



dott.
geol.

Cecilia Agostini

GEOLOGIA GEOTECNICA AMBIENTE

Via dei Carriolanti, 16
44047 Sant'Agostino FE
Cell. 333 2531114
info@demetrasrl.eu
P.IVA:01617290380

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDAGINE GEOTECNICA PREVENTIVA SUI TERRENI DI FONDAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

COMMITTENTE: IMMOBILIARE "IL PORTONE" srl

LOCALITÀ: FINALE EMILIA MO
VIA LEGNARI

PROGETTO: COSTRUZIONE
FABBRICATO RESIDENZIALE

Relatore:
Dott. Geol. Cecilia Agostini



sommario

n.		Pag.	n.		Pag.
1	Premessa	2	6	Verifica della stabilità globale	15
2	Prove geotecniche	4	7	Cedimenti	17
3	Caratterizzazione geologica	4	8	Considerazioni conclusive	18
4	Caratterizzazione geotecnica	7			
5	Caratterizzazione sismica	10	<i>Allegati</i>	Prove geotecniche	
5.1	Verifica del rischio di liquefazione	12	<i>App.</i>	Verifica del rischio di liquefazione	

Sant'Agostino, li 23.12.2013

1. PREMESSA

Dietro della proprietà Immobiliare "IL PORTONE" srl è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e geofisico finalizzato alla definizione dei parametri fisico-meccanici e sismici dei terreni interessati dalla costruzione di un edificio ad uso residenziale in Finale Emilia, Via Legnari.

Dal punto di vista geografico l'area indagata è rappresentata nella sezione 184160 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 1 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate lat. 44,84318 – long. 11,30395.

I terreni indagati sono censiti al Foglio 67, mappale 574 del Catasto del Comune di Finale Emilia.

Il territorio comunale di Finale Emilia è stato classificato sismico in zona 3, come area di nuova classificazione, dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni, la sismicità delle località italiane è stata poi definita in base a una griglia a maglie quadrate dall'OPCM 3519 del 28.04.2006, recepita dal DM del 14.01.2008, recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).

In base alle informazioni fornite dallo Studio di Progettazione del Geom. Simone Golinelli sull'area è prevista la costruzione di un fabbricato ad uso residenziale costituito da una struttura in legno e con fondazioni superficiali.

Al momento attuale non sono disponibili informazioni strutturali di dettaglio sul progetto dell'opera da realizzare, ma si forniscono tutti i parametri geotecnici per valutare le soluzioni progettuali.

Il fabbricato è caratterizzato da vita nominale (V_N) di 50 anni ed è attribuito alla classe d'uso II.

L'indagine vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti, valutare la loro portanza ed il piano di posa fondale dei manufatti da porre in atto tramite verifica della stabilità globale; definire il tipo di falde, la loro giacenza e la distanza dal suolo; quantificare i cedimenti totali e differenziali; caratterizzare i terreni dal punto di vista sismico.

Fig. 1

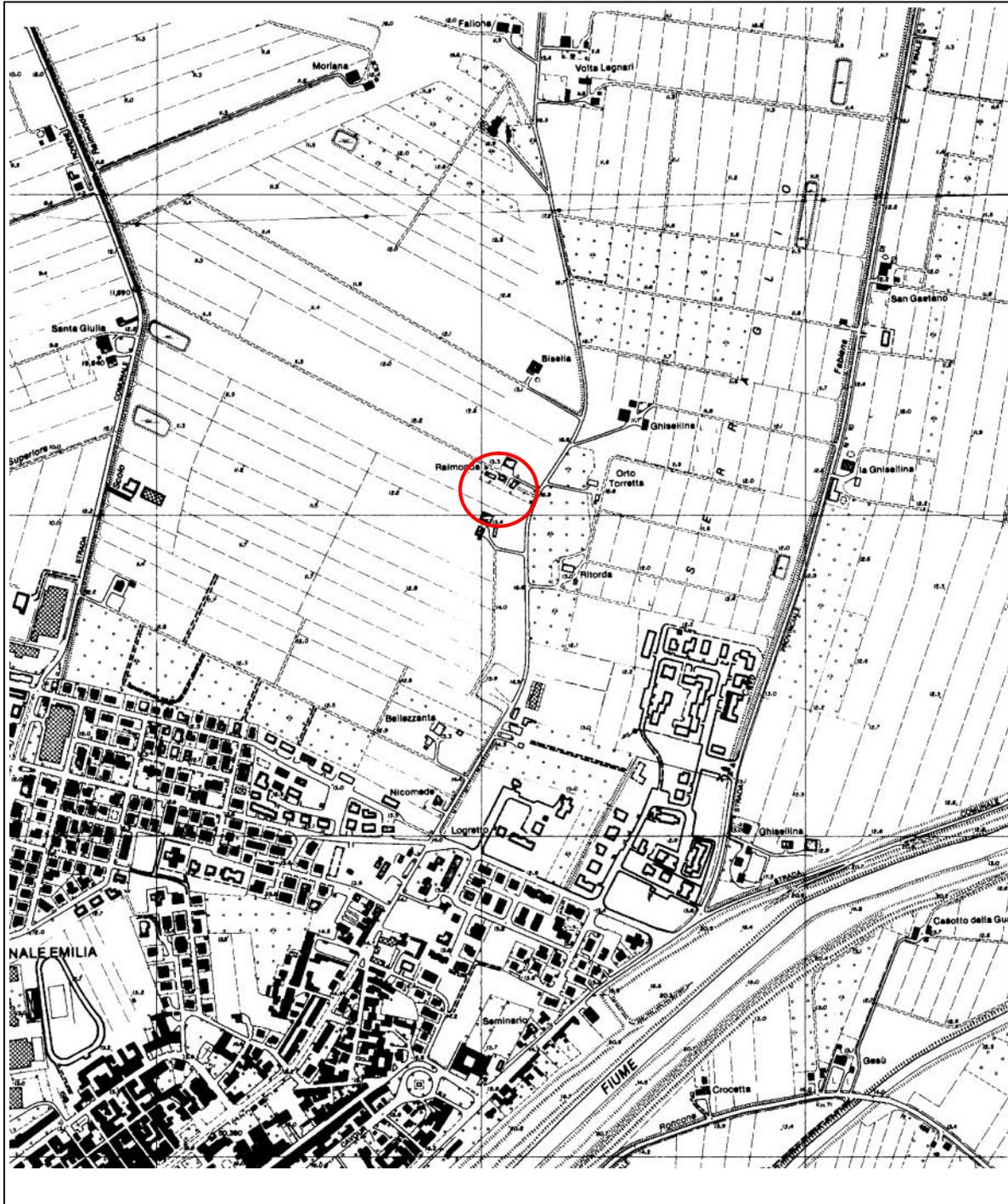
COROGRAFIA

BASE TOPOGRAFICA CTR
Sezione 184160
scala 1:10.000

Legenda



Area oggetto di studio



2. PROVE GEOTECNICHE

Prove geotecniche

È stata effettuata n. 1 prova penetrometrica statica CPT spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

Per l'esecuzione della prova penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro statico da t. 15 di spinta con punta conica tipo Begemann per la lettura della resistenza alla punta qc (Rp) e la resistenza all'attrito laterale locale fs (Rl). Maggiori dettagli sulla strumentazione e le modalità di prova sono forniti nella scheda tecnica allegata.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misure piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva.

Prove geofisiche

È stata eseguita un'indagine sismica tramite la tecnica MASW attiva e passiva che ha potuto investigare i terreni fino a oltre 30 m di profondità.

I dati delle velocità delle onde S (Vs) sono stati utilizzati per l'elaborazione dello studio di Risposta Sismica Locale consultabile nel Rapporto Tecnico allegato a cura dello studio Associato ATA.

L'ubicazione delle prove è riportata nell'allegato schizzo planimetrico.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame solo per le strutture profonde e non per le unità geologiche (Fig. 2), ma per analogia con l'ultima sezione pubblicata più vicina (202040) si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a).

I sedimenti alluvionali del Subsistema di Ravenna (AES8) sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore

I depositi attribuiti all'Unità di Modena (AES8a) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore è sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Il limite inferiore è dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. L'unità include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso. L'età è post - romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica), corrispondente all'Olocene.

Dal punto di vista strutturale in corrispondenza del sito indagato sono individuati una faglia diretta profonda dedotta con direzione nordovest-sudest e un sovrascorrimento profondo post-tortoniano immediatamente a nord con direzione est-ovest (Fig. 2).

Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto con quote topografiche attorno a 13 m s.l.m.m.

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova in posizione debolmente rialzata rispetto al territorio circostante.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 14.01.2008.

Si può così delineare la seguente successione:

da m. 0,00 a m. 4,00 dal p.c.

Si registrano medio-bassi valori di q_c 10+/- daN/cm² decrescenti con la profondità, con simmetrici valori di f_s 0,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 20+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille limose passanti verso il basso ad argille di media consistenza con locali presenze di argille organiche. Le maggiori resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento con variazioni volumetriche a ciclo stagionale e pertanto non sono da considerare ai fini progettuali.

Coesione non drenata $Cu_k = 0,40+/-$ daN/m².

Scarsa la capacità portante, discreta e variabile la cedevolezza.

da m. 4,00 a m. 7,40 dal p.c.

Si registrano bassi valori di q_c 7+/- daN/cm², con simmetrici valori di f_s 0,4+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 14+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille organiche compreso tra argille di media consistenza in superficie e alla base.

Coesione non drenata $Cu_k = 0,30+/-$ daN/m².

Molto scarsa la capacità portante, elevata la cedevolezza.

da m. 7,40 a m. 11,00 dal p.c.

Si registrano bassi valori di q_c 10+/- daN/cm² debolmente crescenti con la profondità, con simmetrici valori di f_s 0,55+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 18+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille di media consistenza alternate ad argille consistenti.

Coesione non drenata $Cu_k = 0,48+/-$ daN/m².

Scarsa la capacità portante, discreta la cedevolezza.

da m. 11,00 a m. 15,00 dal p.c.

Si registrano medio-alti valori di q_c 80+/- daN/cm² con trend crescente verso il basso, con medi valori di f_s 2,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 35+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di terreni misti argillosi, limosi e limo-sabbiosi.

Coesione non drenata $Cu_k = 1,00+/-$ daN/m² nella parte superficiale

Angolo di attrito $\phi_k = 28^\circ$

Discreta la capacità portante, scarsa la cedevolezza.

da m. 15,00 a m. 21,20 dal p.c.

Si registrano alti e alterni valori di q_c 180+/- daN/cm², con medi valori di f_s 3,0+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 60+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia un banco di sabbie addensate con livelli limosi.

Angolo di attrito $\phi_k = 34^\circ$

Buona la capacità portante, trascurabile la cedevolezza.

da m. 21,20 a m. 25,00 dal p.c.

Si registrano medi valori di q_c 35+/- daN/cm², con medi valori di f_s 1,8+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 18+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di terreni misti passanti verticalmente ad argille molto consistenti.

Coesione non drenata $Cu_k = 1,10+/-$ daN/m²

Discreta la capacità portante, scarsa la cedevolezza.

da m. 25,00 a m. 28,60 dal p.c.

Si registrano alti e alterni valori di q_c 150+/- daN/cm², con medi valori di f_s 3,0+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 35+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di sabbie limose.

Angolo di attrito $\phi_k = 28^\circ$

Buona la capacità portante, scarsa la cedevolezza.

da m. 28,60 a m. 30,00 dal p.c.

Si registrano alti e alterni valori di q_c 250+/- daN/cm², con medi valori di f_s 4+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 70+/- abbastanza disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di sabbie addensate.

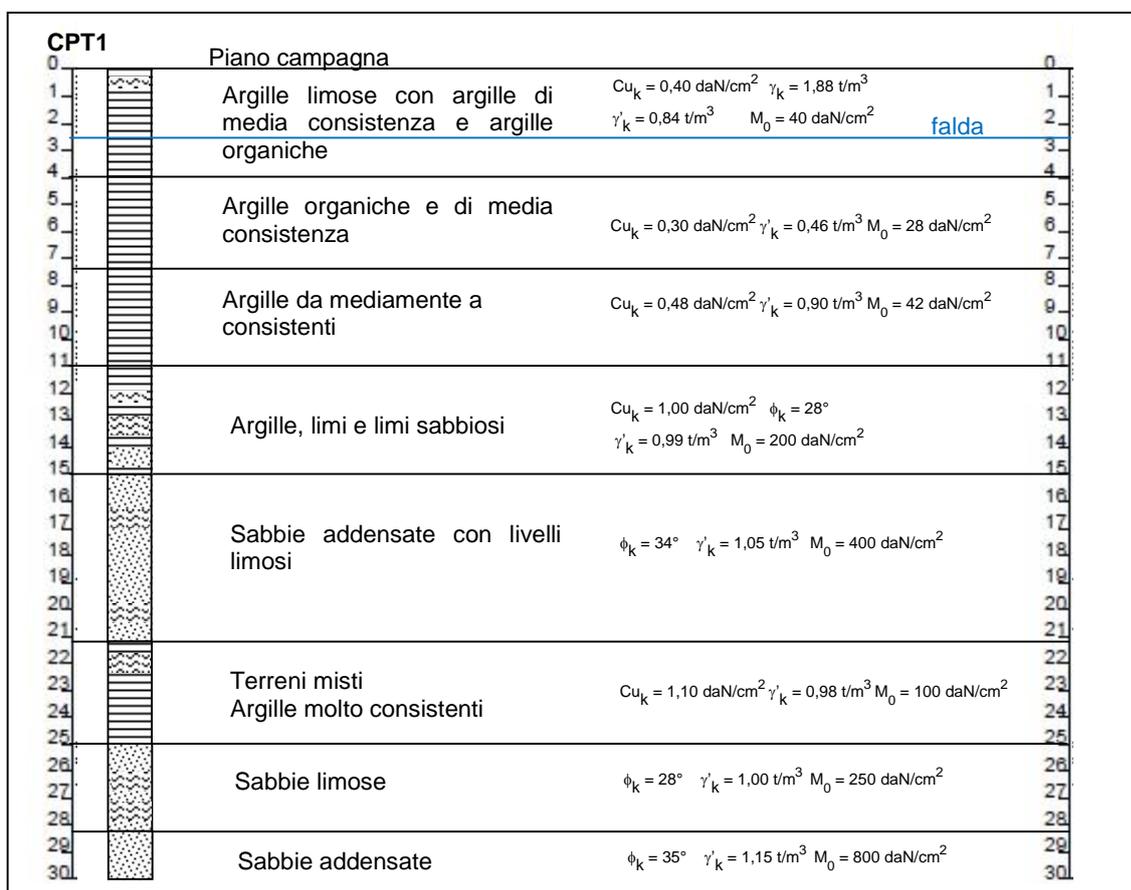
Angolo di attrito $\phi_k = 35^\circ$

Buona la capacità portante, trascurabile la cedevolezza

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è di tipo palustre per i sedimenti superficiali diventa prevalentemente fluviale per i termini litologici profondi.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -2,60 m dal p.c.

Modello geotecnico schematico



5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio del Comune in oggetto è stato classificato sismico in zona 3 come area di nuova classificazione dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.

Le zone previste sono n. 4 con sismicità decrescente dalla zona 1 alla zona 4, in base ad un valore di accelerazione di picco al suolo roccioso (a_g); in seguito all'OPCM 3519 del 28.04.2006 ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, secondo lo schema seguente.

ZONA	a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	a_g massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	0,25 < a_g 0,35 g	0,35 g
2	0,15 < a_g 0,25 g	0,25 g
3	0,05 < a_g 0,15 g	0,15 g
4	a_g 0,05 g	0,05 g

In Emilia Romagna non è presente la zona 1 e solo alcuni comuni della provincia di Piacenza, uno di Reggio Emilia e tre di Ferrara sono stati attribuiti alla zona 4; tutti gli altri comuni sono in zona 2 e soprattutto in zona 3.

Con il D.M. del 14.01.2008 recante le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" le zone 1, 2 e 3 sono state suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli minimo e massimo della rispettiva zona su una griglia a maglie quadrate e passando quindi da una classificazione a livello comunale a una definizione puntuale dei valori di accelerazione di riferimento.

La nuova norma prevede una classificazione sismica dei terreni di fondazione, da eseguirsi in base ai valori della velocità media delle onde S in 30 m (V_{s30}) oppure in base ai dati di prove SPT o al valore medio della coesione non drenata Cu_{30} ; nonché alla valutazione dell'eventuale rischio di liquefazione in condizioni dinamiche.

Categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ 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
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

In ogni specifico sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui forma dipende dalla combinazione del tipo di terreno e della zona di appartenenza attraverso l'uso di definiti coefficienti (coefficiente stratigrafico S_s e periodi di oscillazione T_B , T_C e T_D), dal periodo di oscillazione della struttura T_0 , dall'accelerazione al suolo a_g e dal fattore che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

La caratterizzazione sismica del sito è stata basata sui dati stratigrafici forniti dalla prova CPT1 spinta fino a 30,00 m dal p.c. e su quelli geofisici forniti dalla prova MASW, i cui dettagli sono forniti nel Rapporto Tecnico allegato.

In base a ormai diffuse e note correlazioni empiriche dai valori di resistenza forniti dalle prove CPT si possono ottenere i valori della coesione non drenata C_u , riportati nella tabella allegata "parametri geotecnici" e il valore medio di N_{spt} per gli strati granulari.

Nell'intervallo esaminato, la porzione coesiva è caratterizzata da valore medio $C_u = 59$ kPa e la porzione granulare da $N_{spt} = 32,6$.

In base ai risultati della prova sismica MASW, il banco di terreni compresi fino alla profondità di 30,00 m dal p.c. è caratterizzato dal valore di $V_{s30} = 194$ m/s.

In base a tali valutazioni, il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria C** "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina”).

Ai sensi del DM del 14.01.2008 i parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e per classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”):

$$a_g (g) = 0,148 \quad F_0 = 2,588 \quad T_C = 0,270$$

$$S_s = 1,47 \quad - \quad C_c = 1,617$$

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
SLO	30	0,039	2,563	0,252
SLD	50	0,050	2,477	0,268
SLV	475	0,148	2,588	0,270
SLC	975	0,199	2,537	0,277

Nel Rapporto Tecnico della prova MASW vengono forniti gli spettri di risposta relativi, ricavati considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni equivalente al tempo di ritorno di 475 anni, per la determinazione dell'azione sismica di progetto (elaborazione tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”). Per la definizione dello spettro sono stati utilizzati valori di $q = 1,5$ e $q_0 = 3$, nella condizione di fabbricato regolare in altezza.

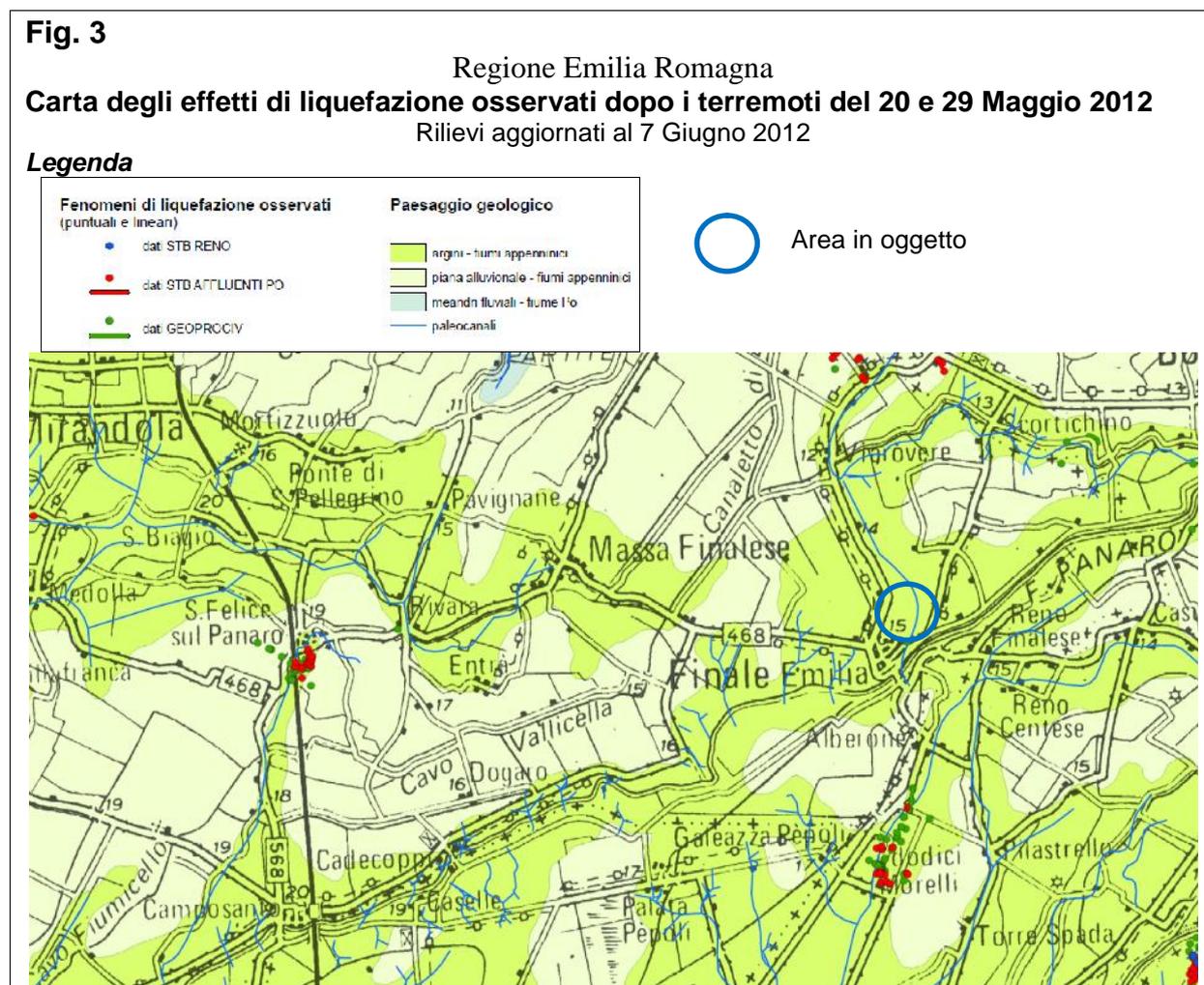
5.1 Verifica del rischio di liquefazione

I terreni granulari a granulometria monodimensionale immersi in acqua di falda potrebbero essere suscettibili a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche¹; tale rischio va valutato entro i 20 m di profondità ai sensi degli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna (Del. Ass. Legisl. RER 112/2007).

¹ Ad es.: Crespellani T., Nardi R. e Simoncini C., 1988 – La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna.

La maggiore scossa sismica del 20.05.2012 ha innescato diversi fenomeni di liquefazione delle sabbie del sottosuolo soprattutto nei comuni dell'alto ferrarese, in corrispondenza di gran parte dei paleo-argini e dei paleo-alvei.

La Carta degli effetti della Liquefazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (Fig. 3) non individua fenomeni di questo tipo in un largo intorno del sito indagato, che non è stato interessato da emersioni di sabbie o da altri fenomeni riconducibili alla liquefazione dei terreni.



Le Carte delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Ordinanza RER n. 70/2013, versione del 014.10.2013) inseriscono il sito nelle aree sottoposte a Microzonazione Sismica e con presenza di strati liquefacibili.

La stratigrafia nel lotto in esame, entro la profondità di 20 m, evidenzia terreni granulari saturi oltre la profondità di circa 12,00 m dal p.c.

Pertanto si è ritenuto opportuno eseguire una verifica della suscettibilità a liquefazione dei sedimenti granulari applicando il metodo di Robertson e Wride sulla verticale di indagine, fino alla profondità di 20 m, utilizzando una magnitudo di riferimento $M = 6,14$ in conformità con quanto stabilito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la zona sismogenetica 912 della Dorsale Ferrarese e utilizzando i parametri sismici riferiti alla categoria C e alla classe d'uso II.

Come soglia del fattore di sicurezza si utilizza il valore di 1 definito dalla normativa vigente incrociandolo con il valore di 1,4 come invece suggerito recentemente da Facciorusso, J. (2008)², specificatamente per il metodo di Robertson e Wride e in base a studi eseguiti soprattutto nella zona costiera dell'Emilia Romagna (cfr. Appendice).

I dettagli teorici e i risultati della verifica effettuata sono esposti in appendice e si evidenzia che i fattori di sicurezza nei confronti della liquefazione FSL sono sempre maggiori di 1,4.

Una seconda verifica del rischio di liquefazione è stata effettuata tramite i dati della prova geofisica MASW incrociati con i dati litologici derivati dalla prova CPT ed è riportata nel Rapporto Tecnico della prova MASW in allegato (cap. 3).

In base a tale verifica risulta che $F_s > 1$ e che non esiste un reale rischio di liquefazione.

Le verifiche eseguite permettono di escludere il rischio liquefazione in condizioni dinamiche nel sito indagato.

² Facciorusso J., 2008 –“Calcolo del Potenziale di Liquefazione su vasta scala: approccio deterministico e approccio probabilistico” – Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica.

6. VERIFICA DELLA STABILITÀ GLOBALE

In base ad una valutazione complessiva del modello geomeccanico dei terreni investigati e considerando le caratteristiche dei manufatti su di essi fondati, il valore della resistenza dei terreni di fondazione viene determinato sulla base delle prove penetrometriche utilizzando la formula della capacità unitaria portante per fondazioni nastriformi e a plinto dovuta a Terzaghi ed altri:

$$q_d = c N_c (S_c d_c) + \gamma D (N_q S_q d_q) + 1/2 \times B N_{\gamma} (1 - 0,2 B/L)$$

dove:

$N_i = D_i$	=	fattori di capacità legati al valore di w_l (angolo di attrito interno)	
$c = c_u$	=	coesione non drenata ($R_p/20$ De Beer) ($(R_p - \tau_v)/14$ Begemann)	
γ	=	peso di volume del terreno immerso in acqua 0,0007 daN/cm ³ - 0,00065 daN/cm ³ .	
γ_l	=	peso di volume del terreno 0,0017 daN/cm ³	
D	=	incastro delle fondazioni	
S_c	=	$1 + B/L (N_q/N_c)$	fattori di correzione
d_c	=	$1 + 0,2 D/B$	per fondazioni
S_q	=	1	a nastro e a plinto
d_q	=	1	
B	=	larghezza della fondazione	
L	=	lunghezza della fondazione	

Si prevede la posa in opera di fondazioni superficiali: nel caso di realizzazione di una platea i carichi saranno molto modesti e non comprometteranno la stabilità del complesso terreno-struttura, sempre che si mantenga il piano di posa fondale abbastanza profondo (almeno 80 cm) per evitare basculamenti provocati da riduzioni volumetriche dei terreni per essiccamento.

Nel caso di fondazioni a nastro, in base alla teoria delle tensioni ammissibili, utilizzata per puro riferimento storico e orientativo, sostituendo si ha:

$$q_d = 0,40 \times 5,14 \times 1,13 = 2,32 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_a \text{ (pressione ammissibile)} = 2,32 / 3 \text{ (fattore di sicurezza)}$$

$$= 0,77 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica di stabilità globale relativa allo stato limite ultimo (SLU) per il complesso terreno-opera ai sensi del D.M. del 14.01.2008 viene confermata qualora sia verificata la disequazione:

$$E_D \quad R_D$$

dove E_D è il valore di progetto dell'azione e R_D è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza del terreno agli stati limite R_D e dell'azione di progetto E_D ai sensi del DM del 14.01.2008, si opta per la valutazione allo stato limite ultimo (SLU) utilizzando l'approccio 1, che prevede n. 2 diverse combinazioni dei fattori di sicurezza (combinazione 1 -STR valida per lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione, combinazione 2 - GEO riferita allo stato limite di resistenza del terreno).

Si calcolano i valori di r_d , considerando che $R_D = r_d \times A$, dove A è l'area della fondazione.

Approccio 1 – combinazione 1 STR

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,13) \text{ kPa} = 232 \text{ kPa}$$

Approccio 1 – combinazione 2 GEO

$$r_d = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,13) / 1,8 \text{ kPa} = 92,2 \text{ kPa}$$

Approccio 2

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,13) / 2,3 \text{ kPa} = 101 \text{ kPa}$$



In condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti sismici orizzontale e verticale e i fattori riduttivi di Paolucci & Pecker (1997) per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma su R_D .

$$k_h = \beta_s \text{ ag } S; \quad z_c = 1 - 0,32 k_h$$

Nel caso considerato: $k_h = 0,0522$ e pertanto $z_c = 0,983$.

Tramite la combinazione 2 dell'approccio 1, più cautelativa nei riguardi del dimensionamento geotecnico, si ottiene:

$$r_d = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,13 \times 0,983) / 1,8 \text{ kPa} = 90,6 \text{ kPa}$$

Si rimandano ad una valutazione dei carichi in seguito alle scelte progettuali la verifica della soddisfazione della relazione $E_D \leq R_D$, e la verifica allo slittamento per la quale la resistenza offerta dai terreni vale:

$$R_D = A_c \times c_{uD} \text{ dove } c_{uD} = 40/1,4 = 28,5 \text{ kPa.}$$

7. CEDIMENTI

Una valutazione dei cedimenti viene eseguita con carico di esercizio (SLE) quasi permanente, utilizzando la formula di Terzaghi - Buismann interrompendo il calcolo alla profondità dove viene soddisfatta la relazione $qu = (1/10) \sigma_0$, indicando con σ_0 il carico litostatico normale.

1

$$UH = Ho qu mv$$

dove:

$UH =$ cedimento

$Ho =$ spessore dello strato considerato

$mv =$ coefficiente di compressibilità volumetrica legata al valore di R_p nella relazione $1/(r R_p)$ con 'r' dipendente dalla litologia e dai valori di R_p .

$qu =$ sovraccarico alle varie profondità prodotto in asse ad una superficie di carico rettangolare infinitamente rigida, secondo Jelinek

Nel caso di fondazione a platea i cedimenti saranno di entità molto modesta.

Si utilizza in via orientativa e cautelativa un carico massimo di esercizio agli SLE pari a $0,7 \text{ daN/cm}^2$ nell'ipotesi orientativa di una fondazione a nastro rispettivamente con $B = 60 \text{ cm}$ e 140 cm .

CANTIERE: IMMOBILIARE IL PORTONE		CEDIMENTO IN ASSE RELATIVO AD UNA FONDAZIONE NASTRIFORME				CEDIMENTO		
B = cm. 60		qa =0,70dN/cm ² .		Falda -260		D = cm.80 dal p.c.		
profondità		spessore						
strato		strato		qu		mv.		DH
da	cm a	H0 cm	Kg/cm ²			cm.	TOTALE	Sigma 0
						cm.	cm.	Kg/cm ²
0	80	80	====	====	====	=		0,136
80	110	30	0,55	0,025	0,41	=		0,162
110	150	40	0,42	0,021	0,35	=		0,221
150	200	50	0,24	0,021	0,25	=		0,298
200	250	50	0,18	0,025	0,22	=		0,383
250	300	50	0,14	0,025	0,17	=		0,452
300	350	50	0,11	0,023	0,13	=		0,484
350	400	50	0,09	0,026	0,12	=		0,517
400	450	50	0,08	0,028	0,11	=		0,549
450	500	50	0,07	0,028	0,09	1,85		0,582
500	550	50	0,05	0,040	0,10	====		0,614

CANTIERE: IMMOBILIARE IL PORTONE								
CEDIMENTO IN ASSE RELATIVO AD UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE A NASTRO								
B = cm. 140		qa =0,70Kg/cmq.		Falda -260		D = cm.80 dal p.c.		
profondità		spessore					CEDIMENTO	
strato		strato	qu	mv.	DH	TOTALE	Sigma 0	
da	cm	a	H0 cm	Kg/cmq		cm.	cm.	Kg/cmq
0	80	80	====	====	====	=		0,136
80	100	20	0,59	0,025	0,29			0,153
100	150	50	0,48	0,021	0,51	=		0,213
150	200	50	0,36	0,021	0,38	=		0,298
200	250	50	0,27	0,025	0,34	=		0,383
250	300	50	0,24	0,025	0,30	=		0,452
300	350	50	0,20	0,023	0,23	=		0,484
350	400	50	0,17	0,026	0,22	=		0,517
400	450	50	0,15	0,028	0,22	=		0,549
450	500	50	0,13	0,028	0,19	=		0,582
500	550	50	0,12	0,040	0,25	=		0,614
550	650	100	0,11	0,028	0,30	=		0,663
650	750	100	0,09	0,022	0,20	3,42		0,728
750	900	150	0,07	0,020	0,21	====		0,809

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Si dà parere favorevole per la edificazione nell'area, con le precisazioni sopra esposte, con un carico massimo di $0,77 \text{ daN/cm}^2$ in termini di tensioni ammissibili a titolo orientativo in fase preliminare.

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza unitaria del terreno r_d agli stati limite (SLU), le resistenze valgono:

Approccio 1 – combinazione 1 STR

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,13) \text{ kPa} = 232 \text{ kPa}$$

Approccio 1 – combinazione 2 GEO

$$r_d = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,13) / 1,8 \text{ kPa} = 92,2 \text{ kPa}$$

Approccio 2

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,13) / 2,3 \text{ kPa} = 101 \text{ kPa}$$

Condizioni sismiche:

$$r_d = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,13 \times 0,983) / 1,8 \text{ kPa} = 90,6 \text{ kPa}$$

Le verifiche di stabilità globale ai sensi del DM del 14.01.2008 sono da effettuare in base alle scelte progettuali ed ai relativi carichi da trasmettere ai terreni.

Nel caso di una fondazione a platea i cedimenti sarebbero irrilevanti, ma è opportuno mantenere il piano di posa abbastanza profondo (almeno 80 cm) per evitare basculamenti provocati da eventuali fenomeni di essiccamento dei terreni.

I cedimenti attesi valutati con un carico ipotetico agli SLE di $0,7 \text{ daN/cm}^2$ sono dell'ordine di 1,8 cm per una fondazione a nastro impostata a circa 80 cm dal p.c. e con $B = 60 \text{ cm}$ e di 3,4 cm se la fondazione è caratterizzata da $B = 140 \text{ cm}$, alla medesima profondità.

L'entità teorica dei cedimenti totali e differenziali risulta tollerabile dal fabbricato in progetto se verrà realizzato un complesso fondale discretamente rigido.

L'Ordinanza del PCM n. 3274/2003, così come recepita dal DM del 14.01.2008, ha attribuito il territorio comunale di Finale Emilia alla zona sismica 3: l'analisi sismica in base alla prova sismica MASW permette di attribuire il deposito sedimentario alla **categoria C**.

I parametri sismici per la progettazione allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita e per un fabbricato di classe d'uso II, in base alla normativa attualmente vigente, assumono i seguenti valori:

$$ag(g) = 0,148 \quad F_0 = 2,588 \quad T_C = 0,270$$

$$S_s = 1,47 \quad - \quad C_c = 1,617$$

In base alle verifiche della suscettibilità a liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche, si conclude che nel sito indagato non sussiste il rischio di liquefazione.

Si rimanda ad un'eventuale indagine più approfondita la quantificazione del carico limite, e dell'effettiva entità dei cedimenti.

Sant'Agostino, li 23.12.2013

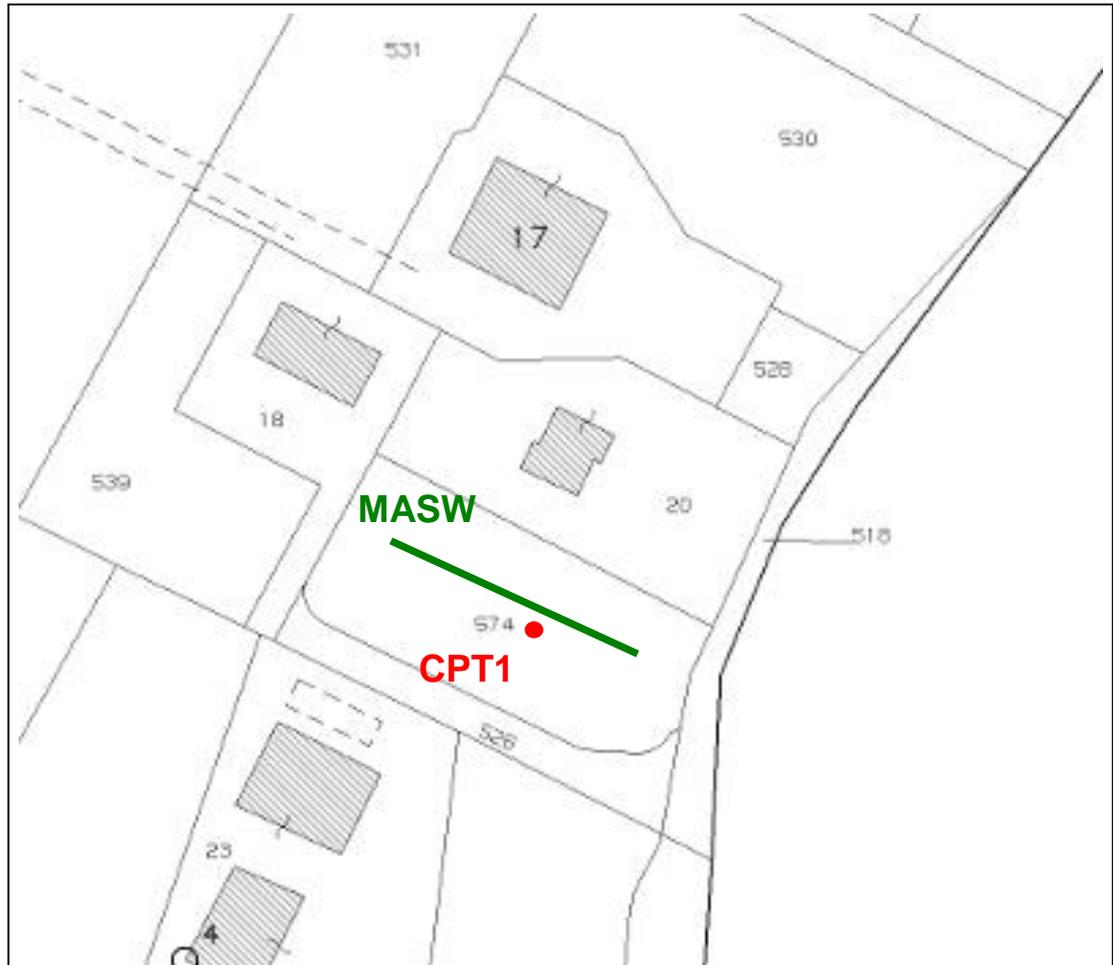
dott. Geol. Cecilia Agostini



**SCHIZZO PLANIMETRICO
CON
UBICAZIONE DELLE PROVE**

Legenda

- **CPT1** Prova penetrometrica statica
- **MASW** Prova geofisica MASW



COMUNE DI FINALE EMILIA
FOGLIO 67, MAPPALE 574

METODOLOGIA E RISULTATI DELL'INDAGINE

Le prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali) , alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l' infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell' attrito laterale (punta/manicotto tipo 'Begemann').

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

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

Sulla batteria di aste esterne puo' essere installato un anello allargatore per diminuire l' attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

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

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza alla punta(conica)
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta q_c e la resistenza laterale f_s sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha= 60^\circ$ -(area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta q_c (Kg / cm^2) = (L. punta) $C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale f_s (Kg / cm^2) = [(L. laterale) - (L. punta)] $C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale R_t (Kg) = (L. totale) C_t

q_c / f_s = 'rapporto Begemann'

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/ m^2 = 0,001 MN/ m^2 = 0,001 MPa \approx 0,1 t/ m^2 = 0,01 kg/ cm^2

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/ m^2 = 1000 kN/ m^2 = 1000 kPa \approx 100 t / m^2 = 10 kg/ cm^2

kg/ cm^2 = 10 t/ m^2 \approx 100 kN/ m^2 = 100 kPa = 0,1 MN/ m^2 = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di $FR = (fs / qc) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

79-2013

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL**
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**
Località: **FINALE EMILIA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 10/12/2013
Pagina: 1 Data certificato: 12/12/2013
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20				0,00	1,13	0		15,20	114,0	153,0		114,00	3,07	37	2,7
0,40	29,0	46,0		29,00	1,13	26	3,9	15,40	142,0	188,0		142,00	2,93	48	2,1
0,60	29,0	46,0		29,00	1,20	24	4,1	15,60	237,0	281,0		237,00	5,53	43	2,3
0,80	45,0	63,0		45,00	0,67	67	1,5	15,80	229,0	312,0		229,00	4,20	55	1,8
1,00	32,0	42,0		32,00	1,00	32	3,1	16,00	210,0	273,0		210,00	4,20	50	2,0
1,20	9,0	24,0		9,00	0,93	10	10,3	16,20	125,0	188,0		125,00	2,60	48	2,1
1,40	10,0	24,0		10,00	1,00	10	10,0	16,40	152,0	191,0		152,00	2,87	53	1,9
1,60	13,0	28,0		13,00	0,87	15	6,7	16,60	145,0	188,0		145,00	3,27	44	2,3
1,80	13,0	26,0		13,00	0,73	18	5,6	16,80	129,0	178,0		129,00	3,80	34	2,9
2,00	15,0	26,0		15,00	0,47	32	3,1	17,00	131,0	188,0		131,00	3,00	44	2,3
2,20	8,0	15,0		8,00	0,67	12	8,4	17,20	176,0	221,0		176,00	3,33	53	1,9
2,40	9,0	19,0		9,00	0,27	33	3,0	17,40	164,0	214,0		164,00	5,00	33	3,0
2,60	9,0	13,0		9,00	0,47	19	5,2	17,60	121,0	196,0		121,00	3,80	32	3,1
2,80	7,0	14,0		7,00	0,33	21	4,7	17,80	181,0	238,0		181,00	3,33	54	1,8
3,00	8,0	13,0		8,00	0,53	15	6,6	18,00	175,0	225,0		175,00	3,33	53	1,9
3,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	18,20	156,0	206,0		156,00	2,87	54	1,8
3,40	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5	18,40	189,0	232,0		189,00	3,20	59	1,7
3,60	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7	18,60	213,0	261,0		213,00	2,60	82	1,2
3,80	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	18,80	195,0	234,0		195,00	3,53	55	1,8
4,00	7,0	14,0		7,00	0,33	21	4,7	19,00	198,0	251,0		198,00	3,47	57	1,8
4,20	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7	19,20	290,0	342,0		290,00	4,40	66	1,5
4,40	6,0	11,0		6,00	0,27	22	4,5	19,40	268,0	334,0		268,00	10,93	25	4,1
4,60	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5	19,60	113,0	277,0		113,00	4,33	26	3,8
4,80	6,0	10,0		6,00	0,40	15	6,7	19,80	215,0	280,0		215,00	3,00	72	1,4
5,00	7,0	13,0		7,00	0,53	13	7,6	20,00	234,0	279,0		234,00	4,47	52	1,9
5,20	8,0	16,0		8,00	0,53	15	6,6	20,20	240,0	307,0		240,00	4,33	55	1,8
5,40	8,0	16,0		8,00	0,40	20	5,0	20,40	241,0	306,0		241,00	3,87	62	1,6
5,60	4,0	10,0		4,00	0,33	12	8,3	20,60	249,0	307,0		249,00	3,00	83	1,2
5,80	6,0	11,0		6,00	0,40	15	6,7	20,80	251,0	296,0		251,00	2,93	86	1,2
6,00	7,0	13,0		7,00	0,47	15	6,7	21,00	237,0	281,0		237,00	2,60	91	1,1
6,20	6,0	13,0		6,00	0,47	13	7,8	21,20	169,0	208,0		169,00	2,67	63	1,6
6,40	7,0	14,0		7,00	0,53	13	7,6	21,40	48,0	88,0		48,00	2,47	19	5,1
6,60	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9	21,60	36,0	73,0		36,00	0,93	39	2,6
6,80	8,0	15,0		8,00	0,40	20	5,0	21,80	19,0	33,0		19,00	3,60	5	18,9
7,00	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7	22,00	141,0	195,0		141,00	3,60	39	2,6
7,20	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4	22,20	194,0	248,0		194,00	4,00	49	2,1
7,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	22,40	178,0	238,0		178,00	2,47	72	1,4
7,60	11,0	17,0		11,00	0,47	23	4,3	22,60	104,0	141,0		104,00	3,47	30	3,3
7,80	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3	22,80	42,0	94,0		42,00	2,73	15	6,5
8,00	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	23,00	32,0	73,0		32,00	0,67	48	2,1
8,20	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5	23,20	32,0	42,0		32,00	0,93	34	2,9
8,40	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	23,40	25,0	39,0		25,00	1,40	18	5,6
8,60	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7	23,60	33,0	54,0		33,00	2,00	17	6,1
8,80	8,0	15,0		8,00	0,60	13	7,5	23,80	42,0	72,0		42,00	1,73	24	4,1
9,00	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	24,00	34,0	60,0		34,00	1,93	18	5,7
9,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	24,20	37,0	66,0		37,00	2,00	19	5,4
9,40	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7	24,40	37,0	67,0		37,00	2,00	19	5,4
9,60	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7	24,60	35,0	65,0		35,00	1,73	20	4,9
9,80	9,0	16,0		9,00	0,60	15	6,7	24,80	28,0	54,0		28,00	1,87	15	6,7
10,00	8,0	17,0		8,00	0,60	13	7,5	25,00	41,0	69,0		41,00	2,53	16	6,2
10,20	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	25,20	46,0	84,0		46,00	3,07	15	6,7
10,40	13,0	21,0		13,00	0,60	22	4,6	25,40	108,0	154,0		108,00	4,73	23	4,4
10,60	14,0	23,0		14,00	0,87	16	6,2	25,60	151,0	222,0		151,00	5,40	28	3,6
10,80	16,0	29,0		16,00	0,80	20	5,0	25,80	133,0	214,0		133,00	4,00	33	3,0
11,00	19,0	31,0		19,00	0,93	20	4,9	26,00	85,0	145,0		85,00	1,13	75	1,3
11,20	19,0	33,0		19,00	1,00	19	5,3	26,20	28,0	45,0		28,00	1,80	16	6,4
11,40	34,0	49,0		34,00	1,67	20	4,9	26,40	77,0	104,0		77,00	2,27	34	2,9
11,60	30,0	55,0		30,00	1,40	21	4,7	26,60	57,0	91,0		57,00	5,07	11	8,9
11,80	38,0	59,0		38,00	2,13	18	5,6	26,80	122,0	198,0		122,00	4,20	29	3,4
12,00	59,0	91,0		59,00	2,53	23	4,3	27,00	189,0	252,0		189,00	4,60	41	2,4
12,20	81,0	119,0		81,00	2,67	30	3,3	27,20	187,0	256,0		187,00	4,07	46	2,2
12,40	72,0	112,0		72,00	3,40	21	4,7	27,40	170,0	231,0		170,00	4,40	39	2,6
12,60	105,0	156,0		105,00	1,53	69	1,5	27,60	193,0	259,0		193,00	3,93	49	2,0
12,80	84,0	107,0		84,00	2,73	31	3,3	27,80	192,0	251,0		192,00	3,73	51	1,9
13,00	40,0	81,0		40,00	2,00	20	5,0	28,00	168,0	224,0		168,00	4,73	36	2,8
13,20	119,0	149,0		119,00	2,40	50	2,0	28,20	189,0	260,0		189,00	6,93	27	3,7
13,40	132,0	168,0		132,00	3,33	40	2,5	28,40	207,0	311,0		207,00	4,40	47	2,1
13,60	98,0	148,0		98,00	3,13	31	3,2	28,60	229,0	295,0		229,00	5,33	43	2,3
13,80	106,0	153,0		106,00	1,87	57	1,8	28,80	268,0	348,0		268,00	5,00	54	1,9
14,00	138,0	166,0		138,00	2,87	48	2,1	29,00	250,0	325,0		250,00	4,40	57	1,8
14,20	94,0	137,0		94,00	3,20	29	3,4	29,20	229,0	295,0		229,00	3,73	61	1,6
14,40	139,0	187,0		139,00	3,60	39	2,6	29,40	323,0	379,0		323,00	2,47	131	0,8
14,60	112,0	166,0		112,00	3,27	34	2,9	29,60	306,0	343,0		306,00	3,60	85	1,2
14,80	91,0	140,0		91,00	2,80	33	3,1	29,80	308,0	362,0		308,00	3,60	86	1,2
15,00	99,0	141,0		99,00	2,60	38	2,6	30,00	308,0	362,0		308,00			

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

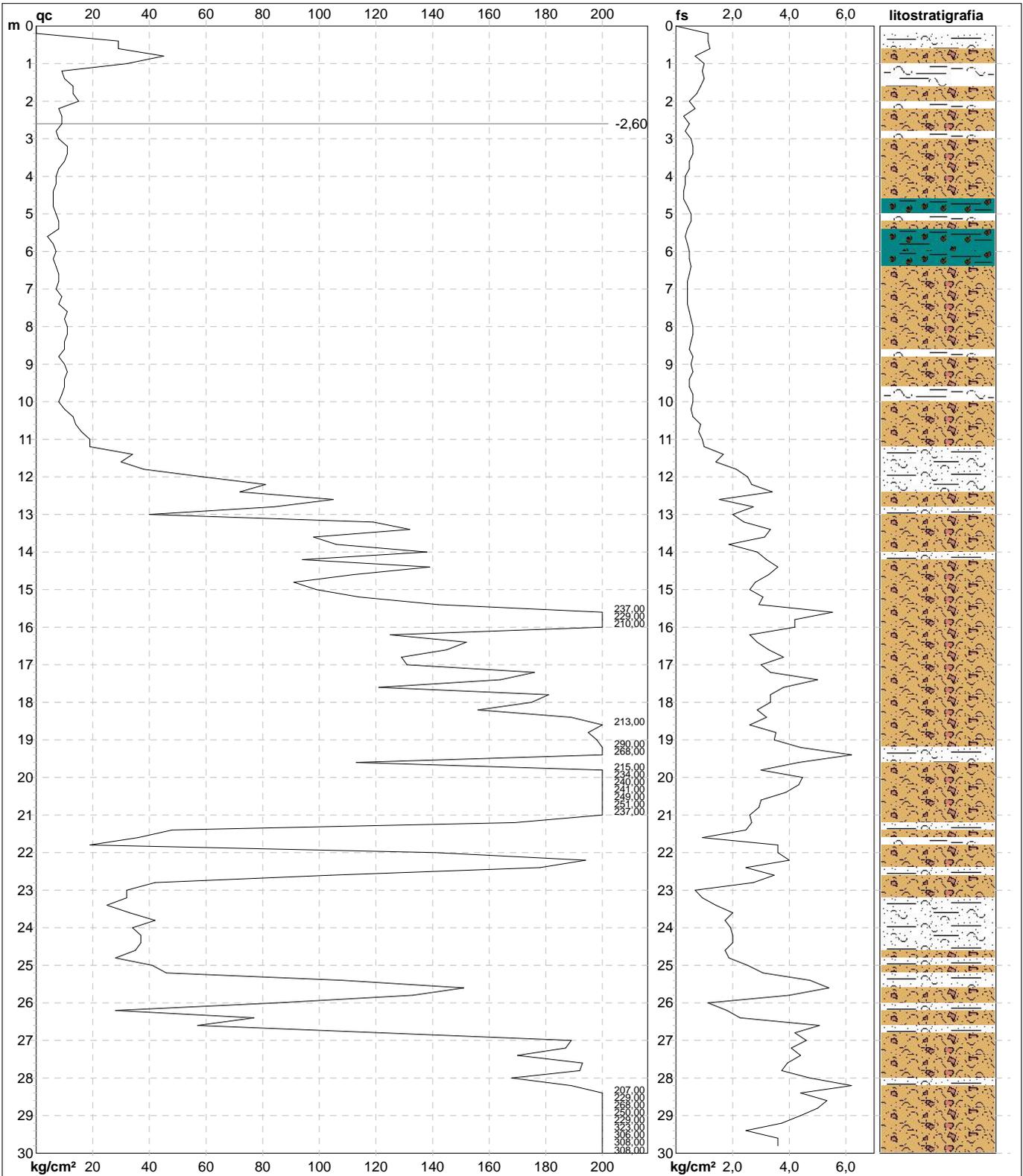
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	79-2013
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL**
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**
Località: **FINALE EMILIA**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 10/12/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 12/12/2013
Pagina: 1 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.



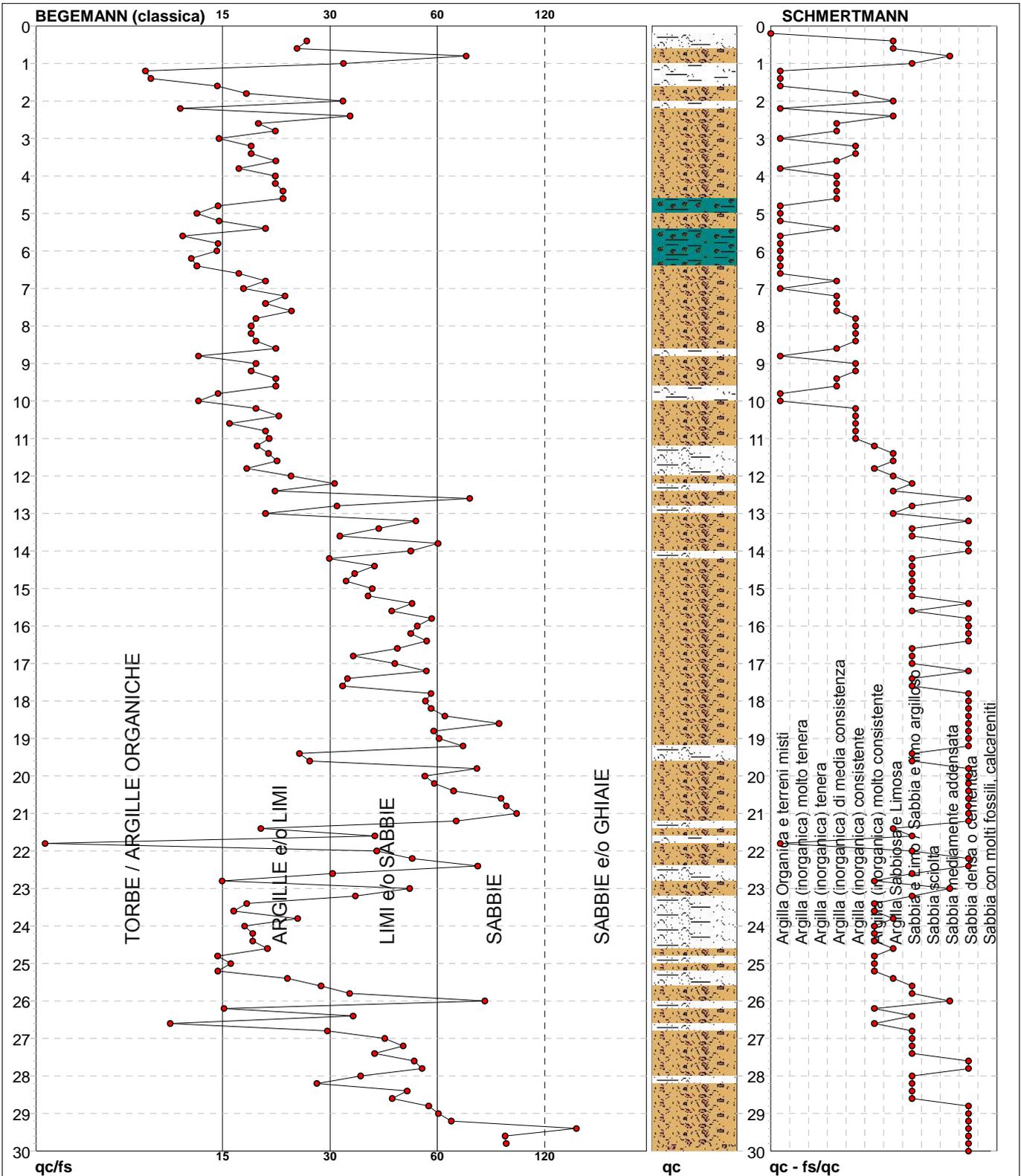
	Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
	Penetrometro: TG63-200S	Corr.astine: kg/ml
	Responsabile:	Cod. punta:
	Assistente:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	79-2013
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: **IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL**
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**
Località: **FINALE EMILIA**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 10/12/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 12/12/2013
Pagina: 1
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	19 punti, 12,75%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 13,42%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 8,72%
Argille e/o Limi :	62 punti, 41,61%	Argilla (inorganica) media consist.:	15 punti, 10,07%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	34 punti, 22,82%
Limi e/o Sabbie :	52 punti, 34,90%	Argilla (inorganica) consistente:	14 punti, 9,40%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 2,01%
Sabbie:	15 punti, 10,07%	Argilla (inorganica) molto consist.:	13 punti, 8,72%	Sabbia densa o cementata:	36 punti, 24,16%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0,67%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

1

riferimento **79-2013**

certificato n°

n° verb.accett.

Committente: **IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL**
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**
Località: **FINALE EMILIA**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 10/12/2013
Pagina: 2 Data certificato: 12/12/2013
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	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.
20,00	234,00	52,35	3	1,15	2,14	--	--	--	--	--	83	41	33	30	28	37	39	--	--	390,0	585,0	702,0
20,20	240,00	55,43	3	1,15	2,16	--	--	--	--	--	83	41	33	30	28	38	39	--	--	400,0	600,0	720,0
20,40	241,00	62,27	3	1,15	2,18	--	--	--	--	--	83	41	33	30	28	38	39	--	--	401,7	602,5	723,0
20,60	249,00	83,00	3	1,15	2,20	--	--	--	--	--	84	41	33	30	28	38	39	--	--	415,0	622,5	747,0
20,80	251,00	85,67	3	1,15	2,23	--	--	--	--	--	84	41	33	30	28	38	39	--	--	418,3	627,5	753,0
21,00	237,00	91,15	3	1,15	2,25	--	--	--	--	--	82	41	33	30	28	37	39	--	--	395,0	592,5	711,0
21,20	169,00	63,30	3	1,10	2,27	--	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	37	--	--	281,7	422,5	507,0
21,40	48,00	19,43	4	1,01	2,29	1,60	4,0	639,5	959,2	144,0	27	34	25	22	20	28	31	--	--	80,0	120,0	144,0
21,60	36,00	38,71	3	0,89	2,31	--	--	--	--	--	16	33	23	20	19	27	30	--	--	60,0	90,0	108,0
21,80	19,00	5,28	2	0,99	2,33	0,78	1,6	449,6	674,4	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,00	141,00	39,17	3	1,06	2,35	--	--	--	--	--	63	39	30	27	25	34	36	--	--	235,0	352,5	423,0
22,20	194,00	48,50	3	1,14	2,37	--	--	--	--	--	74	40	32	29	27	36	38	--	--	323,3	485,0	582,0
22,40	178,00	72,06	3	1,12	2,40	--	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	37	--	--	296,7	445,0	534,0
22,60	104,00	29,97	4	1,05	2,42	3,47	9,9	590,7	886,0	312,0	52	37	28	25	24	32	34	--	--	173,3	260,0	312,0
22,80	42,00	15,38	4	1,00	2,44	1,40	3,1	674,8	1012,1	126,0	20	34	24	21	19	27	30	--	--	70,0	105,0	126,0
23,00	32,00	47,76	3	0,88	2,46	--	--	--	--	--	11	33	23	19	18	26	29	--	--	53,3	80,0	96,0
23,20	32,00	34,41	3	0,88	2,47	--	--	--	--	--	11	33	22	19	18	26	29	--	--	53,3	80,0	96,0
23,40	25,00	17,86	4	0,94	2,49	0,91	1,8	519,2	778,7	75,0	2	31	21	18	17	25	28	--	--	41,7	62,5	75,0
23,60	33,00	16,50	4	0,97	2,51	1,10	2,2	601,3	901,9	99,0	11	33	23	19	18	26	29	--	--	55,0	82,5	99,0
23,80	42,00	24,28	4	1,00	2,53	1,40	3,0	691,3	1036,9	126,0	20	34	24	20	19	27	30	--	--	70,0	105,0	126,0
24,00	34,00	17,62	4	0,98	2,55	1,13	2,3	616,7	925,1	102,0	12	33	23	19	18	26	29	--	--	56,7	85,0	102,0
24,20	37,00	18,50	4	0,99	2,57	1,23	2,5	653,1	979,7	111,0	15	33	23	20	19	26	30	--	--	61,7	92,5	111,0
24,40	37,00	18,50	4	0,99	2,59	1,23	2,5	655,1	982,6	111,0	15	33	23	20	19	26	30	--	--	61,7	92,5	111,0
24,60	35,00	20,23	4	0,98	2,61	1,17	2,3	633,7	950,5	105,0	13	33	23	19	18	26	29	--	--	58,3	87,5	105,0
24,80	28,00	14,97	4	0,96	2,63	0,97	1,8	550,7	826,1	84,0	5	32	22	18	17	25	28	--	--	46,7	70,0	84,0
25,00	41,00	16,21	4	1,00	2,65	1,37	2,7	700,9	1051,4	123,0	18	33	23	20	19	27	30	--	--	68,3	102,5	123,0
25,20	46,00	14,98	4	1,01	2,67	1,53	3,1	738,9	1108,4	138,0	21	34	24	21	19	27	31	--	--	76,7	115,0	138,0
25,40	108,00	22,83	4	1,06	2,69	3,60	9,0	638,3	957,4	324,0	50	37	28	25	23	32	34	--	--	180,0	270,0	324,0
25,60	151,00	27,96	4	1,09	2,71	5,03	13,6	855,7	1283,5	453,0	62	39	30	27	25	34	36	--	--	251,7	377,5	453,0
25,80	133,00	33,25	3	1,05	2,73	--	--	--	--	--	57	38	29	26	24	33	35	--	--	221,7	332,5	399,0
26,00	85,00	75,22	3	0,98	2,75	--	--	--	--	--	42	36	27	24	22	30	33	--	--	141,7	212,5	255,0
26,20	28,00	15,56	4	0,96	2,77	0,97	1,7	555,8	833,8	84,0	3	32	21	18	17	25	28	--	--	46,7	70,0	84,0
26,40	77,00	33,92	3	0,96	2,79	--	--	--	--	--	38	36	26	23	22	30	33	--	--	128,3	192,5	231,0
26,60	57,00	11,24	4	1,01	2,81	1,90	3,8	790,4	1185,6	171,0	27	35	25	21	20	28	31	--	--	95,0	142,5	171,0
26,80	122,00	29,05	4	1,07	2,83	4,07	9,9	692,7	1039,0	366,0	53	38	28	25	24	32	35	--	--	203,3	305,0	366,0
27,00	189,00	41,09	3	1,13	2,86	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	37	--	--	315,0	472,5	567,0
27,20	187,00	45,95	3	1,13	2,88	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	37	--	--	311,7	467,5	561,0
27,40	170,00	38,64	3	1,11	2,90	--	--	--	--	--	64	39	30	27	25	34	37	--	--	283,3	425,0	510,0
27,60	193,00	49,11	3	1,14	2,92	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	38	--	--	321,7	482,5	579,0
27,80	192,00	51,47	3	1,14	2,95	--	--	--	--	--	68	39	31	28	26	35	37	--	--	320,0	480,0	576,0
28,00	168,00	35,52	3	1,10	2,97	--	--	--	--	--	63	39	30	27	25	34	37	--	--	280,0	420,0	504,0
28,20	189,00	27,27	4	1,12	2,99	6,30	15,9	1071,0	1606,5	567,0	67	39	30	27	26	34	37	--	--	315,0	472,5	567,0
28,40	207,00	47,05	3	1,15	3,01	--	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	38	--	--	345,0	517,5	621,0
28,60	229,00	42,96	3	1,15	3,04	--	--	--	--	--	73	40	31	28	26	35	39	--	--	381,7	572,5	687,0
28,80	268,00	53,60	3	1,15	3,06	--	--	--	--	--	79	41	32	29	27	36	40	--	--	446,7	670,0	804,0
29,00	250,00	56,82	3	1,15	3,08	--	--	--	--	--	76	40	32	29	27	36	39	--	--	416,7	625,0	750,0
29,20	229,00	61,39	3	1,15	3,10	--	--	--	--	--	73	40	31	28	26	35	39	--	--	381,7	572,5	687,0
29,40	323,00	130,77	3	1,15	3,13	--	--	--	--	--	84	41	33	30	28	37	40	--	--	538,3	807,5	969,0
29,60	306,00	85,00	3	1,15	3,15	--	--	--	--	--	82	41	32	30	28	37	40	--	--	510,0	765,0	918,0
29,80	308,00	85,56	3	1,15	3,17	--	--	--	--	--	82	41	32	30	28	37	40	--	--	513,3	770,0	924,0
30,00	308,00	--	3	1,15	3,20	--	--	--	--	--	82	41	32	30	28	37	40	--	--	513,3	770,0	924,0



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

Indagini e Opere Ambientali e Geologiche

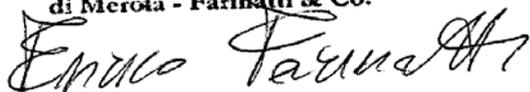
via Balzan, 1 - 45100 Rovigo - tel. 0425-25185

www.indago-rovigo.it

Rapporto Tecnico:

Indagine sismica mediante la tecnica MASW attiva e passiva per la costruzione di un edificio residenziale in Comune di Finale Emilia (MO), 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 Meroia - Farinatti & Co.


Rovigo, Dicembre 2013

Committente: Agostini Dott.ssa Cecilia

Via dei Carriolanti, 16

44047 – S. Agostino (FE)

Premessa

Lo scrivente, su incarico della Dott.ssa Agostini Cecilia, 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 Comune di Finale Emilia (MO), 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 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c..

Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 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.

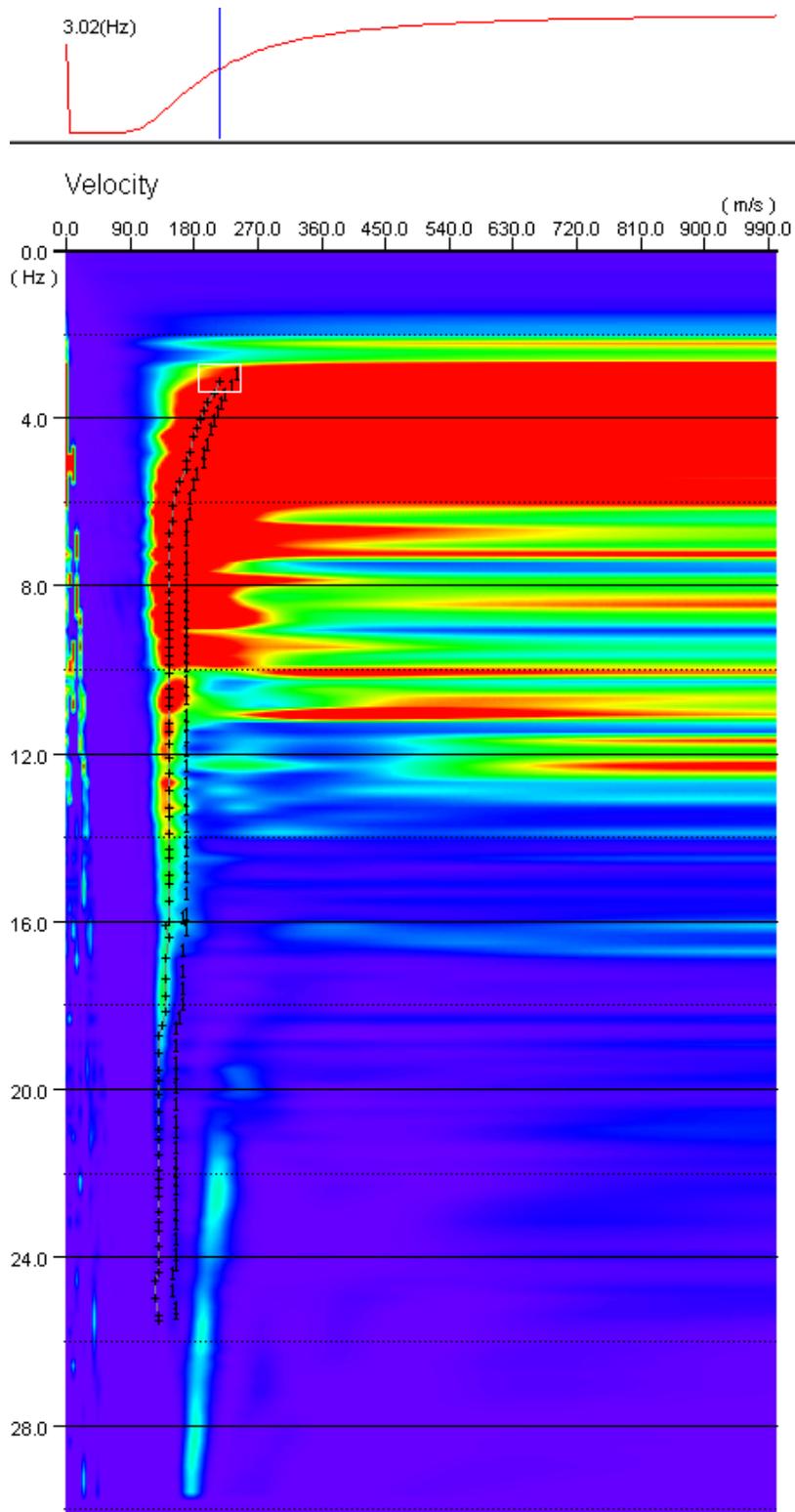
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello $V_s/\text{profondità}$ attendibile.

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

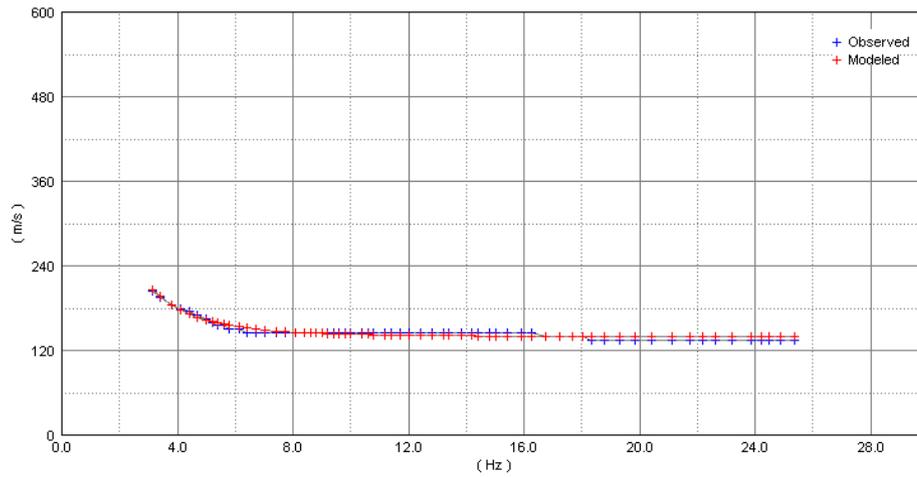
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a oltre 30 m di profondità.

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 RMS calcolato è del 0.34%.



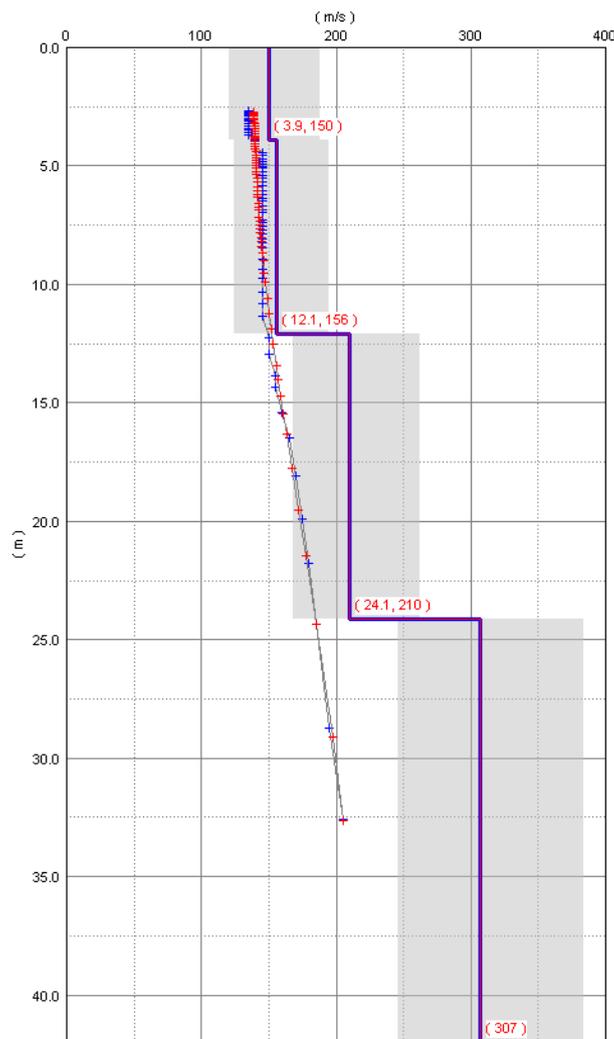
CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI ATTIVO E PASSIVO

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:

$V_{s30} = 194$ m/s

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.47** 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 materiale granulare a partire da circa 12 m di profondità dal piano campagna. Da tale profondità, fino a 20 m, è stata eseguita (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 suddetto livello, non esiste un reale rischio di liquefazione.

Rovigo, Dicembre 2013

Dott. Geol. Enrico Farinatti

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


ALLEGATI

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data: Dicembre 2013

Località Finale Emilia (MO)
 Coordinate 44.84207 N , 11.30296 E (UTM WGS84)
 Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
 (misura Vr)
 Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 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:

		S_s	C_c	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 NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e Cu ₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1,2	1,43	1,00
C	Depositati 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).	1,47	1,62	1,47
D	Depositati 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).	1,8	2,41	1,80
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/s).	1,58	1,94	1,58
S1	Depositati 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	Depositati 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:**

		S_t	
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 sovraesposte 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

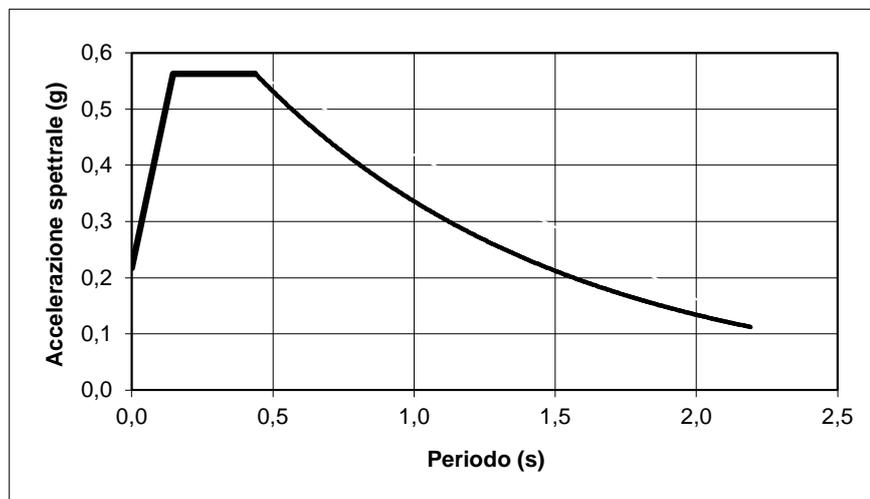
$$T_0 = agxS$$

$$T_b = T_c/3$$

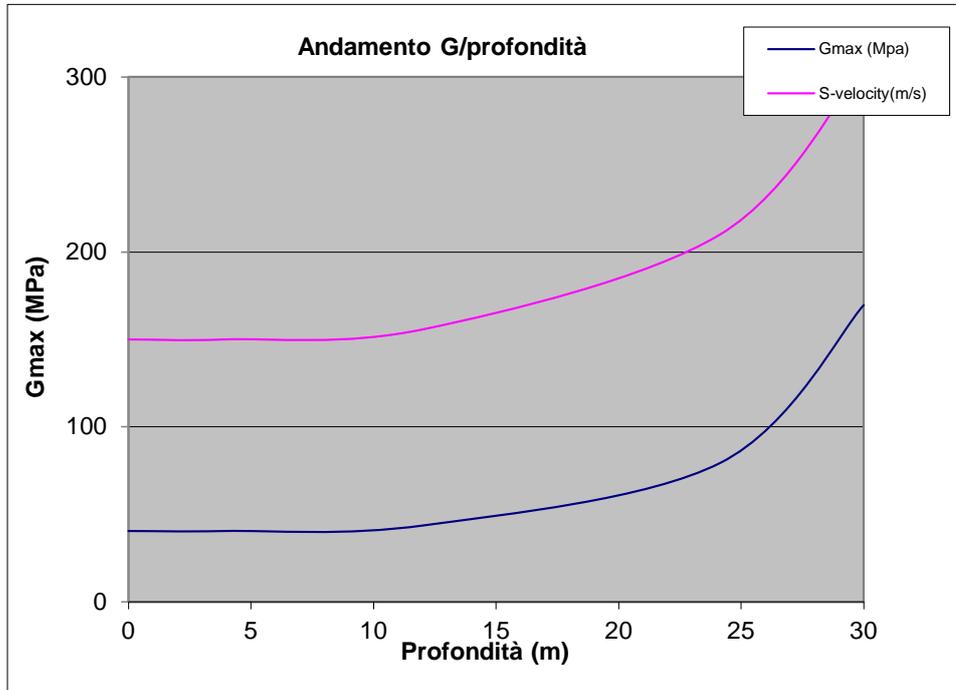
$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_d = 4.0 \cdot a_{g_0} / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0,0000	0,2176
0,1458	0,5630
0,4374	0,5630
2,1920	0,1124



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0,0	150	41	1,80
3,9	150	41	1,80
12,1	156	44	1,80
24,1	210	79	1,80
30,0	307	170	1,80



$$Vs_{30} \text{ (m/s)} = 194$$

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	Finale Emilia (MO)
Metodo di indagine	MASW Attivo e Passivo (misura Vr)
Strumentazione utilizzata	Sismografo ABEM RAS-24, 24 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} 0,149

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

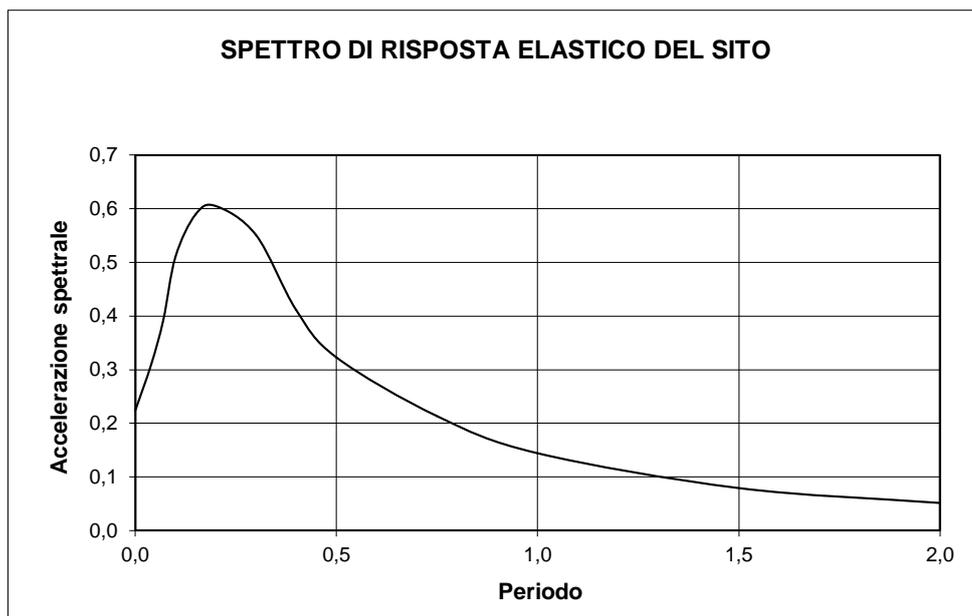
Vs30	F.A.
200	1,5
250	1,5
300	1,5
350	1,4
400	1,4
450	1,4
500	1,3
600	1,1
700	1,0
800	1,0

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

Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

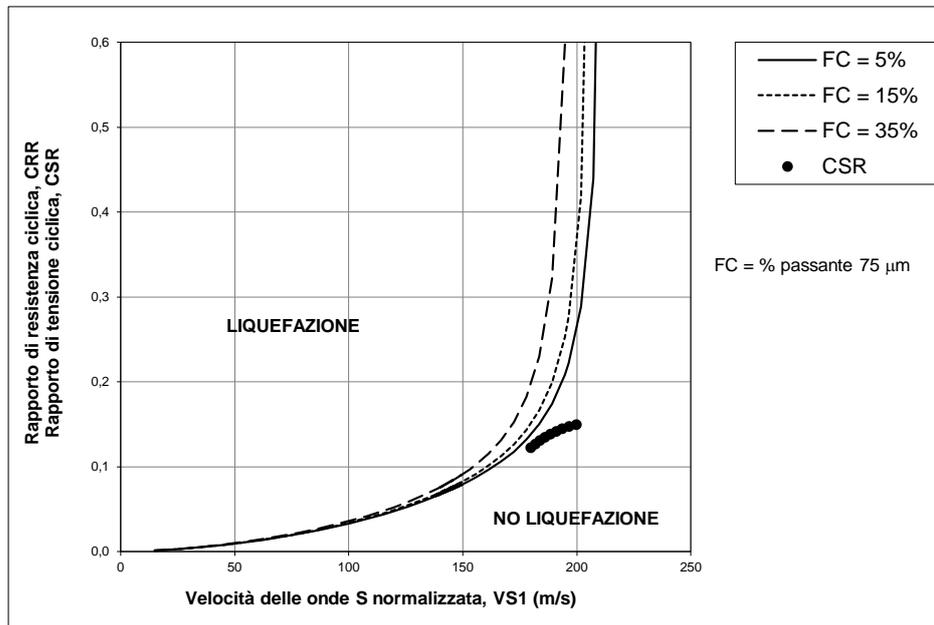
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica"

T (s)	Sa/a_{ref}	Sa/a_g
0,000	1,000	0,224
0,040	1,389	0,310
0,070	1,759	0,393
0,100	2,283	0,510
0,150	2,637	0,589
0,200	2,707	0,605
0,300	2,466	0,551
0,400	1,840	0,411
0,500	1,445	0,323
0,750	0,955	0,213
1,000	0,645	0,144
1,500	0,355	0,079
2,000	0,231	0,052



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	Vs	Vs1	CSR 7.5	F _s = CRR _{7.5} /CSR _{7.5}
12,0	210	200	0,149	2,34
13,0	210	197	0,147	1,92
14,0	210	194	0,144	1,67
15,0	210	191	0,141	1,52
16,0	210	189	0,138	1,42
17,0	210	186	0,134	1,34
18,0	210	184	0,130	1,29
19,0	210	182	0,126	1,25
20,0	210	180	0,122	1,23



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:

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

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

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

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

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

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: $T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d MSF$. 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 in conformità a quanto indicato dalla Del. Ass. Leg. RER 112/2007 e calcolabile con la relazione
 $MSF = -0,2395 M + 2,7501$

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:

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

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:

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

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

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

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:

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

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 = 1,28 per M<7,5 (Del. RER 112/2007)
 a_g = 0,148
 S = 1,470
 a_{max} = 0,218

CPT 1 IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL
 FINALE EMILIA

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

z	qc	fs	Gv	Gv'	n	n'	Cn	Q	F	condiz 2	lc	Kc	(q _{cr}) _{es}	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL	
0,20	0,00	1,13		0,04																		
0,40	29,00	1,13	0,08	0,08	0,50	0,50	3,54	361,50	2,06	2,12	1,78	1,10	112,28	1,16	0,13	0,21	1,65	0,0000	9,80	0		
0,60	29,00	1,20	0,12	0,12	0,50	0,50	2,89	240,67	4,16	2,40	2,14	1,53	127,68	1,16	0,13	0,27	2,14	0,0000	9,70	0		
0,80	45,00	0,67	0,15	0,15	0,50	0,50	2,58	299,00	1,49	1,98	1,71	1,05	121,57	1,15	0,13	0,25	1,94	0,0000	9,60	0		
1,00	32,00	1,00	0,19	0,19	0,50	0,50	2,29	167,42	3,14	2,35	2,12	1,50	109,82	1,15	0,13	0,20	1,60	0,0000	9,50	0		
1,20	9,00	0,93	0,23	0,23	1,00	1,00	4,35	38,13	10,60	2,93	2,93	6,04	236,38	1,14	0,13	1,31	-	0,0000	9,40	0		
1,40	10,00	1,00	0,27	0,27	1,00	1,00	3,70	36,04	10,28	2,93	2,94	6,10	225,83	1,14	0,13	1,15	-	0,0000	9,30	0		
1,60	13,00	0,87	0,31	0,31	1,00	1,00	3,23	40,94	6,86	2,76	2,77	4,54	190,56	1,13	0,13	0,72	-	0,0000	9,20	0		
1,80	13,00	0,73	0,34	0,34	1,00	1,00	2,94	37,24	5,77	2,74	2,74	4,33	165,52	1,13	0,12	0,50	-	0,0000	9,10	0		
2,00	15,00	0,47	0,38	0,38	0,75	0,75	2,07	38,47	3,21	2,63	2,56	3,07	95,17	1,12	0,12	0,16	1,29	0,0001	9,00	0,000805		
2,20	8,00	0,67	0,42	0,42	1,00	1,00	2,38	18,05	8,84	3,08	3,10	7,89	150,33	1,12	0,12	0,40	-	0,0000	8,90	0		
2,40	9,00	0,27	0,46	0,46	1,00	1,00	2,17	18,57	3,16	2,78	2,79	4,73	92,53	1,11	0,12	0,15	-	0,0000	8,80	0	falda	
2,60	9,00	0,47	0,47	0,47	1,00	1,00	2,13	18,15	5,51	2,94	2,96	6,26	119,92	1,10	0,12	0,24	-	0,0000	8,70	0	0	
2,80	7,00	0,33	0,49	0,49	1,00	1,00	2,04	13,29	5,07	3,01	3,04	7,14	102,05	1,10	0,12	0,18	-	0,0000	8,60	0		
3,00	8,00	0,53	0,51	0,51	1,00	1,00	1,96	14,69	7,08	3,08	3,10	7,88	123,65	1,09	0,12	0,26	-	0,0000	8,50	0		
3,20	11,00	0,60	0,53	0,53	1,00	1,00	1,89	19,75	5,73	2,92	2,94	6,10	126,52	1,09	0,12	0,27	-	0,0000	8,40	0		
3,40	11,00	0,60	0,66	0,54	1,00	1,00	1,85	19,14	5,80	2,93	2,95	6,24	127,11	1,08	0,15	0,27	-	0,0000	8,30	0		
3,60	10,00	0,47	0,70	0,56	1,00	1,00	1,79	16,60	5,05	2,94	2,96	6,31	112,69	1,08	0,15	0,21	-	0,0000	8,20	0		
3,80	8,00	0,47	0,74	0,58	1,00	1,00	1,72	12,52	6,47	3,09	3,12	8,22	113,40	1,07	0,15	0,22	-	0,0000	8,10	0		
4,00	7,00	0,33	0,78	0,60	1,00	1,00	1,67	10,37	5,31	3,09	3,13	8,33	97,15	1,07	0,15	0,17	-	0,0000	8,00	0		
4,20	7,00	0,33	0,82	0,61	1,00	1,00	1,64	10,13	5,34	3,10	3,14	8,45	96,97	1,06	0,16	0,16	-	0,0000	7,90	0		
4,40	6,00	0,27	0,86	0,63	1,00	1,00	1,59	8,16	5,25	3,16	3,21	9,40	89,53	1,06	0,16	0,15	-	0,0000	7,80	0		
4,60	6,00	0,27	0,90	0,65	1,00	1,00	1,54	7,85	5,29	3,17	3,23	9,62	88,80	1,05	0,16	0,15	-	0,0000	7,70	0		
4,80	6,00	0,40	0,94	0,65	1,00	1,00	1,54	7,79	7,90	3,28	3,34	11,29	104,20	1,05	0,17	0,19	-	0,0000	7,60	0		
5,00	7,00	0,53	0,98	0,66	1,00	1,00	1,52	9,13	8,80	3,26	3,31	10,93	115,95	1,04	0,17	0,22	-	0,0000	7,50	0		
5,20	8,00	0,53	1,01	0,68	1,00	1,00	1,47	10,27	7,59	3,19	3,23	9,72	114,35	1,04	0,17	0,22	-	0,0000	7,40	0		
5,40	8,00	0,40	1,05	0,70	1,00	1,00	1,43	9,92	5,76	3,12	3,17	8,82	100,75	1,03	0,17	0,18	-	0,0000	7,30	0		
5,60	4,00	0,33	1,09	0,71	1,00	1,00	1,41	4,10	11,35	3,55	3,65	17,06	96,09	1,02	0,17	0,16	-	0,0000	7,20	0		
5,80	6,00	0,40	1,13	0,72	1,00	1,00	1,39	6,76	8,22	3,32	3,39	12,24	102,03	1,02	0,18	0,18	-	0,0000	7,10	0		
6,00	7,00	0,47	1,17	0,73	1,00	1,00	1,37	7,99	8,06	3,27	3,33	11,25	107,83	1,01	0,18	0,20	-	0,0000	7,00	0		
6,20	6,00	0,47	1,21	0,74	1,00	1,00	1,35	6,47	9,81	3,38	3,46	13,34	108,15	1,01	0,18	0,20	-	0,0000	6,90	0		
6,40	7,00	0,53	1,25	0,74	1,00	1,00	1,35	7,77	9,21	3,32	3,38	12,00	113,48	1,00	0,19	0,22	-	0,0000	6,80	0		
6,60	8,00	0,47	1,29	0,76	1,00	1,00	1,32	8,83	7,00	3,20	3,26	10,13	106,62	1,00	0,19	0,19	-	0,0000	6,70	0		
6,80	8,00	0,40	1,33	0,78	1,00	1,00	1,28	8,56	5,99	3,17	3,23	9,67	99,17	0,99	0,19	0,17	-	0,0000	6,60	0		
7,00	7,00	0,40	1,37	0,80	1,00	1,00	1,25	7,04	7,10	3,27	3,34	11,37	99,47	0,99	0,19	0,17	-	0,0000	6,50	0		
7,20	9,00	0,40	1,40	0,81	1,00	1,00	1,23	9,38	5,27	3,11	3,16	8,75	97,25	0,98	0,19	0,17	-	0,0000	6,40	0		
7,40	8,00	0,40	1,44	0,83	1,00	1,00	1,20	7,90	6,10	3,19	3,26	10,14	97,71	0,98	0,19	0,17	-	0,0000	6,30	0		
7,60	11,00	0,47	1,48	0,85	1,00	1,00	1,18	11,20	4,94	3,04	3,09	7,75	100,30	0,97	0,19	0,17	-	0,0000	6,20	0		
7,80	10,00	0,53	1,52	0,87	1,00	1,00	1,15	9,75	6,25	3,14	3,20	9,21	105,82	0,97	0,19	0,19	-	0,0000	6,10	0		
8,00	11,00	0,60	1,56	0,88	1,00	1,00	1,14	10,73	6,36	3,12	3,17	8,83	110,35	0,96	0,19	0,20	-	0,0000	6,00	0		
8,20	11,00	0,60	1,60	0,90	1,00	1,00	1,11	10,45	6,38	3,13	3,18	8,96	109,57	0,96	0,19	0,20	-	0,0000	5,90	0		
8,40	10,00	0,53	1,64	0,92	1,00	1,00	1,09	9,09	6,34	3,16	3,22	9,59	104,26	0,95	0,19	0,19	-	0,0000	5,80	0		
8,60	10,00	0,47	1,68	0,94	1,00	1,00	1,06	8,85	5,65	3,14	3,20	9,28	98,70	0,94	0,19	0,17	-	0,0000	5,70	0		
8,80	8,00	0,60	1,72	0,96	1,00	1,00	1,04	6,55	9,55	3,37	3,45	13,14	109,51	0,94	0,19	0,20	-	0,0000	5,60	0		
9,00	10,00	0,53	1,76	0,97	1,00	1,00	1,03	8,50	6,43	3,19	3,25	9,98	102,85	0,93	0,19	0,18	-	0,0000	5,50	0		
9,20	11,00	0,60	1,79	0,99	1,00	1,00	1,01	9,30	6,52	3,16	3,22	9,59	106,56	0,93	0,19	0,19	-	0,0000	5,40	0		
9,40	10,00	0,47	1,83	1,01	1,00	1,00	0,99	8,09	5,75	3,17	3,24	9,79	96,95	0,92	0,19	0,16	-	0,0000	5,30	0		
9,60	10,00	0,47	1,87	1,03	1,00	1,00	0,97	7,89	5,78	3,18	3,25	9,93	96,43	0,92	0,18	0,16	-	0,0000	5,20	0		
9,80	9,00	0,60	1,91	1,05	1,00	1,00	0,95	6,75	8,46	3,32	3,40	12,39	106,20	0,91	0,18	0,19	-	0,0000	5,10	0		
10,00	8,00	0,60	1,95	1,06	1,00	1,00	0,94	5,71	9,92	3,41	3,50	14,16	106,83	0,91	0,18	0,19	-	0,0000	5,00	0		
10,20	10,00	0,53	1,99	1,08	1,00	1,00	0,93	7,42	6,62	3,23	3,30	10,79	99,93	0,90	0,18	0,17	-	0,0000	4,90	0		
10,40	13,00	0,60	2,03	1,10	1,00	1,00	0,91	9,97	5,47	3,10	3,15	8,61	101,71	0,90	0,18	0,18	-	0,0000	4,80	0		
10,60	14,00	0,87	2,07	1,12	1,00	1,00	0,89	10,65	7,29	3,16	3,21	9,39	117,36	0,89	0,18	0,23	-	0,0000	4,70	0		
10,80	16,00	0,80	2,11	1,14	1,00	1,00	0,88	12,19	5,76	3,05	3,10	7,92	111,11	0,89	0,18	0,21	-	0,0000	4,60	0		
11,00	19,00	0,93	2,15	1,16	1,00	1,00	0,86	14,53	5,52	2,99	3,03	7,07	115,82	0,88	0,18	0,22	-	0,0000	4,50	0		
11,20	19,00	1,00	2,18	1,18	1,00	1,00	0,85	14,25	5,95	3,02	3,06	7,39	119,06	0,87	0,18	0,24	-	0,0000	4,40	0		
11,40	34,00	1,67	2,22	1,20	1,00	1,00	0,83	26,48	5,26	2,80	2,82	4,96	140,62	0,87	0,18	0,34	-	0,0000	4,30	0		
11,60	30,00	1,40	2,26	1,22	1,00	1,00	0,82	22,74	5,05	2,83	2,86	5,29	130,13	0,86	0,18	0,28	-	0,0000	4,20	0		
11,80	38,00	2,13	2,30	1,24	1,00	1,00	0,81	28,79	5,97	2,81	2,83	5,07	155,43	0,86	0,18	0,43	-	0,0000	4,10	0		
12,00	59,00	2,53	2,34	1,26	1,00	1,00	0,79	44,97	4,47	2,60	2,61	3,37	157,89	0,85	0,18	0,45	-	0,0000	4,00	0		
12,20	81,00	2,67	2,38	1,28	0,50	0,50	0,88	61,42	3,40	2,38	2,43											