prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, che presentano una stratigrafia simile a quella del sito allo studio.

Per il calcolo si è considerata una magnitudo di 6,14 e un'accelerazione di progetto di 0,23g.

Ai fini del calcolo è stata considerata la prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU2 con rif. U18-15 e CPTU1 con rif. U17-14. In FIGURA 3.8 si riportano i diagrammi di resistenza e la ubicazione rispetto al sito allo studio



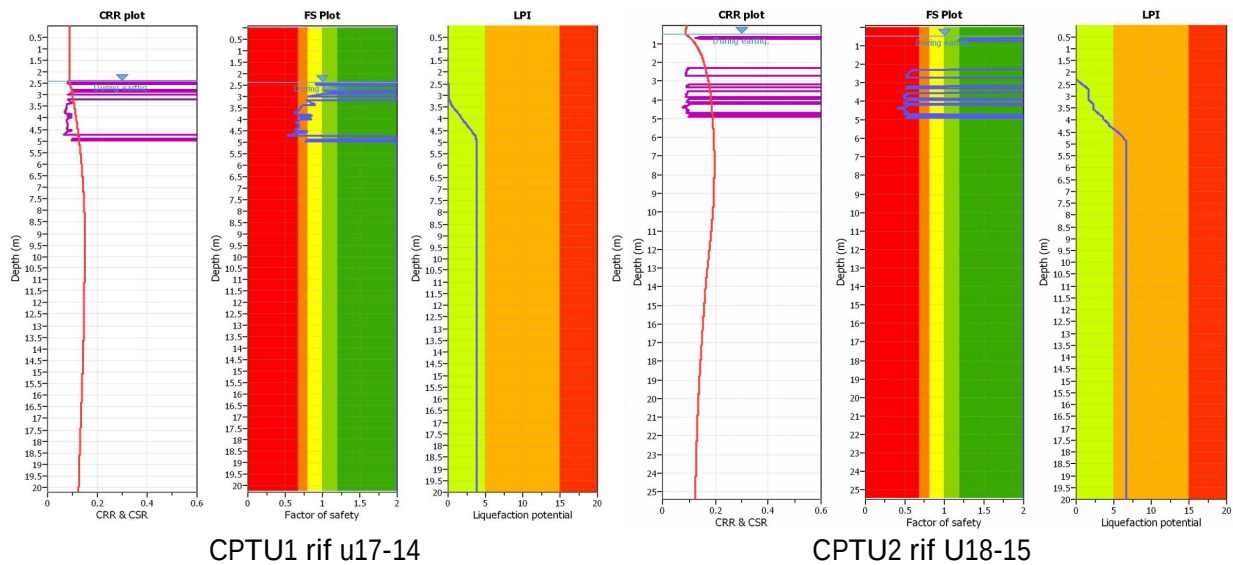
UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA



Diagrammi di resistenza a confronto

In FIGURA 3.9, si riporta il diagramma del CRR e del CSR, dove si evidenziano strati in cui il fattore di resistenza alla liquefazione è inferiore a 1,00 per le due prove considerate.

Nella stessa figura è riportato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione IPL.



F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liquefaction are equally likely
- Unlikely to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Per quantificare il tipo di ripercussioni sulle strutture costruite in un determinato sito, dal punto di vista ingegneristico, si ricorre al calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione, I_L , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz, \quad \text{eq. 3.2}$$

in cui z è la profondità dal piano di campagna in metri e $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota z il fattore $F(z)=F$ vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove F_L è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti.

I terreni in esame risultano avere un rischio di liquefazione che passa da moderato ad *alto* ($I_{PL} = 3,90/6,64$) se sollecitati da un sisma di $M_w=6,14$ ed una accelerazione di $0,23g$.

Potenziale Liquefazione I_{PL}	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Tabella 3.2 – Classificazione indice potenziale liquefazione

CPTU	Potenziale Liquefazione I_{PL}
CPTU2 rif 18-15	3,90
CPTU1 rif 17-14	6,64

Tabella 3.3 – Indice potenziale liquefazione calcolato per la CPTU1

Va dunque evidenziato che i terreni in esami presentano un grado di rischio alla liquefazione da moderato ad alto, secondo lo scrivente il tema deve essere dunque approfondito, al momento con i dati che si hanno in possesso non è possibile spingersi oltre.

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI

Si riporta a titolo esemplificativo il risultato del calcolo per le due prove penetrometriche statiche con punta elettrica.

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 6,14 e P.G.A. di 0,23g, alcuni dei livelli hanno il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,00, determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari pari a 6,92 cm per la prova CPTU1 rif 17-14 e 9,37 cm per la CPTU2 rif 18-15 (Tabella 3.4).

CPTU	Cedimenti postsismici (cm)
CPTU1 rif 17-14	6,92
CPTU2 rif 18-15	9,37

Tabella 3.4 – Cedimenti post-sismici

La presenza di terreni liquefacibili con indice di potenziale di liquefazione talora attorno a 4, pur essendo moderato, può rendere necessario il ricorso a sistemi di consolidamento dei terreni di fondazione, che possono essere di tipo attivo o di tipo passivo.

Lo scrivente ritiene che in questo contesto stratigrafico e sismico, il ricorso a sistemi passivi sia sufficiente (sistemi atti a consentire la dissipazione delle sovrappressioni neutre, dovute al sisma). I sistemi passivi possono contemplare pali in ghiaia, dreni, trincee o pozzi.

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI

Per l'Atto di Indirizzo nr.112/2007 ,nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70\text{kPa}$) e plastici ($I_p \geq 30\%$)

in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali $\frac{\Delta u}{\sigma'_{v0}} \geq 0.3$

durante il terremoto di riferimento deve essere stimato il cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tale rapporto può essere valutato dal grafico riportato in FIGURA 3.10 in funzione della deformazione indotta dal terremoto di progetto negli strati di terreno.

Tale deformazione è valutabile utilizzando la seguente espressione:

$$\text{deformazione (\%)} \quad \gamma_{\max} = 0.65 \cdot a_{g,\text{rif}} \cdot S \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G} \quad \text{eq. (3.3)}$$

$a_{g,\text{rif}}$ = accelerazione di riferimento per il comune allo studio (Cento $a_{\text{rif}}=0,157g$)

S = fattore di amplificazione funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s e dunque della stratigrafia dei terreni (nel caso in esame $F.A.=1,5$ – PIANURA2);

σ_{v0} = carico litostatico in termini di tensioni totali a metà dello strato considerato

$r_d = 1 - 0,015z$ (da Atto indirizzo, n.112/2007)

G = valore ridotto di G_0 funzione dell'accelerazione $a_{\max}$.

G_0 = modulo di taglio alle piccole deformazioni.

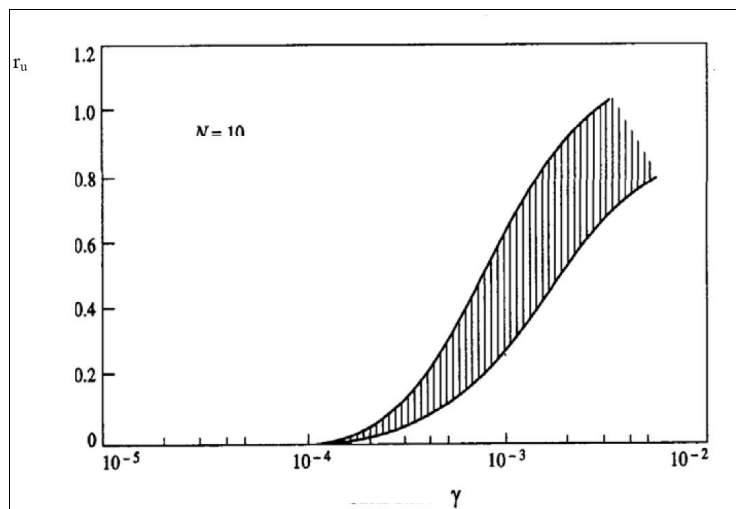
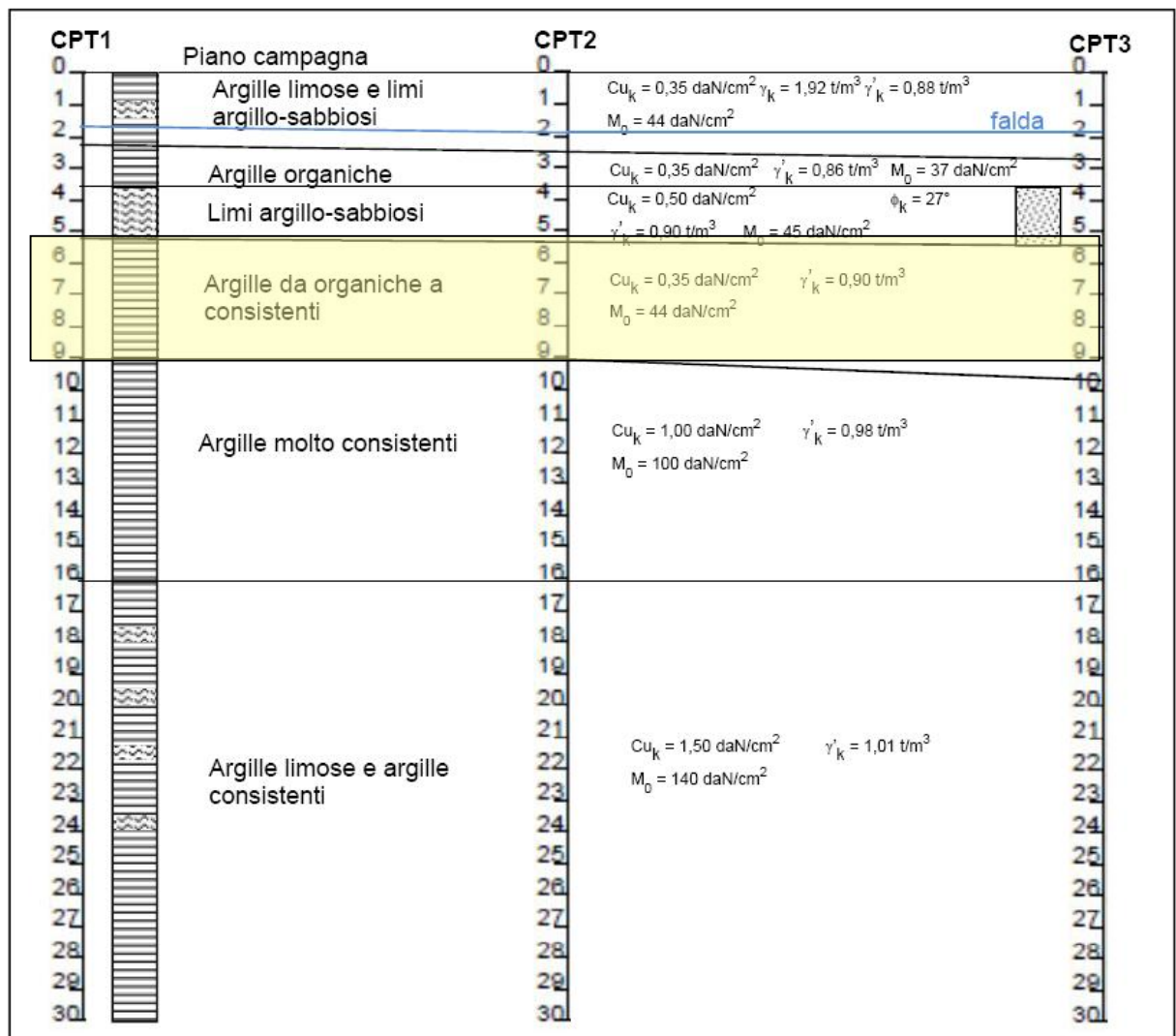


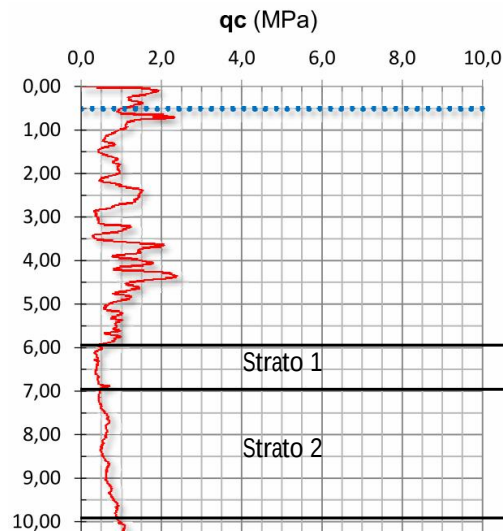
FIGURA 3.10: Valore del rapporto di pressione interstiziale r_u in funzione della deformazione di taglio massima indotta dal terremoto

Non avendo a disposizione dati sul sito per caratterizzare lo strato di argille moderatamente consistenti presenti da -5,00 m da p.c. fino a 9,00 m da p.c., vista la buona omogeneità stratigrafica presentata con la prova CPTU1 rif 17-14, per il calcolo dei cedimenti post-sismici per terreni coesivi soffici verranno riproposti i calcoli effettuati per l'appunto per la prova CPTU1 rif 17-14.

Modello geotecnico



La stratigrafia rilevata dalla prova penetrometrica statica bibliografica con punta elettrica e sismocono SCPTU1, è caratterizzata da uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi poco consistenti con un valore di R_p medio pari a $4,3 \text{ kg/cm}^2$, presente tra -6,00 m da p.c. e -7,50 m da p.c. (Strato1) e da uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di R_p medio pari a $6,7 \text{ kg/cm}^2$, presente dalla profondità di -7,50 m da p.c. fino a -10,00 m da p.c. (Strato2).



Questi 2 strati immersi in falda presentano valori di coesione media rispettivamente pari a 20 kPa e 31kPa per cui inferiori al valore di riferimento normativo ($C_u \leq 70\text{kPa}$); supponendo di avere un indice di plasticità I_p superiore al 30% (valore di riferimento normativo) in via del tutto conservativa si procede al calcolo dei cedimenti post-sismici nei terreni coesivi soffici.

Pertanto, una volta soddisfatte le condizioni iniziali di calcolo ($I_p \geq 30$ e $C_u \leq 70$ kPa), si necessita verificare che il valore di r_u sia maggiore o minore di 0,3.

Il modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 per i terreni coesivi è stato determinato interpolando il valore di resistenza alla punta media dei 2 strati coesivi (strato 1 - 430 kPa e strato 2- 670 kPa) ed il valore di PGA ($0,157g \times 1,50 = 0,235g$), per cui il rapporto G/G_0 è pari a 0,44 (FIGURA 3.11).

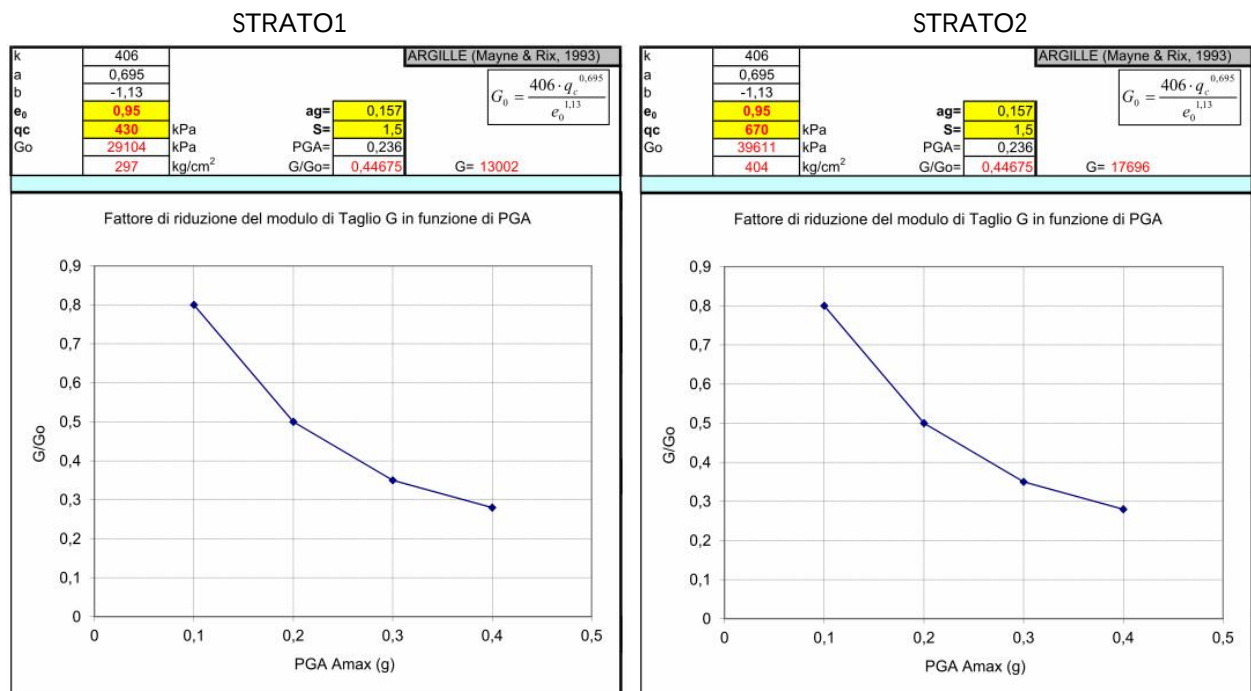


FIGURA 3.11 - Fattore di riduzione del modulo di taglio G in funzione dell'accelerazione ($a_{g,rit}$) (AGI, 2005)

Il modulo di taglio alle basse deformazioni G_0 si ottiene con le correlazione da R_p e indice dei vuoti proposta da Mayne e Rix (1993). I valori ricavati sono molto prossimi a quelli misurati con la prova SCPTU.

L'indice dei vuoti e_0 è stato estrapolato attraverso edometrie di prove bibliografiche eseguite sulla medesima unità geologica a Cento.

In FIGURA 3.12 si ricava il valore finale del rapporto di pressione interstiziale r_u per i due strati analizzati.

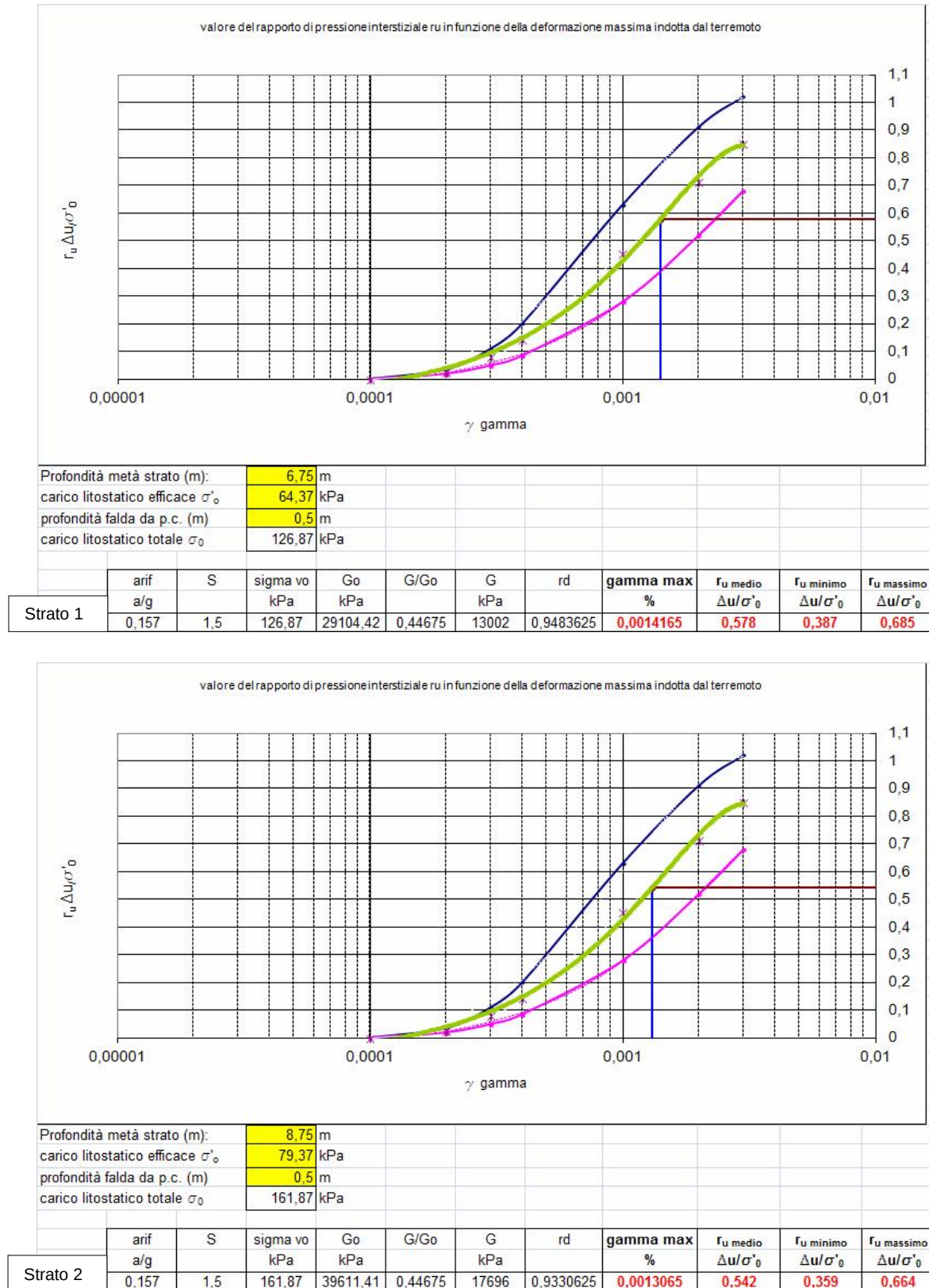


FIGURA 3.12 – Valori di r_u per i 2 strati

Come si può notare, il rapporto di pressione interstiziale medio per i due strati è superiore a 0,3:

$$r_u = \Delta u / \sigma'_{v0} = 0,57 / 0,54 > 0,30$$

pertanto, in base alle condizioni descritte dall'Atto di indirizzo n°112/2007, occorre procedere al calcolo del cedimento post sismico in questi 2 strati di terreno coesivo.

Per il calcolo del cedimento post-sismico si ricorre all'equazione 3.4:

$$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right) \quad \text{eq. 3.4}$$

Sostituendo con i seguenti valori:

Strato 1

H = 1,50 m

$\alpha = 1,25$ (valore compreso tra 1 e 1,5)

$e_0 = 0,95$

$(\Delta u / \sigma'_0) = 0,578$ (FIGURA 3.12)

Strato 2

H = 2,50 m

$\alpha = 1,25$ (valore compreso tra 1 e 1,5)

$e_0 = 0,95$

$(\Delta u / \sigma'_0) = 0,542$ (FIGURA 3.12)

Sulla base di dati bibliografici si ricava il coefficiente di compressibilità del terreno Cc, da cui poi si ricava il Cr:

Cc=0,15

Cr = 0,225 x 0,15 = 0,033 (FIGURA 3.13)

Sostituendo, si ricava che il cedimento totale della curva media, dato dalla somma dei due strati è:

DH= 2,98cm

CEDIMENTO POST-SISMICO IN TERRENI COESIVI SOFFICI CON Cu<70kPa e IP>30%									
$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1-\frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$							Spessore strato H = 150 cm		
							Cc= 0,15		
							Cr= 0,0330		
							e ₀ = 0,95		
							Calcolo del cedimento post-sismico nei terreni coesivi soffici		
Strato 1				minimo			DH= 0,67 cm	rapporto r _u =	0,387
				medio			DH= 1,19 cm	rapporto r _u =	0,578
				massimo			DH= 1,59 cm	rapporto r _u =	0,685
CEDIMENTO POST-SISMICO IN TERRENI COESIVI SOFFICI CON Cu<70kPa e IP>30%									
$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1-\frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$							Spessore strato H = 250 cm		
							Cc= 0,15		
							Cr= 0,0330		
							e ₀ = 0,95		
							Calcolo del cedimento post-sismico nei terreni coesivi soffici		
Strato 2				minimo			DH= 1,02 cm	rapporto r _u =	0,359
				medio			DH= 1,79 cm	rapporto r _u =	0,542
				massimo			DH= 2,50 cm	rapporto r _u =	0,664

Quindi nel sito in esame si può ipotizzare un cedimento post-sismico in terreni coesivi di circa 3 cm.

6. CONCLUSIONI

- Per la mitigazione del rischio sismico dell'area modifica di classificazione da zona G1 a nuova zona C.20 nel Piano della Ricostruzione del comune di Cento dell'area censita al NTC del comune di Cento (FE) ai seguenti mappali: Fg. 49 mapp. 2175, sono state prese in considerazione alcune indagini bibliografiche:

- 1) n. 3 prove penetrometriche statiche CPT, spinte fino alla profondità massima di -25,20 m dal p.c., eseguite nel dicembre 2014 dalla ditta Demetra srl., eseguite nel lotto adiacente a quello in esame.
- 2) n. 1 indagine sismica, realizzata tramite la tecnica MASW attiva e passiva che ha potuto investigare i terreni fino a oltre 30 m di profondità.
- 3) n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono eseguite dallo scrivente rispettivamente a nord e a sud del sito in esame

Non è stato possibile eseguire le prove fino alla profondità di -30,00 m da p.c. per la presenza di terreni saturi fin dal piano campagna, con basse resistenze al taglio, che non hanno offerto un adeguato ancoraggio del penetrometro. In profondità infatti sono presenti terreni argillosi molto consistenti, che offrono alti attriti laterali lungo la batteria delle aste, sollecitando gli ancoraggi oltre la resistenza del terreno superficiale troppo bagnato.

Attraverso questi dati bibliografici si ricava che la stratigrafia dell'area allo studio è caratterizzata da terreni coesivi fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

- Dal punto di vista geomorfologico l'assetto del territorio su cui si interviene risulta determinato essenzialmente da una dinamica di tipo fluviale che ha generato nel corso del tempo e mediante il susseguirsi di eventi, il deposito e l'accumulo di sedimenti a bassa energia idrodinamica (sedimenti alluvionali distali).

L'area presenta criticità idrauliche; di fatto è stata soggetta ad allagamenti persistenti in seguito a precipitazioni intense. Le frequenti precipitazioni di questo periodo alterano in modo significativo i livelli di falda rendendoli sempre più prossimi ai piani campagna, imbibendo i terreni superficiali. Gli ultimi allagamenti persistenti risalgono all'ottobre del 2005 con lo straripamento del canale di Cento.

- Al momento delle prove il livello statico della falda è stata registrata alla quota di -1,70 /-1,90 m dal p.c.

Dall'osservazione dei dati storici reperiti presso le banche dati consultabili della Regione Emilia Romagna, si stima un'oscillazione stagionale della falda indicativamente compresa tra -0,60 m e -2,00 m da p.c.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

- Il valore di V_{s30} misurato è di 192 m/sec per cui il sito è soggetto ad amplificazione sismica. Tale amplificazione è fornita dall'Atto di Indirizzo 112/2007 della R.E.R. ed altresì, è calcolabile con i procedimenti dettati dal D.M. 14/01/2008.

Secondo l'Atto di Indirizzo regionale in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti (PIANURA 2), come nel caso in esame, per suoli caratterizzati da valori di V_{s30} fino a 300 m/s si dovrà adottare un fattore di amplificazione sismica $F.A.=1,50$ per cui l'accelerazione diventerà $P.G.A.=0,235g$.

Secondo il vigente D.M. 14/01/2008 l'accelerazione sitospecifica è stata calcolata in 0,157g, l'amplificazione sismica S_s è stata invece calcolata in 1,46, per cui $P.G.A. = 0,228g$.

La magnitudo massima attesa nei tempi di ritorno adottati è di 6,14 Mw, dato che l'area allo studio ricade all'interno della zona sismogenetica 912. Gli eventi sismici del maggio 2012 hanno dato valori di 5,9.

- Dalla relazione geologica della dott.ssa geol. Agostini emerge che: nella CPT1 è presente un livello liquefacibile dello spessore di 40 cm alla profondità di 4,20 m dal p.c., nella CPT2 i livelli a rischio di liquefazione sono due, spessi 240 cm, rispettivamente a 3,60 e 4,60 m dal p.c.

- nella CPT3 risultano suscettibili a liquefazione i sedimenti al contorno della superficie freatica e i sedimenti compresi tra 3,80 e 5,40 m dal p.c. con indice di liquefazione elevato.

La verifica del rischio di liquefazione effettuata sulla base dei dati geofisici acquisiti tramite la prova MASW individua il rischio di liquefazione per i sedimenti per il livello giacente 5 m di profondità e tra 10 e 12 m dal p.c.; per quest'ultimo strato il rischio è escluso per la natura litologica coesiva e per il primo il rischio è riscontrabile solo in CPT3.

In sostanza i dati delle MASW permettono di confermare l'esclusione del rischio di liquefazione per i terreni indagati con CPT1 e CPT2 e di confermare il rischio per i terreni indagati con CPT3 e compresi tra 3,80 e 5,40 m dal p.c.

Per la verifica della liquefazione delle sabbie lo scrivente propone anche due verifiche effettuate rispettivamente a nord e a sud rispetto al sito allo studio, su prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, che presentano una stratigrafia simile a quella del sito allo studio.

Per il calcolo si è considerata una magnitudo di 6,14 e un'accelerazione di progetto di 0,23g.

I terreni in esame risultano avere un rischio di liquefazione che passa da moderato ad *alto* ($I_{PL} = 3,90/6,64$) se sollecitati da un sisma di $M_w=6,14$ ed una accelerazione di 0,23g.

Dai calcoli emerge che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione è un effetto di sito atteso, secondo lo scrivente il tema deve essere dunque approfondito.

Dalle elaborazioni informatiche, si è inoltre ricavato che con una Magnitudo di 6.14, si determinano cedimenti post sismici nei terreni granulari saturi pari a 6,92/9,37 cm.

- Il cedimento post-sismico in terreni coesivi soffici risulta dell'ordine dei 3 cm ricavato dall'analisi della prova bibliografica di 2 strati di terreni immersi in falda presenti da -6,00 m da p.c. fino a 10,00 m da p.c. . Nello specifico uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi poco consistenti con un valore di R_p medio pari a 4,3 kg/cm², presente tra -6,00 m da p.c. e -7,50 m da p.c. (Strato1) e uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di R_p medio pari a 6,7 kg/cm², presente tra -7,50 m da p.c. e -10,00 m da p.c. (Strato2).

- N.B. Si fa presente che la liquefazione delle sabbie non è un fenomeno escludente l'edificabilità, ma è solo un fattore condizionante, per cui occorrerà, in fase progettuale, definire delle soluzioni tecniche che limitino l'accadimento di problematiche legate all'instabilità dei terreni. L'Allegato 4 alla Determinazione del Dirigente n° 12418 del 02/10/2012 approvata dalla Giunta Regionale, descrive per esempio una panoramica delle possibilità tecniche già adottate in diversi paesi soggetti a queste problematiche. Occorre imparare a convivere con il rischio sismico adottando idonee soluzioni tecniche, che non lo facciano temere.

Codigoro, lì 05/03/2015


Dott. Geol. Thomas Veronese

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	113-2014
	n° verb.accett.	

Committente: D'AGOSTINO	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 18/12/2014
Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE	Pagina: 1	
Località: CENTO	Elaborato:	Falda: -1,70 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20				0,00	0,87	0		15,20	37,0	75,0		37,00	2,13	17	5,8
0,40	11,0	24,0		11,00	0,87	13	7,9	15,40	38,0	70,0		38,00	2,00	19	5,3
0,60	11,0	24,0		11,00	0,93	12	8,5	15,60	39,0	69,0		39,00	2,13	18	5,5
0,80	17,0	31,0		17,00	1,20	14	7,1	15,80	43,0	75,0		43,00	1,67	26	3,9
1,00	32,0	50,0		32,00	2,13	15	6,7	16,00	45,0	70,0		45,00	1,67	27	3,7
1,20	41,0	73,0		41,00	1,93	21	4,7	16,20	44,0	69,0		44,00	2,20	20	5,0
1,40	23,0	52,0		23,00	1,00	23	4,3	16,40	56,0	89,0		56,00	2,80	20	5,0
1,60	13,0	28,0		13,00	1,07	12	8,2	16,60	57,0	99,0		57,00	3,07	19	5,4
1,80	11,0	27,0		11,00	0,53	21	4,8	16,80	48,0	94,0		48,00	2,67	18	5,6
2,00	10,0	18,0		10,00	0,33	30	3,3	17,00	47,0	87,0		47,00	2,87	16	6,1
2,20	12,0	17,0		12,00	0,40	30	3,3	17,20	51,0	94,0		51,00	3,00	17	5,9
2,40	8,0	14,0		8,00	1,20	7	15,0	17,40	56,0	101,0		56,00	2,93	19	5,2
2,60	19,0	37,0		19,00	0,87	22	4,6	17,60	48,0	92,0		48,00	2,13	23	4,4
2,80	9,0	22,0		9,00	0,53	17	5,9	17,80	52,0	84,0		52,00	2,93	18	5,6
3,00	7,0	15,0		7,00	0,40	18	5,7	18,00	50,0	94,0		50,00	2,40	21	4,8
3,20	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9	18,20	47,0	83,0		47,00	2,67	18	5,7
3,40	9,0	16,0		9,00	0,33	27	3,7	18,40	61,0	101,0		61,00	3,13	19	5,1
3,60	10,0	15,0		10,00	0,33	30	3,3	18,60	73,0	120,0		73,00	3,60	20	4,9
3,80	14,0	19,0		14,00	0,33	42	2,4	18,80	78,0	132,0		78,00	3,67	21	4,7
4,00	17,0	22,0		17,00	0,60	28	3,5	19,00	68,0	123,0		68,00	3,47	20	5,1
4,20	26,0	35,0		26,00	0,60	43	2,3	19,20	65,0	117,0		65,00	3,20	20	4,9
4,40	20,0	29,0		20,00	0,53	38	2,7	19,40	54,0	102,0		54,00	2,40	23	4,4
4,60	16,0	24,0		16,00	0,60	27	3,8	19,60	59,0	95,0		59,00	2,47	24	4,2
4,80	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	19,80	55,0	92,0		55,00	3,00	18	5,5
5,00	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7	20,00	44,0	89,0		44,00	2,07	21	4,7
5,20	10,0	17,0		10,00	0,33	30	3,3	20,20	56,0	87,0		56,00	2,67	21	4,8
5,40	8,0	13,0		8,00	0,40	20	5,0	20,40	51,0	91,0		51,00	3,40	15	6,7
5,60	7,0	13,0		7,00	0,33	21	4,7	20,60	59,0	110,0		59,00	2,07	29	3,5
5,80	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7	20,80	67,0	98,0		67,00	1,87	36	2,8
6,00	8,0	14,0		8,00	0,33	24	4,1	21,00	87,0	115,0		87,00	2,80	31	3,2
6,20	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7	21,20	42,0	84,0		42,00	2,47	17	5,9
6,40	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9	21,40	49,0	86,0		49,00	3,00	16	6,1
6,60	7,0	14,0		7,00	0,47	15	6,7	21,60	52,0	97,0		52,00	3,00	17	5,8
6,80	8,0	15,0		8,00	0,40	20	5,0	21,80	58,0	103,0		58,00	3,00	19	5,2
7,00	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2	22,00	52,0	97,0		52,00	2,73	19	5,3
7,20	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3	22,20	47,0	88,0		47,00	2,73	17	5,8
7,40	12,0	20,0		12,00	0,67	18	5,6	22,40	49,0	90,0		49,00	2,60	19	5,3
7,60	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3	22,60	57,0	96,0		57,00	2,33	24	4,1
7,80	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7	22,80	56,0	91,0		56,00	2,40	23	4,3
8,00	10,0	17,0		10,00	0,60	17	6,0	23,00	49,0	85,0		49,00	2,53	19	5,2
8,20	12,0	21,0		12,00	0,60	20	5,0	23,20	48,0	86,0		48,00	2,67	18	5,6
8,40	13,0	22,0		13,00	0,67	19	5,2	23,40	46,0	86,0		46,00	2,53	18	5,5
8,60	13,0	23,0		13,00	0,80	16	6,2	23,60	61,0	99,0		61,00	2,53	24	4,1
8,80	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1	23,80	65,0	103,0		65,00	2,07	31	3,2
9,00	14,0	25,0		14,00	0,80	18	5,7	24,00	81,0	112,0		81,00	3,87	21	4,8
9,20	17,0	29,0		17,00	0,93	18	5,5	24,20	94,0	152,0		94,00	3,53	27	3,8
9,40	26,0	40,0		26,00	1,27	20	4,9	24,40	79,0	132,0		79,00	3,80	21	4,8
9,60	28,0	47,0		28,00	1,53	18	5,5	24,60	64,0	121,0		64,00	3,67	17	5,7
9,80	30,0	53,0		30,00	1,73	17	5,8	24,80	58,0	113,0		58,00	2,73	21	4,7
10,00	30,0	56,0		30,00	1,67	18	5,6	25,00	53,0	94,0		53,00	2,47	21	4,7
10,20	29,0	54,0		29,00	1,87	16	6,4	25,20	62,0	99,0		62,00			
10,40	29,0	57,0		29,00	1,60	18	5,5								
10,60	26,0	50,0		26,00	1,67	16	6,4								
10,80	28,0	53,0		28,00	1,73	16	6,2								
11,00	30,0	56,0		30,00	1,93	16	6,4								
11,20	38,0	67,0		38,00	2,07	18	5,4								
11,40	35,0	66,0		35,00	2,27	15	6,5								
11,60	31,0	65,0		31,00	1,53	20	4,9								
11,80	37,0	60,0		37,00	2,07	18	5,6								
12,00	25,0	56,0		25,00	1,67	15	6,7								
12,20	34,0	59,0		34,00	1,87	18	5,5								
12,40	39,0	67,0		39,00	2,53	15	6,5								
12,60	40,0	78,0		40,00	2,73	15	6,8								
12,80	42,0	83,0		42,00	2,07	20	4,9								
13,00	43,0	74,0		43,00	2,80	15	6,5								
13,20	46,0	88,0		46,00	2,93	16	6,4								
13,40	48,0	92,0		48,00	3,20	15	6,7								
13,60	43,0	91,0		43,00	3,13	14	7,3								
13,80	43,0	90,0		43,00	2,67	16	6,2								
14,00	48,0	88,0		48,00	2,87	17	6,0								
14,20	45,0	88,0		45,00	2,93	15	6,5								
14,40	50,0	94,0		50,00	2,87	17	5,7								
14,60	47,0	90,0		47,00	2,93	16	6,2								
14,80	40,0	84,0		40,00	2,07	19	5,2								
15,00	41,0	72,0		41,00	2,53	16	6,2								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	113-2014
	n° verb.accett.	

Committente: D'AGOSTINO	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 18/12/2014
Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE	Pagina: 1	
Località: CENTO	Elaborato:	Falda: -1,90 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20				0,00	0,47	0		15,20	56,0	94,0		56,00	3,33	17	5,9
0,40	7,0	14,0		7,00	0,47	15	6,7	15,40	48,0	98,0		48,00	2,87	17	6,0
0,60	7,0	14,0		7,00	0,47	15	6,7	15,60	47,0	90,0		47,00	3,00	16	6,4
0,80	12,0	19,0		12,00	0,67	18	5,6	15,80	47,0	92,0		47,00	3,00	16	6,4
1,00	12,0	22,0		12,00	0,73	16	6,1	16,00	52,0	97,0		52,00	2,60	20	5,0
1,20	15,0	26,0		15,00	0,67	22	4,5	16,20	53,0	92,0		53,00	2,07	26	3,9
1,40	15,0	25,0		15,00	0,53	28	3,5	16,40	55,0	86,0		55,00	2,33	24	4,2
1,60	14,0	22,0		14,00	0,33	42	2,4	16,60	60,0	95,0		60,00	2,20	27	3,7
1,80	17,0	22,0		17,00	0,67	25	3,9	16,80	68,0	101,0		68,00	3,40	20	5,0
2,00	12,0	22,0		12,00	0,53	23	4,4	17,00	58,0	109,0		58,00	3,00	19	5,2
2,20	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7	17,20	49,0	94,0		49,00	2,93	17	6,0
2,40	7,0	14,0		7,00	0,47	15	6,7	17,40	52,0	96,0		52,00	3,00	17	5,8
2,60	5,0	12,0		5,00	0,33	15	6,6	17,60	52,0	97,0		52,00	3,27	16	6,3
2,80	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7	17,80	70,0	119,0		70,00	2,53	28	3,6
3,00	7,0	13,0		7,00	0,33	21	4,7	18,00	63,0	101,0		63,00	3,47	18	5,5
3,20	8,0	13,0		8,00	0,40	20	5,0	18,20	59,0	111,0		59,00	2,73	22	4,6
3,40	6,0	12,0		6,00	0,47	13	7,8	18,40	65,0	106,0		65,00	3,13	21	4,8
3,60	15,0	22,0		15,00	0,40	38	2,7	18,60	63,0	110,0		63,00	3,27	19	5,2
3,80	18,0	24,0		18,00	0,53	34	2,9	18,80	63,0	112,0		63,00	3,27	19	5,2
4,00	14,0	22,0		14,00	0,40	35	2,9	19,00	68,0	117,0		68,00	3,20	21	4,7
4,20	14,0	20,0		14,00	0,47	30	3,4	19,20	71,0	119,0		71,00	3,27	22	4,6
4,40	13,0	20,0		13,00	0,53	25	4,1	19,40	72,0	121,0		72,00	3,33	22	4,6
4,60	21,0	29,0		21,00	0,40	53	1,9	19,60	74,0	124,0		74,00	3,33	22	4,5
4,80	22,0	28,0		22,00	0,40	55	1,8	19,80	75,0	125,0		75,00	3,13	24	4,2
5,00	15,0	21,0		15,00	0,40	38	2,7	20,00	75,0	122,0		75,00	0,00	24	0,0
5,20	8,0	14,0		8,00	0,53	15	6,6								
5,40	10,0	18,0		10,00	0,60	17	6,0								
5,60	7,0	16,0		7,00	0,40	18	5,7								
5,80	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
6,00	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
6,20	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
6,40	7,0	13,0		7,00	0,60	12	8,6								
6,60	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7								
6,80	8,0	17,0		8,00	0,53	15	6,6								
7,00	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8								
7,20	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3								
7,40	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3								
7,60	12,0	20,0		12,00	0,60	20	5,0								
7,80	10,0	19,0		10,00	0,60	17	6,0								
8,00	11,0	20,0		11,00	0,67	16	6,1								
8,20	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6								
8,40	13,0	23,0		13,00	0,73	18	5,6								
8,60	12,0	23,0		12,00	0,60	20	5,0								
8,80	12,0	21,0		12,00	0,80	15	6,7								
9,00	13,0	25,0		13,00	0,80	16	6,2								
9,20	18,0	30,0		18,00	1,00	18	5,6								
9,40	23,0	38,0		23,00	1,40	16	6,1								
9,60	26,0	47,0		26,00	1,60	16	6,2								
9,80	29,0	53,0		29,00	2,00	15	6,9								
10,00	35,0	65,0		35,00	2,07	17	5,9								
10,20	38,0	69,0		38,00	2,27	17	6,0								
10,40	35,0	69,0		35,00	2,47	14	7,1								
10,60	31,0	68,0		31,00	2,47	13	8,0								
10,80	32,0	69,0		32,00	2,13	15	6,7								
11,00	34,0	66,0		34,00	2,33	15	6,9								
11,20	36,0	71,0		36,00	2,53	14	7,0								
11,40	37,0	75,0		37,00	2,47	15	6,7								
11,60	41,0	78,0		41,00	2,47	17	6,0								
11,80	42,0	79,0		42,00	2,67	16	6,4								
12,00	42,0	82,0		42,00	2,67	16	6,4								
12,20	46,0	86,0		46,00	2,47	19	5,4								
12,40	47,0	84,0		47,00	2,33	20	5,0								
12,60	38,0	73,0		38,00	2,27	17	6,0								
12,80	38,0	72,0		38,00	2,20	17	5,8								
13,00	53,0	86,0		53,00	1,87	28	3,5								
13,20	54,0	82,0		54,00	2,33	23	4,3								
13,40	60,0	95,0		60,00	2,07	29	3,5								
13,60	75,0	106,0		75,00	2,13	35	2,8								
13,80	49,0	81,0		49,00	1,93	25	3,9								
14,00	49,0	78,0		49,00	2,60	19	5,3								
14,20	59,0	98,0		59,00	1,67	35	2,8								
14,40	45,0	70,0		45,00	1,33	34	3,0								
14,60	54,0	74,0		54,00	2,47	22	4,6								
14,80	47,0	84,0		47,00	2,47	19	5,3								
15,00	54,0	91,0		54,00	2,53	21	4,7								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	3
	riferimento	113-2014
	n° verb.accett.	

Committente: D'AGOSTINO	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 18/12/2014
Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE	Pagina: 1	
Località: CENTO	Elaborato:	Falda: -1,90 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20				0,00	0,87	0		15,20	43,0	94,0		43,00	2,80	15	6,5
0,40	14,0	27,0		14,00	0,87	16	6,2	15,40	44,0	86,0		44,00	2,87	15	6,5
0,60	14,0	27,0		14,00	0,93	15	6,6	15,60	44,0	87,0		44,00	2,87	15	6,5
0,80	15,0	29,0		15,00	1,33	11	8,9	15,80	38,0	81,0		38,00	2,60	15	6,8
1,00	17,0	37,0		17,00	0,87	20	5,1	16,00	39,0	78,0		39,00	2,60	15	6,7
1,20	21,0	34,0		21,00	0,93	23	4,4	16,20	43,0	82,0		43,00	2,67	16	6,2
1,40	20,0	34,0		20,00	0,53	38	2,7	16,40	47,0	87,0		47,00	2,60	18	5,5
1,60	23,0	31,0		23,00	0,53	43	2,3	16,60	49,0	88,0		49,00	2,73	18	5,6
1,80	22,0	30,0		22,00	0,60	37	2,7	16,80	54,0	95,0		54,00	3,07	18	5,7
2,00	20,0	29,0		20,00	0,47	43	2,4	17,00	56,0	102,0		56,00	3,13	18	5,6
2,20	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3	17,20	48,0	95,0		48,00	2,60	18	5,4
2,40	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8	17,40	54,0	93,0		54,00	2,60	21	4,8
2,60	8,0	16,0		8,00	0,40	20	5,0	17,60	60,0	99,0		60,00	2,80	21	4,7
2,80	6,0	12,0		6,00	0,67	9	11,2	17,80	66,0	108,0		66,00	3,00	22	4,5
3,00	9,0	19,0		9,00	0,67	13	7,4	18,00	56,0	101,0		56,00	3,40	16	6,1
3,20	8,0	18,0		8,00	0,47	17	5,9	18,20	54,0	105,0		54,00	2,80	19	5,2
3,40	14,0	21,0		14,00	0,47	30	3,4	18,40	51,0	93,0		51,00	1,93	26	3,8
3,60	15,0	22,0		15,00	0,60	25	4,0	18,60	49,0	78,0		49,00	1,53	32	3,1
3,80	16,0	25,0		16,00	0,40	40	2,5	18,80	66,0	89,0		66,00	1,80	37	2,7
4,00	20,0	26,0		20,00	0,40	50	2,0	19,00	71,0	98,0		71,00	3,27	22	4,6
4,20	22,0	28,0		22,00	0,47	47	2,1	19,20	75,0	124,0		75,00	3,33	23	4,4
4,40	18,0	25,0		18,00	0,53	34	2,9	19,40	82,0	132,0		82,00	3,27	25	4,0
4,60	28,0	36,0		28,00	0,60	47	2,1	19,60	77,0	126,0		77,00	3,40	23	4,4
4,80	27,0	36,0		27,00	0,60	45	2,2	19,80	71,0	122,0		71,00	3,00	24	4,2
5,00	27,0	36,0		27,00	0,53	51	2,0	20,00	76,0	121,0		76,00			
5,20	22,0	30,0		22,00	0,47	47	2,1								
5,40	21,0	28,0		21,00	0,40	53	1,9								
5,60	18,0	24,0		18,00	0,53	34	2,9								
5,80	8,0	16,0		8,00	0,67	12	8,4								
6,00	10,0	20,0		10,00	0,33	30	3,3								
6,20	9,0	14,0		9,00	0,33	27	3,7								
6,40	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7								
6,60	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0								
6,80	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7								
7,00	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9								
7,20	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9								
7,40	10,0	17,0		10,00	0,67	15	6,7								
7,60	10,0	20,0		10,00	0,73	14	7,3								
7,80	10,0	21,0		10,00	0,87	11	8,7								
8,00	12,0	25,0		12,00	0,87	14	7,3								
8,20	12,0	25,0		12,00	0,87	14	7,3								
8,40	13,0	26,0		13,00	0,80	16	6,2								
8,60	15,0	27,0		15,00	0,80	19	5,3								
8,80	14,0	26,0		14,00	0,87	16	6,2								
9,00	15,0	28,0		15,00	0,80	19	5,3								
9,20	18,0	30,0		18,00	1,00	18	5,6								
9,40	20,0	35,0		20,00	0,93	22	4,7								
9,60	20,0	34,0		20,00	0,93	22	4,7								
9,80	21,0	35,0		21,00	1,13	19	5,4								
10,00	25,0	42,0		25,00	1,47	17	5,9								
10,20	29,0	51,0		29,00	1,73	17	6,0								
10,40	35,0	61,0		35,00	1,93	18	5,5								
10,60	33,0	62,0		33,00	2,40	14	7,3								
10,80	31,0	67,0		31,00	2,20	14	7,1								
11,00	33,0	66,0		33,00	2,07	16	6,3								
11,20	31,0	62,0		31,00	2,07	15	6,7								
11,40	31,0	62,0		31,00	2,07	15	6,7								
11,60	34,0	65,0		34,00	2,60	13	7,6								
11,80	39,0	78,0		39,00	2,60	15	6,7								
12,00	43,0	82,0		43,00	3,07	14	7,1								
12,20	51,0	97,0		51,00	3,33	15	6,5								
12,40	48,0	98,0		48,00	2,93	16	6,1								
12,60	50,0	94,0		50,00	3,53	14	7,1								
12,80	45,0	98,0		45,00	3,27	14	7,3								
13,00	42,0	91,0		42,00	2,73	15	6,5								
13,20	42,0	83,0		42,00	3,13	13	7,5								
13,40	51,0	98,0		51,00	3,00	17	5,9								
13,60	53,0	98,0		53,00	3,20	17	6,0								
13,80	53,0	101,0		53,00	3,40	16	6,4								
14,00	46,0	97,0		46,00	3,20	14	7,0								
14,20	51,0	99,0		51,00	2,87	18	5,6								
14,40	54,0	97,0		54,00	3,47	16	6,4								
14,60	49,0	101,0		49,00	3,20	15	6,5								
14,80	49,0	97,0		49,00	2,80	18	5,7								
15,00	44,0	86,0		44,00	3,40	13	7,7								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

1

riferimento

113-2014

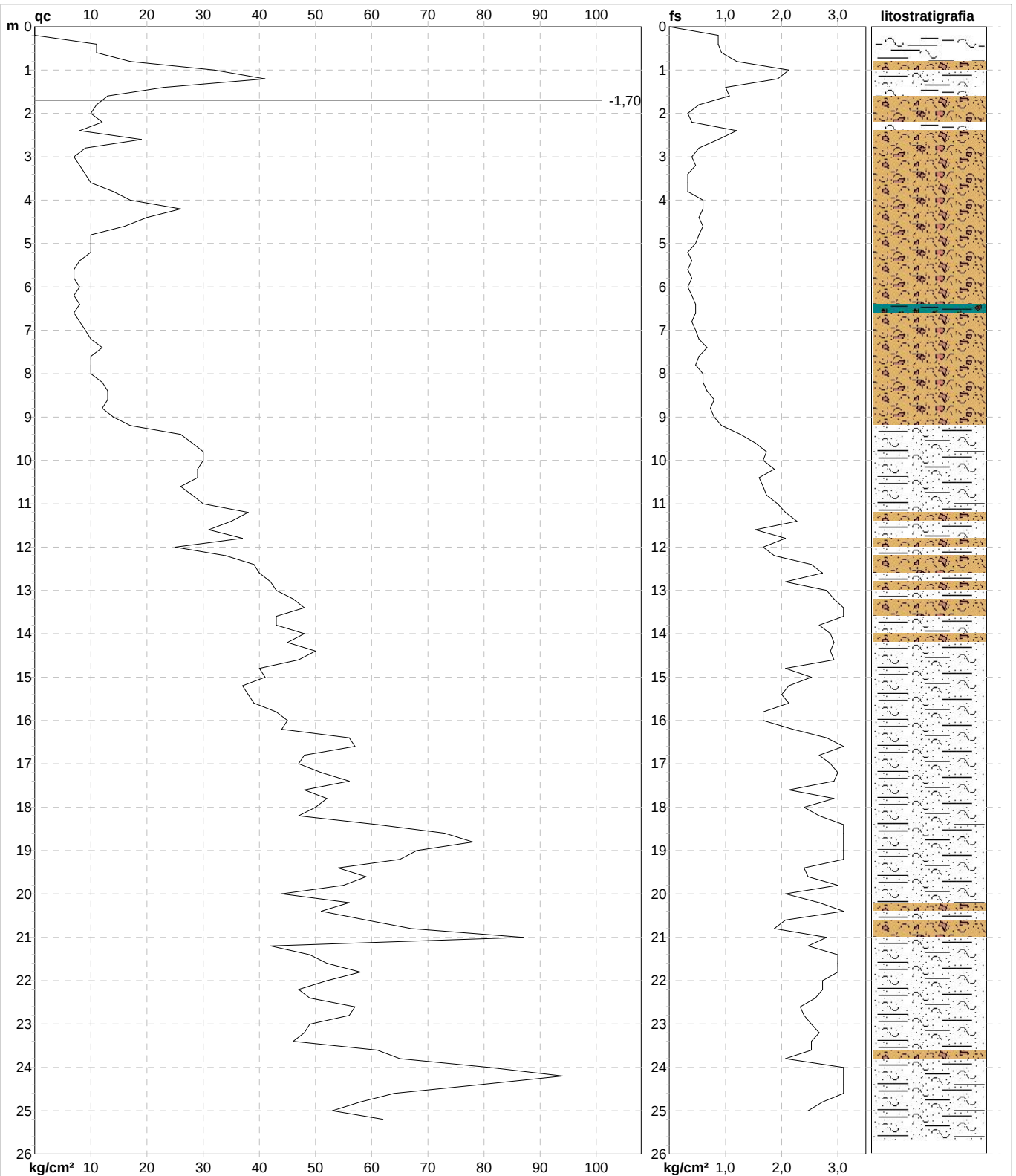
n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **18/12/2014**

Quota inizio:
Falda: **-1,70 m** da p.c.



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile:
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kg/ml**
Cod. punta:

FON071

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

2

riferimento

113-2014

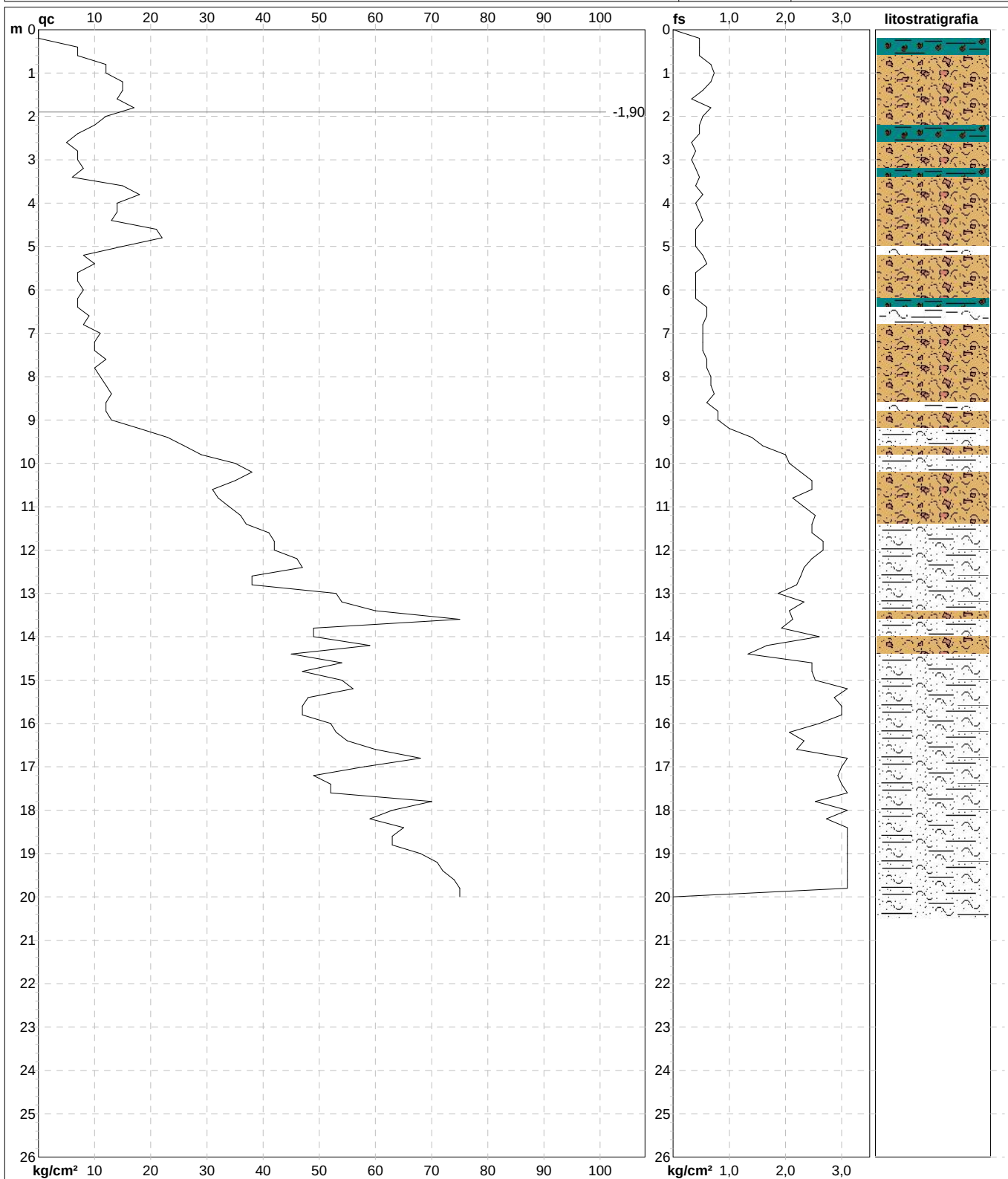
n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **18/12/2014**

Quota inizio:
Falda: **-1,90 m** da p.c.



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile:
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

FON071

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

3

riferimento

113-2014

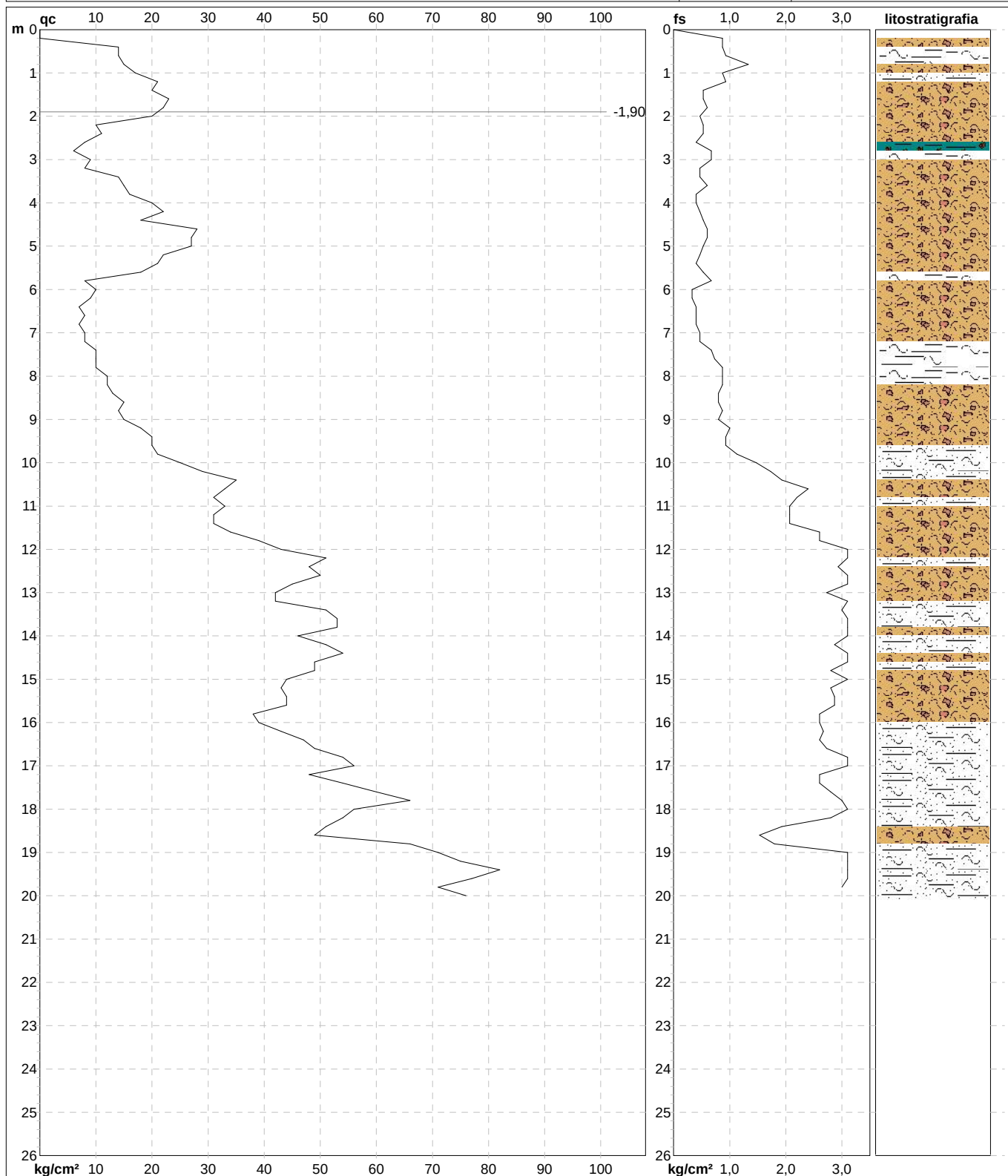
n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **18/12/2014**

Quota inizio:
Falda: **-1,90 m** da p.c.



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile:
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

FON071

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

riferimento

1**113-2014**

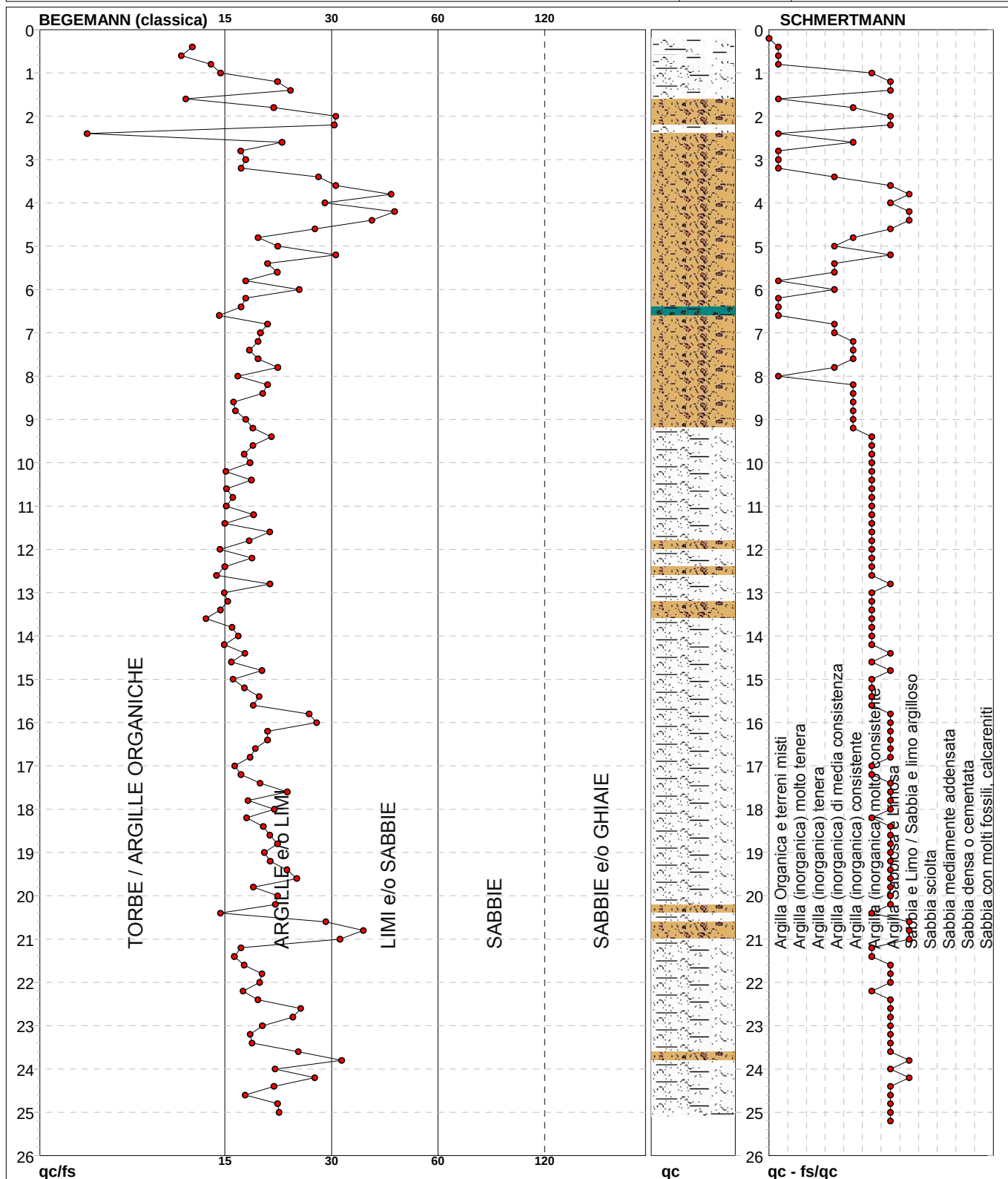
n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: 18/12/2014

Falda: -1,70 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	12 punti, 9,30%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 10,08%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	46 punti, 35,66%
Argille e/o Limi :	104 punti, 80,62%	Argilla (inorganica) media consist.: 8 punti, 6,20%		Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 6,20%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 6,98%	Argilla (inorganica) consistente: 12 punti, 9,30%			
		Argilla (inorganica) molto consist.: 37 punti, 28,68%			

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**2**

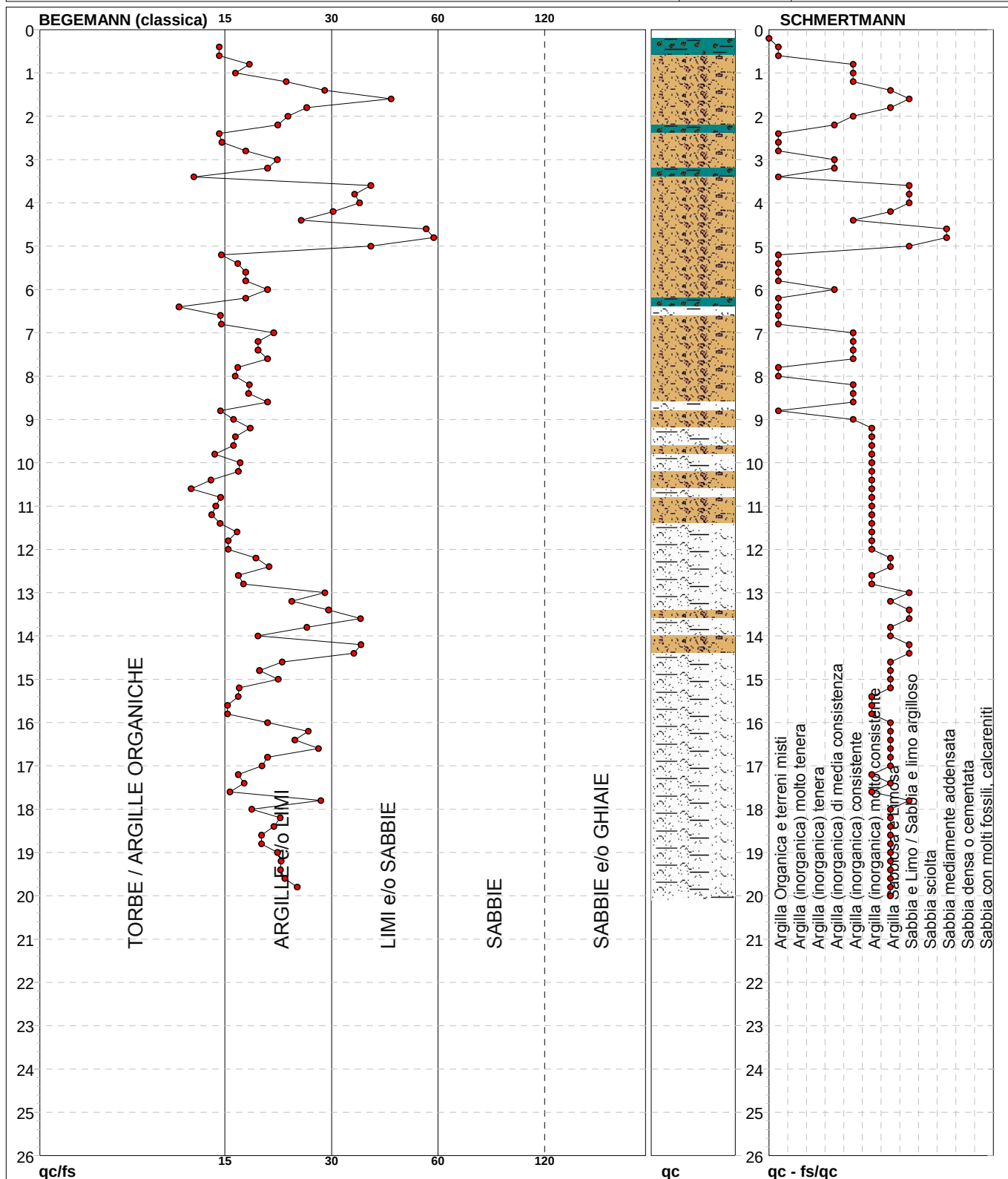
riferimento

113-2014

n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **18/12/2014**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato: **Falda: -1,90 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	45 punti, 34,88%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 13,18%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	29 punti, 22,48%
Argille e/o Limi :	75 punti, 58,14%	Argilla (inorganica) media consist.::	4 punti, 3,10%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	11 punti, 8,53%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 7,75%	Argilla (inorganica) consistente:	13 punti, 10,08%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1,55%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	22 punti, 17,05%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**3**

riferimento

113-2014

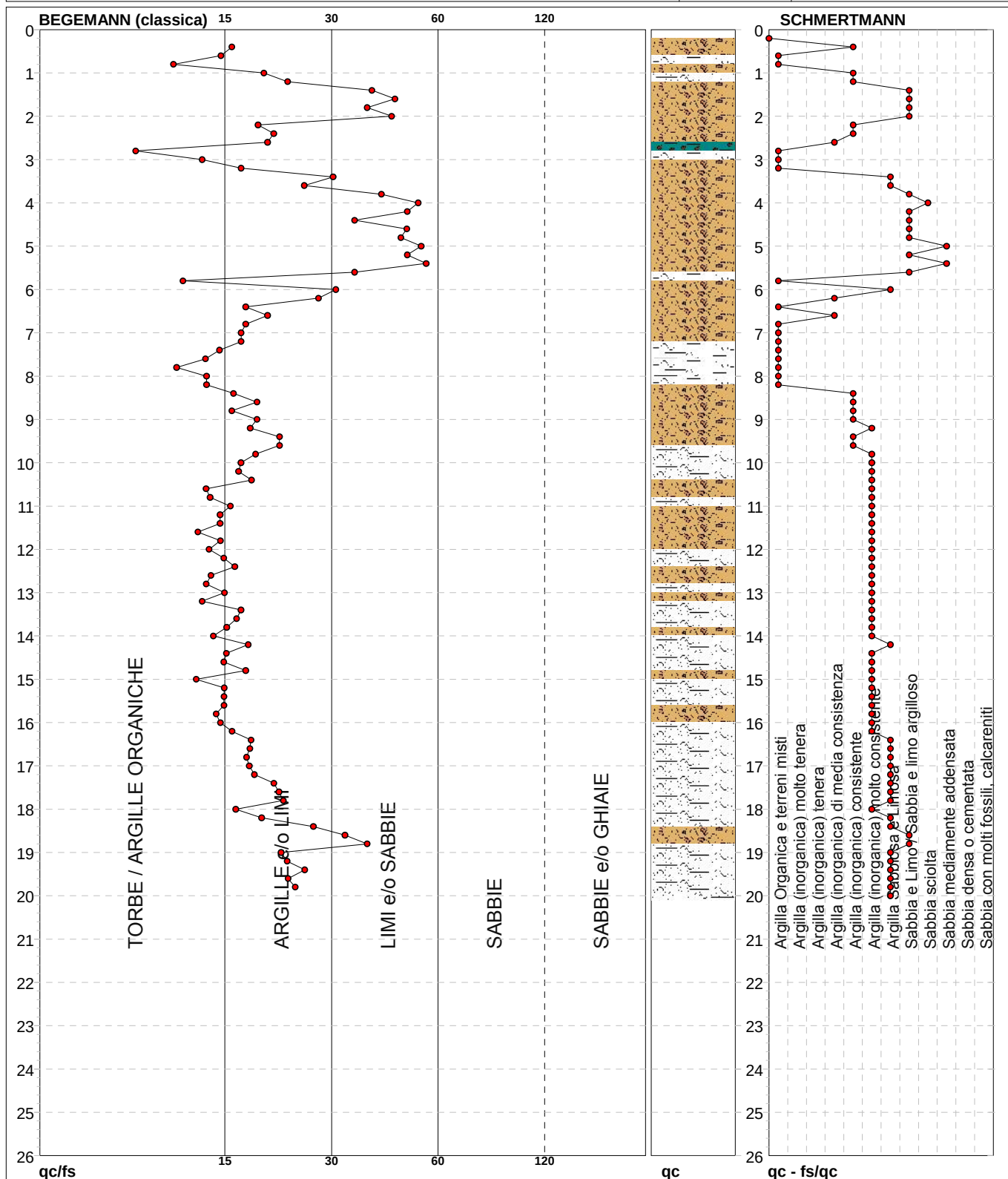
n° verb. accett.

Committente: **D'AGOSTINO**
Cantiere: **PIANO DELLA RICOSTRUZIONE**
Località: **CENTO**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:130**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: 18/12/2014

Falda: -1,90 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	24 punti, 18,60%	Argilla Organica e terreni misti:	15 punti, 11,63%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	19 punti, 14,73%
Argille e/o Limi :	58 punti, 44,96%	Argilla (inorganica) media consist.::	3 punti, 2,33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	13 punti, 10,08%
Limi e/o Sabbie :	17 punti, 13,18%	Argilla (inorganica) consistente:	11 punti, 8,53%	Sabbia sciolta:	1 punti, 0,78%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	34 punti, 26,36%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1,55%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

riferimento

1

113-2014

n° verb.accett.

Committente: D'AGOSTINO

Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE

Località: CENTO

U.M.: kg/cm²

Data esec.: 18/12/2014

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -1,70 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.					
0,20	--	--		1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	11,00	12,64	2	1,91	0,08	137	0,54	73,2	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	11,00	11,83	2	1,91	0,11	137	0,54	43,8	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	17,00	14,17	2	1,97	0,15	161	0,72	43,8	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	32,00	15,02	4	1,97	0,19	204	1,07	53,5	181,3	272,0	96,0	73	40	35	32	30	39	29	--	--	53,3	80,0	96,0	--	--	--	--	
1,20	41,00	21,24	4	2,00	0,23	224	1,37	57,6	232,3	348,5	123,0	77	40	35	33	31	40	30	--	--	68,3	102,5	123,0	--	--	--	--	
1,40	23,00	23,00	4	1,94	0,27	180	0,87	26,9	147,5	221,3	69,0	53	38	32	29	27	36	28	--	--	38,3	57,5	69,0	--	--	--	--	
1,60	13,00	12,15	2	1,93	0,31	145	0,60	14,5	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	11,00	20,75	2	0,91	0,33	137	0,54	11,6	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	10,00	30,30	4	0,86	0,35	132	0,50	10,0	85,0	127,5	40,0	19	34	26	23	22	30	26	--	--	16,7	25,0	30,0	--	--	--	--	
2,20	12,00	30,00	4	0,88	0,36	141	0,57	11,1	97,1	145,7	44,6	24	34	27	24	23	31	26	--	--	20,0	30,0	36,0	--	--	--	--	
2,40	8,00	6,67	2	0,86	0,38	121	0,40	6,7	96,8	145,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	19,00	21,84	2	0,99	0,40	168	0,78	14,4	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	9,00	16,98	2	0,88	0,42	127	0,45	6,9	105,2	157,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	7,00	17,50	2	0,84	0,43	115	0,35	4,8	120,4	180,6	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	8,00	17,02	2	0,86	0,45	121	0,40	5,4	122,7	184,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	9,00	27,27	2	0,88	0,47	127	0,45	6,0	124,3	186,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	10,00	30,30	4	0,86	0,49	132	0,50	6,5	125,2	187,8	40,0	10	33	25	22	20	28	26	--	--	16,7	25,0	30,0	--	--	--	--	
3,80	14,00	42,42	4	0,89	0,50	150	0,64	8,4	119,7	179,6	48,2	21	34	26	23	22	30	26	--	--	23,3	35,0	42,0	--	--	--	--	
4,00	17,00	28,33	2	0,97	0,52	161	0,72	9,4	125,2	187,8	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	26,00	43,33	3	0,87	0,54	189	--	--	--	--	--	41	36	29	26	24	33	28	--	--	43,3	65,0	78,0	--	--	--	--	
4,40	20,00	37,74	4	0,93	0,56	171	0,80	9,8	136,4	204,6	60,0	31	35	28	24	23	31	27	--	--	33,3	50,0	60,0	--	--	--	--	
4,60	16,00	26,67	2	0,96	0,58	157	0,70	7,9	139,2	208,8	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	10,00	18,87	2	0,90	0,60	132	0,50	5,0	164,3	246,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	10,00	21,28	2	0,90	0,61	132	0,50	4,9	170,1	255,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	10,00	30,30	4	0,86	0,63	132	0,50	4,7	175,6	263,4	40,0	4	32	24	20	19	27	26	--	--	16,7	25,0	30,0	--	--	--	--	
5,40	8,00	20,00	2	0,86	0,65	121	0,40	3,4	182,5	273,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	7,00	21,21	2	0,84	0,67	115	0,35	2,8	177,8	266,6	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	7,00	17,50	2	0,84	0,68	115	0,35	2,7	180,0	270,0	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	8,00	24,24	2	0,86	0,70	121	0,40	3,1	193,3	290,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	7,00	17,50	2	0,84	0,72	115	0,35	2,6	184,0	275,9	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	8,00	17,02	2	0,86	0,73	121	0,40	2,9	199,2	298,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	7,00	14,89	1	0,46	0,74	115	0,35	2,5	39,3	58,9	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	8,00	20,00	2	0,86	0,76	121	0,40	2,8	203,1	304,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	9,00	19,15	2	0,88	0,78	127	0,45	3,2	215,7	323,6	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	10,00	18,87	2	0,90	0,80	132	0,50	3,5	224,3	336,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	12,00	17,91	2	0,92	0,81	141	0,57	4,0	227,1	340,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	10,00	18,87	2	0,90	0,83	132	0,50	3,3	233,1	349,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	10,00	21,28	2	0,90	0,85	132	0,50	3,2	236,9	355,3	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	10,00	16,67	2	0,90	0,87	132	0,50	3,2	240,5	360,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	12,00	20,00	2	0,92	0,89	141	0,57	3,6	250,2	375,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	13,00	19,40	2	0,93	0,90	145	0,60	3,8	254,8	382,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	13,00	16,25	2	0,93	0,92	145	0,60	3,7	260,6	390,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	12,00	16,44	2	0,92	0,94	141	0,57	3,4	264,4	396,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	14,00	17,50	2	0,94	0,96	150	0,64	3,8	270,8	406,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	17,00	18,28	2	0,97	0,98	161	0,72	4,3	273,7	410,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	26,00	20,47	4	0,95	1,00	189	0,93	5,7	267,9	401,9	78,0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	43,3	65,0	78,0	--	--	--	--	
9,60	28,00	18,30	4	0,96	1,02	194	0,97	5,9	271,1	406,7	84,0	28	35	26	23	22	30	28	--	--	46,7	70,0	84,0	--	--	--	--	
9,80	30,00	17,34	4	0,96	1,04	199	1,00	6,0	274,6	411,9	90,0	30	35	26	23	22	30	29	--	--	50,0	75,0	90,0	--	--	--	--	
10,00	30,00	17,96	4	0,96	1,06	199	1,00	5,9	281,6	422,4	90,0	29	35	26	23	22	30	29	--	--	50,0	75,0	90,0	--	--	--	--	
10,20	29,00	15,51	4	0,96	1,08	197	0,98	5,6	290,1	435,2	87,0	28	35	26	23	22	30	29	--	--	48,3	72,5	87,0	--	--	--	--	
10,40	29,00	18,13	4	0,96	1,09	197	0,98	5,5	296,9	445,3	87,0	27	35	26	23	21	30	29	--	--	48,3	72,5	87,0	--	--	--	--	
10,60	26,00	15,57	4	0,95	1,11	189	0,93	5,0																				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	riferimento	113-2014
	n° verb.accett.	

Committente: D´AGOSTINO	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 18/12/2014
Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE	Pagina: 2	
Località: CENTO	Elaborato:	Falda: -1,70 m da p.c.

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE													
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
20,00	44,00	21,26	4	1,00	2,07	230	1,47	4,1	579,1	868,6	132,0	26	34	25	22	20	28	31	--	--	--	73,3	110,0	132,0
20,20	56,00	20,97	4	1,01	2,10	252	1,87	5,4	569,3	853,9	168,0	34	35	26	23	22	30	31	--	--	--	93,3	140,0	168,0
20,40	51,00	15,00	4	1,01	2,12	243	1,70	4,8	587,2	880,7	153,0	31	35	26	22	21	29	31	--	--	--	85,0	127,5	153,0
20,60	59,00	28,50	4	1,02	2,14	257	1,97	5,7	574,5	861,8	177,0	35	35	26	23	22	30	32	--	--	--	98,3	147,5	177,0
20,80	67,00	35,83	3	0,95	2,15	270	--	--	--	--	--	39	36	27	24	22	30	32	--	--	--	111,7	167,5	201,0
21,00	87,00	31,07	3	0,98	2,17	298	--	--	--	--	--	48	37	28	25	23	32	33	--	--	--	145,0	217,5	261,0
21,20	42,00	17,00	4	1,00	2,19	226	1,40	3,6	619,4	929,1	126,0	23	34	24	21	20	28	30	--	--	--	70,0	105,0	126,0
21,40	49,00	16,33	4	1,01	2,21	240	1,63	4,3	618,4	927,6	147,0	28	35	25	22	21	29	31	--	--	--	81,7	122,5	147,0
21,60	52,00	17,33	4	1,01	2,23	245	1,73	4,6	622,6	933,9	156,0	30	35	25	22	21	29	31	--	--	--	86,7	130,0	156,0
21,80	58,00	19,33	4	1,02	2,25	256	1,93	5,2	618,6	928,0	174,0	33	35	26	23	21	29	31	--	--	--	96,7	145,0	174,0
22,00	52,00	19,05	4	1,01	2,27	245	1,73	4,5	634,7	952,0	156,0	29	35	25	22	21	29	31	--	--	--	86,7	130,0	156,0
22,20	47,00	17,22	4	1,01	2,30	236	1,57	3,9	643,9	965,8	141,0	26	34	25	22	20	28	31	--	--	--	78,3	117,5	141,0
22,40	49,00	18,85	4	1,01	2,32	240	1,63	4,1	646,1	969,1	147,0	27	34	25	22	20	28	31	--	--	--	81,7	122,5	147,0
22,60	57,00	24,46	4	1,01	2,34	254	1,90	4,9	647,1	970,7	171,0	32	35	26	22	21	29	31	--	--	--	95,0	142,5	171,0
22,80	56,00	23,33	4	1,01	2,36	252	1,87	4,7	655,0	982,5	168,0	31	35	26	22	21	29	31	--	--	--	93,3	140,0	168,0
23,00	49,00	19,37	4	1,01	2,38	240	1,63	3,9	665,4	998,1	147,0	26	34	25	22	20	28	31	--	--	--	81,7	122,5	147,0
23,20	48,00	17,98	4	1,01	2,40	238	1,60	3,8	674,9	1012,3	144,0	25	34	25	21	20	28	31	--	--	--	80,0	120,0	144,0
23,40	46,00	18,18	4	1,01	2,42	234	1,53	3,6	681,9	1022,8	138,0	24	34	24	21	20	28	31	--	--	--	76,7	115,0	138,0
23,60	61,00	24,11	4	1,02	2,44	260	2,03	5,0	672,2	1008,4	183,0	33	35	26	23	21	29	32	--	--	--	101,7	152,5	183,0
23,80	65,00	31,40	3	0,94	2,46	267	--	--	--	--	--	35	35	26	23	21	30	32	--	--	--	108,3	162,5	195,0
24,00	81,00	20,93	4	1,03	2,48	290	2,70	7,0	621,4	932,0	243,0	43	36	27	24	23	31	33	--	--	--	135,0	202,5	243,0
24,20	94,00	26,63	4	1,05	2,50	307	3,13	8,3	594,2	891,2	282,0	48	37	28	25	23	32	34	--	--	--	156,7	235,0	282,0
24,40	79,00	20,79	4	1,03	2,52	287	2,63	6,6	643,9	965,9	237,0	41	36	27	24	22	31	33	--	--	--	131,7	197,5	237,0
24,60	64,00	17,44	4	1,02	2,54	265	2,13	5,1	699,3	1048,9	192,0	34	35	26	23	21	29	32	--	--	--	106,7	160,0	192,0
24,80	58,00	21,25	4	1,02	2,56	256	1,93	4,4	714,0	1071,0	174,0	30	35	25	22	21	29	31	--	--	--	96,7	145,0	174,0
25,00	53,00	21,46	4	1,01	2,58	247	1,77	3,9	722,7	1084,1	159,0	27	34	25	22	20	28	31	--	--	--	88,3	132,5	159,0
25,20	62,00	--	3	0,94	2,60	262	--	--	--	--	--	32	35	26	22	21	29	32	--	--	--	103,3	155,0	186,0

FON071

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

2

riferimento

113-2014

n° verb.accett.

Committente: D'AGOSTINO
Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE
Località: CENTO

U.M.: kg/cm²
Data esec.: 18/12/2014
Pagina: 1
Elaborato: Falda: -1,90 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
0,20	--	--		1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	7,00	14,89	1	1,46	0,07	115	0,35	50,3	14,0	21,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	7,00	14,89	1	1,46	0,10	115	0,35	31,9	14,0	21,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	12,00	17,91	2	1,92	0,13	141	0,57	38,5	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	12,00	16,44	2	1,92	0,17	141	0,57	28,1	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	15,00	22,39	2	1,95	0,21	154	0,67	26,4	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	15,00	28,30	2	1,95	0,25	154	0,67	21,4	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	14,00	42,42	4	1,89	0,29	150	0,64	16,9	108,2	162,3	48,2	35	35	29	26	24	33	26	--	--	23,3	35,0	42,0	42,0	
1,80	17,00	25,37	2	1,97	0,33	161	0,72	16,9	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12,00	22,64	2	0,92	0,35	141	0,57	11,8	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	10,00	21,28	2	0,90	0,36	132	0,50	9,3	86,9	130,3	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	7,00	14,89	1	0,46	0,37	115	0,35	5,8	19,9	29,8	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	5,00	15,15	2	0,80	0,39	101	0,25	3,6	109,8	164,7	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	7,00	17,50	2	0,84	0,41	115	0,35	5,2	111,2	166,7	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	7,00	21,21	2	0,84	0,42	115	0,35	5,0	116,7	175,1	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	8,00	20,00	2	0,86	0,44	121	0,40	5,6	118,7	178,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	6,00	12,77	1	0,46	0,45	109	0,30	3,8	23,1	34,7	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	15,00	37,50	4	0,89	0,47	154	0,67	9,8	113,7	170,6	49,5	25	34	27	24	22	31	27	--	--	25,0	37,5	45,0	45,0	
3,80	18,00	33,96	4	0,91	0,49	164	0,75	10,8	127,5	191,3	56,2	31	35	28	25	23	31	27	--	--	30,0	45,0	54,0	54,0	
4,00	14,00	35,00	4	0,89	0,50	150	0,64	8,4	119,5	179,2	48,2	21	34	26	23	22	30	26	--	--	23,3	35,0	42,0	42,0	
4,20	14,00	29,79	2	0,94	0,52	150	0,64	8,1	125,0	187,6	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	13,00	24,53	2	0,93	0,54	145	0,60	7,2	134,0	201,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	21,00	52,50	3	0,85	0,56	174	--	--	--	--	--	33	35	28	25	23	32	27	--	--	35,0	52,5	63,0	63,0	
4,80	22,00	55,00	3	0,86	0,57	177	--	--	--	--	--	33	35	28	25	23	32	28	--	--	36,7	55,0	66,0	66,0	
5,00	15,00	37,50	4	0,89	0,59	154	0,67	7,3	146,5	219,8	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	8,00	15,09	2	0,86	0,61	121	0,40	3,7	172,0	258,0	35,2	20	34	26	23	21	29	27	--	--	25,0	37,5	45,0	45,0	
5,40	10,00	16,67	2	0,90	0,63	132	0,50	4,7	174,4	261,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	7,00	17,50	2	0,84	0,64	115	0,35	2,9	174,7	262,0	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	7,00	17,50	2	0,84	0,66	115	0,35	2,8	177,2	265,7	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	8,00	20,00	2	0,86	0,68	121	0,40	3,2	189,2	283,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	7,00	17,50	2	0,84	0,70	115	0,35	2,7	181,6	272,4	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	7,00	11,67	1	0,46	0,70	115	0,35	2,6	38,1	57,1	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	9,00	15,00	2	0,88	0,72	127	0,45	3,5	203,4	305,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	8,00	15,09	2	0,86	0,74	121	0,40	2,9	200,0	300,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	11,00	20,75	2	0,91	0,76	137	0,54	4,1	211,4	317,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	10,00	18,87	2	0,90	0,78	132	0,50	3,6	218,9	328,3	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	10,00	18,87	2	0,90	0,79	132	0,50	3,5	223,8	335,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	12,00	20,00	2	0,92	0,81	141	0,57	4,0	226,5	339,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	10,00	16,67	2	0,90	0,83	132	0,50	3,3	232,6	348,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	11,00	16,42	2	0,91	0,85	137	0,54	3,5	239,3	358,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	12,00	17,91	2	0,92	0,87	141	0,57	3,7	244,4	366,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	13,00	17,81	2	0,93	0,88	145	0,60	3,9	248,2	372,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	12,00	20,00	2	0,92	0,90	141	0,57	3,5	254,9	382,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	12,00	15,00	2	0,92	0,92	141	0,57	3,5	259,6	389,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	13,00	16,25	2	0,93	0,94	145	0,60	3,6	265,5	398,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	18,00	18,00	2	0,98	0,96	164	0,75	4,6	267,3	400,9	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	23,00	16,43	4	0,94	0,98	180	0,87	5,4	266,3	399,4	69,0	22	34	25	22	21	29	28	--	--	38,3	57,5	69,0	69,0	
9,60	26,00	16,25	4	0,95	1,00	189	0,93	5,7	267,4	401,1	78,0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	43,3	65,0	78,0	78,0	
9,80	29,00	14,50	4	0,96	1,02	197	0,98	6,0	268,9	403,3	87,0	29	35	26	23	22	30	29	--	--	48,3	72,5	87,0	87,0	
10,00	35,00	16,91	4	0,98	1,04	211	1,17	7,3	256,4	384,6	105,0	35	35	27	24	23	31	29	--	--	58,3	87,5	105,0	105,0	
10,20	38,00	16,74	4	0,99	1,06	218	1,27	7,9	254,6	381,9	114,0	37	36	28	24	23	31	30	--	--	63,3	95,0	114,0	114,0	
10,40	35,00	14,17	4	0,98	1,08	211	1,17	6,9	270,7	406,0	105,0	34	35	27	24	22	31	29	--	--	58,3	87,5	105,0	105,0	
10,60	31,00	12,55	4	0,97	1,10	202	1,03	5,8	292,2	438,3	93,0	30	35	26	23	22	30	29	--	--	51,7	77,5	93,0	93,0	
10,80	32,00	15,02	4	0,97	1,11	204	1,07	5,9	295,8	443,7	96,0	30	35	26	23	22	30	29	--	--	53,3	80,0	96,0	96,0	
11,00	34,00	14,59	4	0,98	1,13	209	1,13	6,3	295,9	443,9	102,0	32	35	27	23										

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

3

riferimento

113-2014

n° verb. accett.

Committente: D'AGOSTINO

Cantiere: PIANO DELLA RICOSTRUZIONE

Località: CENTO

U.M.: kg/cm²

Data esec.: 18/12/2014

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -1,90 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,20	--	--		1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



IND.A.G.O. s.n.c.

Indagini e Opere Ambientali e Geologiche

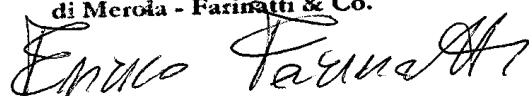
via Balzan, 1 - 45100 Rovigo - tel. 0425-25185

www.indago-rovigo.it

Rapporto Tecnico:

Indagine sismica mediante la tecnica MASW attiva e passiva per la costruzione di un edificio residenziale in Via del Pioppo in Comune di Cento (FE), ai sensi delle NTC (DM 14/01/08) e dell'Atto di indirizzo e coordinamento 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"

Dott. Geol. Enrico Farinatti

IND.A.G.O. s.n.c.
di Merola - Farinatti & Co.


Rovigo, Dicembre 2014

Committente: Agostini Dott.ssa Cecilia

Via dei Carriolanti, 16

44047 – S. Agostino (FE)

Premessa

Lo scrivente, su incarico della Dott.ssa Cecilia Agostini, ha eseguito un'indagine sismica mediante il metodo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) attivo e passivo per la costruzione di un edificio residenziale in via del Pioppo in Comune di Cento (FE), ai sensi del DM 14/01/2008 e dell'Atto di indirizzo e coordinamento 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"

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

Modalità esecutive

Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 48 canali mod. Abem Terraloc Pro a 24 bits.

Sono state effettuate 10 registrazioni da 32 secondi ciascuna, per il metodo passivo e una registrazione da 2 secondi, per il metodo attivo. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

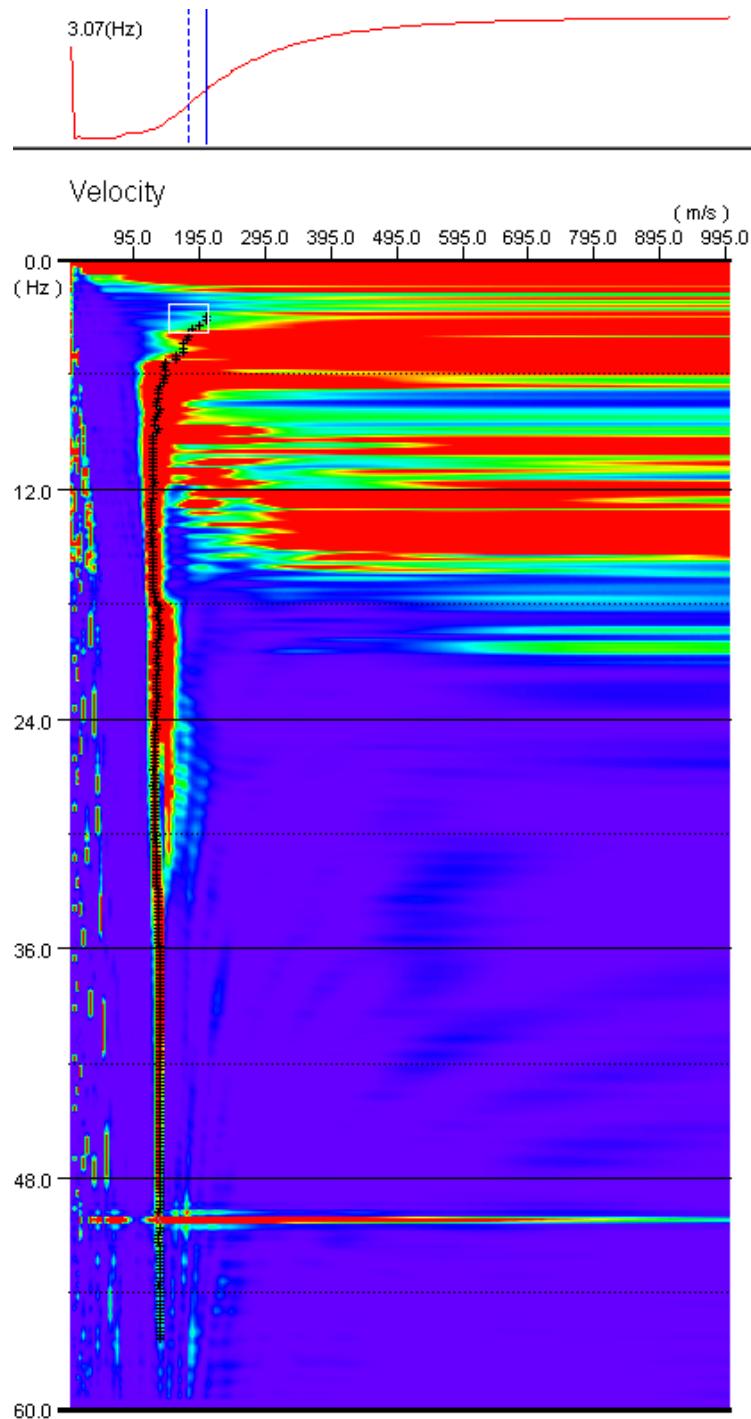
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello $V_s/\text{profondità}$ attendibile.

Qualora necessario, in fase di elaborazione, è possibile effettuare il picking della curva Velocità/frequenza per il solo modo fondamentale di vibrazione, oppure per diversi modi di vibrazione (fino al decimo).

Risultati e conclusioni

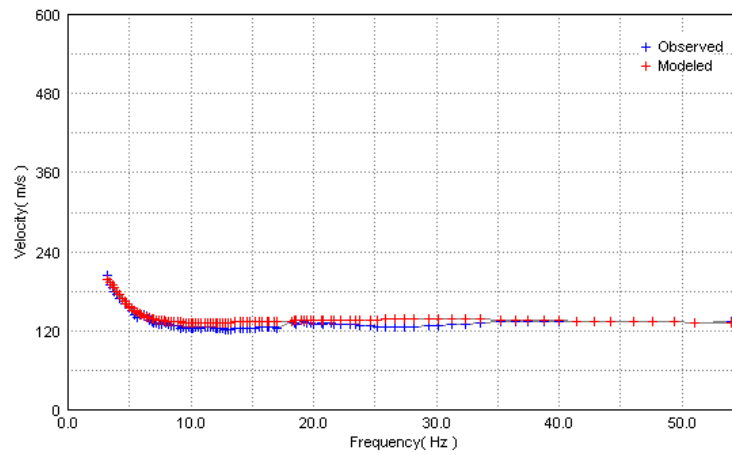
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a oltre 30 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore quadratico medio è del 4.7%.



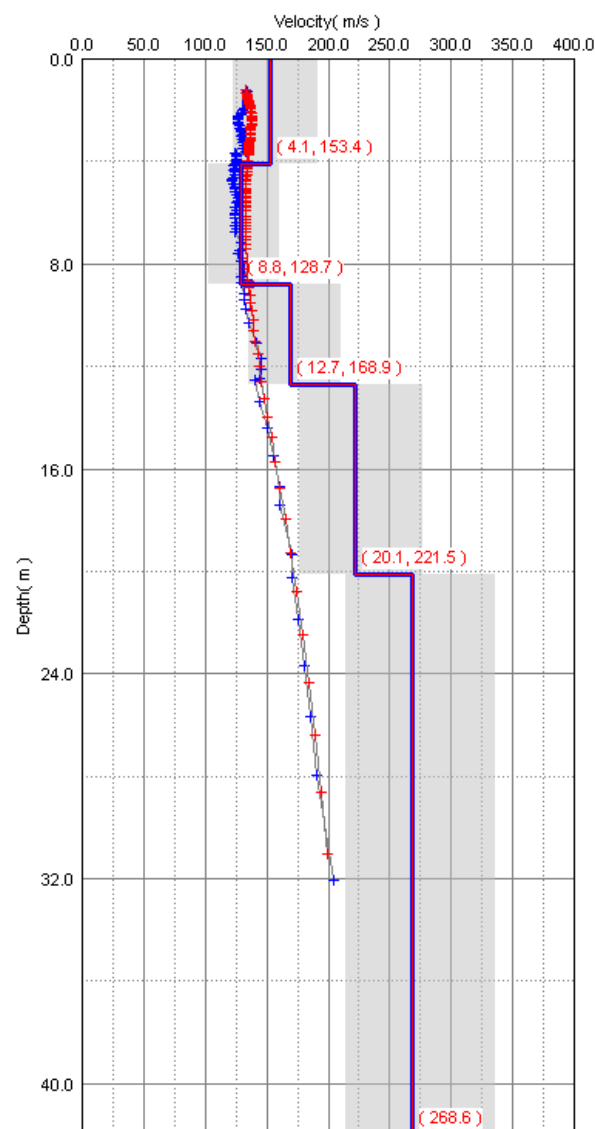
CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI ATTIVO E PASSIVO

Dispersion Curves



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Models



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La V_{s30} è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$V_{s30} = 192 \text{ m/s}$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**$S = 1.46$** secondo le NTC).

Vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC). E' inoltre stata inserita la classificazione del sito in base alle vigenti normative regionali.

Verifica a liquefazione

La prova CPT effettuata, ha rilevato la presenza di un livello costituito da materiale granulare tra i 2 e i 5 m di profondità da p.c. e da circa 10 m dal p.c.. Per questi livelli, è stata condotta (come previsto dalle linee guida dell'AGI) una stima del rischio di liquefazione. La verifica è stata eseguita utilizzando le velocità V_s misurate e supponendo la presenza di una percentuale di limo e/o argilla compresa tra il 5% e il 35%, nonché una magnitudo di riferimento $M = 6.14$.

Viene calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una "normalizzazione" dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento):

$$F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

dove:

$CRR_{7.5}$ = rapporto di resistenza ciclica (per $M=7.5$)

$CSR_{7.5}$ = rapporto di tensione ciclica (per $M=7.5$)

I risultati ottenuti (vedere grafico e tabella allegati) indicano che per il livello a 5m di profondità e per quello compreso tra 10 e 12 m, il fattore di sicurezza risulta inferiore all'unità, inoltre il valore di V_{s1} risulta minore del valore di soglia $V_{s1}^* = 210 \text{ m/s}$ (valore al di sotto del quale possono verificarsi fenomeni di liquefazione), pertanto si conferma che per tali livelli **sussiste un potenziale rischio di liquefazione.**

Rovigo, Dicembre 2014

IND.A.G.O. s.n.c.
di Meroia - Farinatti & Co.


ALLEGATI

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data: Dicembre 2014

Località Via del Pioppo - Cento (FE)
 Coordinate 44.723868 N, 11.276178 E (UTM WGS84)
 Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
 (misura Vr)
 Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM Terraloc Pro a 48 canali, 24 bits
 Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg
 Geometria stendimento: 24 geofoni - interasse 2 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione:

		Ss	Cc	S=S _s *S _T
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e Cu ₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.43	1.20
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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu ₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.46	1.61	1.46
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 Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e Cu ₃₀ < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.79	2.39	1.79
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.55	1.93	1.55
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu 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.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F₀ e T_c vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1	
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
Possibilità di superamento del 10% in 100 anni

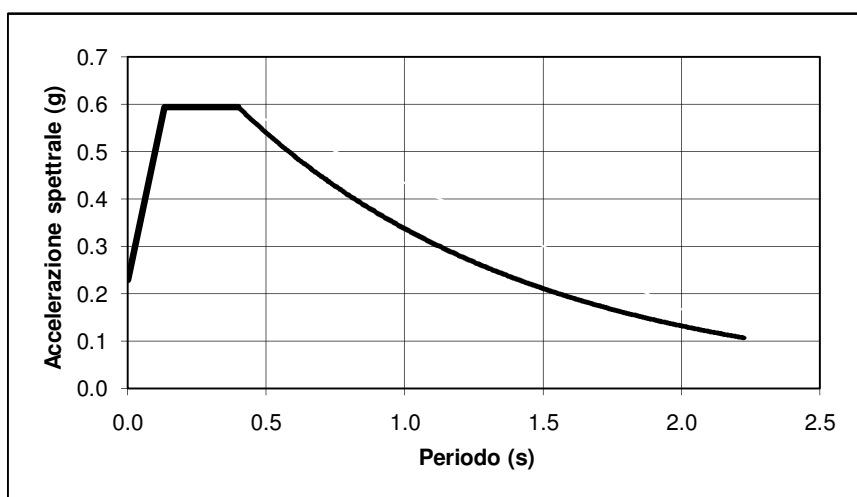
$$T_0 = a_g \times S$$

$$T_b = T_c / 3$$

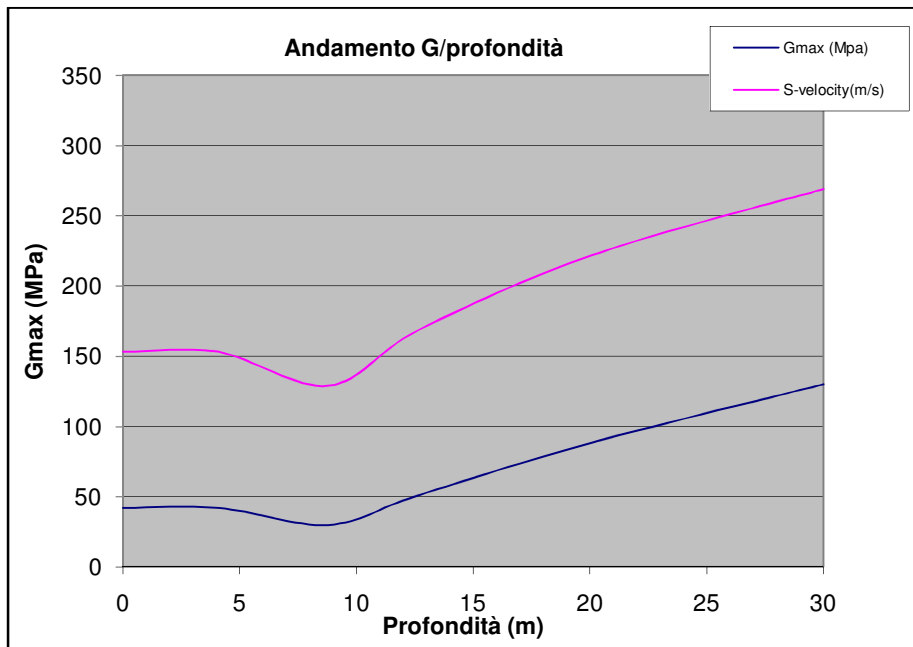
$$T_c = C_c \times T_c^*$$

$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.2292
0.1329	0.5939
0.3986	0.5939
2.2280	0.1062



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	153	42	1.80
4.1	153	42	1.80
8.8	129	30	1.80
12.7	169	51	1.80
20.1	222	89	1.80
30.0	269	130	1.80



V_{s30} (m/s) = 192

CLASSIFICAZIONE DEL SITO Atto di indirizzo e coordinamento 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 classificazione territoriale e urbanistica

Località Via del Pioppo - Cento (FE)
Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
 (misura V_r)
Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM Terraloc Pro a 48 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento: 24 geofoni - interasse 2 m

Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo a_{refg} 0.157

Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)

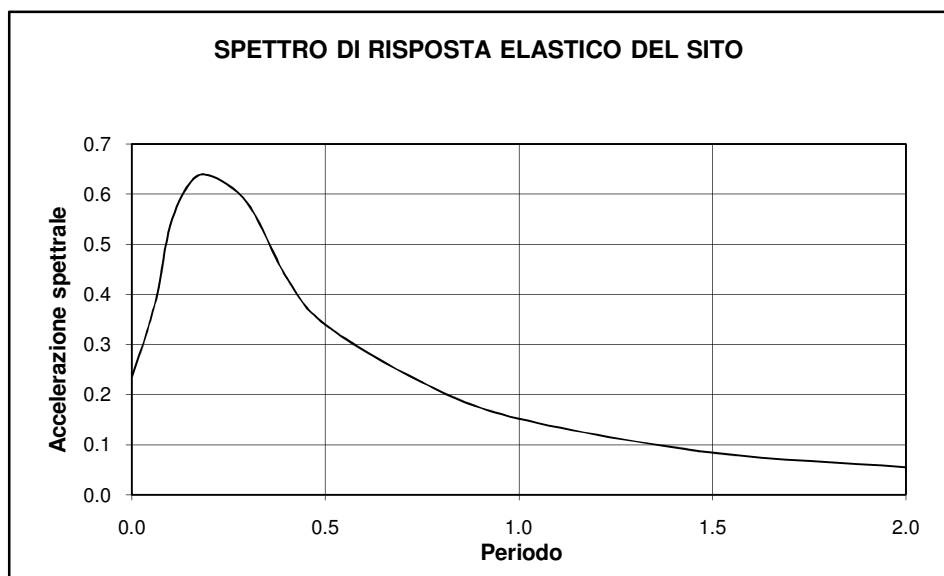
Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE

Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

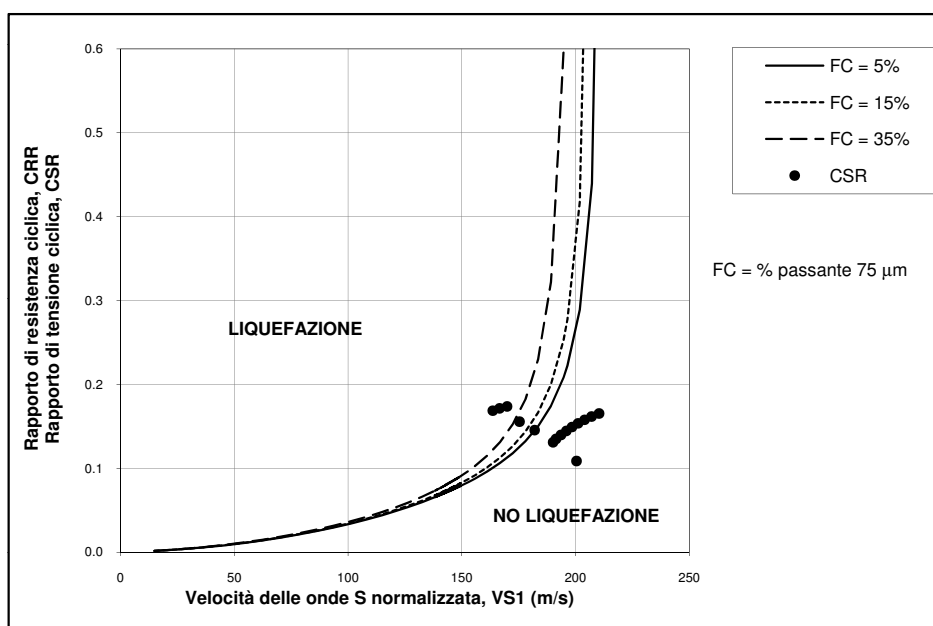
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica"

T (s)	Sa/a _{ref}	Sa/a _g
0.000	1.000	0.236
0.040	1.389	0.327
0.070	1.759	0.414
0.100	2.283	0.538
0.150	2.637	0.621
0.200	2.707	0.638
0.300	2.466	0.581
0.400	1.840	0.433
0.500	1.445	0.340
0.750	0.955	0.225
1.000	0.645	0.152
1.500	0.355	0.084
2.000	0.231	0.054



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	Vs	Vs1	CSR 7.5	F _s = CRR _{7.5} /CSR _{7.5}
2.0	153	200	0.109	3.36
3.0	153	190	0.131	1.58
4.0	153	182	0.146	1.09
5.0	153	175	0.156	0.87
10.0	169	170	0.174	0.69
11.0	169	167	0.171	0.65
12.0	169	164	0.169	0.63
13.0	221	210	0.165	-59.50
14.0	221	207	0.162	6.21
15.0	221	204	0.158	3.40
16.0	221	201	0.154	2.53
17.0	221	198	0.149	2.11
18.0	221	196	0.145	1.86
19.0	221	194	0.140	1.71
20.0	221	191	0.135	1.61



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore Vs1, ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace $p_a = 100$ kPa attraverso la:

$$V_{S1} = C_v \cdot V_s = V_s \cdot (p_a / \sigma'_{v0})^{0.25}$$

$$\text{RAPP. TENSIONALE CICLICO } CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$$

a_{max} = accelerazione di picco al piano campagna

g = accelerazione di gravità

σ_v / σ'_v = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

r_d = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

$$\text{COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE } F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

$$CSR \text{ riferito ad terremoto di magnitudo 7.5 } (CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$$

fattore di scala per la magnitudo $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

$$\text{RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a } M = 7.5) \text{ } CRR_{7.5} = 0.022x(V_{S1}/100)^2 + 2.8x(1/(V_{S1}^* - V_{S1}) - 1/V_{S1}^*)$$

APPENDICE

Verifica del rischio di liquefazione dei terreni granulari

La verifica numerica del rischio di liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche è stata eseguita adottando il Metodo semplificato di Robertson & Wride (1997). Tale metodo è stato specificamente elaborato per dati di ingresso derivanti da prove penetrometriche statiche, previa determinazione di un valore di riferimento della Magnitudo di progetto. Di tale metodo di calcolo occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà: $F_s = \frac{R}{T}$. Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1,00 (o 1,4 come da Facciorusso, 2008).

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la

relazione: $T = 0.65 \frac{a_{\max} \pm_{v0}}{g \pm_{v0}} r_d MSF$. Dove:

$a_{\max}$ = accelerazione sismica massima

G = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s²

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.

σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:

$r_d = 1 - 0,00765z$ per $z \leq 9,15$ m

$r_d = 1,174 - 0,0267z$ per $9,15 < z \leq 23$ m

$r_d = 0,774 - 0,008z$ per $23 < z \leq 30$ m

$r_d = 0,5$ per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, valutato secondo la relazione Di Idriss e Boulanger (2007).

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50. \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi:

si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \pm_{v0}}{\pm_{v0}'} \text{ e } F = 100 \frac{f_s}{q_c - \pm_{v0}}. \text{ Dove:}$$

q_c (kg/cm²) = resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.
 f_s (kg/cm²) = attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.
 σ_{v0} (kg/cm²) = pressione verticale totale
 σ_{v0}' (kg/cm²) = pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\pm_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

se $I_c > 2,6$ allora $n = 1$; se $I_c \leq 2,6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n = 0,5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2,6 si conferma il valore $n = 0,5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n = 0,75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.

Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, e in caso contrario è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88$$

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

M = 6.14
MSF = 1.43 per M<7.5 (Idriss e Boulanger, 2008)
a_g = 0.157
S = 1.500
a_{max} = 0.236

CPT 1 D'AGOSTINO GENNARO E MOSCARELLA LUCIA
CENTO - VIA PIOPPO

I_c > 2.6 NON liquefacibile: "-"
FSL>1 NON LIQUEFACIBILE

z	q _c	f _s	σ _v	σ _v	n	n'	C _n	Q	F	condiz 2	I _c	K _c	(q _c /n) _{cs}	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL
0.20	0.00	0.87		0.04																	
0.40	11.00	0.87	0.08	0.08	0.75	0.50	6.96	145.28	4.19	2.43	2.26	1.82	139.79	1.16	0.12	0.33	2.68	0.0000	9.80	0	
0.60	11.00	0.93	0.11	0.11	1.00	1.00	8.82	96.00	8.54	2.61	2.62	3.43	332.25	1.16	0.12	3.49	-	0.0000	9.70	0	
0.80	17.00	1.20	0.15	0.15	0.75	0.75	4.09	110.26	7.12	2.64	2.52	2.85	198.55	1.15	0.12	0.81	6.55	0.0000	9.60	0	
1.00	32.00	2.13	0.19	0.19	0.50	0.75	2.28	165.49	6.70	2.60	2.40	2.30	168.23	1.15	0.12	0.52	4.26	0.0000	9.50	0	
1.20	41.00	1.93	0.23	0.23	0.50	0.50	2.08	175.57	4.73	2.44	2.26	1.82	154.69	1.14	0.12	0.42	3.47	0.0000	9.40	0	
1.40	23.00	1.00	0.27	0.27	0.75	0.50	2.66	83.90	4.40	2.51	2.42	2.40	147.12	1.14	0.12	0.38	3.09	0.0000	9.30	0	
1.60	13.00	1.07	0.31	0.31	1.00	1.00	3.23	41.00	8.43	2.83	2.84	5.12	214.89	1.13	0.12	1.00	-	0.0000	9.20	0	falda
1.80	11.00	0.53	0.35	0.33	1.00	1.00	3.05	32.51	4.97	2.73	2.74	4.30	144.22	1.13	0.13	0.36	-	0.0000	9.10	0	3.581
2.00	10.00	0.33	0.38	0.35	1.00	1.00	2.90	27.87	3.43	2.67	2.68	3.85	111.65	1.12	0.13	0.21	-	0.0000	9.00	0	
2.20	12.00	0.40	0.42	0.36	1.00	1.00	2.76	31.94	3.45	2.63	2.64	3.56	117.97	1.12	0.14	0.23	-	0.0000	8.90	0	
2.40	8.00	1.20	0.46	0.38	1.00	1.00	2.63	19.86	15.92	3.24	3.25	10.01	210.95	1.11	0.14	0.95	-	0.0000	8.80	0	
2.60	19.00	0.87	0.50	0.40	1.00	1.00	2.50	46.31	4.70	2.61	2.61	3.42	162.55	1.10	0.15	0.48	-	0.0000	8.70	0	
2.80	9.00	0.53	0.54	0.42	1.00	1.00	2.40	20.29	6.26	2.94	2.96	6.28	135.50	1.10	0.15	0.31	-	0.0000	8.60	0	
3.00	7.00	0.40	0.58	0.43	1.00	1.00	2.30	14.81	6.23	3.03	3.06	7.40	119.40	1.09	0.16	0.24	-	0.0000	8.50	0	
3.20	8.00	0.47	0.61	0.45	1.00	1.00	2.22	16.37	6.36	3.00	3.03	7.09	125.75	1.09	0.16	0.26	-	0.0000	8.40	0	
3.40	9.00	0.33	0.65	0.47	1.00	1.00	2.13	17.81	3.95	2.84	2.87	5.39	103.58	1.08	0.16	0.18	-	0.0000	8.30	0	
3.60	10.00	0.33	0.69	0.49	1.00	1.00	2.06	19.16	3.55	2.79	2.81	4.90	100.90	1.08	0.16	0.18	-	0.0000	8.20	0	
3.80	14.00	0.33	0.73	0.50	1.00	1.00	1.99	26.35	2.49	2.59	2.61	3.39	94.11	1.07	0.17	0.16	-	0.0000	8.10	0	
4.00	17.00	0.60	0.77	0.52	1.00	1.00	1.91	31.03	3.70	2.65	2.67	3.76	122.13	1.07	0.17	0.25	-	0.0000	8.00	0	
4.20	26.00	0.60	0.81	0.54	0.50	0.50	1.36	46.62	2.38	2.50	2.41	2.34	82.85	1.06	0.17	0.13	0.78	0.2166	7.90	1.710889	
4.40	20.00	0.53	0.84	0.56	0.50	0.75	1.34	34.27	2.77	2.63	2.55	3.04	81.29	1.06	0.17	0.13	0.76	0.2398	7.80	1.870074	
4.60	16.00	0.60	0.88	0.58	1.00	1.00	1.73	26.15	3.97	2.72	2.74	4.32	119.43	1.05	0.17	0.24	-	0.0000	7.70	0	
4.80	10.00	0.53	0.92	0.60	1.00	1.00	1.68	15.23	5.84	3.00	3.03	7.08	118.72	1.05	0.17	0.24	-	0.0000	7.60	0	
5.00	10.00	0.47	0.96	0.61	1.00	1.00	1.63	14.72	5.20	2.97	3.01	6.83	111.26	1.04	0.17	0.21	-	0.0000	7.50	0	
5.20	10.00	0.33	1.00	0.63	1.00	1.00	1.58	14.26	3.67	2.89	2.92	5.93	93.96	1.04	0.18	0.16	-	0.0000	7.40	0	
5.40	8.00	0.40	1.04	0.65	1.00	1.00	1.54	10.74	5.74	3.09	3.14	8.45	104.28	1.03	0.18	0.19	-	0.0000	7.30	0	
5.60	7.00	0.33	1.08	0.67	1.00	1.00	1.50	8.91	5.57	3.14	3.20	9.20	96.78	1.02	0.18	0.16	-	0.0000	7.20	0	
5.80	7.00	0.40	1.11	0.68	1.00	1.00	1.47	8.63	6.80	3.20	3.26	10.12	103.89	1.02	0.18	0.18	-	0.0000	7.10	0	
6.00	8.00	0.33	1.15	0.70	1.00	1.00	1.43	9.79	4.82	3.07	3.13	8.25	94.35	1.01	0.18	0.16	-	0.0000	7.00	0	
6.20	7.00	0.40	1.19	0.72	1.00	1.00	1.40	8.11	6.89	3.22	3.29	10.49	102.55	1.01	0.18	0.18	-	0.0000	6.90	0	
6.40	8.00	0.47	1.23	0.73	1.00	1.00	1.36	9.23	6.94	3.19	3.24	9.87	107.73	1.00	0.18	0.20	-	0.0000	6.80	0	
6.60	7.00	0.47	1.27	0.74	1.00	1.00	1.35	7.72	8.20	3.28	3.35	11.50	108.43	1.00	0.18	0.20	-	0.0000	6.70	0	
6.80	8.00	0.40	1.31	0.76	1.00	1.00	1.32	8.81	5.98	3.16	3.22	9.51	100.19	0.99	0.18	0.17	-	0.0000	6.60	0	
7.00	9.00	0.47	1.34	0.78	1.00	1.00	1.29	9.85	6.14	3.13	3.19	9.09	105.23	0.99	0.18	0.19	-	0.0000	6.50	0	
7.20	10.00	0.53	1.38	0.80	1.00	1.00	1.26	10.84	6.15	3.11	3.16	8.66	108.90	0.98	0.18	0.20	-	0.0000	6.40	0	
7.40	12.00	0.67	1.42	0.81	1.00	1.00	1.23	13.00	6.33	3.06	3.10	7.98	117.72	0.98	0.18	0.23	-	0.0000	6.30	0	
7.60	10.00	0.53	1.46	0.83	1.00	1.00	1.20	10.27	6.21	3.12	3.18	8.94	107.45	0.97	0.18	0.20	-	0.0000	6.20	0	
7.80	10.00	0.47	1.50	0.85	1.00	1.00	1.18	10.01	5.53	3.10	3.15	8.63	101.57	0.97	0.18	0.18	-	0.0000	6.10	0	
8.00	10.00	0.60	1.54	0.87	1.00	1.00	1.15	9.75	7.09	3.18	3.23	9.69	111.72	0.96	0.18	0.21	-	0.0000	6.00	0	
8.20	12.00	0.60	1.57	0.89	1.00	1.00	1.13	11.77	5.76	3.06	3.11	8.06	109.20	0.96	0.18	0.20	-	0.0000	5.90	0	
8.40	13.00	0.67	1.61	0.90	1.00	1.00	1.11	12.59	5.88	3.05	3.09	7.86	112.91	0.95	0.18	0.21	-	0.0000	5.80	0	
8.60	13.00	0.80	1.65	0.92	1.00	1.00	1.08	12.29	7.05	3.11	3.15	8.61	121.29	0.94	0.18	0.25	-	0.0000	5.70	0	
8.80	12.00	0.73	1.69	0.94	1.00	1.00	1.06	10.95	7.08	3.14	3.19	9.15	116.57	0.94	0.18	0.23	-	0.0000	5.60	0	
9.00	14.00	0.80	1.73	0.96	1.00	1.00	1.04	12.78	6.52	3.08	3.12	8.16	118.92	0.93	0.18	0.24	-	0.0000	5.50	0	
9.20	17.00	0.93	1.77	0.98	1.00	1.00	1.02	15.55	6.10	3.00	3.04	7.15	123.99	0.93	0.18	0.26	-	0.0000	5.40	0	
9.40	26.00	1.27	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	24.22	5.25	2.83	2.85	5.21	135.67	0.92	0.18	0.31	-	0.0000	5.30	0	
9.60	28.00	1.53	1.84	1.02	1.00	1.00	0.98	25.69	5.85	2.84	2.86	5.34	146.84	0.92	0.18	0.37	-	0.0000	5.20	0	
9.80	30.00	1.73	1.88	1.04	1.00	1.00	0.96	27.11	6.15	2.84	2.86	5.33	154.05	0.91	0.18	0.42	-	0.0000	5.10	0	
10.00	30.00	1.67	1.92	1.06	1.00	1.00	0.95	26.58	5.95	2.84	2.86	5.29	150.14	0.91	0.18	0.39	-	0.0000	5.00	0	
10.20	29.00	1.87	1.96	1.08	1.00	1.00	0.93	25.14	6.92	2.90	2.92	5.90	158.97	0.90	0.18	0.45	-	0.0000	4.90	0	
10.40	29.00	1.60	2.00	1.09	1.00	1.00	0.91	24.66	5.93	2.86	2.88	5.50	145.57	0.90	0.17	0.37	-	0.0000	4.80	0	
10.60	26.00	1.67	2.04	1.11	1.00	1.00	0.90	21.52	6.97	2.95	2.97	6.42	149.92	0.89	0.17	0.39	-	0.0000	4.70	0	
10.80	28.00</																				

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

M = 6.14
MSF = 1.43 per M<7.5 (Idriss e Boulanger, 2008)
a_g = 0.157
S = 1.500
a_{max} = 0.236

CPT 2 D'AGOSTINO GENNARO E MOSCARELLA LUCIA
CENTO - VIA DEL PIOPPO

I_c > 2.6 NON liquefacibile: "-"
FSL>1 NON LIQUEFACIBILE

z	q _c	f _s	σ _v	σ' _v	n	n'	C _n	Q	F	condiz 2	I _c	K _c	(q _{c1n}) _{cs}	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL
0,20	0,00	0,47		0,04																	
0,40	7,00	0,47	0,07	0,07	0,50	0,75	3,89	104,74	3,57	2,70	2,29	1,92	52,14	1,16	0,12	0,09	0,75	0,2517	9,80	2,466563	
0,60	7,00	0,47	0,10	0,10	1,00	1,00	10,48	72,38	6,81	2,61	2,61	3,38	248,28	1,16	0,12	1,50	-	0,0000	9,70	0	
0,80	12,00	0,67	0,13	0,13	0,75	0,75	4,52	88,69	5,65	2,63	2,49	2,72	147,70	1,15	0,12	0,38	3,08	0,0000	9,60	0	
1,00	12,00	0,73	0,17	0,17	0,75	0,75	3,74	68,69	6,17	2,71	2,59	3,27	146,66	1,15	0,12	0,37	3,04	0,0000	9,50	0	
1,20	15,00	0,67	0,21	0,21	0,75	0,50	3,21	70,02	4,53	2,59	2,48	2,68	128,96	1,14	0,12	0,28	2,29	0,0000	9,40	0	
1,40	15,00	0,53	0,25	0,25	0,50	0,75	2,00	58,95	3,59	2,67	2,46	2,56	76,89	1,14	0,12	0,12	1,00	0,0181	9,30	0,16872	
1,60	14,00	0,33	0,29	0,29	0,50	0,75	1,86	47,61	2,41	2,60	2,40	2,33	60,70	1,13	0,12	0,10	0,83	0,1676	9,20	1,542263	
1,80	17,00	0,67	0,35	0,33	0,75	0,75	2,31	50,87	4,02	2,62	2,54	2,97	116,48	1,13	0,13	0,23	1,78	0,0000	9,10	0	falda
2,00	12,00	0,53	0,38	0,35	1,00	1,00	2,89	33,59	4,56	2,69	2,70	4,02	139,59	1,12	0,13	0,33	-	0,0000	9,00	0	7,5193
2,20	10,00	0,47	0,42	0,36	1,00	1,00	2,75	26,33	4,91	2,79	2,80	4,80	132,02	1,12	0,14	0,29	-	0,0000	8,90	0	
2,40	7,00	0,47	0,46	0,37	1,00	1,00	2,68	17,53	7,19	3,02	3,04	7,25	136,08	1,11	0,15	0,31	-	0,0000	8,80	0	
2,60	5,00	0,33	0,50	0,39	1,00	1,00	2,57	11,57	7,33	3,15	3,18	9,03	116,11	1,10	0,15	0,23	-	0,0000	8,70	0	
2,80	7,00	0,40	0,54	0,41	1,00	1,00	2,46	15,93	6,19	3,01	3,03	7,10	122,51	1,10	0,16	0,25	-	0,0000	8,60	0	
3,00	7,00	0,33	0,58	0,42	1,00	1,00	2,37	15,20	5,14	2,97	2,99	6,68	110,58	1,09	0,16	0,21	-	0,0000	8,50	0	
3,20	8,00	0,40	0,61	0,44	1,00	1,00	2,27	16,79	5,42	2,95	2,98	6,48	117,88	1,09	0,16	0,23	-	0,0000	8,40	0	
3,40	6,00	0,47	0,65	0,45	1,00	1,00	2,23	11,91	8,79	3,19	3,23	9,63	128,73	1,08	0,17	0,28	-	0,0000	8,30	0	
3,60	15,00	0,40	0,69	0,47	0,75	0,75	1,77	30,65	2,80	2,64	2,59	3,27	86,85	1,08	0,17	0,14	0,82	0,1751	8,20	1,435967	
3,80	18,00	0,53	0,73	0,49	0,75	0,75	1,72	35,60	3,07	2,61	2,57	3,14	97,12	1,07	0,17	0,17	0,96	0,0442	8,10	0,357679	
4,00	14,00	0,40	0,77	0,50	1,00	1,00	1,99	26,32	3,02	2,64	2,66	3,74	104,05	1,07	0,17	0,18	-	0,0000	8,00	0	
4,20	14,00	0,47	0,81	0,52	1,00	1,00	1,92	25,29	3,56	2,70	2,72	4,16	111,71	1,06	0,18	0,21	-	0,0000	7,90	0	
4,40	13,00	0,53	0,84	0,54	1,00	1,00	1,85	22,50	4,36	2,80	2,82	4,94	118,93	1,06	0,18	0,24	-	0,0000	7,80	0	
4,60	21,00	0,40	0,88	0,56	0,50	0,50	1,34	36,10	1,99	2,53	2,44	2,49	70,11	1,05	0,18	0,11	0,63	0,3717	7,70	2,861814	
4,80	22,00	0,40	0,92	0,57	0,50	0,50	1,32	36,70	1,90	2,50	2,42	2,41	70,03	1,05	0,18	0,11	0,62	0,3768	7,60	2,863833	
5,00	15,00	0,40	0,96	0,59	1,00	1,00	1,69	23,71	2,85	2,66	2,68	3,87	97,98	1,04	0,18	0,17	-	0,0000	7,50	0	
5,20	8,00	0,53	1,00	0,61	1,00	1,00	1,64	11,49	7,57	3,15	3,20	9,19	120,65	1,04	0,18	0,24	-	0,0000	7,40	0	
5,40	10,00	0,60	1,04	0,63	1,00	1,00	1,59	14,29	6,69	3,05	3,09	7,79	124,24	1,03	0,18	0,26	-	0,0000	7,30	0	
5,60	7,00	0,40	1,08	0,64	1,00	1,00	1,55	9,20	6,75	3,18	3,24	9,78	106,31	1,02	0,18	0,19	-	0,0000	7,20	0	
5,80	7,00	0,40	1,11	0,66	1,00	1,00	1,51	8,91	6,80	3,19	3,25	9,97	105,56	1,02	0,18	0,19	-	0,0000	7,10	0	
6,00	8,00	0,40	1,15	0,68	1,00	1,00	1,47	10,10	5,84	3,11	3,17	8,79	103,68	1,01	0,18	0,18	-	0,0000	7,00	0	
6,20	7,00	0,40	1,19	0,70	1,00	1,00	1,44	8,36	6,89	3,21	3,28	10,34	104,12	1,01	0,18	0,18	-	0,0000	6,90	0	
6,40	7,00	0,60	1,23	0,70	1,00	1,00	1,42	8,20	10,40	3,33	3,40	12,28	122,03	1,00	0,19	0,25	-	0,0000	6,80	0	
6,60	9,00	0,60	1,27	0,72	1,00	1,00	1,39	10,71	7,76	3,18	3,23	9,61	119,86	1,00	0,19	0,24	-	0,0000	6,70	0	
6,80	8,00	0,53	1,31	0,74	1,00	1,00	1,35	9,06	7,92	3,23	3,29	10,51	113,82	0,99	0,19	0,22	-	0,0000	6,60	0	
7,00	11,00	0,53	1,34	0,76	1,00	1,00	1,32	12,75	5,49	3,03	3,07	7,57	109,93	0,99	0,19	0,20	-	0,0000	6,50	0	
7,20	10,00	0,53	1,38	0,78	1,00	1,00	1,29	11,12	6,15	3,10	3,15	8,55	110,26	0,98	0,19	0,20	-	0,0000	6,40	0	
7,40	10,00	0,53	1,42	0,79	1,00	1,00	1,26	10,82	6,18	3,11	3,16	8,69	109,50	0,98	0,19	0,20	-	0,0000	6,30	0	
7,60	12,00	0,60	1,46	0,81	1,00	1,00	1,23	12,99	5,69	3,03	3,07	7,62	112,60	0,97	0,19	0,21	-	0,0000	6,20	0	
7,80	10,00	0,60	1,50	0,83	1,00	1,00	1,21	10,25	7,06	3,16	3,21	9,44	113,80	0,97	0,19	0,22	-	0,0000	6,10	0	
8,00	11,00	0,67	1,54	0,85	1,00	1,00	1,18	11,16	7,08	3,14	3,19	9,06	117,53	0,96	0,19	0,23	-	0,0000	6,00	0	
8,20	12,00	0,67	1,57	0,87	1,00	1,00	1,15	12,04	6,43	3,09	3,13	8,36	115,83	0,96	0,19	0,22	-	0,0000	5,90	0	
8,40	13,00	0,73	1,61	0,88	1,00	1,00	1,13	12,87	6,41	3,07	3,11	8,07	118,54	0,95	0,19	0,23	-	0,0000	5,80	0	
8,60	12,00	0,60	1,65	0,90	1,00	1,00	1,11	11,46	5,80	3,07	3,12	8,20	108,98	0,94	0,18	0,20	-	0,0000	5,70	0	
8,80	12,00	0,80	1,69	0,92	1,00	1,00	1,09	11,19	7,76	3,16	3,21	9,41	122,54	0,94	0,18	0,25	-	0,0000	5,60	0	
9,00	13,00	0,80	1,73	0,94	1,00	1,00	1,06	11,99	7,10	3,12	3,16	8,75	120,97	0,93	0,18	0,24	-	0,0000	5,50	0	
9,20	18,00	1,00	1,77	0,96	1,00	1,00	1,04	16,91	6,16	2,98	3,01	6,86	128,71	0,93	0,18	0,28	-	0,0000	5,40	0	
9,40	23,00	1,40	1,80	0,98	1,00	1,00	1,02	21,66	6,61	2,93	2,95	6,23	146,41	0,92	0,18	0,37	-	0,0000	5,30	0	
9,60	26,00	1,60	1,84	1,00	1,00	1,00	1,00	24,22	6,62	2,90	2,92	5,88	153,27	0,92	0,18	0,41	-	0,0000	5,20	0	
9,80	29,00	2,00	1,88	1,02	1,00	1,00	0,98	26,67	7,38	2,90	2,92	5,91	168,69	0,91	0,18	0,53	-	0,0000	5,10	0	
10,00	35,00	2,07	1,92	1,04	1,00	1,00	0,96	31,92	6,26	2,80	2,82	4,92	166,28	0,91	0,18	0,51	-	0,0000	5,00	0	
10,20	38,00	2,27	1,96	1,06	1,00	1,00	0,95	34,12	6,30	2,78	2,80	4,77	171,53	0,90	0,18	0,55	-	0,0000	4,90	0	
10,40	35,00	2,47	2,00	1,08	1,00	1,00	0,93	30,68	7,48	2,87	2,88	5,54	180,40	0,90	0,18	0,63	-	0,0000	4,80	0	
10,60	31,00	2,47	2,04	1,10	1,00	1,00	0,91	26,45	8,53	2,95	2,97	6,41	181,51	0,89	0,18	0,64	-	0,000			

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

M = 6.14
MSF = 1.43 per M<7.5 (Idriss e Boulanger, 2008)
a_g = 0.157
S = 1.500
a_{max} = 0.236

CPT 3 D'AGOSTINO GENNARO E MOSCARELLA LUCIA
CENTO - VIA DEL PIOPPO

I_c > 2.6 NON liquefacibile: "-"
FSL>1 NON LIQUEFACIBILE

z	q _c	f _s	σ _v	σ _v '	n	n'	C _n	Q	F	condiz 2	I _c	K _c	(q _c /n) _{cs}	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL	
0,20	0,00	0,87		0,04																		
0,40	14,00	0,87		0,08	0,08	0,50	0,50	3,63	183,70	3,29	2,48	2,11	1,48	75,35	1,16	0,12	0,12	0,96	0,0401	9,80	0,393134	
0,60	14,00	0,93		0,11	0,11	0,50	0,75	2,95	121,16	6,70	2,76	2,47	2,63	108,71	1,16	0,12	0,20	1,61	0,0000	9,70	0	
0,80	15,00	1,33		0,15	0,15	1,00	1,00	6,51	96,66	8,96	2,63	2,63	3,52	344,06	1,15	0,12	3,87	-	0,0000	9,60	0	
1,00	17,00	0,87		0,19	0,19	0,75	0,50	3,43	87,08	5,18	2,58	2,47	2,60	151,96	1,15	0,12	0,41	3,31	0,0000	9,50	0	
1,20	21,00	0,93		0,23	0,23	0,75	0,50	3,00	89,67	4,48	2,51	2,41	2,35	147,79	1,14	0,12	0,38	3,11	0,0000	9,40	0	
1,40	20,00	0,53		0,27	0,27	0,50	0,50	1,92	73,05	2,69	2,50	2,30	1,96	75,27	1,14	0,12	0,12	0,98	0,0270	9,30	0,250733	
1,60	23,00	0,53		0,31	0,31	0,50	0,50	1,80	73,87	2,34	2,44	2,26	1,81	75,29	1,13	0,12	0,12	0,99	0,0246	9,20	0,226753	
1,80	22,00	0,60		0,35	0,34	0,50	0,50	1,70	62,89	2,77	2,52	2,36	2,15	80,50	1,13	0,12	0,13	1,06	0,0063	9,10	0,05737	falda
2,00	20,00	0,47	0,38	0,36	0,50	0,50	1,66	54,07	2,40	2,52	2,36	2,16	71,76	1,12	0,13	0,11	0,90	0,0992	9,00	0,892775	16,87	
2,20	10,00	0,53	0,42	0,38	1,00	1,00	2,63	25,15	5,53	2,84	2,85	5,25	137,79	1,12	0,13	0,32	-	0,0000	8,90	0		
2,40	11,00	0,53	0,46	0,40	1,00	1,00	2,51	26,41	5,03	2,79	2,81	4,86	133,87	1,11	0,14	0,30	-	0,0000	8,80	0		
2,60	8,00	0,40	0,50	0,42	1,00	1,00	2,40	18,02	5,33	2,93	2,95	6,19	118,94	1,10	0,14	0,24	-	0,0000	8,70	0		
2,80	6,00	0,67	0,54	0,43	1,00	1,00	2,35	12,84	12,27	3,27	3,30	10,75	151,68	1,10	0,15	0,40	-	0,0000	8,60	0		
3,00	9,00	0,67	0,58	0,44	1,00	1,00	2,26	19,02	7,95	3,03	3,05	7,31	148,44	1,09	0,15	0,38	-	0,0000	8,50	0		
3,20	8,00	0,47	0,61	0,46	1,00	1,00	2,17	16,05	6,36	3,01	3,04	7,17	124,57	1,09	0,16	0,26	-	0,0000	8,40	0		
3,40	14,00	0,47	0,65	0,48	1,00	1,00	2,09	27,86	3,52	2,67	2,69	3,90	114,13	1,08	0,16	0,22	-	0,0000	8,30	0		
3,60	15,00	0,60	0,69	0,50	1,00	1,00	2,01	28,73	4,19	2,71	2,73	4,20	126,63	1,08	0,16	0,27	-	0,0000	8,20	0		
3,80	16,00	0,40	0,73	0,52	0,75	0,75	1,64	29,59	2,62	2,62	2,58	3,23	84,95	1,07	0,16	0,14	0,84	0,1560	8,10	1,263915		
4,00	20,00	0,40	0,77	0,53	0,50	0,50	1,37	35,98	2,08	2,55	2,46	2,55	69,83	1,07	0,16	0,11	0,68	0,3197	8,00	2,557573		
4,20	22,00	0,47	0,81	0,55	0,50	0,50	1,35	38,42	2,22	2,54	2,45	2,53	75,01	1,06	0,17	0,12	0,72	0,2824	7,90	2,230811		
4,40	18,00	0,53	0,84	0,57	1,00	1,00	1,75	30,10	3,09	2,61	2,62	3,48	109,97	1,06	0,17	0,20	-	0,0000	7,80	0		
4,60	28,00	0,60	0,88	0,59	0,50	0,50	1,30	46,17	2,21	2,47	2,39	2,27	82,92	1,05	0,17	0,13	0,79	0,2138	7,70	1,646631		
4,80	27,00	0,60	0,92	0,60	0,50	0,50	1,29	43,13	2,30	2,49	2,42	2,41	83,62	1,05	0,17	0,13	0,79	0,2126	7,60	1,615608		
5,00	27,00	0,53	0,96	0,62	0,50	0,50	1,27	41,86	2,04	2,47	2,40	2,31	78,94	1,04	0,17	0,13	0,73	0,2685	7,50	2,013625		
5,20	22,00	0,47	1,00	0,64	0,50	0,50	1,25	32,86	2,24	2,57	2,51	2,80	77,02	1,04	0,17	0,12	0,71	0,2924	7,40	2,163672		
5,40	21,00	0,40	1,04	0,66	0,50	0,50	1,23	30,43	2,00	2,56	2,50	2,78	72,12	1,03	0,17	0,11	0,66	0,3405	7,30	2,485768		
5,60	18,00	0,53	1,08	0,67	1,00	1,00	1,48	25,10	3,13	2,67	2,69	3,92	104,53	1,02	0,17	0,19	-	0,0000	7,20	0		
5,80	8,00	0,67	1,11	0,69	1,00	1,00	1,45	9,96	9,73	3,27	3,31	10,94	126,55	1,02	0,18	0,27	-	0,0000	7,10	0		
6,00	10,00	0,33	1,15	0,71	1,00	1,00	1,41	12,48	3,73	2,93	2,97	6,46	91,12	1,01	0,18	0,15	-	0,0000	7,00	0		
6,20	9,00	0,33	1,19	0,73	1,00	1,00	1,38	10,75	4,23	3,01	3,06	7,42	91,90	1,01	0,18	0,15	-	0,0000	6,90	0		
6,40	7,00	0,40	1,23	0,74	1,00	1,00	1,35	7,77	6,93	3,24	3,30	10,75	101,21	1,00	0,18	0,18	-	0,0000	6,80	0		
6,60	8,00	0,40	1,27	0,76	1,00	1,00	1,32	8,85	5,94	3,16	3,22	9,47	99,62	1,00	0,18	0,17	-	0,0000	6,70	0		
6,80	7,00	0,40	1,31	0,78	1,00	1,00	1,29	7,33	7,02	3,26	3,33	11,11	100,06	0,99	0,18	0,17	-	0,0000	6,60	0		
7,00	8,00	0,47	1,34	0,79	1,00	1,00	1,26	8,38	7,06	3,22	3,28	10,43	105,04	0,99	0,18	0,19	-	0,0000	6,50	0		
7,20	8,00	0,47	1,38	0,81	1,00	1,00	1,23	8,15	7,10	3,23	3,29	10,59	104,42	0,98	0,18	0,19	-	0,0000	6,40	0		
7,40	10,00	0,67	1,42	0,83	1,00	1,00	1,21	10,34	7,81	3,19	3,24	9,81	118,21	0,98	0,18	0,23	-	0,0000	6,30	0		
7,60	10,00	0,73	1,46	0,85	1,00	1,00	1,18	10,08	8,55	3,22	3,27	10,31	121,65	0,97	0,18	0,25	-	0,0000	6,20	0		
7,80	10,00	0,87	1,50	0,87	1,00	1,00	1,16	9,82	10,23	3,28	3,33	11,24	129,85	0,97	0,18	0,28	-	0,0000	6,10	0		
8,00	12,00	0,87	1,54	0,88	1,00	1,00	1,13	11,84	8,31	3,17	3,21	9,43	128,03	0,96	0,18	0,28	-	0,0000	6,00	0		
8,20	12,00	0,87	1,57	0,90	1,00	1,00	1,11	11,55	8,34	3,18	3,22	9,56	127,11	0,96	0,18	0,27	-	0,0000	5,90	0		
8,40	13,00	0,80	1,61	0,92	1,00	1,00	1,09	12,36	7,03	3,11	3,15	8,58	121,05	0,95	0,18	0,24	-	0,0000	5,80	0		
8,60	15,00	0,80	1,65	0,94	1,00	1,00	1,06	14,20	5,99	3,02	3,06	7,43	118,63	0,94	0,18	0,24	-	0,0000	5,70	0		
8,80	14,00	0,87	1,69	0,96	1,00	1,00	1,04	12,84	7,07	3,10	3,14	8,44	123,17	0,94	0,18	0,25	-	0,0000	5,60	0		
9,00	15,00	0,80	1,73	0,98	1,00	1,00	1,02	13,57	6,03	3,04	3,08	7,63	117,10	0,93	0,18	0,23	-	0,0000	5,50	0		
9,20	18,00	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	16,28	6,16	2,99	3,02	7,00	126,41	0,93	0,18	0,27	-	0,0000	5,40	0		
9,40	20,00	0,93	1,80	1,02	1,00	1,00	0,98	17,91	5,11	2,91	2,94	6,08	119,76	0,92	0,18	0,24	-	0,0000	5,30	0		
9,60	20,00	0,93	1,84	1,03	1,00	1,00	0,97	17,55	5,12	2,91	2,95	6,16	119,06	0,92	0,18	0,24	-	0,0000	5,20	0		
9,80	21,00	1,13	1,88	1,05	1,00	1,00	0,95	18,16	5,91	2,95	2,98	6,48	129,19	0,91	0,17	0,28	-	0,0000	5,10	0		
10,00	25,00	1,47	1,92	1,07	1,00	1,00	0,93	21,53	6,37	2,92	2,94	6,14	143,09	0,91	0,17	0,35	-	0,0000	5,00	0		
10,20	29,00	1,73	1,96	1,09	1,00	1,00	0,92	24,79	6,40	2,88	2,90	5,70	151,63	0,90	0,17	0,40	-	0,0000	4,90	0		
10,40	35,00	1,93	2,00	1,11	1,00	1,00	0,90	29,71	5,85	2,80	2,82	4,93	155,41	0,90	0,17	0,43	-	0,0000	4,80	0		
10,60	33,00	2,40	2,04	1,13	1,00	1,00	0,88															