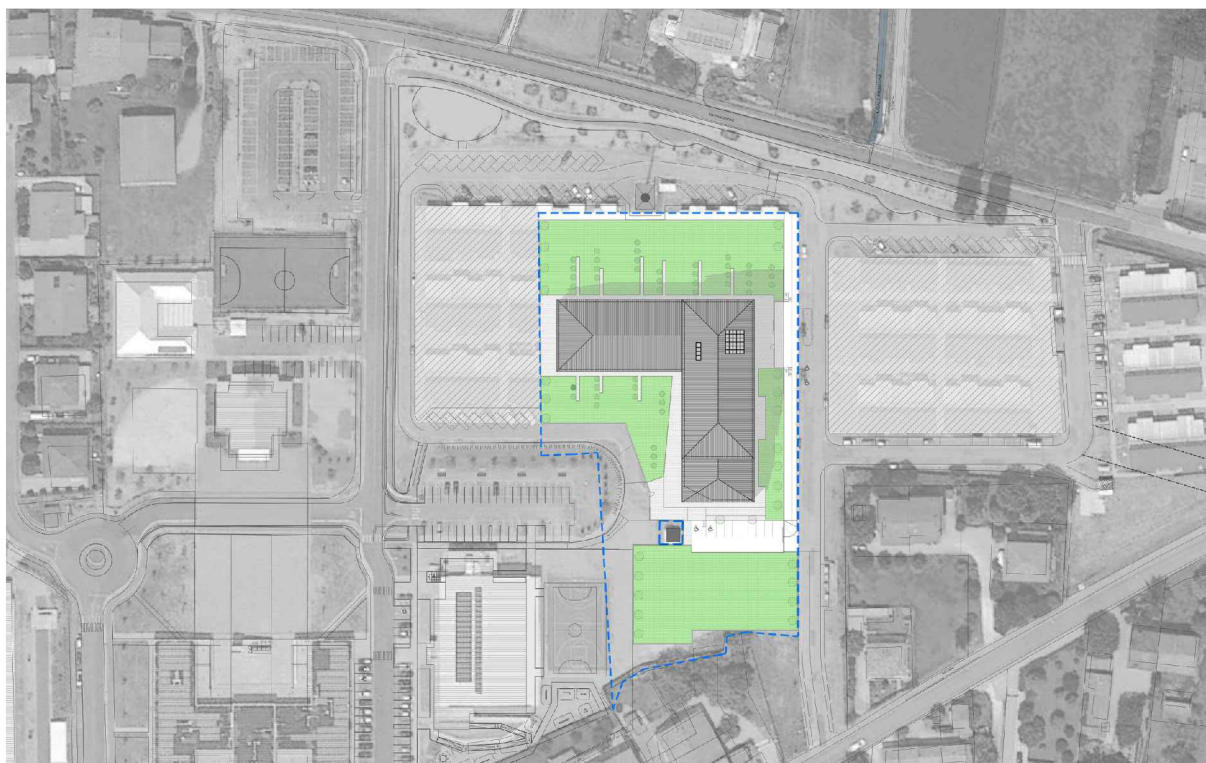


COMUNE DI CONCORDIA SULLA SECCHIA (MO)

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI EDIFICIO SCOLASTICO SCUOLA SECONDARIA 1° GRADO "BARBATO ZANONI" e DEMOLIZIONE DEL COMPLESSO SCOLASTICO "EX GASPARINI"

PROGETTO PRELIMINARE



IL R.U.P.

Ing. Manuela Manenti

IL PROGETTISTA

Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Filippo Giacomini
Ing. Graziella Moro
Ing. Susanna Orsi
Ing. Andrea Parenti
Ing. Romano Russo
Ing. Anna Schito

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

Bologna, Novembre 2015

SCALA:

--

B2

Comune di Concordia sulla Secchia

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

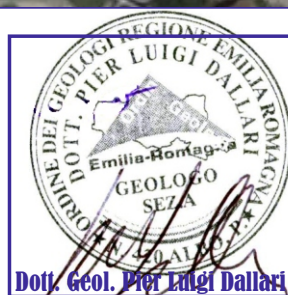
RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini geognostiche effettuate, al fine della caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno del sito (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (D.M. 14/01/08 - NNTC)



OGGETTO:

Studio del terreno di fondazione di un'area sulla quale verrà realizzata una nuova scuola media sita tra via Della Protezione Civile e via Della Croce Rossa Italiana, comune di Concordia Sulla Secchia, (MO).



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Ottobre 2015
Rif. 490/15



GEO GROUP s.r.l. P.IVA 02981500362
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it



Relazione Tecnica comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (*ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC*), la verifica agli Stati Limiti Ultimi (SLU) (6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione, al fine della progettazione per azioni sismiche

MICROZONAZIONE SISMICA dell'area, ai sensi della Delibera di Assemblea Legislativa n.112/2007, art. 16 – c.1 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica” e dell’Ordinanza n. 70 del 13/11/2012.

Oggetto:

Relazione geologica, geotecnica e sismica inerente la
realizzazione di una nuova scuola media sita tra via Della Croce
Rossa Italiana e via Della Protezione Civile, nel Comune di Concordia
sulla Secchia (MO).

Indice del contenuto

1	PREMESSE	3
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
2	RELAZIONE GEOLOGICA	6
2.1	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA	6
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
2.2.1	Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU	7
2.2.2	Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione	9
2.2.3	Prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT	10
2.2.4	Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione	13
3	RELAZIONE GEOTECNICA	15
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE	15
3.2	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	15
3.3	VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE	17
3.4	VERIFICA DEI CEDIMENTI	18
3.5	MODULO DI SOTTOFONDO	19
4	CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO – PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (CALCOLO DEGLI SLU)	20
4.1	SISMICITA' DELL'AREA	20
4.2	INDAGINI GEOFISICHE	23
4.2.1	Indagine sismica passiva con metodo dei microtremiti (<i>Re.Mi.</i>)	23
4.2.2	Indagine sismica passiva con metodo dei microtremiti naturali in array 2-D - ESAC	25
4.2.3	Indagine sismica con metodo MASW	26
4.2.4	Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (<i>HVSR</i>) – Metodo di Nakamura ...	28
4.3	MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio sismico	29
4.3.1	I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: Carta delle aree suscettibili di effetti locali	30
4.3.2	III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	31
4.4	VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) – PAR.6.4 DM 14/01/08	41
4.5	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	45
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	51

Tavole

Tav. n. 1: "Carta Corografica"	scala 1: 25.000
Tav. n. 2: "Carta Topografica"	scala 1: 10.000
Tav. n. 3: "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse"	scala grafica
Tav. n. 4: "Carta della litologia di superficie"	scala 1: 100.000
Tav. n. 5: "Indagini geognostiche"	scala grafica
Tav. n. 6: "Carta dei depositi che influenzano il moto sismico in superficie"	scala grafica
Tav. n. 7: "Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali"	scala grafica
Tav. n. 8: "Carta delle aree suscettibili di effetti locali"	scala grafica

Allegati

ALL. n. 1 Prove penetrometriche statiche CPTU e CPT corredate di interpretazione geotecnica
ALL. n. 2 Indagine sismica MASW
ALL. n. 3 Indagine sismica RE.MI.
ALL. n. 4 Indagine sismica ESAC
ALL. n. 5 Indagini sismiche HVSR
ALL. n. 6 Verifica alla liquefazione
ALL. n. 7 Verifiche geotecniche

1 PREMESSE

Nel mese di Agosto 2015 è stata eseguita la presente relazione geologica, geotecnica e sismica relativa allo studio del sottosuolo inerente la realizzazione di una nuova scuola media sita tra via Della Protezione Civile e via Della Croce Rossa Italiana, nel Comune di Concordia sulla Secchia (MO).

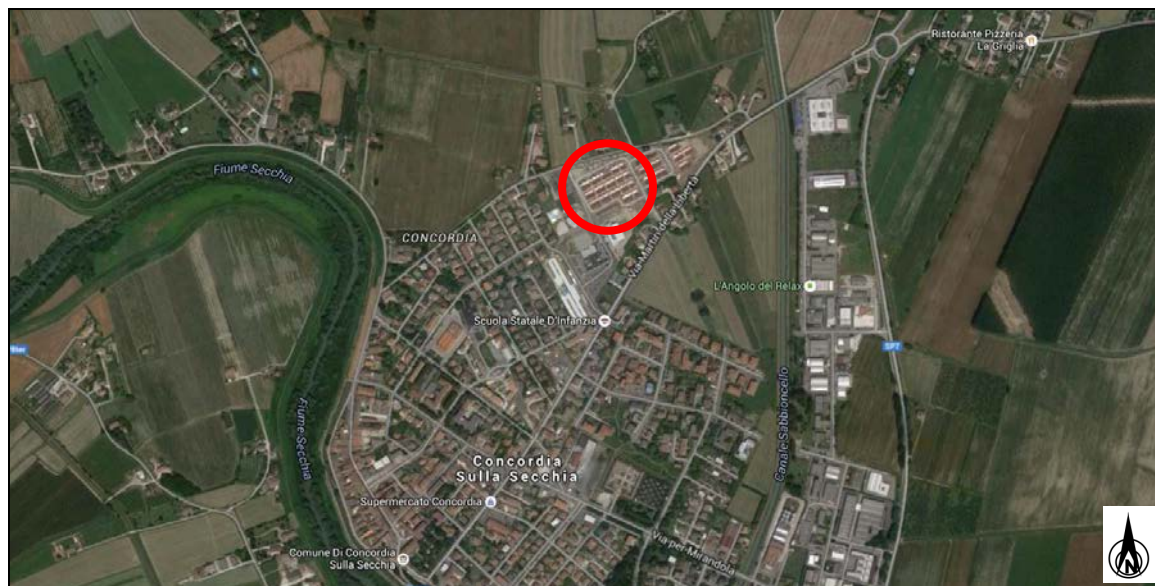


Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse; immagine tratta da Bing Maps.



Fig. 1.2 Inquadramento geografico di dettaglio dell'area di interesse; immagine tratta da Bing Maps.

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è sita a nord est del centro storico del Comune di Concordia s/S (MO), tra via Della Protezione Civile e via Della Croce Rossa Italiana, come illustrato nella "Carta corografica", tavola CTR n. 183_NE "Concordia sulla Secchia" alla scala 1: 25.000 (**tav. n. 1**); nella "Carta topografica" sezione n°183080 "Concordia sulla Secchia" alla scala 1: 10.000, (**tav. n. 2**) e nella "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse" (**tav. n. 3**), riportate in allegato.



Fig. 1.3: Inquadramento panoramico dell'area di interesse; immagine tratta da *Bing Maps*.

Le coordinate geografiche relative al sito in oggetto, calcolate mediante apposito software ed utilizzando la maglia di punti riportata in figura 1.4 sono le seguenti:

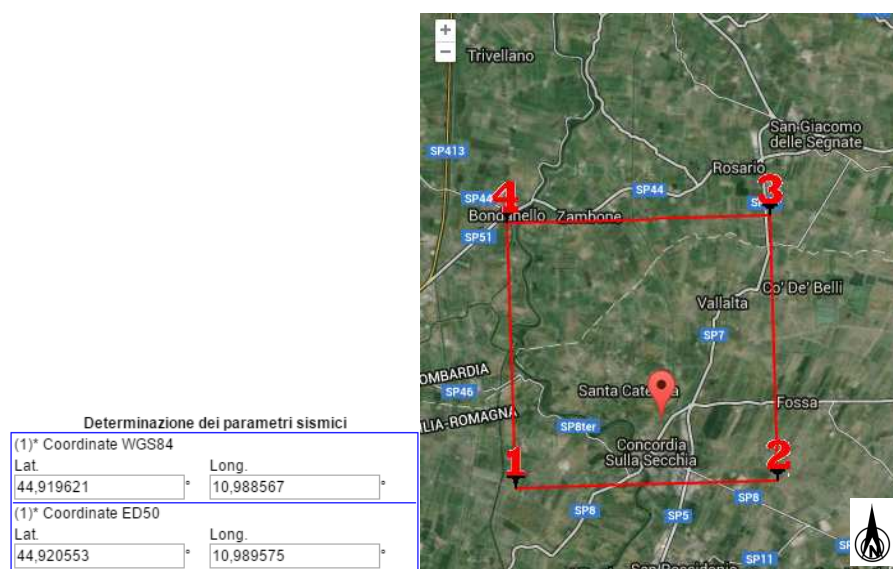


Fig. 1.4: Maglia di punti che identificano l'area di interesse.

Per ottemperare alle richieste del **D.M. 14/01/2008** il succitato studio verrà suddiviso nei seguenti ambiti:

- 1) **RELAZIONE GEOLOGICA** riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. D.M. 14/01/08);
- 2) **RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. D.M. 14/01/08);
- 3) Relazione concernente la **“RISPOSTA SISMICA DEL SITO”** (ai sensi del D.M. 14/01/2008 NNTC), la verifica dello Stato Limite Ultimo (SLU) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (D.M. 14 /01/2008).
- 4) **MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA** ai sensi della Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" e dell'Ordinanza n. 70 del 13/11/2012.

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

L'area oggetto di studio è posta nella porzione nord est del centro storico del Comune di Concordia (MO), tra via della Protezione Civile e via Della Croce Rossa Italiana.

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i depositi di seguito illustrati e riportati nella "Carta della litologia di superficie" (**tav. n. 4**), tratta dalla "Carta geologica d'Italia", a scala 1: 100.000:

- **a^s: argille sabbiose e sabbie argillose.**

L'area oggetto di studio è posta nella bassa pianura modenese, in una zona pianeggiante alla quota topografica media di circa 18.00 m s.l.m..

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, la campagna geognostica è stata espletata mediante le seguenti indagini geognostiche:

- ***n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, eseguite in data 11/08/2015;***
- ***n. 2 prove penetrometriche statiche CPT, eseguite in data 11/08/2015;***
- ***n. 1 indagine sismica con metodologia Re.Mi., eseguita in data 11/08/2015;***
- ***n. 1 indagine sismica con metodologia ESAC, eseguita in data 11/08/2015;***
- ***n. 1 indagine sismica con metodologia MASW, eseguita in data 11/08/2015;***
- ***n. 2 indagini sismiche passive HVSR, eseguite in data 11/08/2015.***

L'ubicazione delle indagini geognostiche è illustrata nella **tav. n. 5**, riportata in allegato, mentre i diagrammi relativi alle prove penetrometriche CPTU e CPT eseguite, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**. In **allegato n. 2**, **n. 3**, **n. 4** e **n. 5** sono, invece, visibili i grafici e i risultati delle indagini sismiche eseguite.

2.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU

La prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE/U), consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica standard, connessa all'estremità inferiore di una batteria di aste cave, che viene infissa a pressione e velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce alla sommità delle aste.

La punta elettrica è strumentata con sensori elettrici e un sistema di trasmissione dei dati in superficie via cavo, che permette l'acquisizione e la registrazione dei dati quasi in continuo, ogni centimetro. I dati misurati durante la prova sono la resistenza totale alla penetrazione Q_t , la resistenza alla penetrazione della punta Q_c e la resistenza laterale del manicotto F_s ; è possibile inoltre monitorare, durante l'esecuzione della prova, alcuni parametri di controllo, quali l'inclinazione rispetto alla verticalità e la velocità di penetrazione del cono.

Una punta elettrica particolare, detta "piezocono", è dotata anche di un dispositivo di misura della pressione, attraverso il quale viene misurata la pressione dell'acqua nei pori del terreno u (CPTU). La pressione che viene misurata è la pressione $u = u_0 + \Delta u$, dove u_0 è la pressione dovuta al livello idrostatico e Δu quella generata dallo sforzo alla penetrazione nel terreno.

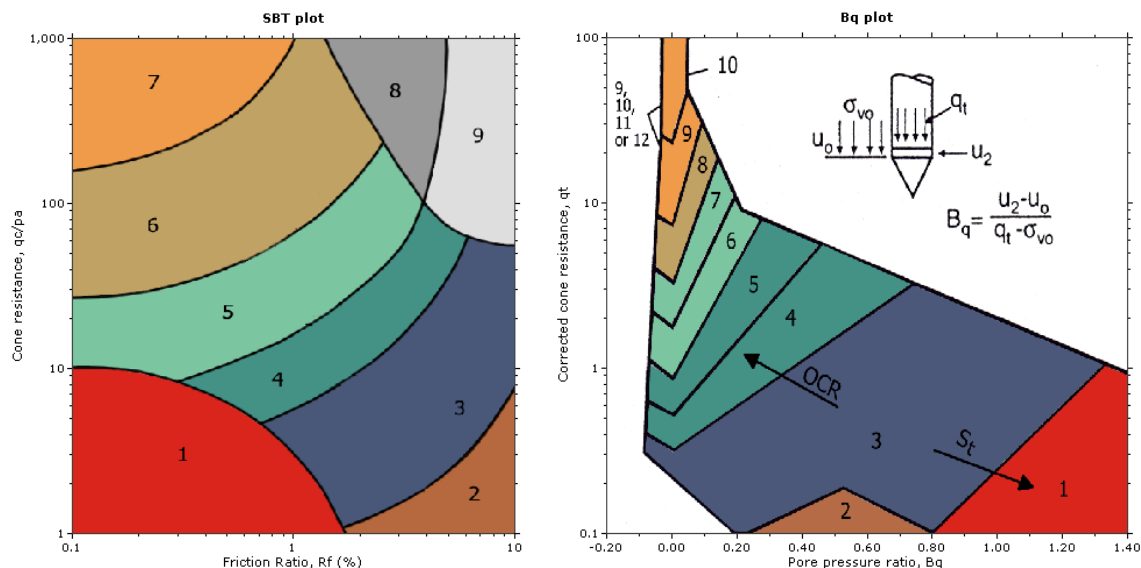
Il piezocono da Noi utilizzato è un Tecno Penta TP CPL2IN ed è dotato di un dispositivo di misura della pressione costituito da un cilindro metallico saturato con grasso, situato poco al di sopra della punta conica. Si riporta di seguito lo schema con le caratteristiche del piezocono utilizzato.

DATI STRUMENTALI DEL PIEZOCONO	
Area punta	10 cm ²
Area interna punta cono	6.6 cm ²
Angolo di apertura punta	60 °
Diametro punta conica meccanica	35.7 mm
Altezza manicotto laterale	13.37 cm
Passo	2 cm
Distanza punta/setto poroso	0.4 cm

Tab. 2.1: Caratteristiche del piezocono utilizzato.

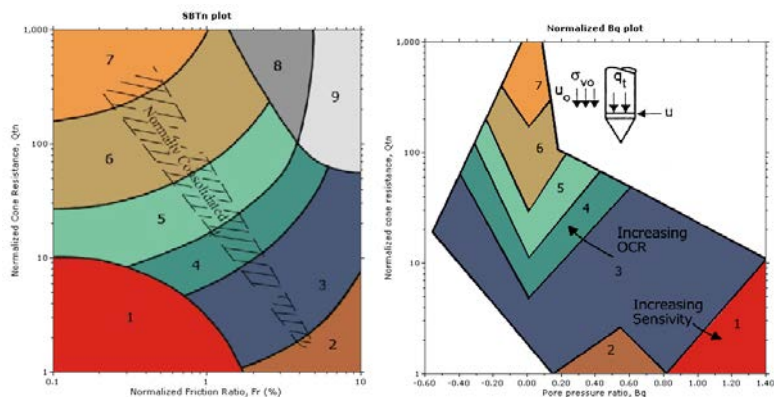
I dati acquisiti sono stati elaborati con software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software. I report, in cui sono riportati su grafici i dati di resistenza e pressione interstiziale misurati e l'interpretazione litostratigrafica e geotecnica delle prove, sono riportati in **Allegato n. 1**.

La caratterizzazione litostratigrafica del terreno è stata effettuata in funzione delle carte proposte da Robertson, in cui il tipo di comportamento del terreno è definito da tre parametri: q_t , resistenza alla punta corretta, R_f , B_q , nella prima carta (1986) e con i parametri normalizzati nella seconda (1990).



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |



SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

La ricerca e la disponibilità di numerosi dati ottenuti in camera di calibrazione e in campagna ha prodotto numerose correlazioni tra i dati misurati in sito ed il valore dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni. Il software utilizzato per l'elaborazione della prova utilizza le correlazioni riportate nello schema seguente.

<p>:: Unit Weight, g (kN/m³) ::</p> $g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$ <p>where g_w = water unit weight</p> <p>:: Permeability, k (m/s) ::</p> <p>$I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952 - 3.04 I_c}$</p> <p>$I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52 - 1.37 I_c}$</p> <p>:: N_{60} (blows per 30 cm) ::</p> $N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 I_c}}$ $N_{100} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 I_c}}$ <p>:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::</p> $(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.48}$ <p>(applicable only to $I_c < I_{c, \text{crit}}$)</p> <p>:: Relative Density, D_r (%) ::</p> $100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c, \text{crit}} \text{)}$ <p>:: State Parameter, ψ ::</p> $\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn, ca})$ <p>:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::</p> $\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$ <p>(applicable only to SBTs: 5, 6, 7 and 8)</p> <p>:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::</p> <p>If $I_c > 2.20$</p> <p>$a = 14$ for $Q_{tn} > 14$</p> <p>$a = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$</p> <p>$M_{CPT} = a \cdot (q_t - \sigma_v)$</p> <p>If $I_c \leq 2.20$</p> $M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.68}$	<p>:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::</p> $G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 I_c - 1.68}$ <p>:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::</p> $V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$ <p>:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::</p> $N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_t) \text{ or user defined}$ $S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p> <p>:: Remolded undrained shear strength, $S_u(\text{rem})$ (kPa) ::</p> $S_{u(\text{rem})} = f_s \quad \text{(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c, \text{crit}} \text{)}$ <p>:: Overconsolidation Ratio, OCR ::</p> $k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_t))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$ $OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p> <p>:: In situ Stress Ratio, K_0 ::</p> $K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma_{vo}} \right)$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p> <p>:: Soil Sensitivity, S_t ::</p> $S_t = \frac{N_s}{F_t}$ <p>(applicable only to SBTs: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p> <p>:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::</p> $\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.335 \cdot B_q + \log Q_t)$ <p>(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)</p>
---	---

Fig. 2.1: Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici.

2.2.2 Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione

Nell'area oggetto di studio sono state eseguite, in data 11/08/2015, **n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU**, spinte fino alle profondità pari a - 20.00 m da p.c..

Dall'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, la cui elaborazione è riportata sempre in **allegato n.1**, sono stati rilevati i parametri geotecnici e la litostratigrafia del sottosuolo, visibili nello stesso allegato.

Al termine delle prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU in data 11/08/2015 è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica mediante l'utilizzo di un freatimetro elettroacustico. Il livello della falda freatica si attesta alla quota pari a **D_w = - 2.15 m da p.c.** per la CPTU1 e a **- 2.00 m da p.c.** per la CPTU3.

Prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono

CPTU1

CPTU3

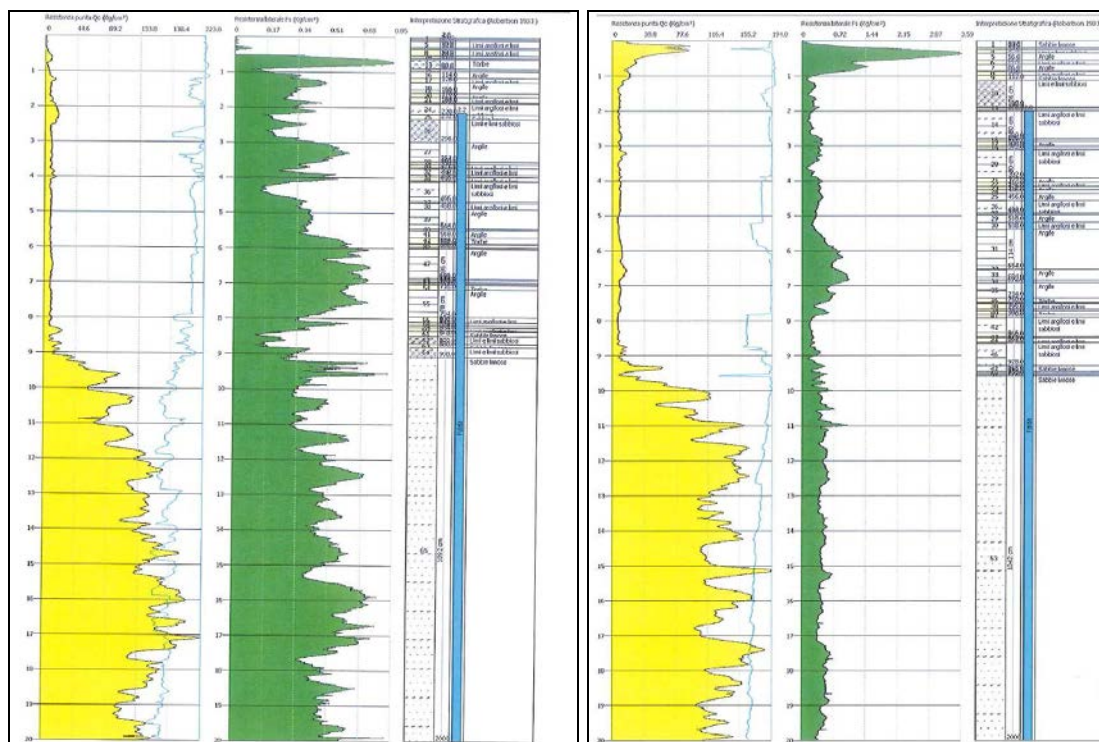


Fig. 2.2.2.1: Diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche CPTU e relativa interpretazione stratigrafica.

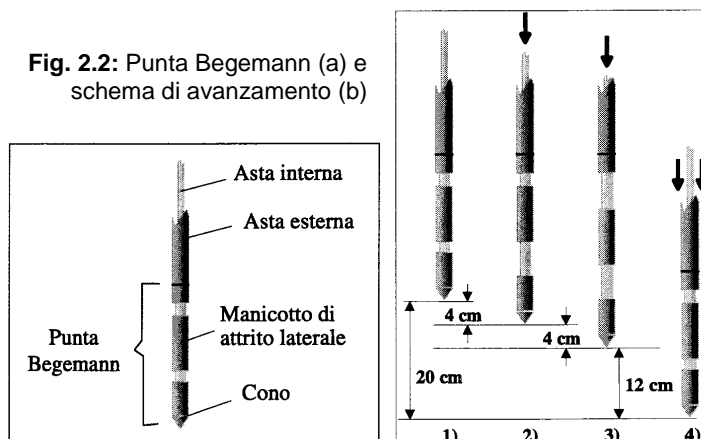
2.2.3 Prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT

Nell'area di interesse sono state eseguite, in data **11/08/2015**, **n. 2 prove penetrometriche statiche CPT**, spinte fino alla profondità di -15.00 m da p.c..

Nell'**Allegato n. 1** sono riportati grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica.

Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	100 kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	R_p (resistenza alla punta)
	R_I (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°



La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann (**fig. 2.2**). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60° , un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm^2 . Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm^2 . I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (**fig. 2.2**):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (R_p);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (R_l);
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (R_t).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (R_p) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm^2 . Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (R_l).

Ad ogni profondità di misura (x), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta " q_c " e dell'attrito laterale locale " f_s " possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

$$AP \text{ (Area Punta)} = 10 \text{ cm}^2$$

$$AM \text{ (Area Manicotto Laterale)} = 150 \text{ cm}^2$$

$$f_s(X) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) / 15$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione *Friction Jacket Cone* è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

Metodo di Begemann:

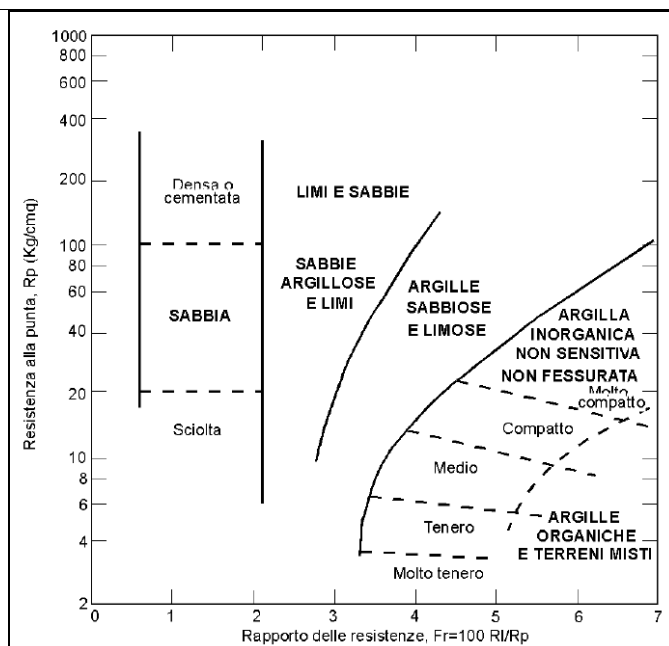
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra R_p e R_l** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto R_p/R_l	Litologia
$R_p/R_l < 15$	Argilla organica e torba
$15 < R_p/R_l < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < R_p/R_l < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$R_p/R_l > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con **Fr%=100 R_l/R_p**), secondo il grafico seguente:



2.2.4 Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle prove penetrometriche CPT eseguite, illustrati nell'**allegato n. 1**, si può riassumere quanto segue:

- al di sotto del primo strato di riporto, le prove penetrometriche hanno rilevato la presenza di un primo strato di **argilla limosa a scarsa consistenza** ($0.69 \text{ MPa} < R_p < 1.67 \text{ MPa}$, CPT 2 e $0.88 \text{ MPa} < R_p < 1.57 \text{ MPa}$, CPT 4) fino alla profondità di – 6.20/6.60 m da p.c.. Successivamente si rileva un livello di **argilla limosa a media consistenza** ($1.27 \text{ MPa} < R_p < 1.76 \text{ MPa}$, CPT 2 e $1.18 \text{ MPa} < R_p < 1.86 \text{ MPa}$, CPT 4) fino alla profondità di – 6.20/6.60 m da p.c., seguito da uno strato di **argilla limosa a medio elevata consistenza** ($0.98 \text{ MPa} < R_p < 2.45 \text{ MPa}$, CPT 2 e $1.08 \text{ MPa} < R_p < 3.72 \text{ MPa}$, CPT 4) fino alla profondità di - 9.20/9.40 m da p.c.. Successivamente le prove rilevano la presenza di **terreni sabbiosi mediamente addensati** fino alla profondità di – 10.40 m da p.c., ($3.43 \text{ MPa} < R_p < 6.17 \text{ MPa}$, CPT 2 e $4.02 \text{ MPa} < R_p < 6.08 \text{ MPa}$, CPT 4, $33 < Dr\% < 59$, CPT2 e $39 < Dr\% < 53$, CPT4). Infine, fino alle massime profondità investigate pari a -15.00 m da p.c., si trova uno strato di **terreni sabbiosi addensati** ($7.55 \text{ MPa} < R_p < 15.97 \text{ MPa}$, CPT 2 e $8.13 \text{ MPa} < R_p < 19.01 \text{ MPa}$, CPT 4, $61 < Dr\% < 80$, CPT2 e $61 < Dr\% < 83$, CPT4).

- Per quanto riguarda il grado di consolidazione dei materiali coesivi nelle prove penetrometriche CPT è stata rinvenuta la presenza di terreni sovraconsolidati **SC** (con $OCR > 4$) presenti fino alle massime profondità indagate dalle prove, pari a - 15.00 m da p.c..
- Al termine delle prove penetrometriche è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica; le misure sono state eseguite mediante un freatimetro elettroacustico. La soggiacenza della falda freatica è risultata alle seguenti profondità:

<i>VERTICALI D'INDAGINE</i>	<i>D_w (11/08/2015)</i>
CPT 2	- 2.30 m da p.c.
CPT 4	- 2.20 m da p.c.

3 RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINI GEOTECNICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

- **n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, eseguita in data 11/08/2015;**
- **n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT, eseguite in data 11/08/2015.**

L'ubicazione delle indagini geotecniche è illustrata nella **tav. n. 5**, riportate in allegato, mentre i diagrammi delle prove penetrometriche CPTU e CPT, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**.

3.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geotecnico, redatto interpolando i dati più cautelativi delle prove eseguite in sito, è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il futuro progetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche CPTU e CPT eseguite, illustrate nell'**allegato n. 1** e precedentemente descritte, si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato:

MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 4.00 m da p.c.	-2.00 m da p.c.	Argilla o argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/m ³ \approx 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/m ³ \approx 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.45 kg/cm ² \approx 45.0 kN/m ²
				C'_k	0.045 kg/cm ² \approx 4.5 kN/m ²
				M_0	40.0 kg/cm ² \approx 4000 kN/m ²
				E_s	63.0 kg/cm ² \approx 6300 kN/m ²
				ϕ_k	21°
				v	0.50
2	4.00 – 6.20 m da p.c.		Argilla o argilla limosa mediamente consistente	γ	1800 kg/m ³ \approx 18.00 kN/m ³
				γ'	2100 kg/m ³ \approx 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.60 kg/cm ² \approx 60.0 kN/m ²
				C'_k	0.060 kg/cm ² \approx 6.0 kN/m ²
				M_0	50.0 kg/cm ² \approx 5000 kN/m ²
				E_s	84.0 kg/cm ² \approx 8400 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40

3	6.20 – 9.40 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a medio- elevata consistenza	γ	1850 kg/m ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.70 kg/cm ² ≈ 70.0 kN/m ²
				C'_k	0.07 kg/cm ² ≈ 7.0 kN/m ²
				M_0	55.0 kg/cm ² ≈ 5500 kN/m ²
				E_s	98.0 kg/cm ² ≈ 9800 kN/m ²
				ϕ_k	24°
				v	0.35
4	9.40 – 10.40 m da p.c.		Sabbia o sabbia limosa mediamente addensata	γ	1900 kg/m ³ ≈ 19.00 kN/m ³
				γ'	2200 kg/m ³ ≈ 22.00 kN/m ³
				Dr	45%
				E_s	150.0 kg/cm ² ≈ 15000 kN/m ²
				ϕ_k	31°
				v	0.35
				5	10.40 – 15.00 m da p.c.
γ'	2200 kg/m ³ ≈ 22.00 kN/m ³				
Dr	70%				
E_s	350.0 kg/cm ² ≈ 35000 kN/m ²				
ϕ_k	35°				
v	0.30				
Legenda			γ =		
			γ' =	peso specifico terreno saturo	
			C_{uk} =	coesione non drenata caratteristica	
			C'_k =	coesione efficace caratteristica	
			Dr =	densità relativa	
			M_0 =	modulo di deformazione edometrico	
			E_s =	modulo elastico	
			ϕ_k =	angolo d'attrito caratteristico	

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

γ' = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]

C_{uk} = coesione non drenata (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]

Dr = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]

M_0 = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]

E_s = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni coesivi) [prove di laboratorio CID da Noi eseguite su analoghi litotipi presso Nostro laboratorio certificato dal "Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.1845" per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce, categoria A]

3.3 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite in sito e in relazione all'intervento in progetto, è stata effettuata una stima della capacità portante del terreno di fondazione relativamente a delle **fondazioni superficiali dirette tipo platea in c.a.**, approfondite alla quota di **D = - 1.00 m da p.c. attuale**.

Sono state considerate **una platea di dimensioni 20.00 x 60.00 m**, in corrispondenza della porzione di fabbricato che verrà realizzata su due piani, e **una platea 20.00 x 40.00 m**, che corrisponde all'ingombro della porzione di fabbricato ad un piano.

I parametri geotecnici del terreno e le caratteristiche delle fondazioni sono riassunte nella seguente tabella:

Nuova scuola media – FABBRICATO SU DUE PIANI

- larghezza della base	B	= 20.00 m
- lunghezza della fondazione	B'	= 60.00 m
- profondità della quota di imposta	D	= 1.00 m da p.c.
- peso specifico terreno naturale sopra falda	γ	= 1750 kg/m ³ \approx 17.50 kN/m ³
- peso specifico terreno saturo	γ'	= 2050 kg/m ³ \approx 20.50 kN/m ³
- angolo d'attrito caratteristico	ϕ_K	= 21°
- coesione non drenata caratteristica	C_{uk}	= 0.45 kg/cm ² \approx 45.0 kN/m ²
- coesione efficace caratteristica	C'_k	= 0.04 kg/cm ² \approx 4.0 kN/m ²
- modulo di Poisson	ν	= 0.50
- modulo di deformazione edometrico	M_o	= 40.0 kg/cm ² \approx 4000 kN/m ²
- modulo elastico	E_s	= 63.0 kg/cm ² \approx 6300 kN/m ²
- profondità falda freatica	D	= - 2.20 m da p.c.
- pendenza del terreno	β	= \sim 0°

Il calcolo della pressione ammissibile è stato eseguito utilizzando l'equazione di **Terzaghi** per **fondazioni superficiali dirette tipo platea in c.a.** con la condizione a breve termine dove **$C_u \neq 0$** e **$\phi = 0$** (condizione più gravosa).

Considerando un fattore di sicurezza **$F_s = 3$** si ottengono i seguenti risultati:

Pressione ammissibile Q_{amm} (Verifica a breve termine $C_u \neq 0$ e $\phi = 0$)		
Quota di imposta	Pressione limite	Pressione ammissibile
- 1.00 m da p.p.	2.70 kg/cm² \approx 270 kN/m²	0.90 Kg/cm² \approx 90 kN/m²

Nuova scuola media – FABBRICATO SU UN PIANO

- larghezza della base	B	= 20.00 m
- lunghezza della fondazione	B'	= 40.00 m
- profondità della quota di imposta	D	= 1.00 m da p.c.
- peso specifico terreno naturale sopra falda	γ	= 1750 kg/m ³ \approx 17.50 kN/m ³
- peso specifico terreno saturo	γ'	= 2050 kg/m ³ \approx 20.50 kN/m ³
- angolo d'attrito caratteristico	ϕ_K	= 21°
- coesione non drenata caratteristica	C_{uk}	= 0.45 kg/cm ² \approx 45.0 kN/m ²
- coesione efficace caratteristica	C'_k	= 0.04 kg/cm ² \approx 4.0 kN/m ²
- modulo di Poisson	ν	= 0.50
- modulo di deformazione edometrico	M_o	= 40.0 kg/cm ² \approx 4000 kN/m ²
- modulo elastico	E_s	= 63.0 kg/cm ² \approx 6300 kN/m ²
- profondità falda freatica	D	= - 2.20 m da p.c.
- pendenza del terreno	β	= \sim 0°

Il calcolo della pressione ammissibile è stato eseguito utilizzando l'equazione di **Terzaghi per fondazioni superficiali dirette tipo platea in c.a.** con la condizione a breve termine dove **$C_u \neq 0$** e **$\phi = 0$** (condizione più gravosa).

Considerando un fattore di sicurezza **$F_s = 3$** si ottengono i seguenti risultati:

Pressione ammissibile Q_{amm} (Verifica a breve termine $C_u \neq 0$ e $\phi = 0$)		
Quota di imposta	Pressione limite	Pressione ammissibile
- 1.00 m da p.p.	2.70 kg/cm² \approx 270 kN/m²	0.90 Kg/cm² \approx 90 kN/m²

3.4 VERIFICA DEI CEDIMENTI

È stato eseguito il calcolo della distribuzione delle tensioni indotte al terreno di fondazione secondo il metodo di Newmark (**Allegato n. 2**).

Il metodo di Newmark si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semi-infinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

Per la verifica dei cedimenti sono stati considerati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in sito ed i carichi applicati al terreno di fondazione comunicati dai progettisti strutturali.

Utilizzando quindi il *Metodo di calcolo di Steinbrenner per terreni coesivi*, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Nuova scuola media – FABBRICATO SU DUE PIANI

Calcolo dei cedimenti immediati secondari e di consolidazione	
Quota di imposta D = - 1.00 m da p.c.	
Carico applicato sul terreno $Q = 0.57 \text{ kg/cm}^2 \approx 57 \text{ kN/m}^2$	
Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi: Steinbrenner	
Cedimento al centro della fondazione	$S = 3.64 \text{ cm}$
Cedimento allo spigolo della fondazione	$S = 0.82 \text{ cm}$

Nuova scuola media – FABBRICATO SU UN PIANO

Calcolo dei cedimenti immediati secondari e di consolidazione	
Quota di imposta D = - 1.00 m da p.c.	
Carico applicato sul terreno $Q = 0.40 \text{ kg/cm}^2 \approx 40 \text{ kN/m}^2$	
Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi: Steinbrenner	
Cedimento al centro della fondazione	$S = 2.58 \text{ cm}$
Cedimento allo spigolo della fondazione	$S = 0.58 \text{ cm}$

3.5 MODULO DI SOTTOFONDO

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p): $p = kw$.

Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno, ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione. Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 \cdot Q_{\text{lim}} \text{ effettivo applicato} \cdot F_c$$

dove $F_c = 2.54 \text{ cm}$ / cedimento della fondazione (in cm) e dove Q_{lim} effettivo applicato = $3 \cdot \Delta P$ (incremento di carico sul terreno).

Considerando un cedimento di riferimento pari a S , si ottengono i seguenti valori della costante di Winkler:

Nuova scuola media – FABBRICATO SU DUE PIANI

Modulo di sottofondo		
Cedimento di riferimento	Carico applicato sul terreno	Costante di Winkler
$S = 0.82 \text{ cm}$	$\Delta P = 0.57 \text{ kg/cm}^2 \approx 57 \text{ kN/m}^2$	$2.12 \text{ kg/cm}^3 \approx 21200 \text{ kN/m}^3$

Nuova scuola media – FABBRICATO SU UN PIANO

Modulo di sottofondo		
Cedimento di riferimento	Carico applicato sul terreno	Costante di Winkler
$S = 0.58 \text{ cm}$	$\Delta P = 0.40 \text{ kg/cm}^2 \approx 40 \text{ kN/m}^2$	$1.79 \text{ kg/cm}^3 \approx 17900 \text{ kN/m}^3$

4 CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO – PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (CALCOLO DEGLI SLU)

4.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il Comune di **Concordia sulla Secchia** (MO) risulta appartenente alla **classe di sismicità 3** (Fig 4.1).

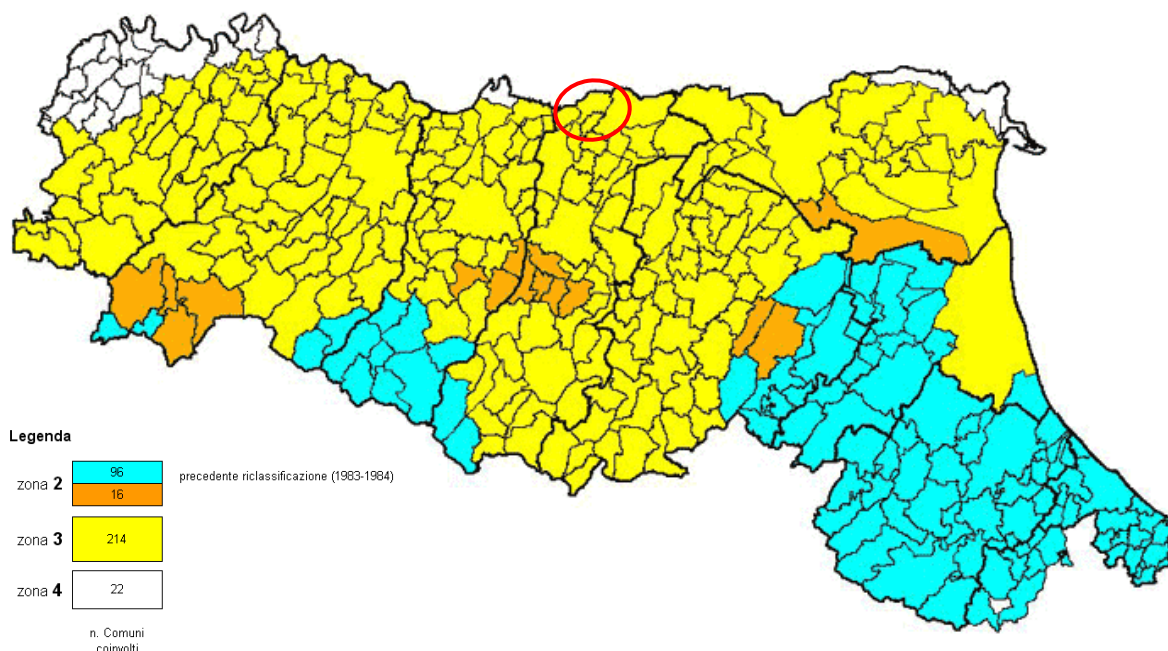


Fig. 4.1: Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna ed ubicazione del territorio comunale di Concordia sulla Secchia (MO).

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diverse classi di sismicità è stata poi aggiornata con l'emanazione dell'**Ordinanza PCM 3519/2006**, che, sulla base della Mappa di Pericolosità sismica 2004 (MPS04), descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro di accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante, divenuta ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale.

Sulla base degli approfondimenti eseguiti in seguito all'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006, sono state definite le nuove **Norme tecniche delle Costruzioni**, con il **D.M. 14 gennaio 2008**, in cui l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche. Si definisce, quindi, per ogni costruzione, un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.

Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.920553°, Longitudine 10.989575°, considerando una classe d'uso dell'edificio pari IV (edifici strategici), in relazione ad un periodo di riferimento T_R stimato di 949 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a **$a_{g \text{ attesa}} = 0.169g$** .

(1)* Coordinate WGS84	
Lat. 44.919621 °	Long. 10.988567 °
(1)* Coordinate ED50	
Lat. 44.920553 °	Long. 10.989575 °
Classe dell'edificio	
IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...	Cu = 2
Vita nominale	50
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)	
Interpolazione	Media ponderata
Calcola	

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0,048	2,537	0,272
Danno (SLD)	101	0,062	2,501	0,282
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,169	2,555	0,278
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,224	2,493	0,286
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,019	0,058	0,086
kv	0,007	0,009	0,029	0,043

L'accelerazione orizzontale di picco attesa a_g è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo categoria A) e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione a_g rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri F_0 e T_c^* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, determinata la pericolosità sismica di base, occorre valutare gli **effetti di sito** mediante specifiche analisi di risposta sismica locale.

Si riporta, ai fini di un confronto finale, l'azione sismica determinata secondo l'approccio semplificato previsto dalle N.N.T.C. che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” (D.M. 14 Gennaio 2008), e tenendo conto dei dati ottenuti **dall'indagine geofisica eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a “DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, 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 CON VALORI DI $15 < N_{SPT,30} > 50$ NEI TERRENI A GRANA GROSSA E $70 < C_{u30} > 250$ kPa NEI TERRENI A GRANA FINA)”.

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico S_s** , caratteristico del sito secondo le N.N.T.C. - D.M. 14/01/2008, mediante la seguente relazione, valida suoli in classe **C**:

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (4.1.1)$$

dove:

- F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.555**;
- a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **949 anni**/accelerazione di gravità;
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.44**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico **S_T** dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata, sita, come suddetto in una zona di pianura e appartenente, quindi alla categoria topografica **T1**, si ottiene un fattore topografico **S_T** pari a **1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico **S_S** e del fattore topografico **S_T** si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale **A_{max}**:

$$A_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.44 \cdot 1.0 \cdot 0.169 \text{ g} = 0.243 \text{ g}$$

- **Amax da APPROCCIO SEMPLIFICATO N.N.T.C.** -

4.2 INDAGINI GEOFISICHE

Per la classificazione sismica dell'area di studio, in data **11/08/2015**, sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- **n. 1 indagine sismica con metodo Re.Mi.;**
- **n. 1 indagine sismica con metodo ESAC.;**
- **n. 1 indagine sismica con metodo MASW;**
- **n. 2 indagini sismiche passive Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura.**

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **Tav. n. 5**, mentre in **Allegato n. 2, n. 3, n. 4 e n. 5** sono presenti i grafici relativi ai risultati ottenuti dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite.

4.2.1 Indagine sismica passiva con metodo dei microtremiti (Re.Mi.)

La caratterizzazione geotecnica dei terreni dal punto di vista sismico richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio Vs degli strati del terreno presenti nel sito di studio, fino alla profondità di almeno 30 metri dal piano di posa delle fondazioni.

La normativa, sulla base del suddetto profilo, fornisce una classificazione dei suoli suddivisa nelle tipologie A, B, C, D, E ed S1, S2.

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire rilievi in foro di sondaggio meccanico con tecnica down-hole, se si dispone di un foro singolo o cross-hole fra due fori, oppure prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali utilizzando geofoni orizzontali con opportune energizzazioni del terreno o tramite geofoni verticali acquisendo i segnali dei microtremiti rifratti ambientali.

Questa tecnica, nota con la sigla Re.Mi. (Refraction Microtremors), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde relative ai rumori sismici locali, rifratte alla superficie.

Nell'approccio teorico si utilizzano le onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento, e si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento di tali terreni.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione "P" e di taglio "S".

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo e vengono definite di pseudo-Rayleigh o di superficie.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza; le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde Rayleigh, *Velocità/frequenza* può essere convertito mediante opportuno software in profilo *Velocità/profondità*.

La metodologia permette di raggiungere livelli di profondità generalmente compresi fra 1/4 e 1/3 della lunghezza dello stendimento dei geofoni.

$$\text{Esempio: Profondità} = (\text{Lunghezza stendimento} / 4 \div 3) = (120 \text{ m} / 4 \div 3) = 30 \div 40 \text{ m}$$

Lo studio analitico del metodo Re.Mi. consente di operare favorevolmente in ambienti fortemente inquinati da rumori urbani e/o industriali.

Una volta determinate le velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta, si calcola una media pesata dei valori delle Vs di ogni strato per una profondità di 30 metri dal piano campagna e con tale parametro è possibile catalogare il sito nella classe di riferimento dell'ordinanza in oggetto.

Modalità operative

L'indagine sismica è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4.5 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit* con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 4 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 30 secondi.

Classificazione del terreno in base alle $V_{s,30}$ – D.M. 14/01/2008

L'elaborazione restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle Vs con la profondità fino ad una quota di -30.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Tale valore, nell'area indagata, è risultato pari a:

RE.MI.	$V_{s30} = 218 \text{ m/s}$	Categoria C
--------	---	--------------------

Quindi, secondo la classificazione del suolo, secondo le indicazioni del D.M. 14 Gennaio 2008 e in base ai risultati ottenuti dall'indagine geofisica Re.Mi. si classifica il terreno di fondazione del lotto come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a "DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, 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 CON VALORI DI **$15 < N_{SPT,30} < 50$** NEI TERRENI A GRANA GROSSA E **$70 < C_{u30} < 250 \text{ kPa}$** NEI TERRENI A GRANA FINA)".

4.2.2 Indagine sismica passiva con metodo dei microtremiti naturali in array 2D - ESAC

Per estendere la caratterizzazione sismica del sottosuolo e raggiungere un'elevata coerenza dei dati acquisiti nelle precedenti indagini geofisiche proposte, sono state svolte acquisizioni di rumore sismico ambientale utilizzando un array 2D. Tale tecnica, conosciuta come la metodologia ESAC, permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. In generale le tecniche sfruttano la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremiti sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh.

Si utilizzano dunque i microtremiti naturali come sorgente sismica, i quali vengono misurati attraverso geofoni verticali disposti secondo array lineari. L'analisi avviene grazie a un passaggio delle registrazioni ottenute, attraverso la trasformata di Fourier, da

un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/inverso della velocità. Il risultato dell'analisi è l'identificazione dello spettro energetico del segnale, in funzione della frequenza e dell'inverso della velocità. Dato che i livelli energetici possono variare significativamente alle diverse frequenze, lo spettro durante la fase di elaborazione viene normalizzato.

Attraverso le seguenti indagini è stato possibile caratterizzare più dettagliatamente le porzioni più profonde (-20.00/-35.00 m da p.c.).

A seguito dell'elaborazione dell'indagine ESAC eseguita è stato ottenuto un valore di V_{S30} pari a:

ESAC.	$V_{S30} = 204 \text{ m/s}$	Categoria C
-------	---	--------------------

Tale valore conferma, per il sito in oggetto, la categoria di sottosuolo C, come ottenuto dalle altre indagini sismiche eseguite.

Pertanto, secondo la classificazione del suolo imposta dalle NNTC 2008, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **CATEGORIA [C]**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).*

4.2.3 Indagine sismica con metodo MASW

Per potere classificare con precisione l'area da un punto di vista sismico, è stata eseguita, nell'area in oggetto, n.1 indagine sismica con metodo MASW, ubicata come riportato nella **Tavola n. 5** e i cui risultati sono riportati in **Allegato n. 2**.

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4.5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di

elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di “picking” del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la “**curva di dispersione**”, dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 1 secondo. Si effettuano battute poste ad offset diversi mediante grave da 8,0 kg di massa.

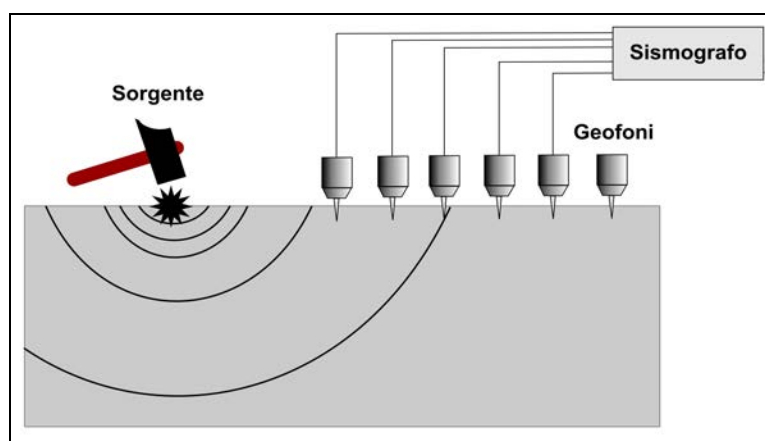


Fig. 4.2: Schema di Array lineare e punto energizzante.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. 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.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle V_s fino a circa 35 m di profondità. Dall'indagine è stata ricavata la V_{s30} desunta dalla formula:

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

Tale valore, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni del **D.M. 14/01/2008**, è risultata pari a **219 m/s**. Pertanto secondo la classificazione del suolo, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **categoria C**, *corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15*

$< N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

4.2.4 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSr** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSr) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSr** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un “velocimetro triassiale” conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSr sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di “**doppia risonanza**”, fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.

- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. E' possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione delle n. 2 indagini sismiche HVSR non è stato riscontrato nessun picco di frequenza caratteristico del sito.

4.3 MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio sismico

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna con deliberazione n.112 - oggetto n°2131 del 02/05/2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della LR 20/2000: "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" e dei suoi allegati.

In tale documento sono forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

E' ormai accertato da numerosi studi a livello internazionale che, a parità di magnitudo e localizzazione della sorgente sismica (ipocentro), terreni a caratteristiche fisico meccaniche diverse subiscono deformazioni di intensità differente. Strumentalmente, ciò è rilevabile attraverso la modifica del moto sismico (*accelerogramma* o *spettro di risposta elastico*) impressa in termini di accelerazione in un dato periodo di tempo. Il moto sismico, impresso alle particelle, si propaga in modo contiguo nel terreno ampliandosi o

smorzandosi in funzione del grado di addensamento e viscosità del materiale attraversato, caratterizzandosi per velocità delle onde di taglio (V_{sh}), più veloci tanto più il mezzo attraversato è addensato.

Tutto ciò risulta di primaria importanza per un'attenta analisi della risposta sismica locale, al fine di individuare delle aree soggette ad effetti locali e per orientare un'accurata indagine di campagna finalizzata alla definizione delle proprietà di seguito elencate:

Indagine geologica e geomorfologia classica:

- a) stratigrafia delle formazioni superficiali con definizione del contatto tra copertura superficiale e bedrock;
- b) morfologia di dettaglio dell'area con rilievo delle forme lineari o strutturali che possono generare amplificazione del moto sismico.

Studi geofisici specifici:

- c) profili di velocità delle onde sismiche trasversali V_s e longitudinali dentro le formazioni superficiali.

Recentemente, per la valutazione della **pericolosità sismica di base** si può fare riferimento all'Allegato A4 della Dal. Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2.5.2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" in cui sono riportati i valori di accelerazione massima orizzontale al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) per ogni Comune della Regione.

Secondo tale classificazione il comune di Cavezzo presenta un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (cioè per periodo $T=0$) $a_{refg} = 0.127$ (espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità).

4.3.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Il primo livello di approfondimento raggruppa gli studi e la cartografia di base propedeutica alla redazione della "*Carta degli Effetti Attesi*" in cui sono evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi.

Dalla consultazione della tavola 2.2a.2 "Rischio sismico: Carta delle aree suscettibili di effetti locali" che fa parte degli elaborati cartografici di piano del PTCP del 2009 vigente per la Provincia di Modena, riportata nella **tavola n. 8**, redatta sulla base delle **tavole n.**

6 e n. 7 in allegato, è emerso che l'area studiata ricade in una zona classificata come: *“Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale di liquefazione.”*

Gli studi richiesti per tale area comprendono la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi.

Dal momento che nell'area è prevista la realizzazione di un'opera di interesse pubblico, per la quale è stata prevista una valenza strategica e che quindi ricade in classe IV, ai sensi della Dal. Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2.5.2007 per questi studi è richiesto un approfondimento di **III livello**.

4.3.2 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con quanto esposto nella D.a.I 112/2007 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno **studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento**. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente. Tale analisi è svolta per ottemperare a ciò che è richiesto dalla normativa nazionale vigente (NNTC 2008), la normativa regionale dell'Emilia Romagna (D.a.I. n°112/2007).

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di **rigidezza** e **smorzamento** che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che

incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , del modulo di taglio massimo G_{\max} o dalla corrispondente velocità massima V_{\max} , dal valore dello smorzamento D , dal peso dell'unità di volume γ e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ($G / G_0 - \gamma$) e le corrispondenti curve dello smorzamento ($D - \gamma$) con la deformazione di taglio γ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato (u) è funzione della profondità (z) e del tempo (t):

$$u(z, t) = A \exp [i (\omega t + k^* z)] + B \exp [i (\omega t - k^* z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore k^* risulta dipendente dal modulo di taglio (G), dal grado di smorzamento (D) e dalla densità del terreno (ρ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} \quad G^* = G \left(1 - 2D^2 + i2D \sqrt{1 - D^2} \right) \simeq G(1 + i2D)$$

Dove G^* e v_s^* rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

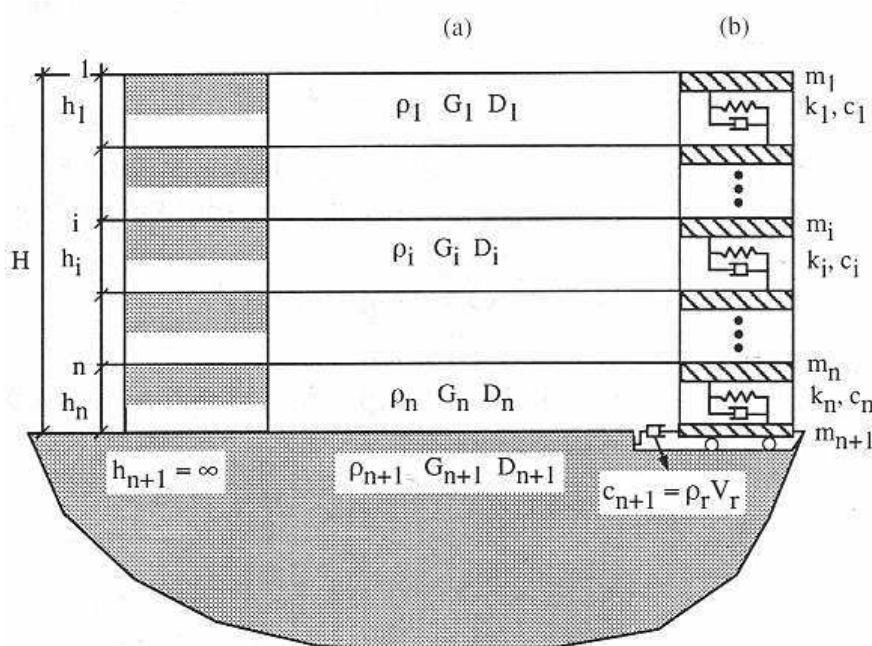


Fig. 4.3.2.1 – Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA

MODELLO SIMULATO

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle indagini geofisiche eseguite e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento. Dalla consultazione della "Carta sismo-tettonica della Regione Emilia Romagna" il Sistema Emiliano Romagnolo Superiore" (SERS), in corrispondenza dell'abitato di Concordia sulla Secchia risulta cartografato ad una profondità di -50.00 m rispetto al livello medio del mare.

Non disponendo di dati geofisici profondi, utili all'identificazione diretta del luogo definito "bedrock sismico" dal quale il segnale sismico subisce amplificazione, ai fini dell'analisi si considera plausibile considerare la base del SERS come luogo di origine dei fenomeni di amplificazione del moto sismico.

Sulla scorta di ciò l'analisi RSL verrà sviluppata facendo amplificare i n. 7 segnali di riferimento selezionati a una profondità di -60.00 m da p.c.. Per l'unità SERS alla base del modello sintetico considerato si considera cautelativamente un valore di velocità di onde di taglio S pari a 600 m/s.



Fig. 4.3.2.2 – Stralcio della "Carta sismo-tettonica della Regione Emilia Romagna" con indicate le isobate relative alla base del "SERS"

Interpolando la profondità dell'unità rigida (*bedrock*) e i dati geofisici di superficie, ottenuti dalle indagini MASW e Re.Mi eseguite, si ottiene il seguente modello:

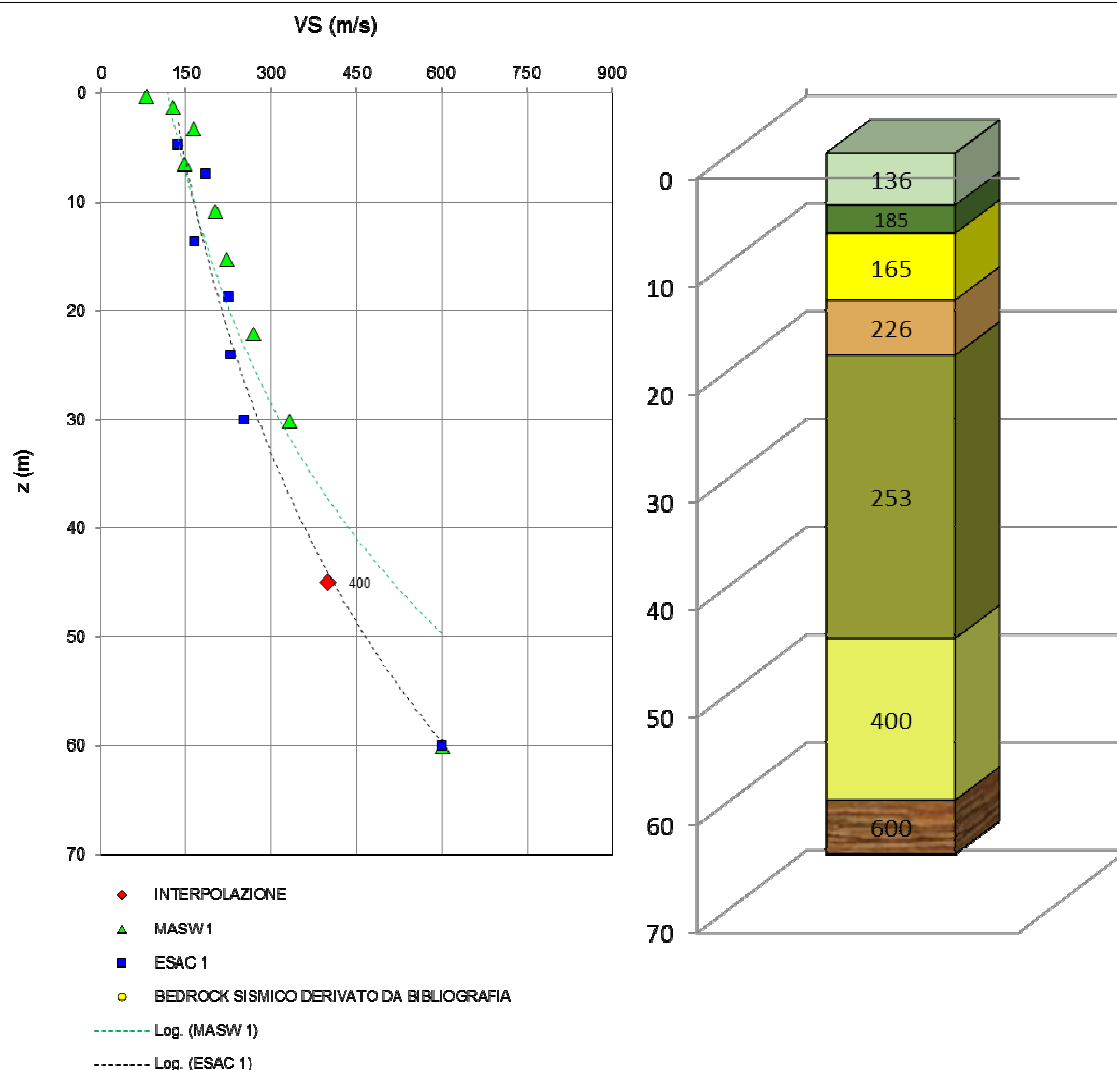


Fig. 4.3.2.3 – A sinistra: Interpolazione dei dati osservati con quelli noti da bibliografia. A destra: Modello di riferimento per l'analisi RSL

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale $\gamma(\%)$. Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

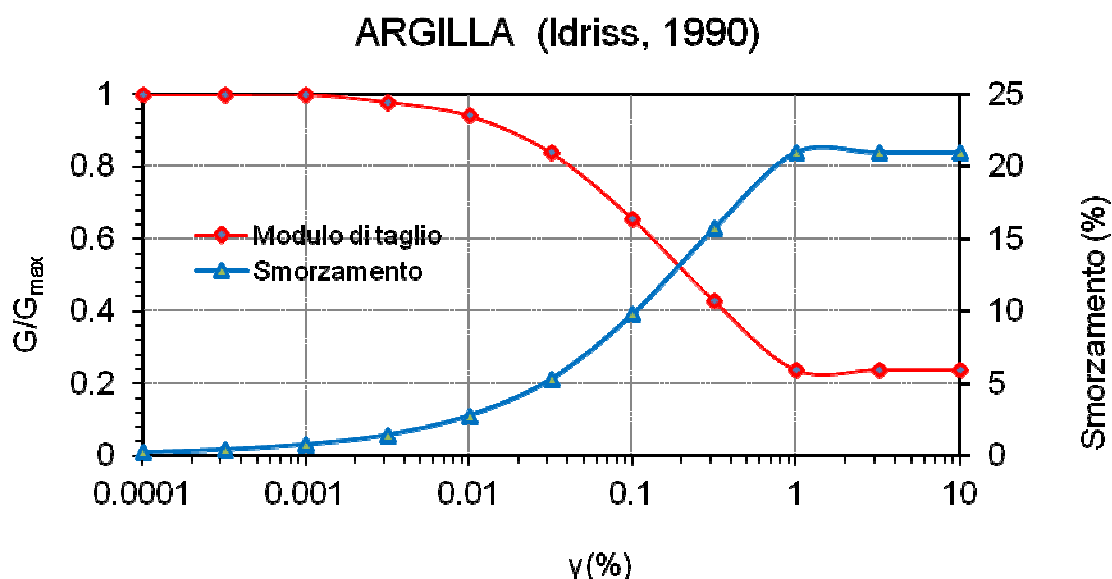


Fig. 4.3.2.4 – Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto

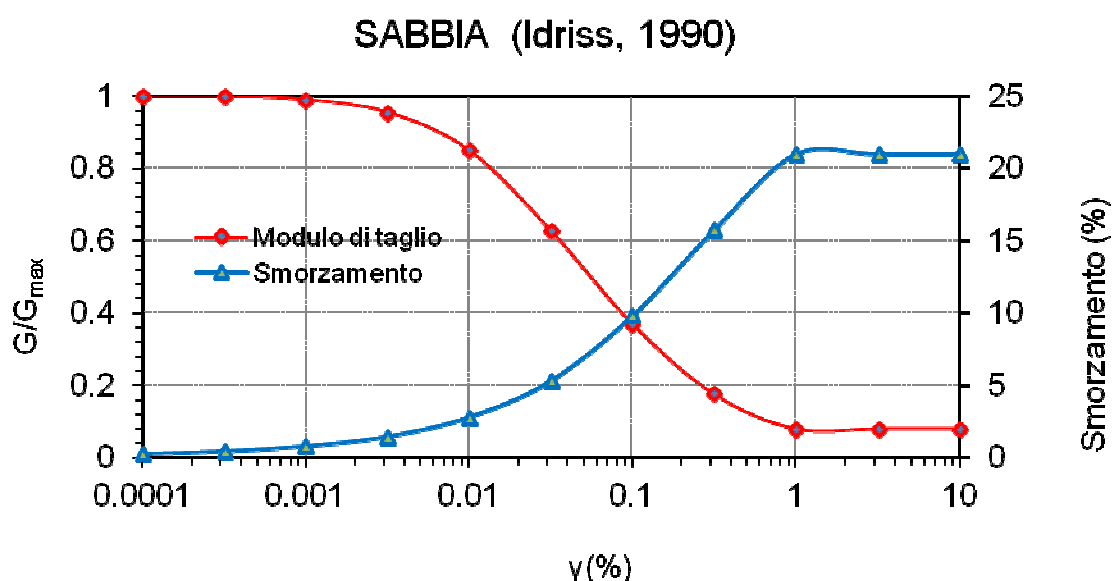


Fig. 4.3.2.4 – Curva di decadimento dei moduli G/G_{max} e D , utilizzata per descrivere il comportamento dei livelli sabbiosi che si rinvergono nel sottosuolo in oggetto

Trattandosi di una verifica diretta ai fini progettuale, in accordo con quanto esposto nel § 7.3 del D.M. 14/01/2008, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 7 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. Gli accelerogrammi reali e misurati, sono stati individuati mediante l'utilizzo del software REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures) realizzato dal Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell' Università degli Studi di Napoli Federico II. Utilizzando le coordinate relative al sito di riferimento, considerando

una categoria di sottosuolo A e una classe d'uso pari a IV, sono stati definiti n.7 accelerogrammi per lo stato limite SLV. Gli accelerogrammi sono stati prelevati dal “European Strong-motion Database”. Successivamente si illustrano i codici relativi agli accelerogrammi considerati e i relativi valori di accelerazione (g), registrati in funzione del tempo.

STATO LIMITE	N°	CODICE
SLV	1	000287ya_record
	2	000428ya_record
	3	000665ya_record
	4	002025xa_record
	5	004675xa_record
	6	004675ya_record
	7	005079xa_record
STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA [SLV]		

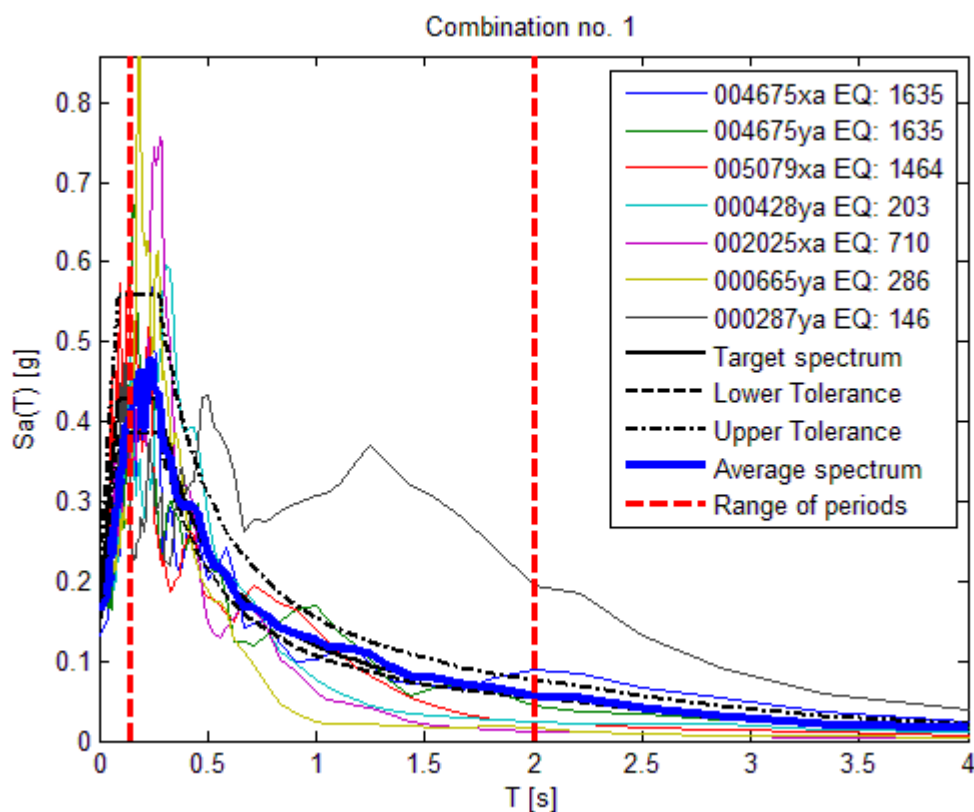
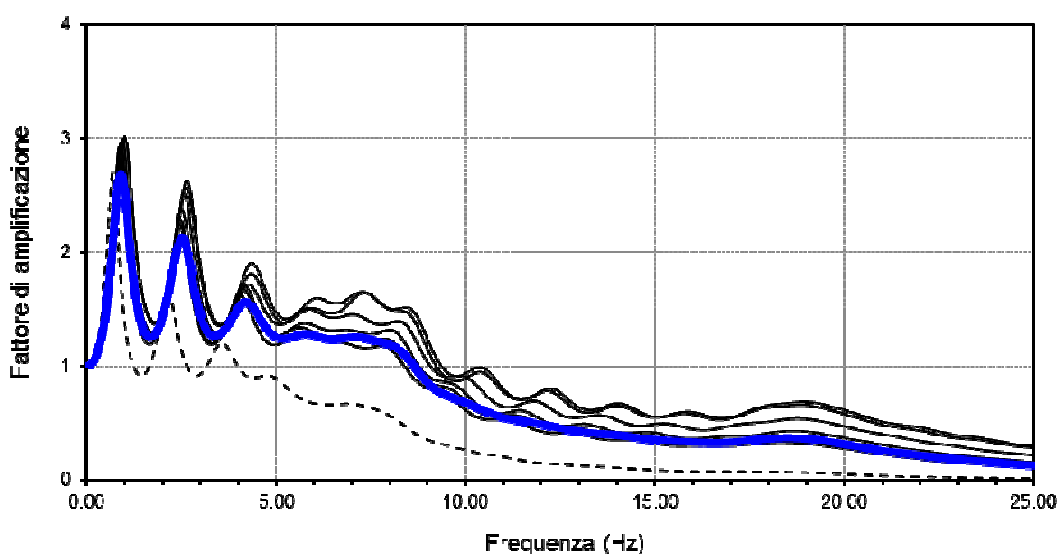


Fig. 4.3.2.5 – Forme spettrali relative agli accelerogrammi considerati

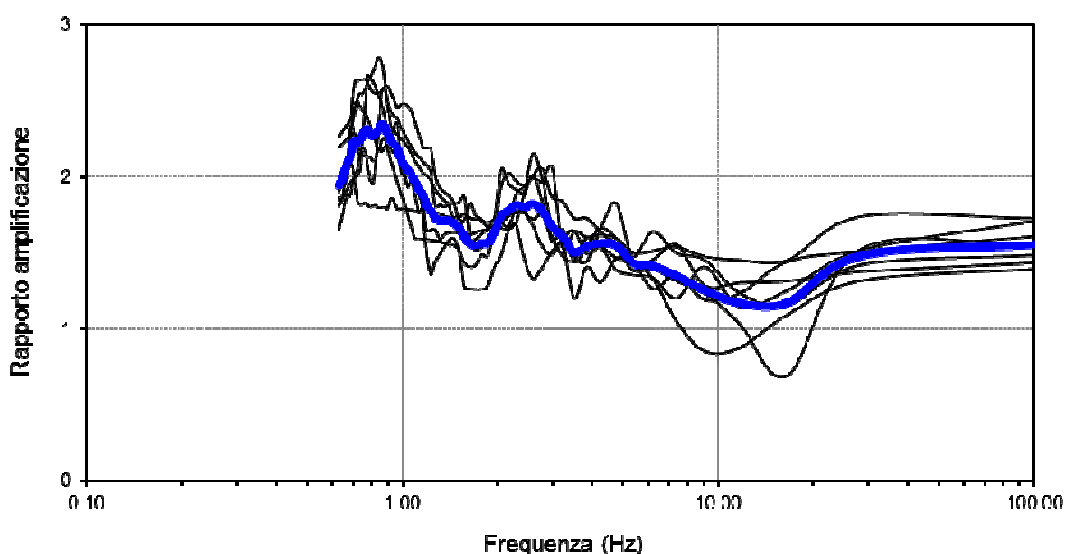
RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.

FUNZIONE DI TRASFERIMENTO



RAPPORTO SPETTRALE



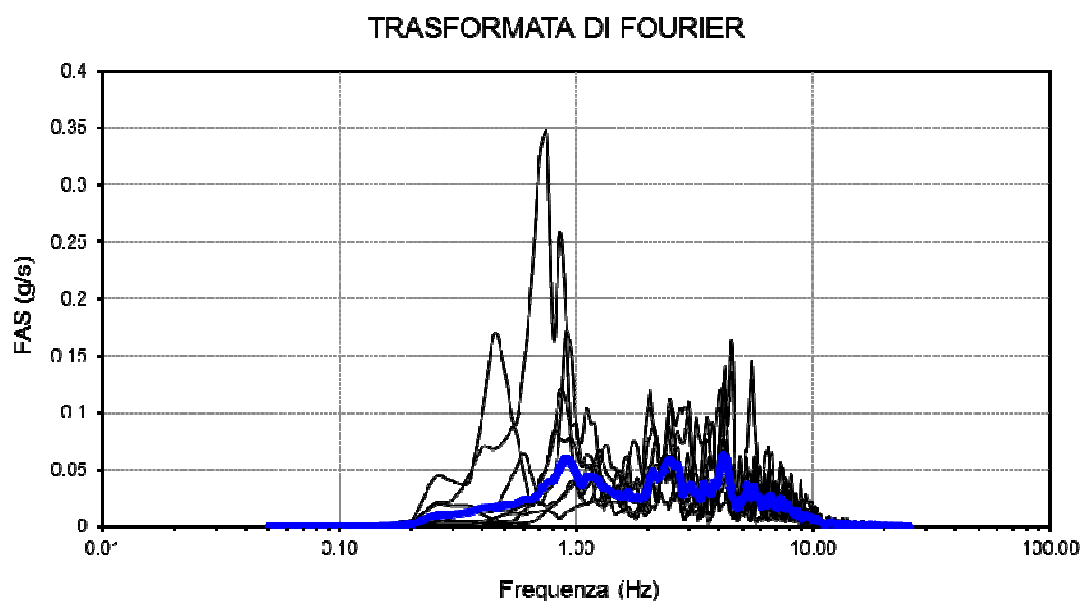


Fig. 4.3.2.6 – In alto: funzione FTT, funzione FT e rapporto spettrale di amplificazione.

Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

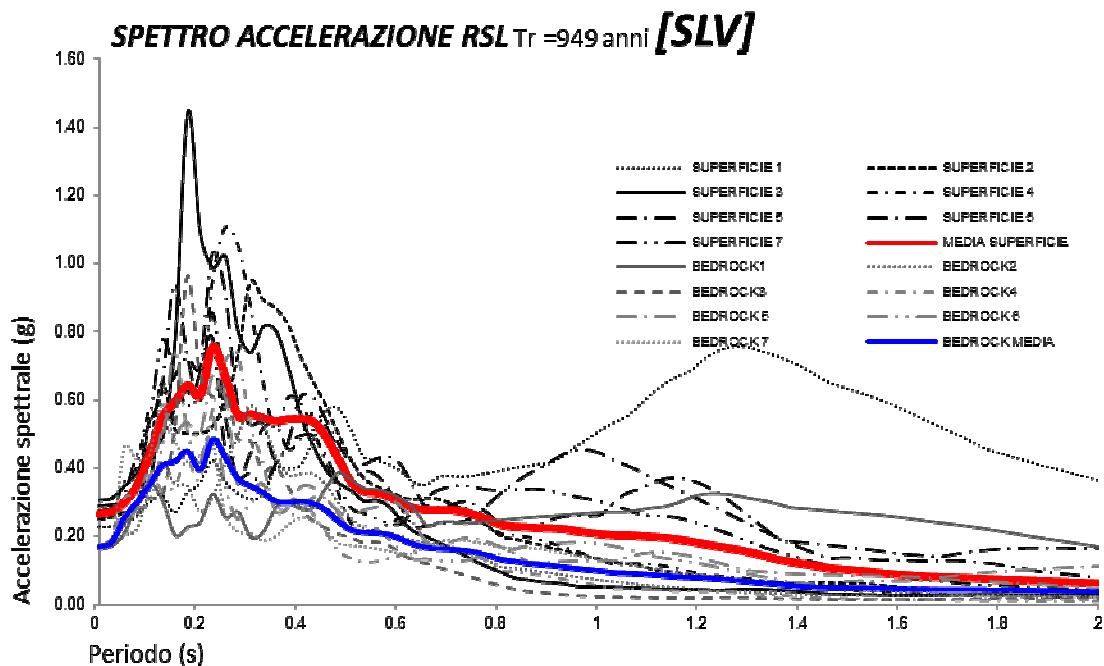


Fig. 4.3.2.7 – Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 949 anni (SLV)

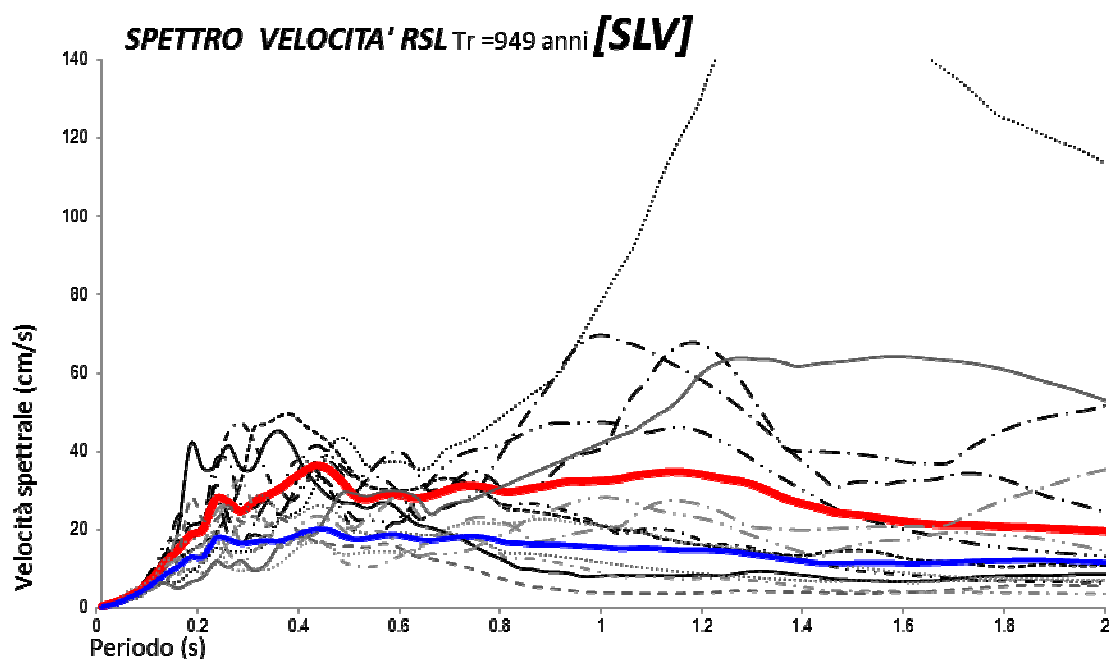


Fig. 4.3.2.8 – Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 949 anni (SLV)

Dati i valori di accelerazione ottenuti dal calcolo eseguito, è stato definito lo spettro normalizzato per lo stato limite considerato. Così facendo è stato ottenuto lo spettro a probabilità uniforme, sulla base dei risultati ottenuti mediante il software STRATA.

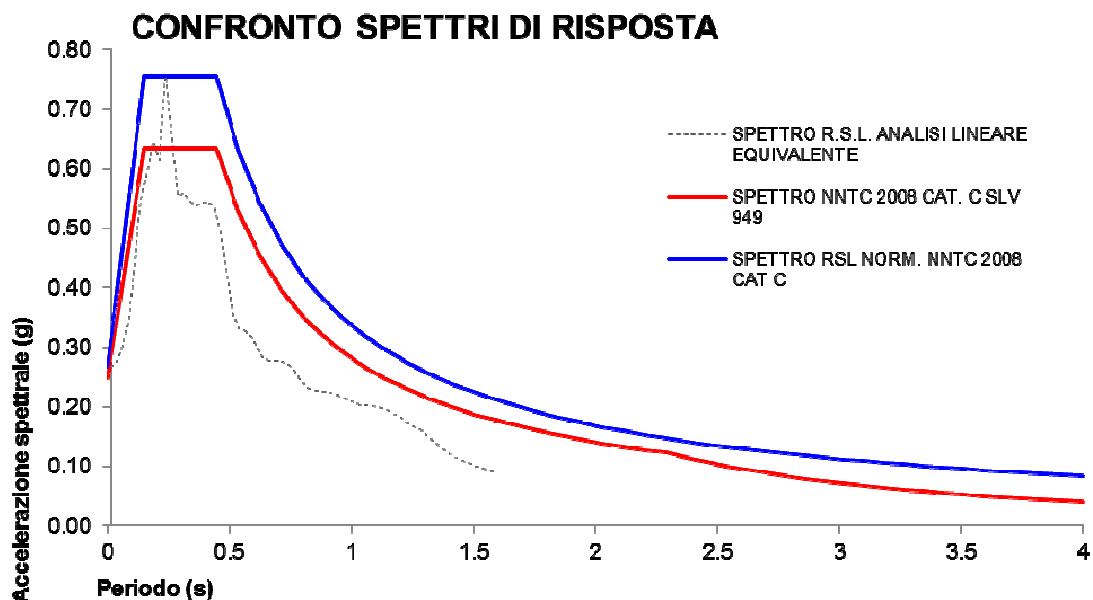


Fig. 4.3.2.9 – Confronto tra lo spettro di accelerazione calcolato secondo NTC (CAT. C-SLV) (in rosso o) e lo spettro di accelerazione normalizzato ottenuto dal calcolo mediante software STRATA (in blu) (SLV).

Poiché lo spettro generato a seguito dell'analisi svolta non è normalizzato secondo i parametri spettrali NNTC, si propone successivamente una normalizzazione dello spettro RSL calcolato. I parametri che identificano lo spettro normalizzato RSL sono i seguenti:

	Tr	Ag (g)	S	n	T*	f ₀	T _c (Sec)	T _b (Sec)	T _d (Sec)	Amax (g)
SLV	949	0.169	1.57	1	0.278	2.843	0.444	0.148	2.294	0.266

T (s)	Ag
0.000	0.266
0.148	0.755
0.444	0.755
0.532	0.633
0.620	0.543
0.708	0.476
0.796	0.423
0.885	0.381
0.973	0.346
1.061	0.318
1.149	0.293
1.237	0.272
1.325	0.254
1.413	0.238
1.501	0.224
1.589	0.212
1.677	0.201
1.765	0.191
1.853	0.182
1.941	0.174
2.030	0.166
2.118	0.159
2.206	0.153
2.294	0.147

T (s)	Ag
2.375	0.142
2.456	0.137
2.538	0.133
2.619	0.129
2.700	0.125
2.781	0.121
2.863	0.118
2.944	0.114
3.025	0.111
3.106	0.108
3.188	0.106
3.269	0.103
3.350	0.101
3.431	0.098
3.513	0.096
3.594	0.094
3.675	0.092
3.756	0.090
3.838	0.088
3.919	0.086
4.000	0.084

Tab. 4.3.2.1 – Spettro NNTC normalizzato derivante dall'analisi RSL svolta

- Amax da ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE-

4.4 VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) – PAR.6.4 DM 14/01/08

In relazione a quanto esposto nel D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**).

Nelle verifiche agli stati limite si distinguono:

- EQU: stato limite di equilibrio come corpo rigido;
- STR: stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;
- GEO: stato limite di resistenza del terreno.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove: Ed = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni;

Rd = valore di progetto della resistenza del terreno.

Per quanto riguarda le azioni, i relativi coefficienti parziali γ_F sono indicati nella seguente tabella:

CARICHI	EFFETTO	Coeff. Parziale γ_F (o γ_F)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

Tab. n. 4. 3.1: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Nella **Tab. n. 4.3.1** il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} = coefficiente parziale del peso proprio della struttura;

γ_{G2} = coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} = coefficiente parziale delle azioni variabili.

Si precisa che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

La resistenza Rd del terreno può essere determinata:

- 1) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella seguente tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera:

Parametro cui applicare il coefficiente parziale		Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Descrizione	Simbolo			
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_V	1,00	1,00

Tab. 4.3.2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

- 2) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati delle prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera;
- 3) sulla base di misure dirette effettuate su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi al particolare tipo di opera.

Si precisa che per le rocce ed i materiali lapidei, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_u , deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1,6$.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

La verifica nei confronti degli stati limite ultimi viene effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- a) SLU di tipo geotecnico (GEO):
- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - Stabilità globale.
- b) SLU di tipo strutturale (STR):
- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

- Stabilità globale, combinazione “2”(A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali per le azioni, per i parametri geotecnici e per le resistenze globali
- c) Le rimanenti verifiche devono essere effettuate seguendo almeno uno dei seguenti approcci (ed utilizzando i valori dei coefficienti parziali):
 - **Approccio 1:** Combinazione 1 (A1+M1+R1)
Combinazione 2 (A2+M2+R2)
 - **Approccio 2:** Combinazione (A1+M1+R3)

VERIFICA	COEFF.PARZIALE (R1)	COEFF.PARZIALE (R2)	COEFF.PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 4.3.3: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del q_{lim} vengono introdotti, all'interno della formula di Hansen, i fattori correttivi z:

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_h \quad z_q = \left(1 - \frac{K_h}{\tan \varphi}\right)^{0.35} \quad z_y = z_q$$

Dove il K_h è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- **a_{MAX} (ag/g) STRATA: 0.266 g** (relativa a SLV ; **Tr = 949 anni; classe d'uso IV** edifici strategici);
- coefficiente intensità sismica del terreno **K_h : 0.074** considerando un suolo di categoria C e la succitata **A_{max}** .

Nel nostro caso specifico, per quanto riguarda le **future opere di fondazione**, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo **SLU sia a breve che a lungo termine** per l'ampliamento in progetto, sia in condizioni statiche che pseudo statiche utilizzando i seguenti approcci di calcolo:

1) Approccio 1 - combinazione 2 (A2 + M2 + R2);

2) Approccio 2 - combinazione (A1 + M1 + R3).

L'**Approccio 1** prevede due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, la prima combinazione **(A1+M1+R1)** è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione **(A2+M2+R2)**, da Noi utilizzata, è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Il secondo approccio progettuale **Approccio 2**, sempre da

Noi utilizzato, prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (**A1+M1+R3**) da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

PER ENTRAMBE LE FONDAZIONI DIRETTE SUPERFICIALI TIPO PLATEA SI POSSONO CONSIDERARE I SEGUENTI VALORI DI PORTANZA NEI DUE DIVERSI APPROCCI.

Utilizzando quindi l'**Approccio 1** - combinazione **2 (A2+M2+R2)** lo stato limite ultimo nel caso ipotizzato, ottenuto in condizioni **non drenate** ($C_u \neq 0$; $\varphi = 0$), applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la relazione $C_{u,d} = C_{u,k} / 1.4$ ($C_{u,d}$ = coesione non drenata di progetto; $C_{u,k}$ = coesione non drenata caratteristica), sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA Nuova scuola media

Carico limite ultimo SLU - Breve Termine – Condizioni non drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU -Fs = 1,8-
- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	1.12 Kg/cm ² \approx 112 kN/m ²

Utilizzando sempre l'**Approccio 1**, combinazione **2 (A2+M2+R2)** è stato calcolato lo stato limite ultimo, in condizioni “**drenate**”, considerando un angolo di attrito caratteristico del valore $\varphi'_k = 21^\circ$. Applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione: $\tan \varphi'_d = \tan \varphi'_k / 1,25$ (φ'_d = angolo d'attrito di progetto) ne deriva il seguente valore ridotto: $\varphi'_d \approx 17^\circ$ per l'intervento in progetto. Quindi è stato ottenuto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA Nuova scuola media

Carico limite ultimo SLU - Lungo Termine – Condizioni drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU -Fs = 1,8-
- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	3.26 Kg/cm ² \approx 326 kN/m ²

CONDIZIONE SISMICA PSEUDOSTATICA (PAOLUCCI E PECKER [1997])

AP1	<u>Carico limite ultimo SLU – Lungo termine – Condizioni drenate</u> Fondazioni dirette superficiali tipo platea in c.a.		
	AZIONE SISMICA (SLV: TR= 949 ANNI – a _{MAX} STRATA: 0.266 g)		
	Quota di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo/1.8
	- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	2.96 Kg/cm ² \approx 296 kN/m ²

Utilizzando invece l'**Approccio 2 - combinazione (A1+M1+R3)** il carico limite ultimo nel caso in esame, ottenuto in condizioni **non drenate** ($C_u \neq 0$; $\phi = 0$), applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione $C_{u,d} = C_{u,k} / 1.0$, per cui si avrà $C_{u,d} = C_{u,k}$, sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA Nuova scuola media

Carico limite ultimo SLU - Breve Termine – Condizioni non drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU -Fs = 2,3-
- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	1.19 Kg/cm ² \approx 119 kN/m ²

Per quanto riguarda il carico limite ultimo in condizioni “**drenate**”, sempre seguendo l'**Approccio 2**, combinazione (**A1+M1+R3**), è stato calcolato lo stato limite ultimo, in condizioni “**drenate**”, considerando un angolo di attrito caratteristico del valore $\phi'_k = 21^\circ$ per l'intervento in progetto, applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito pari a 1. Quindi è stato ottenuto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA Nuova scuola media

Carico limite ultimo SLU - Lungo Termine – Condizioni drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU -Fs = 2,3-
- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	4.82 Kg/cm ² \approx 482 kN/m ²

CONDIZIONE SISMICA PSEUDOSTATICA (PAOLUCCI E PECKER [1997])

AP2	<u>Carico limite ultimo SLU – Lungo termine – Condizioni drenate</u> Fondazioni dirette superficiali tipo platea in c.a.		
	AZIONE SISMICA (SLV: TR= 949 ANNI – a _{MAX} STRATA: 0.266 g)		
	Quota di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo/2.3
	- 1.00 m da p.c.	B = 20.00 m	4.48 Kg/cm² \approx 448 kN/m²

4.5 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano i **depositi sabbiosi saturi** e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;

- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un **terreno incoerente saturo**, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana).

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Di conseguenza, maggiore è la **durata di un terremoto** (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'**ampiezza della vibrazione** e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il **grado di addensamento** del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la **distribuzione**, la **forma delle particelle** e il **grado di uniformità** influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la **storia delle sollecitazioni sismiche**, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del

deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di riliquifazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo.

Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Dopo aver caratterizzato il terreno attraverso l'interpretazione di dati da prove penetrometriche statiche CPT, è stata eseguita una stima del rischio di liquefazione di terreni sotto falda in condizioni sismiche, mediante il metodo semplificato di “**Robertson e Wride**”.

I metodi semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'*accelerazione sismica orizzontale massima* in superficie e della *magnitudo di riferimento*.

I dati del sisma di progetto sono stati ricavati attraverso l'analisi probabilistica dei dati del Catalogo Sismico Nazionale.

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 tangenziale indotto dal sisma (T)**. 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.

La grandezza **T** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). **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** viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF} ;$$

dove:

a_{\max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
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.

Il metodo di **Robertson e Wride** permette di correlare la resistenza al taglio **R** mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e}$$

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

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

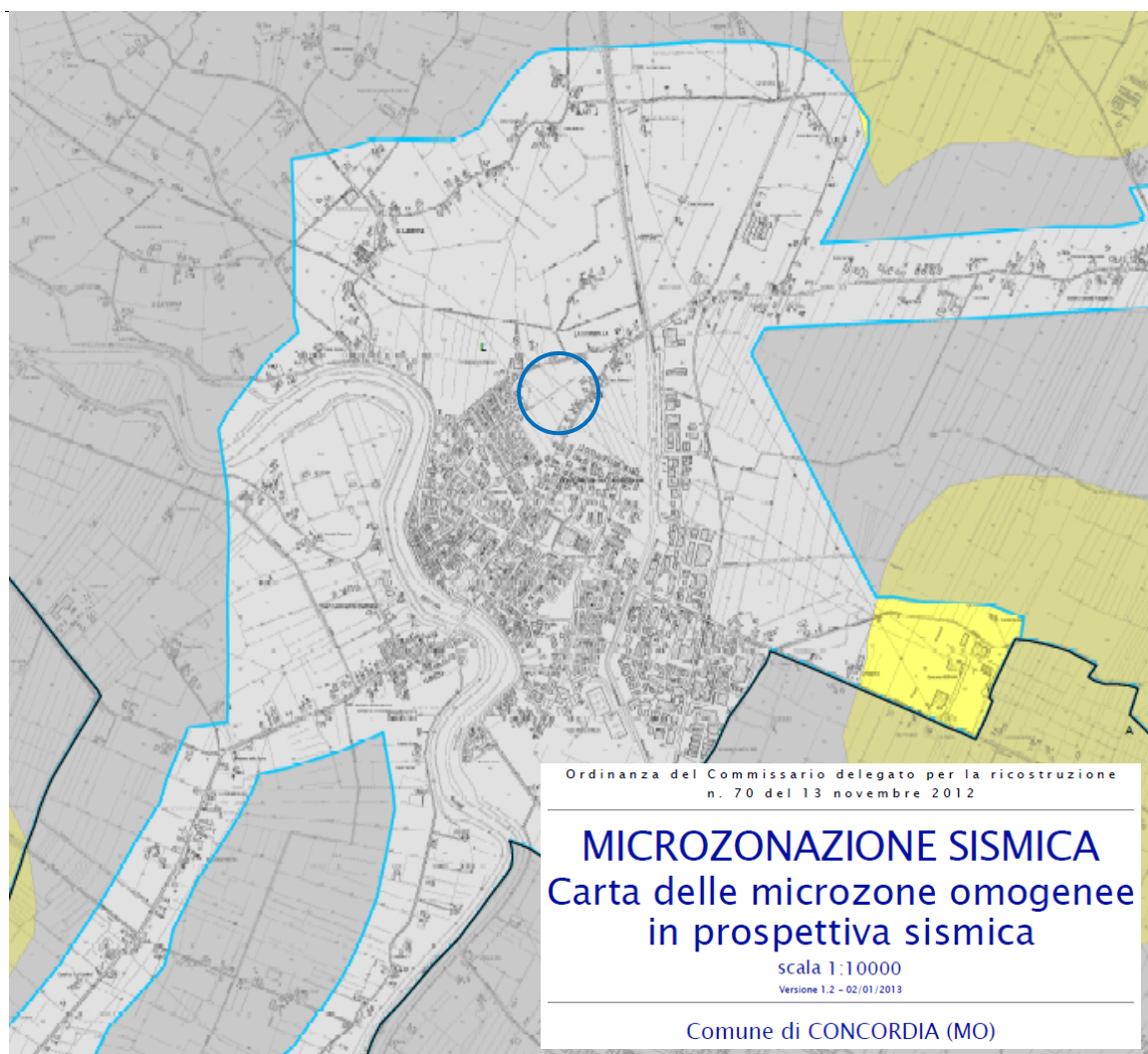
Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione **IL**. Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

- n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;
- F = $1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;
- Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;
- $W(z)$ = $10 - 0.5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

Dalla consultazione delle **Carte della Regione Emilia-Romagna** "MICROZONAZIONE SISMICA – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" – Vers.2.0 – Ordinanza n. 70 del 13/11/2013 per il Comune di Concordia, si evince che l'area è potenzialmente suscettibile di liquefazione, per cui abbiamo eseguito delle verifiche alla liquefazione sulle verticali delle prove penetrometriche considerando l'accelerazione massima determinata da studio di risposta sismica locale con approfondimento di terzo livello.



Legenda

A	Zona suscettibile di amplificazione. E' ritenuta sufficiente la stima del fattore di amplificazione tramite procedure semplificate. (secondo livello di approfondimento)
A	Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica
L	Zona potenzialmente suscettibile di liquefazione. Occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione; nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).
	Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
L	Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

Fig. 4.5.1: Estratto della tavola "MICROZONAZIONE SISMICA – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" della Regione Emilia – Romagna e relativa legenda.

Le verifiche alla liquefazione sono state eseguite sia sulle verticali di prova delle due CPTU tramite l'utilizzo del software CLiq v. 1.7.1.6 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software, sia sulle verticali delle prove statiche con punta meccanica CPT tramite il programma LIQUEF della Program Geo.

Dalle verifiche alla liquefazione eseguite per l'area in oggetto sono stati ottenuti i seguenti valori:

CPTU 1	LPI = 1.90	Rischio basso
CPTU 3	LPI = 1.20	Rischio basso
CPT 2	IL = 0.80	Rischio basso
CPT 4	IL = 0.00	Rischio molto basso

I valori ottenuti indicano un **rischio di liquefazione “basso”** e **“molto basso”** e il fattore di sicurezza calcolato ed esposto nel grafico (**Allegato n. 6**) è risultato per i potenziali strati liquefacibili sempre **$F_s > 1$** considerando una magnitudo di riferimento **$M = 6.14$** , una accelerazione massima al suolo **$A_{max} = 0.266 \text{ g}$** (da RSL – III livello di approfondimento) e considerando, a titolo cautelativo, la soggiacenza della falda freatica **$D_w = - 2.00 \text{ m da p.c.}$**

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata redatta ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, a supporto della **realizzazione di una nuova scuola media** sita tra via Della Croce Rossa Italiana e via Della Protezione Civile, nel Comune di Concordia sulla Secchia (MO).

Ai sensi della D.A.L. della Regione Emilia Romagna n.112/2007 è stato inoltre eseguito uno studio della risposta sismica locale dell’area con **approfondimenti di III livello**, dal momento che nell’area è prevista la **realizzazione di un’opera di rilevante interesse pubblico (Classe IV Edificio Strategico)**.

Sulla base dei dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite in sito, si fornisce per il terreno di fondazione del nuovo fabbricato, il **modello geotecnico** medio riportato nel *paragrafo 3.2* della presente relazione.

Per l’intervento in progetto, è stata effettuata una **stima della capacità portante** del terreno di fondazione relativamente a delle **fondazioni superficiali dirette tipo platea in c.a.**, approfondite alla quota di **D = – 1.00 m da p.c. attuale**.

Sono state considerate **una platea di dimensioni 20.00 x 60.00 m**, in corrispondenza della porzione di fabbricato che verrà realizzata su due piani, e **una platea 20.00 x 40.00 m**, che corrisponde all’ingombro della porzione di fabbricato ad un piano.

PER ENTRAMBE LE FONDAZIONI SI POSSONO CONSIDERARE I SEGUENTI VALORI DI PORTANZA NEI DUE DIVERSI APPROCCI.

Portanza del terreno				
Fondazioni dirette superficiali di tipo nastriforme in c.a.				
T.A. - F.S. = 3	SLU APP1 COMB 2 - F.S. = 1.8		SLU APP2 - F.S. = 2.3	
Condizioni non drenate	Condizioni non drenate	Condizioni drenate	Condizioni non drenate	Condizioni drenate
0.90 kg/cm ²	1.12 kg/cm ²	3.26 kg/cm ²	1.19 kg/cm ²	4.82 kg/cm ²

Portanza del terreno				
Fondazioni dirette superficiali di tipo nastriforme in c.a.				
AZIONE SISMICA (SLV: Tr = 949 anni – A_{gmax}=0.266g)				
T.A. - F.S. = 3	SLU APP1 COMB 2 - F.S. = 1.8		SLU APP2 - F.S. = 2.3	
Condizioni non drenate	Condizioni non drenate	Condizioni drenate	Condizioni non drenate	Condizioni drenate
-	-	2.96 kg/cm ²	-	4.48 kg/cm ²

La **caratterizzazione sismica** del sito condotta sulla base delle indagini geofisiche effettuate nel lotto, ha permesso di determinare che:

- mediante le indagini geofisiche è stato possibile ricavare la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità V_{s30} , i valori ricavati sono i seguenti:

MASW	$V_{s30} = 219$ m/s	categoria C
RE.MI	$V_{s30} = 218$ m/s	
ESAC	$V_{s30} = 204$ m/s	

- gli spettri H/V ottenuti dall'elaborazione delle indagini sismiche passive HVSR non hanno evidenziato alcuna frequenza caratteristica di sito

L'**azione sismica** è stata determinata sia tramite l'approccio semplificato previsto dalle N.N.T.C. (*paragrafo 4.1*) sia tramite uno studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento (*paragrafo 4.3.3*).

L'azione sismica determinata secondo l'**approccio semplificato previsto dalle N.N.T.C.** si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

- sulla base delle N.N.T.C. e tenendo conto dei dati ottenuti dalle indagini geofisiche eseguite in sito, si classifica il terreno di fondazione in oggetto come appartenente alla **categoria C**, corrispondente "DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, 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 CON VALORI DI **$15 < N_{SPT,30} < 50$** NEI TERRENI A GRANA GROSSA E **$70 < C_{u30} < 250$ kPa** NEI TERRENI A GRANA FINA)".
- secondo quanto indicato dalle N.N.T.C. per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera. Per l'area in oggetto identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.920553°, Longitudine 10.989575°, considerando una classe d'uso dell'edificio pari IV (edifici strategici), in relazione ad un periodo di riferimento T_R stimato di 949 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g pari a $a_{g\text{ attesa}} = 0.169_g$

- secondo l'approccio previsto dalle **N.N.T.C.**, definite l'amplificazione stratigrafica e topografica in funzione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito, l'accelerazione massima al suolo è risultata pari a **$A_{max} = 0.243g$** .

Dal momento nell'area è prevista la realizzazione di un'opera di interesse pubblico, per la quale è stata prevista una valenza strategica e che quindi ricade in classe IV, è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale con approfondimenti di III livello (D.A.L. della Regione Emilia Romagna n.112/2007) per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico. L'analisi è riportata *paragrafo 4.3* della relazione.

- sulla base degli spettri derivanti dall'analisi RSL è possibile definire un' azione sismica maggiore rispetto a quella identificata dall'approccio semplificato NNTC. Si riportano successivamente i parametri che identificano gli spettri di risposta ottenuti:

	Tr	Ag (g)	S	n	T*	f ₀	T _c (Sec)	T _b (Sec)	T _d (Sec)	Amax (g)
SLV	949	0.169	1.57	1	0.278	2.843	0.444	0.148	2.294	0.266

- Amax da ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE-

La **verifica alla liquefazione** è stata eseguita sulle verticali di prova delle CPTU e CPT eseguite in sito tramite l'utilizzo del software CLiq v. 1.7.1.6 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software e tramite il programma LIQUEF della Program Geo. I valori ottenuti indicano un **rischio di liquefazione “basso”** per le CPTU e **“molto basso”** per le CPT.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 23 Ottobre 2015

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari





GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -

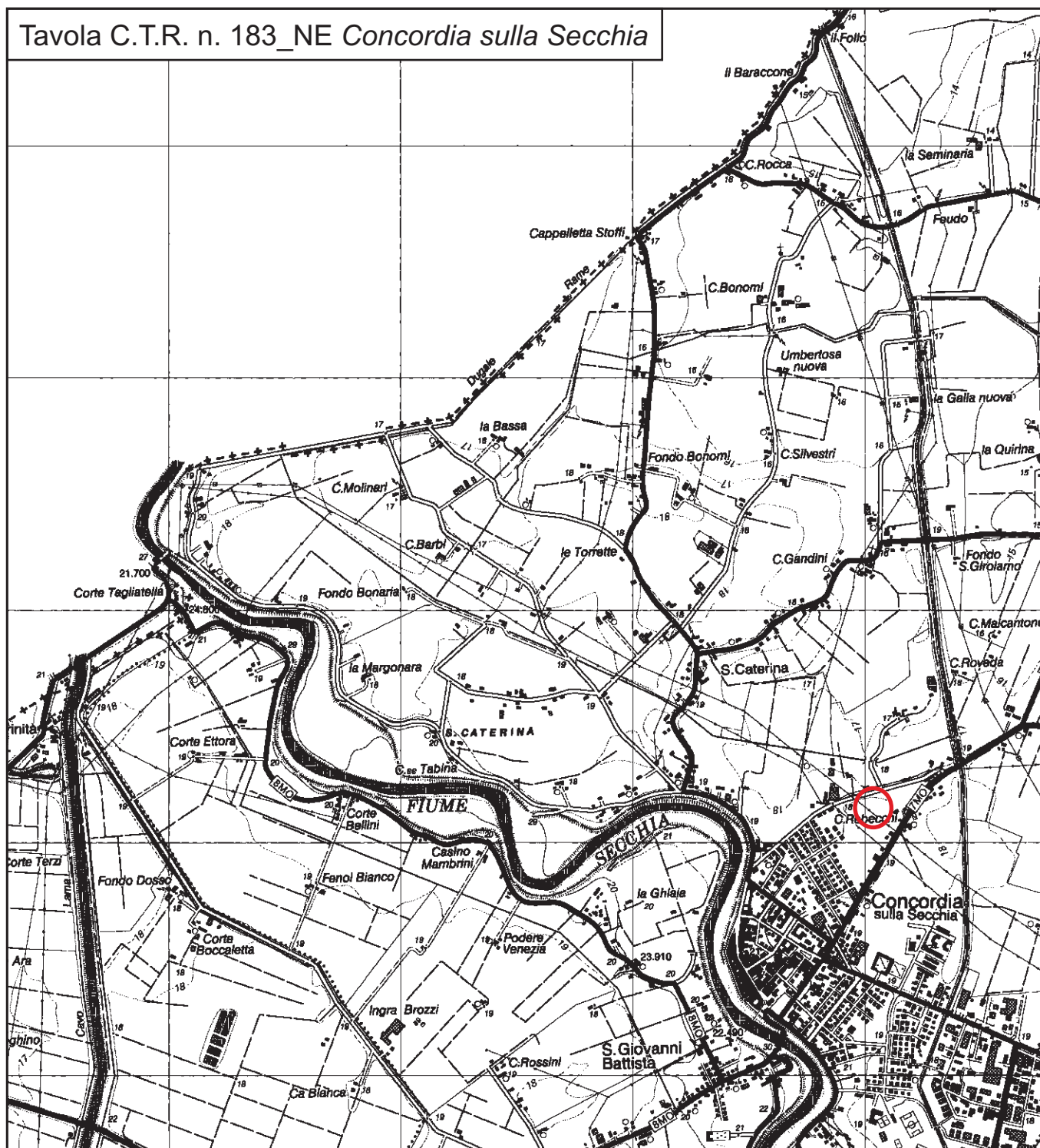


Tavole

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

Tavola C.T.R. n. 183_NE Concordia sulla Secchia



Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000

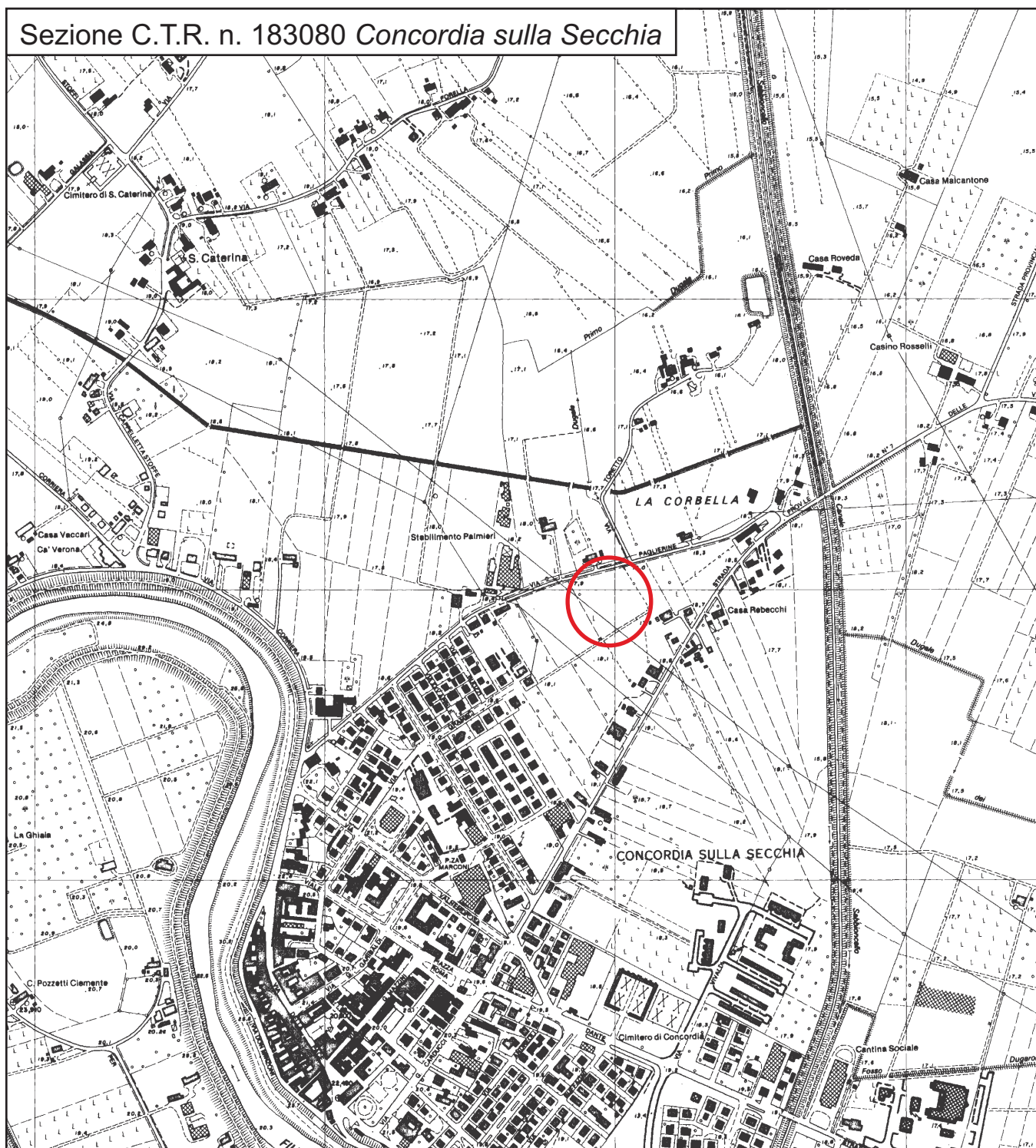


Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

Sezione C.T.R. n. 183080 Concordia sulla Secchia



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10000



Area di interesse

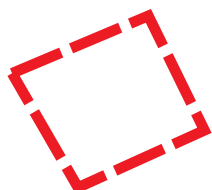
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 3 “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”

(tratta da “Bing Mappe”)
Scala grafica



Area oggetto di studio

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 4 “Carta della litologia di superficie”

Scala 1: 100000

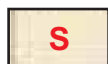
Legenda



Area di interesse



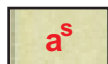
Litologia di superficie



Sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi



Argille e terreni prevalentemente argillosi



Argille sabbiose e sabbie argillose



Argille ipercolloidali e salaie della Burana

GEO GROUP S.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 5 “Indagini geognostiche”

(tratta da “Bing Mappe”)

Scala grafica

Legenda



Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT



Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU



Indagini sismiche passive HVSR



Stendimento sismico MASW



Stendimento sismico RE.MI.

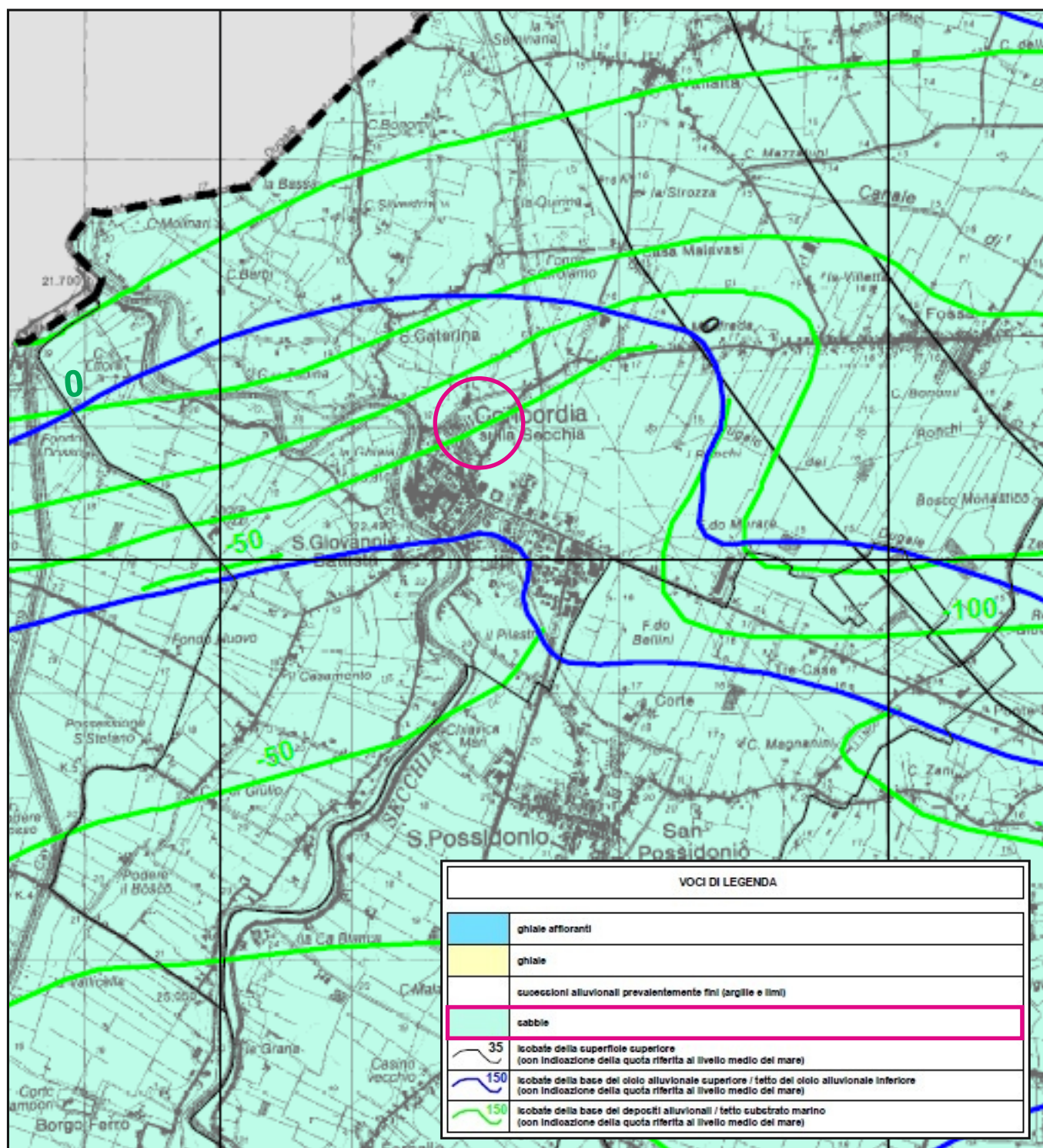


Stendimento sismico ESAC

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

181, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/3368245 - Email: geo.group@libero.it



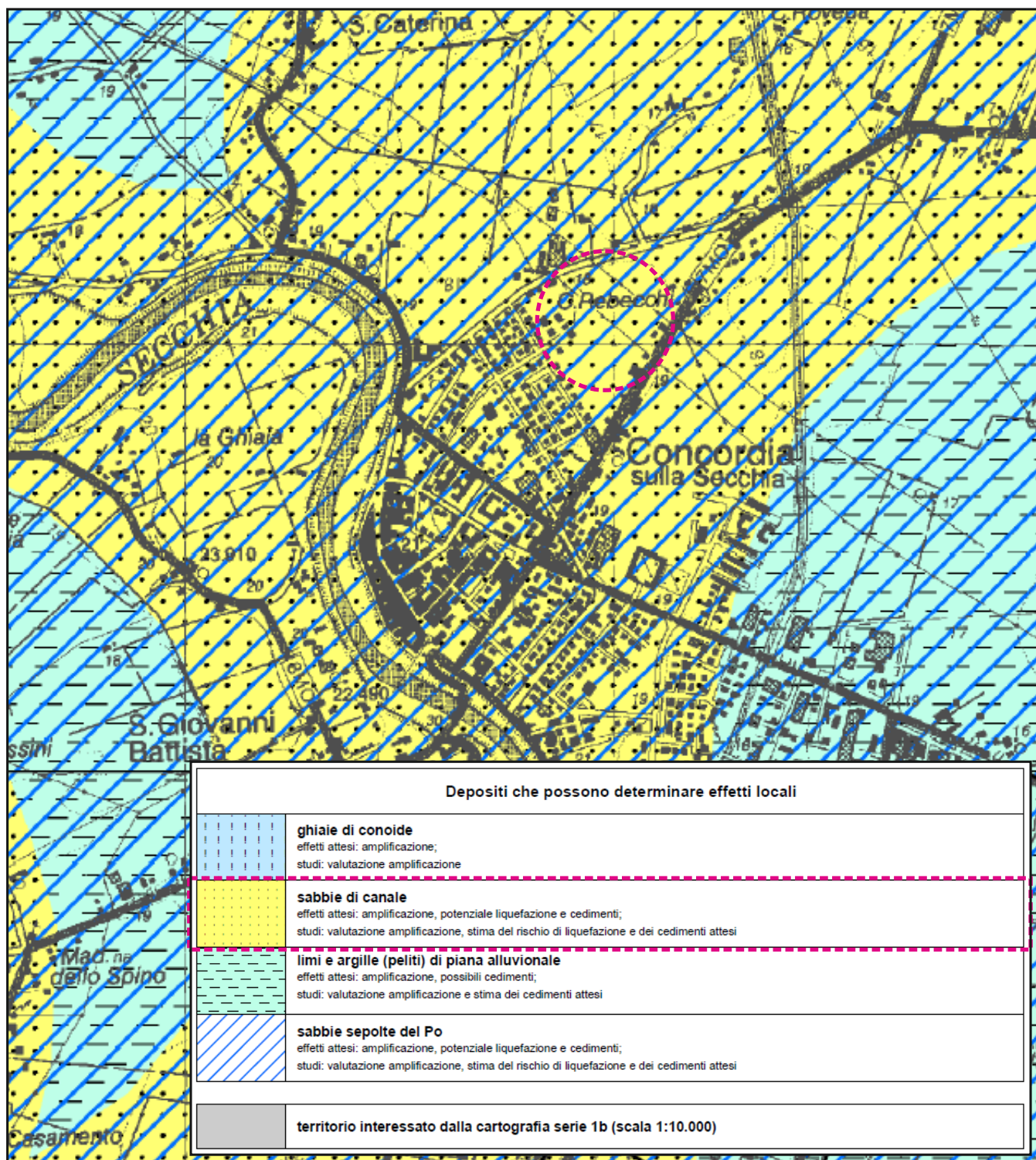
Tav. n. 6 “Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie”

Estratto della Tavola 3.1 del Quadro conoscitivo
del P.T.C.P. della Provincia di Modena
(Approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009)

Scala grafica



Aree oggetto
di studio



Tav. n. 7 “Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali”

Estratto della Tavola 2a.2 del Quadro conoscitivo
del P.T.C.P. della Provincia di Modena
(Approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009)

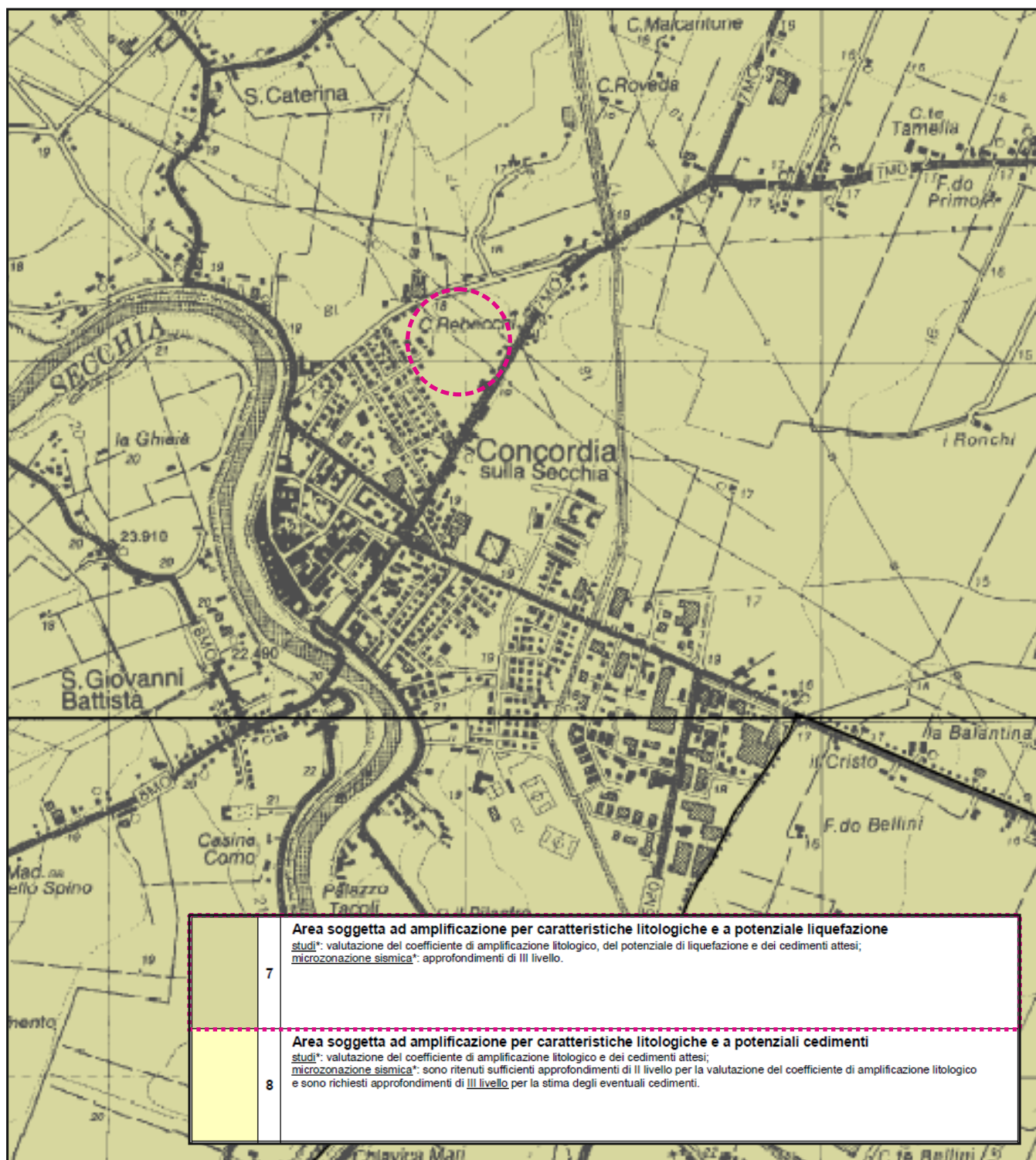
Scala grafica



Aree oggetto
di studio

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
181, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/3368245 - Email: geo.group@libero.it



Tav. n. 8 “Carta delle aree suscettibili di effetti locali”

Estratto della Tavola 2.2a.2
del P.T.C.P. della Provincia di Modena
(Approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009)

Scala grafica



Aree oggetto
di studio



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 1

Prove penetrometriche statiche CPT e CPTU, corredate d'interpretazione geotecnica



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



CPT

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- 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 $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale: $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del 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
- 1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t
- 1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²
- 1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²
- 1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa
- 1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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:

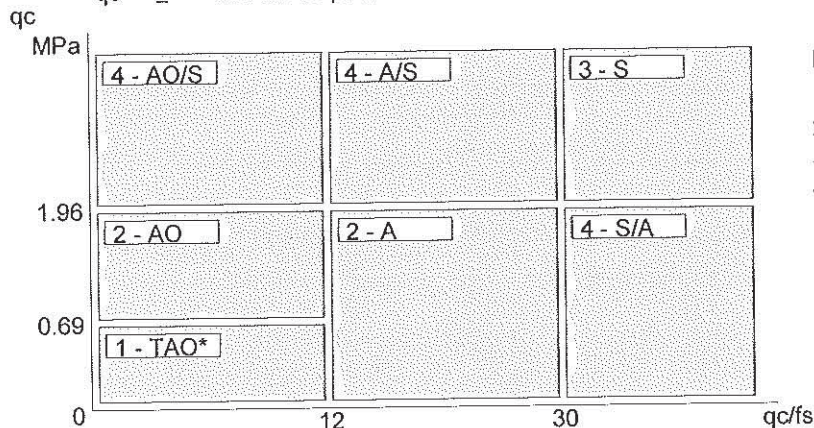
- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$q_c \leq 1.96 \text{ MPa}$: possibili terreni COESIVI
 $q_c \geq 1.96 \text{ MPa}$: possibili terreni GRANULARI

anche se $(q_c / f_s) > 30$
 anche se $(q_c / f_s) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 - ØCa - Caquot (1948)
 - ØKo - Koppejan (1948)
 - ØDB - De Beer (1965)
 - ØSc - Schmertmann (1978)
 - ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)
 - ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

2

referimento

665-2015

certificato n°

7008

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuova scuola media
Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa Data eseg.: 11/08/2015
Pagina: 1/4 Data certificato: 12/08/2015
Elaborato: Falda: -2.30 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	0.00										
1.00	0.00	0.00		0.00	80.00	0									
1.20	14.00	28.00		1.37	60.00	23	4.3								
1.40	10.00	19.00		0.98	47.00	21	4.7								
1.60	7.00	14.00		0.69	53.00	13	7.6								
1.80	7.00	15.00		0.69	67.00	10	9.6								
2.00	8.00	18.00		0.78	80.00	10	10.0								
2.20	14.00	28.00		1.37	73.00	19	5.2								
2.40	11.00	22.00		1.08	93.00	12	8.5								
2.60	13.00	27.00		1.27	80.00	16	6.2								
2.80	14.00	26.00		1.37	53.00	26	3.8								
3.00	10.00	18.00		0.98	93.00	11	9.3								
3.20	18.00	32.00		1.76	93.00	19	5.2								
3.40	17.00	31.00		1.67	93.00	18	5.5								
3.60	14.00	28.00		1.37	60.00	23	4.3								
3.80	10.00	19.00		0.98	60.00	17	6.0								
4.00	9.00	18.00		0.88	120.00	8	13.3								
4.20	18.00	36.00		1.76	113.00	16	6.3								
4.40	15.00	32.00		1.47	107.00	14	7.1								
4.60	17.00	33.00		1.67	87.00	20	5.1								
4.80	15.00	28.00		1.47	100.00	15	6.7								
5.00	15.00	30.00		1.47	93.00	16	6.2								
5.20	14.00	28.00		1.37	87.00	16	6.2								
5.40	13.00	26.00		1.27	100.00	13	7.7								
5.60	14.00	29.00		1.37	93.00	15	6.6								
5.80	13.00	27.00		1.27	107.00	12	8.2								
6.00	16.00	32.00		1.57	147.00	11	9.2								
6.20	23.00	45.00		2.25	133.00	17	5.8								
6.40	21.00	41.00		2.08	160.00	13	7.6								
6.60	25.00	49.00		2.45	87.00	29	3.5								
6.80	19.00	32.00		1.86	120.00	16	6.3								
7.00	19.00	37.00		1.86	87.00	22	4.6								
7.20	16.00	29.00		1.57	80.00	20	5.0								
7.40	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
7.60	17.00	29.00		1.67	67.00	25	3.9								
7.80	19.00	29.00		1.86	47.00	40	2.5								
8.00	17.00	24.00		1.67	53.00	32	3.1								
8.20	18.00	26.00		1.76	73.00	25	4.1								
8.40	11.00	22.00		1.08	93.00	12	8.5								
8.60	13.00	27.00		1.27	67.00	19	5.2								
8.80	10.00	20.00		0.98	107.00	9	10.7								
9.00	19.00	35.00		1.86	120.00	16	6.3								
9.20	35.00	53.00		3.43	93.00	38	2.7								
9.40	37.00	51.00		3.63	107.00	35	2.9								
9.60	19.00	35.00		1.86	180.00	11	9.5								
9.80	35.00	62.00		3.43	133.00	26	3.8								
10.00	59.00	79.00		5.78	140.00	42	2.4								
10.20	63.00	84.00		6.17	173.00	36	2.7								
10.40	77.00	103.00		7.55	240.00	32	3.1								
10.60	85.00	121.00		8.33	240.00	35	2.8								
10.80	87.00	123.00		8.53	280.00	31	3.2								
11.00	134.00	176.00		13.13	227.00	59	1.7								
11.20	124.00	158.00		12.15	240.00	52	1.9								
11.40	86.00	122.00		8.43	360.00	24	4.2								
11.60	114.00	168.00		11.17	373.00	31	3.3								
11.80	119.00	175.00		11.66	287.00	41	2.4								
12.00	115.00	158.00		11.27	253.00	45	2.2								
12.20	147.00	185.00		14.41	280.00	53	1.9								
12.40	157.00	199.00		15.39	240.00	65	1.5								
12.60	162.00	198.00		15.88	333.00	49	2.1								
12.80	134.00	184.00		13.13	320.00	42	2.4								
13.00	127.00	175.00		12.45	333.00	38	2.6								
13.20	134.00	184.00		13.13	320.00	42	2.4								
13.40	127.00	175.00		12.45	280.00	45	2.2								
13.60	142.00	184.00		13.92	320.00	44	2.3								
13.80	127.00	175.00		12.45	267.00	48	2.1								
14.00	139.00	179.00		13.62	280.00	50	2.0								
14.20	145.00	187.00		14.21	293.00	49	2.0								
14.40	148.00	192.00		14.50	280.00	53	1.9								
14.60	145.00	187.00		14.21	287.00	51	2.0								
14.80	155.00	198.00		15.19	293.00	53	1.9								
15.00	163.00	207.00		15.97	0.00	53	0.0								

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

CPT

2

referimento

665-2015

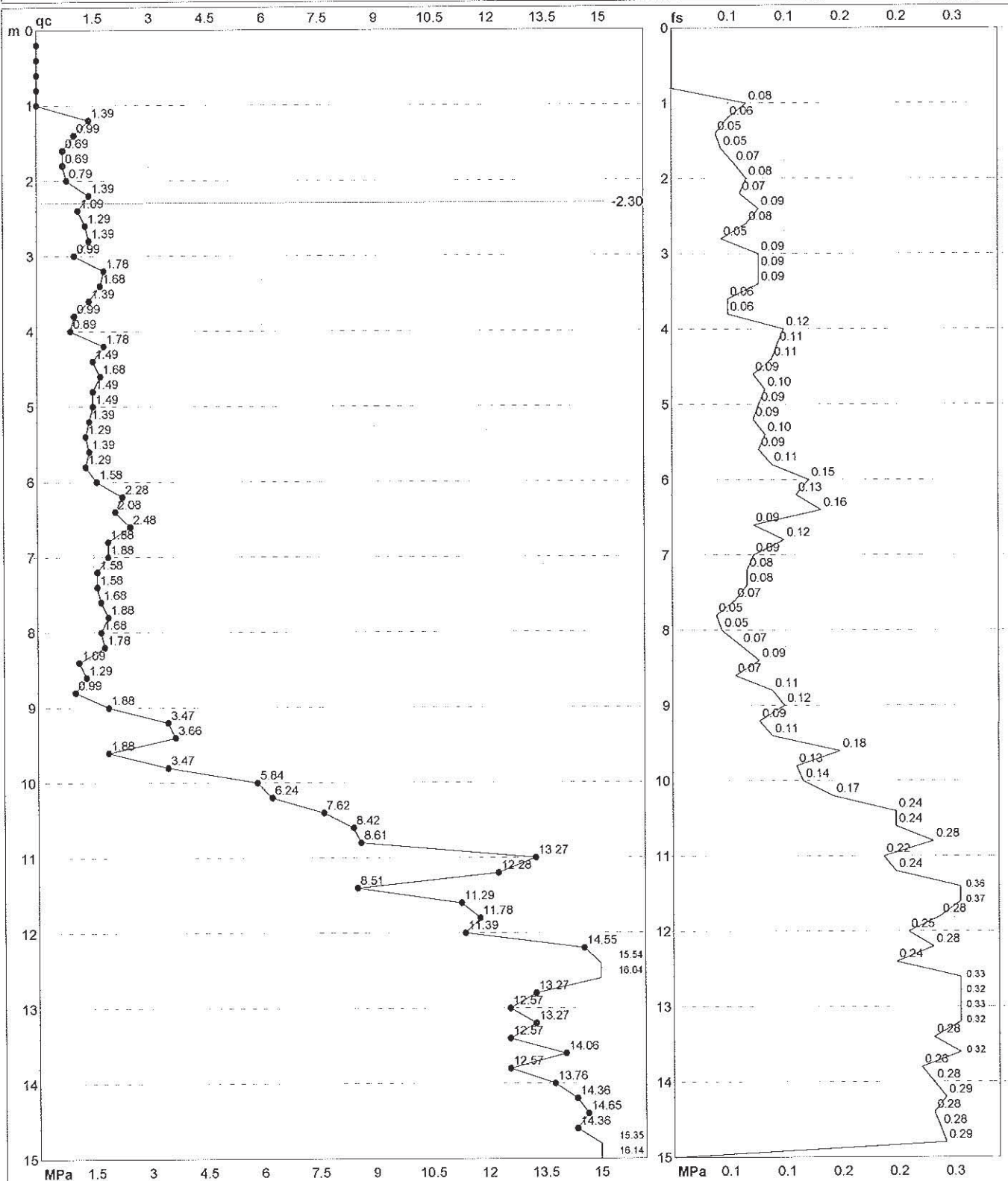
certificato n°

7008

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuova scuola media
Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa
Scala: 1:75
Pagina: 2/4
Elaborato:

Data esec.: 11/08/2015
Data certificato: 12/08/2015
Falda: -2.30 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kN/ml
Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

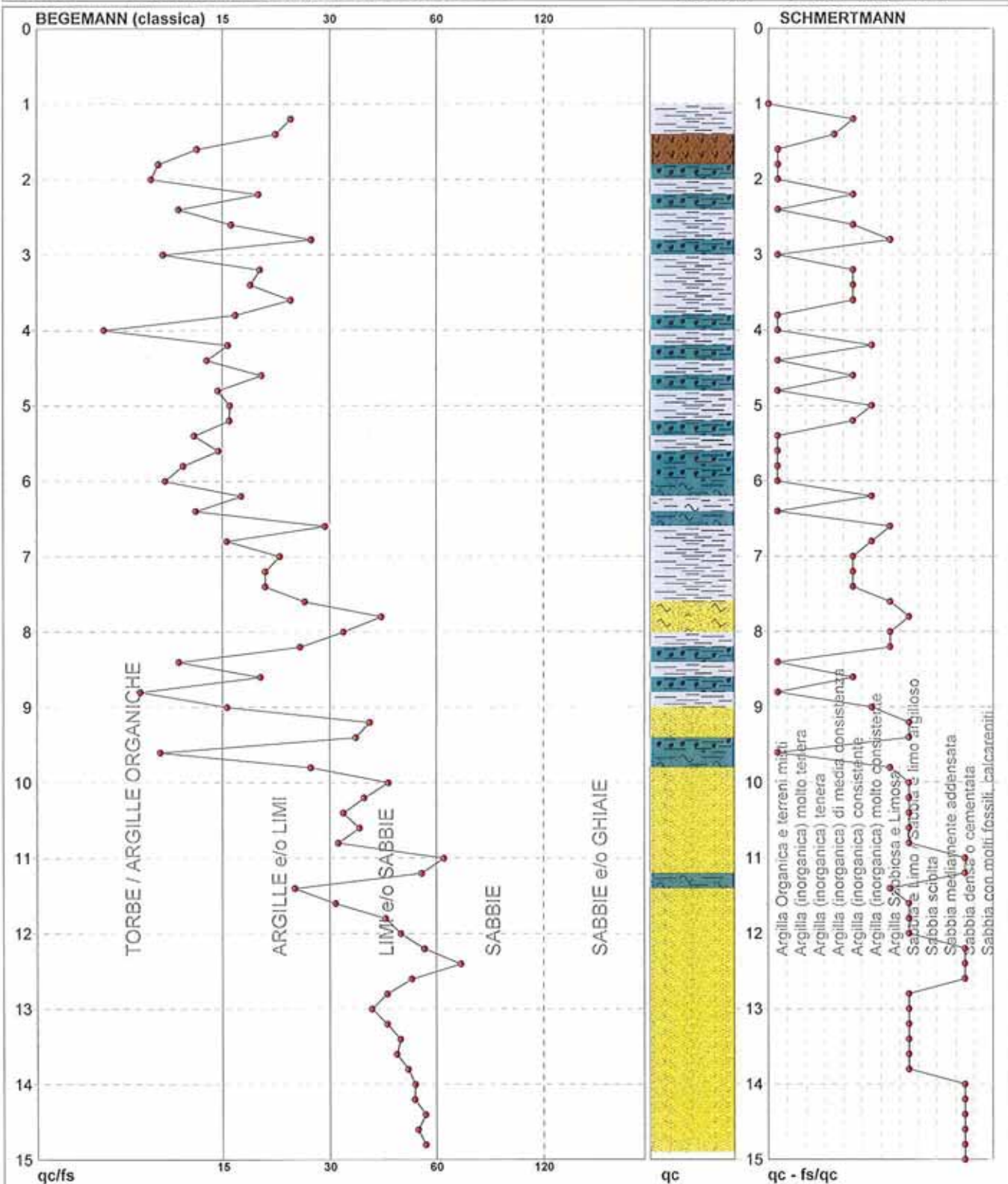
CPT

2

referimento **665-2015**
certificato n° **7008**

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuova scuola media
Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa Data esec.: 11/08/2015
Scala: 1:75
Pagina: 3/4 Data certificato: 12/08/2015
Elaborato: Falda: -2.30 m da p.c.



Torbe / Argille org :	21 punti, 28.38%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 22.97%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 9.45%
Argille e/o Limi :	26 punti, 35.14%	Argilla (inorganica) media consist :	1 punti, 1.35%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg :	17 punti, 22.97%
Limi e/o Sabbie :	27 punti, 36.49%	Argilla (inorganica) consistente:	12 punti, 16.22%	Sabbia densa o cementata	10 punti, 13.51%
Sabbie:	1 punti, 1.35%	Argilla (inorganica) molto consist :	5 punti, 6.76%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

2

riferimento

665-2015

certificato n°

7008

Committente: Studio tecnico

Cantiere: Nuova scuola media

Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa

Data esec.: 11/08/2015

Pagina: 4/4

Data certificato: 12/08/2015

Elaborato:

Falda: -2.30 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U/m ³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--	--	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	--	1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	--	1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	--	--	--	1.85	14.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	--	--	--	1.85	18.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.37	23.33	--	1.94	21.9	150	62.4	23.2	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	0.98	21.28	--	1.90	25.7	132	49.0	14.1	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	0.69	13.21	--	1.46	28.5	115	34.3	7.9	1.6	2.4	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	0.69	10.45	--	1.46	31.4	115	34.3	7.0	1.7	2.6	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	0.78	10.00	--	1.86	35.0	121	39.2	7.2	8.7	13.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.37	19.18	--	1.94	38.8	150	62.4	11.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	1.08	11.83	--	0.91	40.6	137	52.6	8.7	9.6	14.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	1.27	16.25	--	0.93	42.4	145	59.3	9.5	10.2	15.3	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.37	26.42	--	0.94	44.3	150	62.4	9.6	10.7	16.0	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	0.98	10.75	--	0.90	46.0	132	49.0	6.8	11.7	17.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	1.76	19.35	--	0.98	48.0	164	73.5	10.7	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	1.67	18.28	--	0.97	49.9	161	70.9	9.7	12.1	18.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	1.37	23.33	--	0.94	51.7	150	62.4	7.9	12.4	18.7	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	0.98	16.67	--	0.90	53.5	132	49.0	5.6	14.4	21.6	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	0.88	7.50	--	0.88	55.2	127	44.1	4.7	15.3	23.0	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	1.76	15.93	--	0.98	57.1	164	73.5	8.6	13.5	20.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	1.47	14.02	--	0.95	59.0	154	65.3	7.1	14.7	22.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	1.67	19.54	--	0.97	60.9	161	70.9	7.6	14.8	22.3	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	1.47	15.00	--	0.95	62.7	154	65.3	6.6	16.1	24.1	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	1.47	16.13	--	0.95	64.6	154	65.3	6.4	16.8	25.2	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	1.37	16.09	--	0.94	66.4	150	62.4	5.8	17.8	26.6	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	1.27	13.00	--	0.93	68.3	145	59.3	5.3	18.7	28.0	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	1.37	15.05	--	0.94	70.1	150	62.4	5.4	19.1	28.6	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.27	12.15	--	0.93	71.9	145	59.3	4.9	19.9	29.8	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.57	10.88	--	0.96	73.8	157	68.2	5.7	19.8	29.8	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	2.25	17.29	--	0.94	75.6	180	85.1	7.3	18.7	28.1	6.8	28	40	27	23	22	30	28	--	3.8	5.6	6.8	
6.40	2.06	13.13	--	0.93	77.5	174	80.7	6.6	19.9	29.8	6.2	24	40	26	23	22	30	27	--	3.4	5.1	6.2	
6.60	2.45	28.74	--	0.94	79.3	186	89.1	7.3	19.6	29.5	7.4	30	40	27	24	22	30	28	--	4.1	6.1	7.4	
6.80	1.86	15.83	--	0.99	81.3	168	76.0	5.8	21.7	32.6	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	1.86	21.84	--	0.99	83.2	168	76.0	5.6	22.4	33.7	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	1.57	20.00	--	0.96	85.1	157	68.2	4.8	23.6	35.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.57	20.00	--	0.96	87.0	157	68.2	4.6	24.2	36.3	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.67	25.37	--	0.97	88.9	161	70.9	4.7	24.7	37.0	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.86	40.43	--	0.92	90.7	168	76.0	5.0	25.0	37.5	5.7	17	39	25	22	20	28	27	--	3.1	4.7	5.6	
8.00	1.67	32.08	--	0.91	92.4	161	70.9	4.5	25.8	38.7	5.3	13	39	24	21	20	27	27	--	2.8	4.2	5.0	
8.20	1.76	24.66	--	0.98	94.4	164	73.5	4.6	26.3	39.4	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	1.08	11.83	--	0.91	96.1	137	52.6	3.0	26.1	39.2	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	1.27	19.40	--	0.93	98.0	145	59.3	3.3	27.5	41.2	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	0.98	9.35	--	0.90	99.7	132	49.0	2.6	25.7	38.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	1.86	15.83	--	0.99	101.7	168	76.0	4.4	28.4	42.6	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	3.43	37.63	--	0.89	103.4	211	--	--	--	--	--	35	41	27	24	23	31	29	--	5.7	8.6	10.3	
9.40	3.63	34.58	--	0.89	105.2	216	--	--	--	--	--	36	41	27	24	23	31	30	--	6.0	9.1	10.9	
9.60	1.86	10.56	--	0.99	107.1	168	76.0	4.1	29.9	44.8	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	3.43	26.32	--	0.98	109.0	211	114.3	6.7	27.9	41.8	10.3	33	41	27	24	22	31	29	--	5.7	8.6	10.3	
10.00	5.78	42.14	--	0.93	110.8	257	--	--	--	--	--	51	42	29	26	25	33	32	--	9.6	14.5	17.3	
10.20	6.17	36.42	--	0.94	112.7	264	--	--	--	--	--	53	42	30	27	25	34	32	--	10.3	15.4	18.5	
10.40	7.55	32.08	--	0.96	114.6	284	--	--	--	--	--	59	43	31	28	26	35	33	--	12.6	18.9	22.6	
10.60	8.33	35.42	--	0.98	116.5	295	--	--	--	--	--	62	43	31	28	26	35	33	--	13.9	20.8	25.0	
10.80	8.53	31.07	--	0.98	118.4	298	--	--	--	--	--	63	43	31	28	26	35	33	--	14.2	21.3	25.6	
11.00	13.13	59.03	--	1.05	120.5	350	--	--	--	--	--	77	44	33	30	28	37	35	--	21.9	32.8	39.4	
11.20	12.15	51.67	--	1.04	122.5	340	--	--	--	--	--	74	44	33	30	28	37	35	--	20.3	30.4	36.5	
11.40	8.43	23.89	--	1.04	124.5	297	280.9	17.4	47.8	71.6	25.3	61	43	31	28	26	35	33	--	14.0	21.1	25.3	
11.60	11.17	30.55	--	1.02	126.5	330	--	--	--	--	--	70	44	32	29	27	36	34	--	18.6	27.9	33.5	
11.80	11.66	41.46	--	1.03	128.5	335	--	--	--	--	--	71	44	32	29	27	36	35	--	19.4	29.2	35.0	
12.00	11.27	45.45	--	1.02	130.5	331	--	--	--	--	--	70	44	32	29	27	36	35	--	18.8	28.2	33.8	
12.20	14.41	52.50	--	1.07	132.6	363	--	--	--	--	--	78	44	33	30	28	37	36	--	24.0	36.0	43.2	
12.40	15.39	65.42	--	1.09	134.8	372	--	--	--	--	--	80	44	33	30	28	38	36	--	25.6	38.5	46.2	
12.60	15.88	48.65	--	1.09	136.9	376	--	--	--	--	--	80	44	33	31	29	38	36	--	26.5	39.7	47.6	
12.80	13.13	41.88	--	1.05	139.0	350	--	--	--	--	--	74	44	32	29	28	37	35	--	21.9	32.8	39.4	
13.00	12.45	38.14	--	1.04	141.0	343	--	--	--	--	--	71	44	32	29	27	36	35	--	20.7	31.1	37.3	
13.20	13.13	41.88	--	1.05	143.1	350	--	--	--	--	--	73	44	32	29	27	37	35	--				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

4

riferimento

665-2015

certificato n°

7009

Committente: Studio tecnico

Cantiere: Nuova scuola media

Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa

Data eseg.: 11/08/2015

Pagina: 1/4

Data certificato: 12/08/2015

Elaborato:

Falda: -2.20 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	67.00	0									
1.00	11.00	21.00		1.08	87.00	13	7.9								
1.20	14.00	27.00		1.37	53.00	26	3.8								
1.40	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3								
1.60	9.00	17.00		0.88	60.00	15	6.7								
1.80	9.00	18.00		0.88	60.00	15	6.7								
2.00	9.00	18.00		0.88	87.00	10	9.7								
2.20	12.00	25.00		1.18	67.00	18	5.6								
2.40	10.00	20.00		0.98	73.00	14	7.3								
2.60	11.00	22.00		1.08	100.00	11	9.1								
2.80	15.00	30.00		1.47	67.00	22	4.5								
3.00	9.00	19.00		0.88	67.00	13	7.4								
3.20	9.00	19.00		0.88	80.00	11	8.9								
3.40	10.00	22.00		0.98	100.00	10	10.0								
3.60	16.00	31.00		1.57	67.00	24	4.2								
3.80	12.00	22.00		1.18	120.00	10	10.0								
4.00	19.00	37.00		1.86	87.00	22	4.6								
4.20	13.00	26.00		1.27	100.00	13	7.7								
4.40	15.00	30.00		1.47	127.00	12	8.5								
4.60	18.00	37.00		1.76	93.00	19	5.2								
4.80	14.00	28.00		1.37	107.00	13	7.6								
5.00	17.00	33.00		1.67	120.00	14	7.1								
5.20	19.00	37.00		1.86	93.00	20	4.9								
5.40	14.00	28.00		1.37	87.00	16	6.2								
5.60	12.00	25.00		1.18	80.00	15	6.7								
5.80	12.00	24.00		1.18	100.00	12	8.3								
6.00	15.00	30.00		1.47	107.00	14	7.1								
6.20	17.00	33.00		1.67	113.00	15	6.6								
6.40	19.00	36.00		1.86	147.00	13	7.7								
6.60	23.00	45.00		2.25	127.00	18	5.5								
6.80	21.00	40.00		2.06	120.00	18	5.7								
7.00	19.00	37.00		1.86	113.00	17	5.9								
7.20	17.00	34.00		1.67	107.00	16	6.3								
7.40	16.00	32.00		1.57	120.00	13	7.5								
7.60	19.00	37.00		1.86	80.00	24	4.2								
7.80	14.00	26.00		1.37	60.00	23	4.3								
8.00	11.00	20.00		1.08	107.00	10	9.7								
8.20	18.00	34.00		1.76	127.00	14	7.1								
8.40	21.00	40.00		2.06	120.00	18	5.7								
8.60	19.00	37.00		1.86	147.00	13	7.7								
8.80	23.00	45.00		2.25	153.00	15	6.7								
9.00	26.00	49.00		2.55	193.00	13	7.4								
9.20	35.00	64.00		3.43	207.00	17	5.9								
9.40	38.00	69.00		3.72	173.00	22	4.6								
9.60	41.00	67.00		4.02	120.00	34	2.9								
9.80	54.00	72.00		5.29	160.00	34	3.0								
10.00	62.00	86.00		6.08	133.00	47	2.1								
10.20	54.00	74.00		5.29	147.00	37	2.7								
10.40	57.00	79.00		5.59	253.00	23	4.4								
10.60	83.00	121.00		8.13	280.00	30	3.4								
10.80	92.00	134.00		9.02	280.00	33	3.0								
11.00	97.00	139.00		9.51	260.00	37	2.7								
11.20	86.00	125.00		8.43	260.00	33	3.0								
11.40	84.00	123.00		8.23	320.00	26	3.8								
11.60	102.00	150.00		10.00	280.00	36	2.7								
11.80	95.00	137.00		9.31	293.00	32	3.1								
12.00	98.00	142.00		9.60	347.00	28	3.5								
12.20	107.00	159.00		10.49	320.00	33	3.0								
12.40	115.00	163.00		11.27	320.00	36	2.8								
12.60	123.00	171.00		12.05	320.00	38	2.6								
12.80	128.00	176.00		12.54	333.00	38	2.6								
13.00	134.00	184.00		13.13	320.00	42	2.4								
13.20	127.00	175.00		12.45	307.00	41	2.4								
13.40	116.00	162.00		11.37	280.00	41	2.4								
13.60	142.00	184.00		13.92	267.00	53	1.9								
13.80	139.00	179.00		13.62	280.00	50	2.0								
14.00	145.00	187.00		14.21	293.00	49	2.0								
14.20	148.00	192.00		14.50	287.00	52	1.9								
14.40	155.00	198.00		15.19	293.00	53	1.9								
14.60	163.00	207.00		15.97	333.00	49	2.0								
14.80	189.00	239.00		18.52	347.00	54	1.8								
15.00	194.00	246.00		19.01											

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

CPT

4

riferimento

665-2015

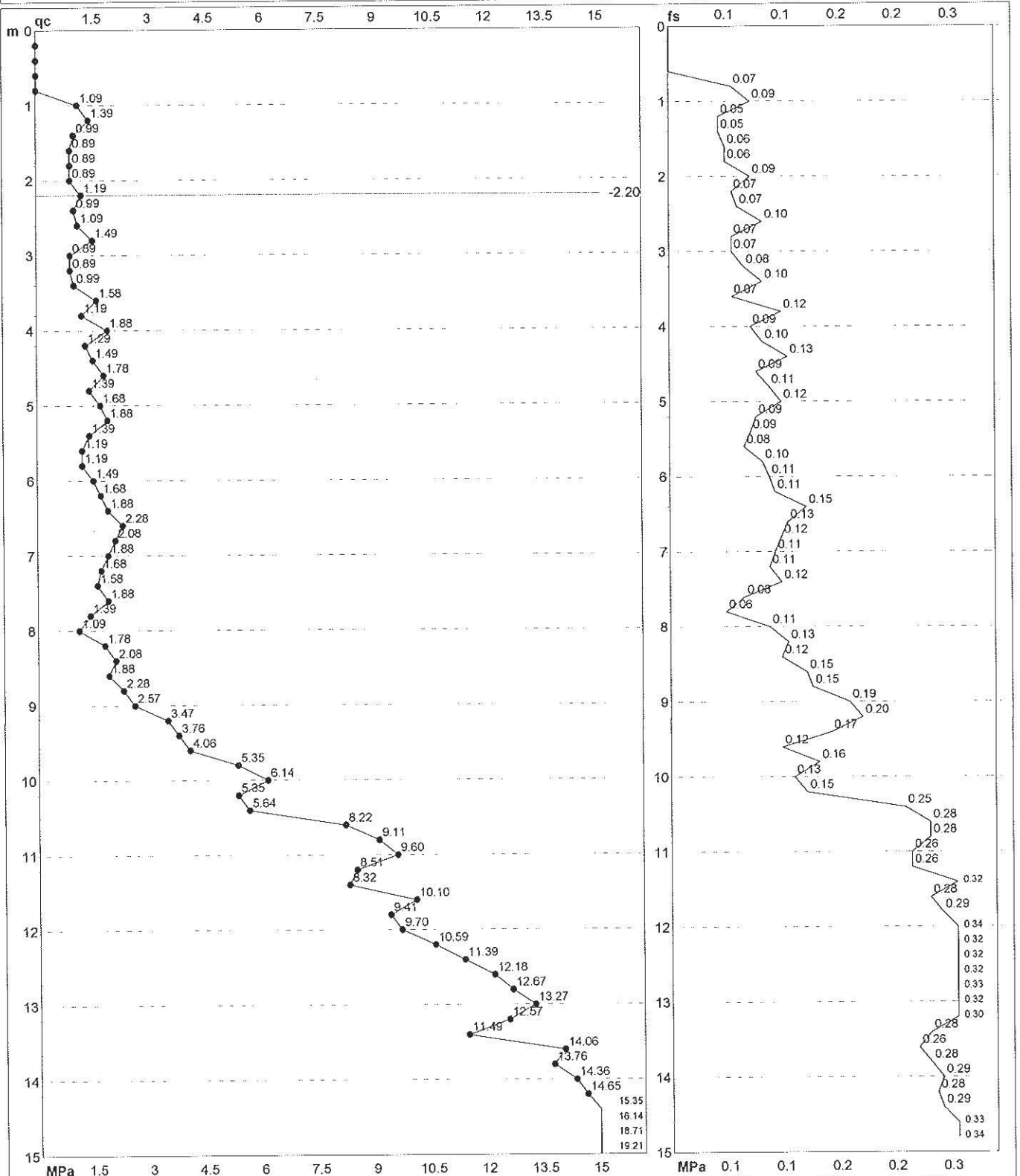
certificato n°

7009

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuova scuola media
Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa
Scala: 1:75
Pagina: 2/4
Elaborato:

Data esec.: 11/08/2015
Data certificato: 12/08/2015
Falda: -2.20 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200

Responsabile:

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kN/ml

Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

4

referimento
certificato n°

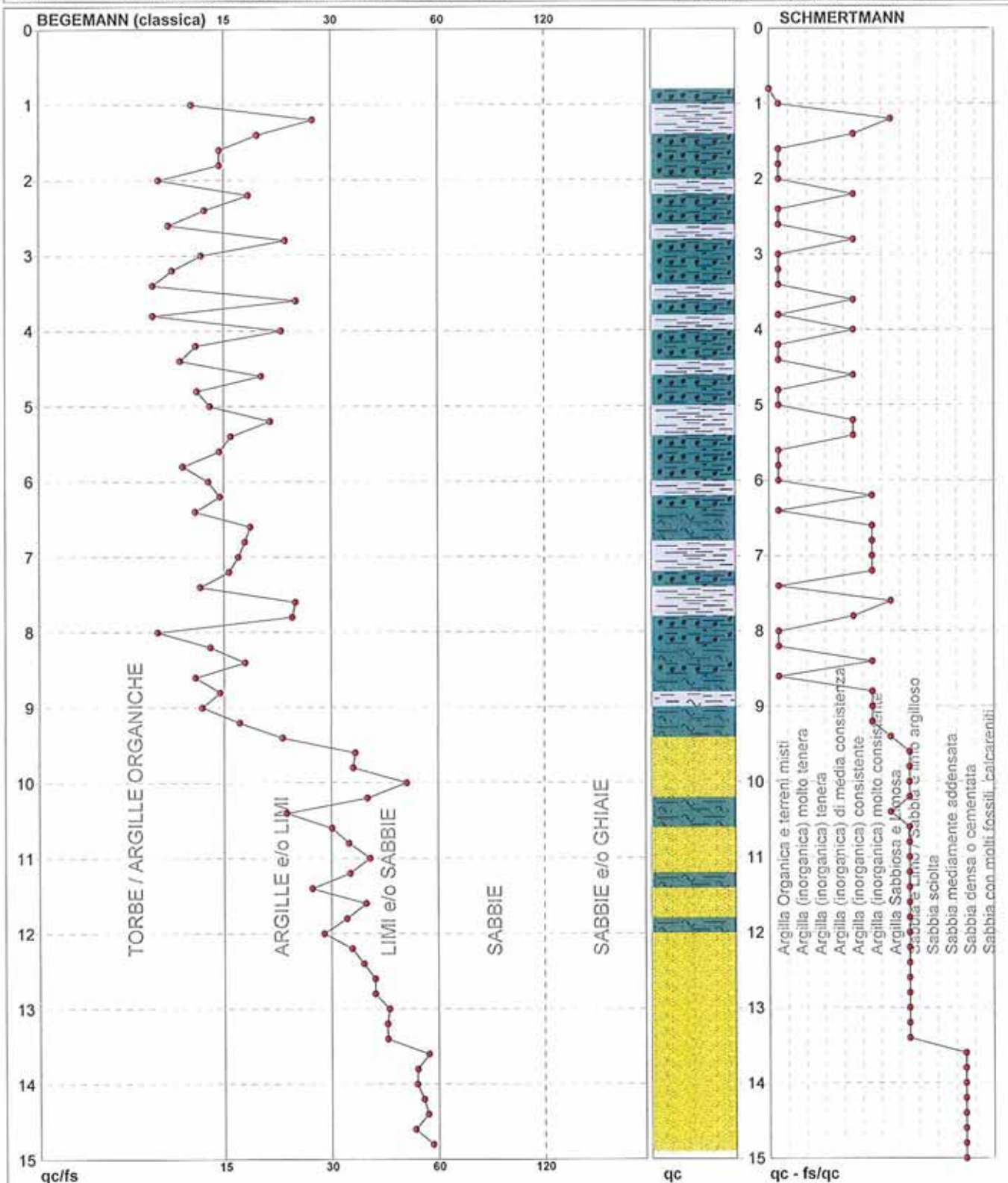
665-2015
7009

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Nuova scuola media
Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.:
Scala:
Pagina:
Elaborato:

MPa
1:75
3/4

Data esec.: 11/08/2015
Data certificato: 12/08/2015
Falda: -2.20 m da p.c.



Torbe / Argille org :	27 punti, 36.49%	Argilla Organica e terreni misti:	22 punti, 29.73%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 5.41%
Argille e/o Limi :	24 punti, 32.43%	Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 12.16%	Sabbia e Limi / Sabbia e limo arg :	19 punti, 25.68%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 31.08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	9 punti, 12.16%	Sabbia densa o cementata:	7 punti, 9.46%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**4**

riferimento

665-2015

certificato n°

7009

Committente: Studio tecnico

Cantiere: Nuova scuola media

Località: Concordia sulla Secchia, via Della Protezione Civile

U.M.: MPa

Data esec.: 11/08/2015

Pagina: 4/4

Data certificato: 12/08/2015

Elaborato:

Falda: -2.20 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U/m ³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ρ_{Sc} (°)	ρ_{Ca} (°)	ρ_{Ko} (°)	ρ_{DB} (°)	ρ_{DM} (°)	ρ_{Me} (°)								
0.20	--	--	--	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	--	1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	--	1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	--	--	--	1.85	14.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	1.08	12.64	--	1.91	18.2	137	52.6	23.6	8.9	13.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	1.37	26.42	--	1.94	22.1	150	62.4	23.0	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	0.98	18.87	--	1.90	25.8	132	49.0	14.0	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	0.88	15.00	--	1.88	29.5	127	44.1	10.4	7.5	11.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	0.88	15.00	--	1.88	33.1	127	44.1	9.0	7.9	11.8	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	0.88	10.34	--	1.88	36.8	127	44.1	7.9	8.9	13.3	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	1.18	17.91	--	0.92	38.6	141	56.0	10.0	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	0.98	13.70	--	0.90	40.4	132	49.0	8.0	9.7	14.6	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	1.08	11.00	--	0.91	42.2	137	52.6	8.3	10.1	15.1	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	1.47	22.39	--	0.95	44.0	154	65.3	10.3	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	0.88	13.43	--	0.88	45.8	127	44.1	6.0	12.1	18.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	0.88	11.25	--	0.88	47.5	127	44.1	5.7	12.7	19.1	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	0.98	10.00	--	0.90	49.3	132	49.0	6.2	12.9	19.3	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	1.57	23.88	--	0.96	51.1	157	68.2	9.0	12.1	18.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	1.18	10.00	--	0.92	52.9	141	56.0	6.7	13.5	20.2	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	1.86	21.84	--	0.99	54.9	168	76.0	9.4	13.1	19.7	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	1.27	13.00	--	0.93	56.7	145	59.3	6.6	14.5	21.8	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	1.47	11.81	--	0.95	58.6	154	65.3	7.2	14.5	21.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	1.76	19.35	--	0.98	60.5	164	73.5	8.0	14.5	21.8	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	1.37	13.08	--	0.94	62.3	150	62.4	6.3	16.3	24.4	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	1.67	14.17	--	0.97	64.2	161	70.9	7.1	16.0	24.0	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	1.86	20.43	--	0.99	66.2	168	76.0	7.5	16.2	24.3	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	1.37	16.09	--	0.94	68.0	150	62.4	5.6	18.3	27.5	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	1.18	15.00	--	0.92	69.8	141	56.0	4.8	19.4	29.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	1.18	12.00	--	0.92	71.6	141	56.0	4.6	19.9	29.9	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	1.47	14.02	--	0.95	73.5	154	65.3	5.4	20.0	30.0	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	1.67	15.04	--	0.97	75.4	161	70.9	5.8	20.1	30.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	1.86	12.93	--	0.99	77.3	168	76.0	6.1	20.3	30.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	2.25	18.11	--	0.94	79.2	180	85.1	6.9	20.0	30.0	6.8	27	40	26	23	22	30	28	--	--	3.8	5.6	6.8	--	--	--
6.80	2.06	17.50	--	0.93	81.0	174	80.7	6.3	21.2	31.7	6.2	23	40	26	23	21	29	27	--	--	3.4	5.1	6.2	--	--	--
7.00	1.86	16.81	--	0.99	82.9	168	76.0	5.6	22.3	33.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	1.67	15.89	--	0.97	84.8	161	70.9	5.0	23.4	35.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	1.57	13.33	--	0.96	86.7	157	68.2	4.6	24.1	36.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	1.86	23.75	--	0.99	88.6	168	76.0	5.2	24.3	36.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	1.37	23.33	--	0.94	90.5	150	62.4	3.9	25.3	38.0	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	1.08	10.28	--	0.91	92.3	137	52.6	3.1	25.5	38.2	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	1.76	14.17	--	0.98	94.2	164	73.5	4.6	26.2	39.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	2.06	17.50	--	0.93	96.0	174	80.7	5.1	26.5	39.7	6.2	19	40	25	22	20	28	27	--	--	3.4	5.1	6.2	--	--	--
8.60	1.86	12.93	--	0.99	98.0	168	76.0	4.6	27.3	40.9	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	2.25	15.03	--	0.94	99.8	180	85.1	5.1	27.4	41.1	6.8	21	40	25	22	21	29	28	--	--	3.8	5.6	6.8	--	--	--
9.00	2.55	13.47	--	0.95	101.6	189	91.0	5.5	27.6	41.4	7.6	25	40	26	23	21	29	28	--	--	4.2	6.4	7.6	--	--	--
9.20	3.43	16.91	--	0.98	103.6	211	114.3	7.1	25.8	38.8	10.3	35	41	27	24	23	31	29	--	--	5.7	8.6	10.3	--	--	--
9.40	3.72	21.97	--	0.99	105.5	218	124.1	7.7	25.6	38.4	11.2	37	41	27	24	23	31	30	--	--	6.2	9.3	11.2	--	--	--
9.60	4.02	34.17	--	0.90	107.3	224	--	--	--	--	--	39	41	28	25	23	31	30	--	--	6.7	10.0	12.1	--	--	--
9.80	5.29	33.75	--	0.92	109.1	249	--	--	--	--	--	48	42	29	26	24	33	31	--	--	8.8	13.2	15.9	--	--	--
10.00	6.08	46.62	--	0.94	110.9	262	--	--	--	--	--	53	42	30	27	25	34	32	--	--	10.1	15.2	18.2	--	--	--
10.20	5.29	36.73	--	0.92	112.7	249	--	--	--	--	--	47	42	29	26	24	33	31	--	--	8.8	13.2	15.9	--	--	--
10.40	5.59	22.53	--	1.01	114.7	254	186.2	11.5	31.7	47.5	16.8	49	42	29	26	24	33	31	--	--	9.3	14.0	16.8	--	--	--
10.60	8.13	29.64	--	1.04	116.7	293	271.1	18.0	46.1	69.1	24.4	61	43	31	28	26	35	33	--	--	13.6	20.3	24.4	--	--	--
10.80	9.02	32.86	--	0.99	118.7	304	--	--	--	--	--	64	43	31	28	27	35	33	--	--	15.0	22.5	27.0	--	--	--
11.00	9.51	37.31	--	1.00	120.6	310	--	--	--	--	--	66	43	31	29	27	36	34	--	--	15.8	23.8	28.5	--	--	--
11.20	8.43	33.08	--	0.98	122.5	297	--	--	--	--	--	61	43	31	28	26	35	33	--	--	14.0	21.1	25.3	--	--	--
11.40	8.23	26.25	--	1.04	124.6	294	274.4	16.8	46.6	70.0	24.7	60	43	31	28	26	35	33	--	--	13.7	20.6	24.7	--	--	--
11.60	10.00	36.43	--	1.00	126.5	316	--	--	--	--	--	66	43	31	29	27	36	34	--	--	16.7	25.0	30.0	--	--	--
11.80	9.31	32.42	--	0.99	128.5	308	--	--	--	--	--	64	43	31	28	26	35	34	--	--	15.5	23.3	27.9	--	--	--
12.00	9.60	28.24	--	1.05	130.5	311	320.1	19.3	54.4	81.6	28.8															



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



CPTU



Comitente: Comune di Concordia sulla Secchia (MO)
Cantiere: Concordia sulla Secchia (MO)
Data: 11/05/2015

ID Prova: OPTU 1
Profondità (da): a mt 2.15 da p.c.
Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnoperta GI-CP-2IN - SSM



Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V. avanzz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V. avanzz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V. avanzz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V. avanzz.
0.000	0.460	0.000	0.010	0.210	2.330	1.660	6.816	0.312	0.511	1.264	2.380	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.040	0.677	0.005	0.010	0.210	2.330	1.660	6.504	0.297	0.542	1.271	2.360	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.080	0.894	0.010	0.010	0.210	2.330	1.660	6.192	0.282	0.567	1.279	2.340	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.120	1.111	0.015	0.010	0.210	2.330	1.660	5.880	0.267	0.592	1.287	2.320	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.160	1.328	0.020	0.010	0.210	2.330	1.660	5.568	0.252	0.617	1.295	2.300	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.200	1.545	0.025	0.010	0.210	2.330	1.660	5.256	0.237	0.642	1.303	2.280	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.240	1.762	0.030	0.010	0.210	2.330	1.660	4.944	0.222	0.667	1.311	2.260	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.280	1.979	0.035	0.010	0.210	2.330	1.660	4.632	0.207	0.692	1.319	2.240	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.320	2.196	0.040	0.010	0.210	2.330	1.660	4.320	0.192	0.717	1.327	2.220	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.360	2.413	0.045	0.010	0.210	2.330	1.660	4.008	0.177	0.742	1.335	2.200	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.400	2.630	0.050	0.010	0.210	2.330	1.660	3.696	0.162	0.767	1.343	2.180	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.440	2.847	0.055	0.010	0.210	2.330	1.660	3.384	0.147	0.792	1.351	2.160	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.480	3.064	0.060	0.010	0.210	2.330	1.660	3.072	0.132	0.817	1.359	2.140	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.520	3.281	0.065	0.010	0.210	2.330	1.660	2.760	0.117	0.842	1.367	2.120	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.560	3.498	0.070	0.010	0.210	2.330	1.660	2.448	0.102	0.867	1.375	2.100	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.600	3.715	0.075	0.010	0.210	2.330	1.660	2.136	0.087	0.892	1.383	2.080	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.640	3.932	0.080	0.010	0.210	2.330	1.660	1.824	0.072	0.917	1.391	2.060	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.680	4.149	0.085	0.010	0.210	2.330	1.660	1.512	0.057	0.942	1.399	2.040	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.720	4.366	0.090	0.010	0.210	2.330	1.660	1.200	0.042	0.967	1.407	2.020	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.760	4.583	0.095	0.010	0.210	2.330	1.660	0.888	0.027	0.992	1.415	2.000	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.800	4.800	0.100	0.010	0.210	2.330	1.660	0.576	0.012	1.017	1.423	1.980	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.840	5.017	0.105	0.010	0.210	2.330	1.660	0.264	0.000	1.042	1.431	1.960	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.880	5.234	0.110	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.067	1.439	1.940	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.920	5.451	0.115	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.092	1.447	1.920	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
0.960	5.668	0.120	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.117	1.455	1.900	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.000	5.885	0.125	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.142	1.463	1.880	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.040	6.102	0.130	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.167	1.471	1.860	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.080	6.319	0.135	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.192	1.479	1.840	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.120	6.536	0.140	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.217	1.487	1.820	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.160	6.753	0.145	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.242	1.495	1.800	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.200	6.970	0.150	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.267	1.503	1.780	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.240	7.187	0.155	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.292	1.511	1.760	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.280	7.404	0.160	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.317	1.519	1.740	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.320	7.621	0.165	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.342	1.527	1.720	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.360	7.838	0.170	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.367	1.535	1.700	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.400	8.055	0.175	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.392	1.543	1.680	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.440	8.272	0.180	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.417	1.551	1.660	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.480	8.489	0.185	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.442	1.559	1.640	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.520	8.706	0.190	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.467	1.567	1.620	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.560	8.923	0.195	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.492	1.575	1.600	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.600	9.140	0.200	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.517	1.583	1.580	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.640	9.357	0.205	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.542	1.591	1.560	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.680	9.574	0.210	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.567	1.600	1.540	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.720	9.791	0.215	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.592	1.608	1.520	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.760	10.008	0.220	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.617	1.616	1.500	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.800	10.225	0.225	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.642	1.624	1.480	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.840	10.442	0.230	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.667	1.632	1.460	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.880	10.659	0.235	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.692	1.640	1.440	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317	1.003	6.400	11.412	0.706	0.408	0.989	2.310
1.920	10.876	0.240	0.010	0.210	2.330	1.660	0.000	0.000	1.717	1.648	1.420	1.134	4.940	0.838	0.403	0.317							

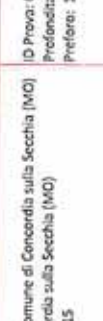


Comune di Concorezia
Cantieri: Concorezia sulla Secchia (MO)
Data: 11/06/2015

ID Prova: CPTU 1
Profondità falda: a mt 2.15 da p.c.
Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tetonogica G1-CPTUIN - SSMI



Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Grad°	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Grad°	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Grad°	cm/sec
8.200	7.760	0.424	0.357	1.136	2.330	9.860	86.515	0.378	1.235	1.352	2.820	11.500	104.324	0.535	1.245	1.725	2.180
8.240	7.800	0.389	0.357	1.204	2.370	9.880	78.076	0.496	1.143	1.272	1.840	11.520	98.450	0.558	1.194	1.721	2.200
8.280	7.840	0.357	0.357	1.204	2.410	9.900	70.609	0.366	1.092	1.283	1.860	11.540	92.996	0.483	0.978	1.723	2.220
8.320	7.880	0.342	0.357	1.198	2.450	9.920	63.142	0.366	1.092	1.283	1.880	11.560	87.542	0.483	0.978	1.723	2.240
8.360	7.920	0.342	0.357	1.198	2.490	9.940	60.740	0.340	0.981	1.275	1.900	11.580	82.088	0.483	0.978	1.723	2.260
8.400	7.960	0.401	0.673	1.188	2.530	9.960	60.340	0.345	0.979	1.285	1.920	11.600	87.882	0.425	1.194	1.733	2.280
8.440	8.000	0.401	0.673	1.188	2.570	9.980	60.340	0.345	0.979	1.285	1.940	11.620	88.614	0.425	1.214	1.735	2.300
8.480	8.040	0.389	0.704	1.188	2.610	10.000	63.143	0.389	1.265	1.732	2.220	13.280	46.488	0.447	1.062	1.992	2.320
8.520	8.080	0.321	0.755	1.196	2.650	10.020	63.143	0.321	0.755	1.732	2.240	13.300	48.300	0.447	1.062	1.992	2.340
8.560	8.120	0.321	0.755	1.196	2.690	10.040	63.143	0.321	0.755	1.732	2.260	13.320	48.300	0.447	1.062	1.992	2.360
8.600	8.160	0.321	0.755	1.196	2.730	10.060	63.143	0.321	0.755	1.732	2.280	13.340	48.300	0.447	1.062	1.992	2.380
8.640	8.200	0.321	0.755	1.196	2.770	10.080	63.143	0.321	0.755	1.732	2.300	13.360	48.300	0.447	1.062	1.992	2.400
8.680	8.240	0.321	0.755	1.196	2.810	10.100	63.143	0.321	0.755	1.732	2.320	13.380	48.300	0.447	1.062	1.992	2.420
8.720	8.280	0.321	0.755	1.196	2.850	10.120	63.143	0.321	0.755	1.732	2.340	13.400	48.300	0.447	1.062	1.992	2.440
8.760	8.320	0.321	0.755	1.196	2.890	10.140	63.143	0.321	0.755	1.732	2.360	13.420	48.300	0.447	1.062	1.992	2.460
8.800	8.360	0.321	0.755	1.196	2.930	10.160	63.143	0.321	0.755	1.732	2.380	13.440	48.300	0.447	1.062	1.992	2.480
8.840	8.400	0.321	0.755	1.196	2.970	10.180	63.143	0.321	0.755	1.732	2.400	13.460	48.300	0.447	1.062	1.992	2.500
8.880	8.440	0.321	0.755	1.196	3.010	10.200	63.143	0.321	0.755	1.732	2.420	13.480	48.300	0.447	1.062	1.992	2.520
8.920	8.480	0.321	0.755	1.196	3.050	10.220	63.143	0.321	0.755	1.732	2.440	13.500	48.300	0.447	1.062	1.992	2.540
8.960	8.520	0.321	0.755	1.196	3.090	10.240	63.143	0.321	0.755	1.732	2.460	13.520	48.300	0.447	1.062	1.992	2.560
9.000	8.560	0.321	0.755	1.196	3.130	10.260	63.143	0.321	0.755	1.732	2.480	13.540	48.300	0.447	1.062	1.992	2.580
9.040	8.600	0.321	0.755	1.196	3.170	10.280	63.143	0.321	0.755	1.732	2.500	13.560	48.300	0.447	1.062	1.992	2.600
9.080	8.640	0.321	0.755	1.196	3.210	10.300	63.143	0.321	0.755	1.732	2.520	13.580	48.300	0.447	1.062	1.992	2.620
9.120	8.680	0.321	0.755	1.196	3.250	10.320	63.143	0.321	0.755	1.732	2.540	13.600	48.300	0.447	1.062	1.992	2.640
9.160	8.720	0.321	0.755	1.196	3.290	10.340	63.143	0.321	0.755	1.732	2.560	13.620	48.300	0.447	1.062	1.992	2.660
9.200	8.760	0.321	0.755	1.196	3.330	10.360	63.143	0.321	0.755	1.732	2.580	13.640	48.300	0.447	1.062	1.992	2.680
9.240	8.800	0.321	0.755	1.196	3.370	10.380	63.143	0.321	0.755	1.732	2.600	13.660	48.300	0.447	1.062	1.992	2.700
9.280	8.840	0.321	0.755	1.196	3.410	10.400	63.143	0.321	0.755	1.732	2.620	13.680	48.300	0.447	1.062	1.992	2.720
9.320	8.880	0.321	0.755	1.196	3.450	10.420	63.143	0.321	0.755	1.732	2.640	13.700	48.300	0.447	1.062	1.992	2.740
9.360	8.920	0.321	0.755	1.196	3.490	10.440	63.143	0.321	0.755	1.732	2.660	13.720	48.300	0.447	1.062	1.992	2.760
9.400	8.960	0.321	0.755	1.196	3.530	10.460	63.143	0.321	0.755	1.732	2.680	13.740	48.300	0.447	1.062	1.992	2.780
9.440	9.000	0.321	0.755	1.196	3.570	10.480	63.143	0.321	0.755	1.732	2.700	13.760	48.300	0.447	1.062	1.992	2.800
9.480	9.040	0.321	0.755	1.196	3.610	10.500	63.143	0.321	0.755	1.732	2.720	13.780	48.300	0.447	1.062	1.992	2.820
9.520	9.080	0.321	0.755	1.196	3.650	10.520	63.143	0.321	0.755	1.732	2.740	13.800	48.300	0.447	1.062	1.992	2.840
9.560	9.120	0.321	0.755	1.196	3.690	10.540	63.143	0.321	0.755	1.732	2.760	13.820	48.300	0.447	1.062	1.992	2.860
9.600	9.160	0.321	0.755	1.196	3.730	10.560	63.143	0.321	0.755	1.732	2.780	13.840	48.300	0.447	1.062	1.992	2.880
9.640	9.200	0.321	0.755	1.196	3.770	10.580	63.143	0.321	0.755	1.732	2.800	13.860	48.300	0.447	1.062	1.992	2.900
9.680	9.240	0.321	0.755	1.196	3.810	10.600	63.143	0.321	0.755	1.732	2.820	13.880	48.300	0.447	1.062	1.992	2.920
9.720	9.280	0.321	0.755	1.196	3.850	10.620	63.143	0.321	0.755	1.732	2.840	13.900	48.300	0.447	1.062	1.992	2.940
9.760	9.320	0.321	0.755	1.196	3.890	10.640	63.143	0.321	0.755	1.732	2.860	13.920	48.300	0.447	1.062	1.992	2.960
9.800	9.360	0.321	0.755	1.196	3.930	10.660	63.143	0.321	0.755	1.732	2.880	13.940	48.300	0.447	1.062	1.992	2.980
9.840	9.400	0.321	0.755	1.196	3.970	10.680	63.143	0.321	0.755	1.732	2.900	13.960	48.300	0.447	1.062	1.992	3.000
9.880	9.440	0.321	0.755	1.196	4.010	10.700	63.143	0.321	0.755	1.732	2.920	13.980	48.300	0.447	1.062	1.992	3.020
9.920	9.480	0.321	0.755	1.196	4.050	10.720	63.143	0.321	0.755	1.732	2.940	14.000	48.300	0.447	1.062	1.992	3.040
9.960	9.520	0.321	0.755	1.196	4.090	10.740	63.143	0.321	0.755	1.732	2.960	14.020	48.300	0.447	1.062	1.992	3.060
10.000	9.560	0.321	0.755	1.196	4.130	10.760	63.143	0.321	0.755	1.732	2.980	14.040	48.300	0.447	1.062	1.992	3.080
10.040	9.600	0.321	0.755	1.196	4.170	10.780	63.143	0.321	0.755	1.732	3.000	14.060	48.300	0.447	1.062	1.992	3.100
10.080	9.640	0.321	0.755	1.196	4.210	10.800	63.143	0.321	0.755	1.732	3.020	14.080	48.300	0.447	1.062	1.992	3.120
10.120	9.680	0.321	0.755	1.196	4.250	10.820	63.143	0.321	0.755	1.732	3.040	14.100	48.300	0.447	1.062	1.992	3.140
10.160	9.720	0.321	0.755	1.196	4.290	10.840	63.143	0.321	0.755	1.732	3.060	14.120	48.300	0.447	1.062	1.992	3.160
10.200	9.760	0.321	0.755	1.196	4.330	10.860	63.143	0.321	0.755	1.732	3.080	14.140	48.300	0.447	1.062	1.992	3.180
10.240	9.800	0.321	0.755	1.196	4.370	10.880	63.143	0.321	0.755	1.732	3.100	14.160	48.300	0.447	1.062	1.992	3.200
10.280	9.840	0.321	0.755	1.196	4.410	10.900	63.143	0.321	0.755	1.732	3.120	14.180	48.300	0.447	1.062	1.992	3.220
10.320	9.880	0.321	0.755	1.196													



Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi°	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi°	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi°	cm/sec
16.420	152.017	0.545	1.133	3.518	2.150	18.000	162.941	0.505	1.245	4.020	2.200	19.700	139.855	0.601	1.408	4.383	2.080
16.440	148.544	0.545	1.133	3.530	2.120	18.080	161.973	0.544	1.255	4.038	2.270	19.720	138.336	0.551	1.327	4.383	2.070
16.460	144.609	0.570	1.153	3.552	2.130	18.100	156.208	0.490	1.235	4.019	2.230	19.760	134.618	0.534	1.388	4.389	2.110
16.480	140.639	0.595	1.173	3.574	2.140	18.120	150.439	0.440	1.215	4.001	2.200	19.800	130.900	0.517	1.449	4.394	2.150
16.500	136.669	0.620	1.193	3.596	2.150	18.140	144.670	0.390	1.195	4.001	2.170	19.840	127.182	0.500	1.510	4.399	2.190
16.520	132.699	0.645	1.213	3.618	2.160	18.160	138.901	0.340	1.175	4.001	2.140	19.880	123.464	0.483	1.571	4.404	2.230
16.540	128.729	0.670	1.233	3.640	2.170	18.180	133.132	0.290	1.155	4.001	2.110	19.920	119.746	0.466	1.632	4.409	2.270
16.560	124.759	0.695	1.253	3.662	2.180	18.200	127.363	0.240	1.135	4.001	2.080	19.960	116.028	0.449	1.693	4.414	2.310
16.580	120.789	0.720	1.273	3.684	2.190	18.220	121.594	0.190	1.115	4.001	2.050	20.000	112.310	0.432	1.754	4.419	2.350
16.600	116.819	0.745	1.293	3.706	2.200	18.240	115.825	0.140	1.095	4.001	2.020	20.040	108.592	0.415	1.815	4.424	2.390
16.620	112.849	0.770	1.313	3.728	2.210	18.260	110.056	0.090	1.075	4.001	2.000	20.080	104.874	0.398	1.876	4.429	2.430
16.640	108.879	0.795	1.333	3.750	2.220	18.280	104.287	0.040	1.055	4.001	2.000	20.120	101.156	0.381	1.937	4.434	2.470
16.660	104.909	0.820	1.353	3.772	2.230	18.300	98.518	0.000	1.035	4.001	2.000	20.160	97.438	0.364	1.998	4.439	2.510
16.680	100.939	0.845	1.373	3.794	2.240	18.320	92.749	0.000	1.015	4.001	2.000	20.200	93.720	0.347	2.059	4.444	2.550
16.700	96.969	0.870	1.393	3.816	2.250	18.340	86.980	0.000	0.995	4.001	2.000	20.240	90.002	0.330	2.120	4.449	2.590
16.720	92.999	0.895	1.413	3.838	2.260	18.360	81.211	0.000	0.975	4.001	2.000	20.280	86.284	0.313	2.181	4.454	2.630
16.740	89.029	0.920	1.433	3.860	2.270	18.380	75.442	0.000	0.955	4.001	2.000	20.320	82.566	0.296	2.242	4.459	2.670
16.760	85.059	0.945	1.453	3.882	2.280	18.400	69.673	0.000	0.935	4.001	2.000	20.360	78.848	0.279	2.303	4.464	2.710
16.780	81.089	0.970	1.473	3.904	2.290	18.420	63.904	0.000	0.915	4.001	2.000	20.400	75.130	0.262	2.364	4.469	2.750
16.800	77.119	0.995	1.493	3.926	2.300	18.440	58.135	0.000	0.895	4.001	2.000	20.440	71.412	0.245	2.425	4.474	2.790
16.820	73.149	1.020	1.513	3.948	2.310	18.460	52.366	0.000	0.875	4.001	2.000	20.480	67.694	0.228	2.486	4.479	2.830
16.840	69.179	1.045	1.533	3.970	2.320	18.480	46.597	0.000	0.855	4.001	2.000	20.520	63.976	0.211	2.547	4.484	2.870
16.860	65.209	1.070	1.553	3.992	2.330	18.500	40.828	0.000	0.835	4.001	2.000	20.560	60.258	0.194	2.608	4.489	2.910
16.880	61.239	1.095	1.573	4.014	2.340	18.520	35.059	0.000	0.815	4.001	2.000	20.600	56.540	0.177	2.669	4.494	2.950
16.900	57.269	1.120	1.593	4.036	2.350	18.540	29.290	0.000	0.795	4.001	2.000	20.640	52.822	0.160	2.730	4.499	2.990
16.920	53.299	1.145	1.613	4.058	2.360	18.560	23.521	0.000	0.775	4.001	2.000	20.680	49.104	0.143	2.791	4.504	3.030
16.940	49.329	1.170	1.633	4.080	2.370	18.580	17.752	0.000	0.755	4.001	2.000	20.720	45.386	0.126	2.852	4.509	3.070
16.960	45.359	1.195	1.653	4.102	2.380	18.600	11.983	0.000	0.735	4.001	2.000	20.760	41.668	0.109	2.913	4.514	3.110
16.980	41.389	1.220	1.673	4.124	2.390	18.620	6.214	0.000	0.715	4.001	2.000	20.800	37.950	0.092	2.974	4.519	3.150
17.000	37.419	1.245	1.693	4.146	2.400	18.640	0.445	0.000	0.695	4.001	2.000	20.840	34.232	0.075	3.035	4.524	3.190
17.020	33.449	1.270	1.713	4.168	2.410	18.660	-4.324	0.000	0.675	4.001	2.000	20.880	30.514	0.058	3.096	4.529	3.230
17.040	29.479	1.295	1.733	4.190	2.420	18.680	-9.095	0.000	0.655	4.001	2.000	20.920	26.796	0.041	3.157	4.534	3.270
17.060	25.509	1.320	1.753	4.212	2.430	18.700	-13.866	0.000	0.635	4.001	2.000	20.960	23.078	0.024	3.218	4.539	3.310
17.080	21.539	1.345	1.773	4.234	2.440	18.720	-18.637	0.000	0.615	4.001	2.000	21.000	19.360	0.007	3.279	4.544	3.350
17.100	17.569	1.370	1.793	4.256	2.450	18.740	-23.408	0.000	0.595	4.001	2.000	21.040	15.642	0.000	3.340	4.549	3.390
17.120	13.599	1.395	1.813	4.278	2.460	18.760	-28.179	0.000	0.575	4.001	2.000	21.080	11.924	0.000	3.401	4.554	3.430
17.140	9.629	1.420	1.833	4.300	2.470	18.780	-32.950	0.000	0.555	4.001	2.000	21.120	8.206	0.000	3.462	4.559	3.470
17.160	5.659	1.445	1.853	4.322	2.480	18.800	-37.721	0.000	0.535	4.001	2.000	21.160	4.488	0.000	3.523	4.564	3.510
17.180	1.689	1.470	1.873	4.344	2.490	18.820	-42.492	0.000	0.515	4.001	2.000	21.200	0.770	0.000	3.584	4.569	3.550
17.200	-2.341	1.495	1.893	4.366	2.500	18.840	-47.263	0.000	0.495	4.001	2.000	21.240	-3.048	0.000	3.645	4.574	3.590
17.220	-6.371	1.520	1.913	4.388	2.510	18.860	-52.034	0.000	0.475	4.001	2.000	21.280	-6.930	0.000	3.706	4.579	3.630
17.240	-10.401	1.545	1.933	4.410	2.520	18.880	-56.805	0.000	0.455	4.001	2.000	21.320	-10.812	0.000	3.767	4.584	3.670
17.260	-14.431	1.570	1.953	4.432	2.530	18.900	-61.576	0.000	0.435	4.001	2.000	21.360	-14.694	0.000	3.828	4.589	3.710
17.280	-18.461	1.595	1.973	4.454	2.540	18.920	-66.347	0.000	0.415	4.001	2.000	21.400	-18.576	0.000	3.889	4.594	3.750
17.300	-22.491	1.620	1.993	4.476	2.550	18.940	-71.118	0.000	0.395	4.001	2.000	21.440	-22.458	0.000	3.950	4.599	3.790
17.320	-26.521	1.645	2.013	4.498	2.560	18.960	-75.889	0.000	0.375	4.001	2.000	21.480	-26.340	0.000	4.011	4.604	3.830
17.340	-30.551	1.670	2.033	4.520	2.570	18.980	-80.660	0.000	0.355	4.001	2.000	21.520	-30.222	0.000	4.072	4.609	3.870
17.360	-34.581	1.695	2.053	4.542	2.580	19.000	-85.431	0.000	0.335	4.001	2.000	21.560	-34.104	0.000	4.133	4.614	3.910
17.380	-38.611	1.720	2.073	4.564	2.590	19.020	-90.202	0.000	0.315	4.001	2.000	21.600	-37.986	0.000	4.194	4.619	3.950
17.400	-42.641	1.745	2.093	4.586	2.600	19.040	-94.973	0.000	0.295	4.001	2.000	21.640	-41.868	0.000	4.255	4.624	3.990
17.420	-46.671	1.770	2.113	4.608	2.610	19.060	-99.744	0.000	0.275	4.001	2.000	21.680	-45.750	0.000	4.316	4.629	4.030
17.440	-50.701	1.795	2.133	4.630	2.620	19.080	-104.515	0.000	0.255	4.001	2.000	21.720	-49.632	0.000	4.377	4.634	4.070
17.460	-54.731	1.820	2.153	4.652	2.630	19.100	-109.286	0.000	0.235	4.001	2.000	21.760	-53.514	0.000	4.438	4.639	4.110
17.480	-58.761	1.845	2.173	4.674	2.640	19.120	-114.057	0.000	0.215	4.001	2.000	21.800	-57.396	0.000	4.499	4.644	4.150
17.500	-62.791	1.870	2.193	4.696	2.650	19.140	-118.828	0.000	0.195	4.001	2.000	21.840	-61.278	0.000	4.560	4.649	4.190
17.520	-66.821	1.895	2.213	4.718	2.660	19.160	-123.599	0.000	0.175	4.001	2.000	21.880	-65.160	0.000	4.621	4.654	4.230
17.540	-70.851	1.920	2.233	4.740	2.670	19.180	-128.370	0.000	0.155	4.001	2.000	21.920	-69.042	0.000	4.682	4.659	4.270
17.560	-74.881	1.945	2.253	4.762	2.680	19.200	-133.141	0.000	0.135	4.001	2.000	21.960	-72.924	0.000	4.743	4.664	4.310
17.580	-78.911	1.970	2.273	4.784	2.690	19.220	-137.912	0.000	0.115	4.001	2.000	22.000	-76.806	0.000	4.804	4.669	4.350
17.600	-82.941	1.995	2.293	4.806	2.700	19.240	-142.683	0.000	0.095	4.001	2.000	22.040	-80.688	0.000	4.865	4.674	4.390
17.620	-86.971	2.020	2.313	4.828	2.710	19.260	-147.454	0.000	0.075	4.001	2.000	22.080	-84.570	0.000	4.926	4.679	4.430
17.640	-91.001	2.045	2.333	4.850	2.720	19.280	-152.225	0.000	0.055	4.001	2.000	22.120	-88.452	0.000	4.987	4.684	4.470
17.660	-95.031	2.070	2.353	4.872	2.730	19.300	-156.996	0.000									



Committente: Comune di Concordia sulla Secchia (MO)
Cantiere: Concordia sulla Secchia (MO)
Data: 11/08/2015

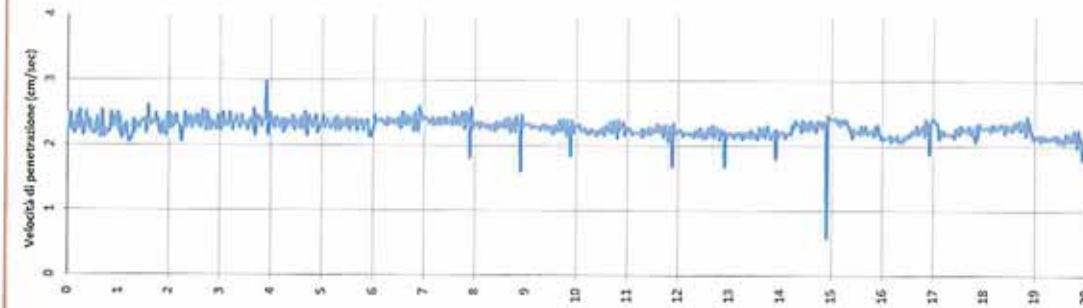
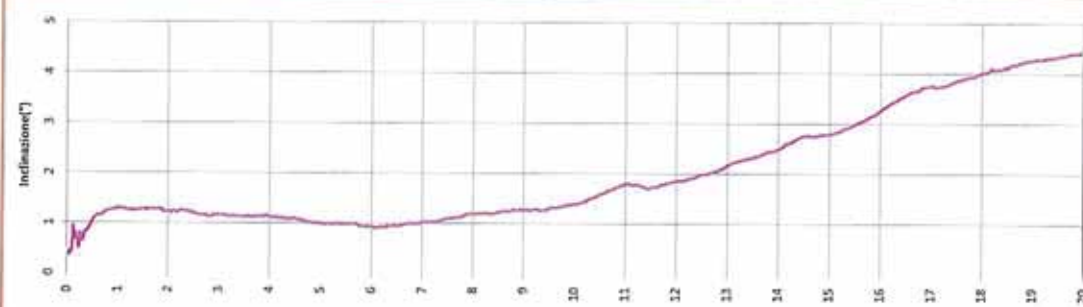
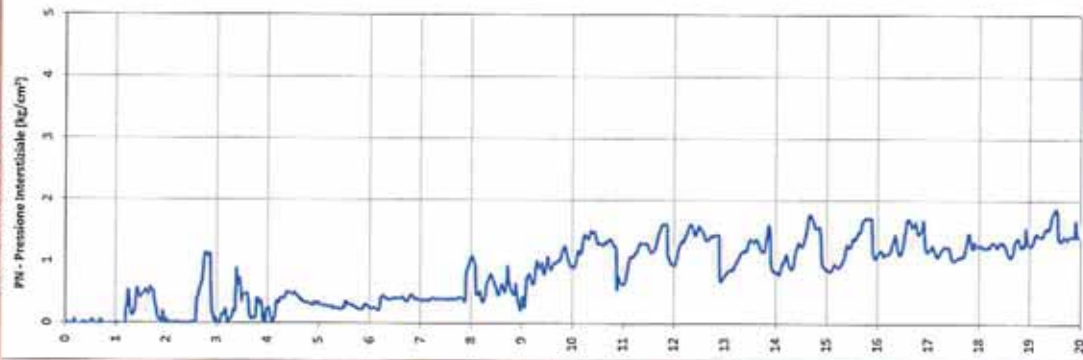
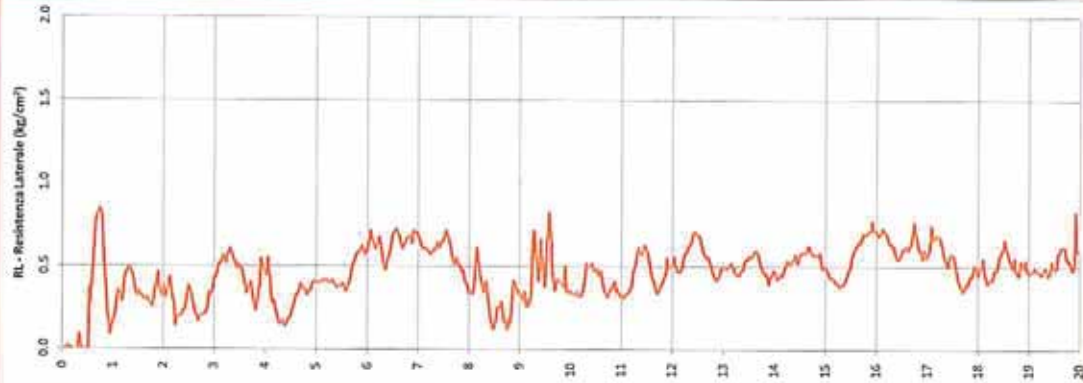
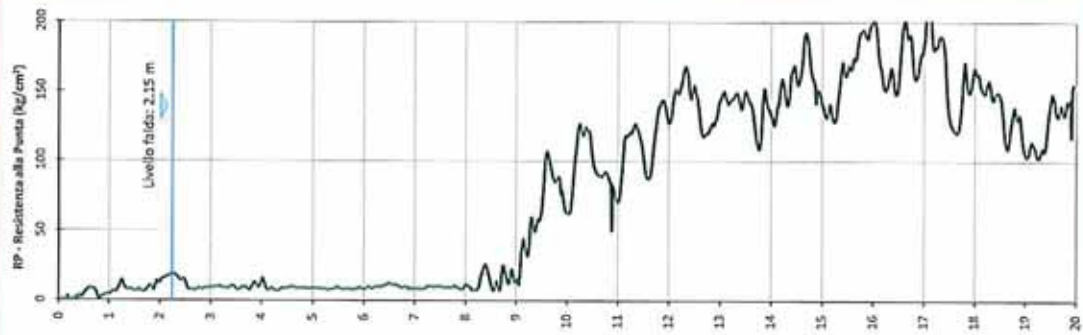
ID Prova: CPTU 1

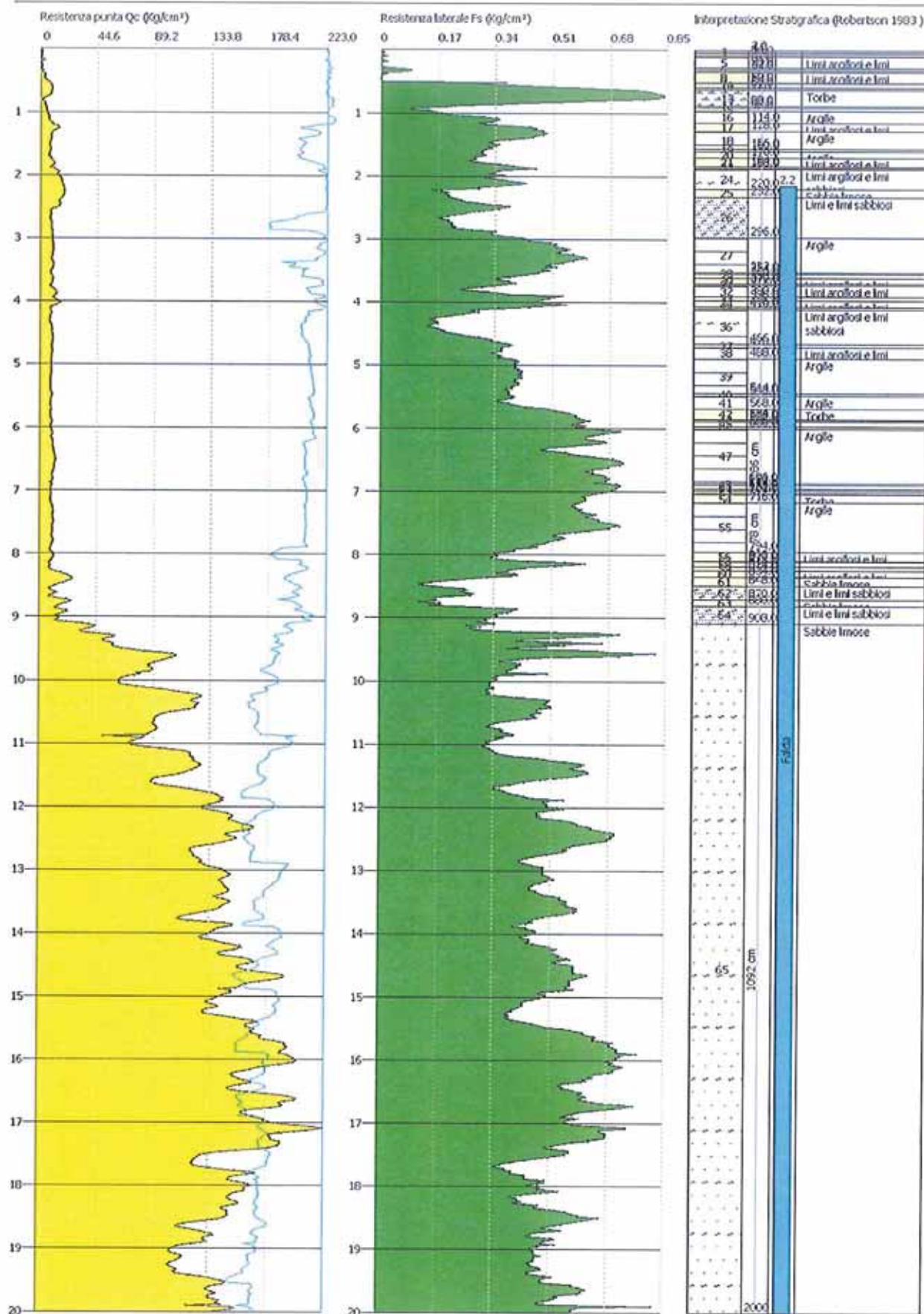
Profondità fida: a mt 2.15 da p.c.
Preforo: 1.20 mt da p.c.

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI



GRAFICI PROVA CPTU 1







Comune: Comune di Concordia sulla Secchia (MO)
Cantiere: Concordia sulla Secchia (MO)
Data: 11/08/2015

ID Prova: CPTU 3
Profondità fida: a mt. 2.00 da p.c.
Prefero: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopunta G1-CPTUIN - SISM



Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanz.
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi	cm/sec
0.000	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.050	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.100	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.150	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.200	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.250	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.300	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.350	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.400	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.450	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.500	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.550	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.600	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.650	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.700	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.750	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.800	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.850	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.900	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
0.950	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.000	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.050	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.100	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.150	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.200	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.250	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.300	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.350	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.400	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.450	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.500	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.550	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.600	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.650	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.700	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.750	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.800	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.850	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.900	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
1.950	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460
2.000	15.763	0.016	0.112	0.267	2.300	1.660	8.285	0.315	0.520	0.301	2.580	4.560	16.862	0.912	0.612	0.888	2.460

Prof.: Profondità RL - RP: Resistenza di punta - Resistenza all'attrito laterale - Incl.: inclinazione - Vanz.: velocità di avanzamento della punta



Comune di Concordia sulla Secchia (MO)
Cantiere: Concordia sulla Secchia (MO)
Data: 11/08/2015

ID Prova: CPTU 3
Profondità fido: a mt 2.00 da p.c.
Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Treppiede G3-CPL2IN - SISMI



Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzaz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzaz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzaz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vanzaz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi	cm/sec
8.230	7.027	0.155	1.582	1.501	2.030	9.860	69.015	0.385	0.104	1.857	2.240	11.500	125.007	0.390	0.659	2.764	2.130	13.160	112.356	0.410	0.694	3.574	1.980
8.240	7.136	0.203	1.582	1.520	2.330	9.860	72.015	0.343	0.051	1.857	2.500	11.520	138.147	0.404	0.480	2.767	2.020	13.160	113.541	0.419	0.694	3.669	2.040
8.250	7.245	0.251	1.582	1.539	2.630	9.860	75.015	0.301	0.020	1.857	2.450	11.540	159.089	0.412	0.320	2.770	1.960	13.200	115.511	0.426	0.715	3.697	2.010
8.260	7.354	0.299	1.582	1.558	2.930	9.860	78.015	0.259	0.000	1.857	2.710	11.560	180.131	0.420	0.160	2.779	1.910	13.200	117.522	0.433	0.735	3.727	2.010
8.270	7.463	0.347	1.582	1.577	3.230	9.860	81.015	0.217	0.000	1.857	2.970	11.580	201.173	0.430	0.000	2.788	1.860	13.200	119.533	0.440	0.755	3.757	2.010
8.280	7.572	0.395	1.582	1.596	3.530	9.860	84.015	0.175	0.000	1.857	3.230	11.600	222.215	0.440	0.000	2.797	1.810	13.200	121.544	0.450	0.775	3.787	2.010
8.290	7.681	0.443	1.582	1.615	3.830	9.860	87.015	0.133	0.000	1.857	3.490	11.620	243.257	0.450	0.000	2.806	1.760	13.200	123.555	0.460	0.795	3.817	2.010
8.300	7.790	0.491	1.582	1.634	4.130	9.860	90.015	0.091	0.000	1.857	3.750	11.640	264.299	0.460	0.000	2.815	1.710	13.200	125.566	0.470	0.815	3.847	2.010
8.310	7.899	0.539	1.582	1.653	4.430	9.860	93.015	0.049	0.000	1.857	4.010	11.660	285.341	0.470	0.000	2.824	1.660	13.200	127.577	0.480	0.835	3.877	2.010
8.320	8.008	0.587	1.582	1.672	4.730	9.860	96.015	0.007	0.000	1.857	4.270	11.680	306.383	0.480	0.000	2.833	1.610	13.200	129.588	0.490	0.855	3.907	2.010
8.330	8.117	0.635	1.582	1.691	5.030	9.860	99.015	0.000	0.000	1.857	4.530	11.700	327.425	0.490	0.000	2.842	1.560	13.200	131.599	0.500	0.875	3.937	2.010
8.340	8.226	0.683	1.582	1.710	5.330	9.860	102.015	0.000	0.000	1.857	4.790	11.720	348.467	0.500	0.000	2.851	1.510	13.200	133.610	0.510	0.895	3.967	2.010
8.350	8.335	0.731	1.582	1.729	5.630	9.860	105.015	0.000	0.000	1.857	5.050	11.740	369.509	0.510	0.000	2.860	1.460	13.200	135.621	0.520	0.915	3.997	2.010
8.360	8.444	0.779	1.582	1.748	5.930	9.860	108.015	0.000	0.000	1.857	5.310	11.760	390.551	0.520	0.000	2.869	1.410	13.200	137.632	0.530	0.935	4.027	2.010
8.370	8.553	0.827	1.582	1.767	6.230	9.860	111.015	0.000	0.000	1.857	5.570	11.780	411.593	0.530	0.000	2.878	1.360	13.200	139.643	0.540	0.955	4.057	2.010
8.380	8.662	0.875	1.582	1.786	6.530	9.860	114.015	0.000	0.000	1.857	5.830	11.800	432.635	0.540	0.000	2.887	1.310	13.200	141.654	0.550	0.975	4.087	2.010
8.390	8.771	0.923	1.582	1.805	6.830	9.860	117.015	0.000	0.000	1.857	6.090	11.820	453.677	0.550	0.000	2.896	1.260	13.200	143.665	0.560	0.995	4.117	2.010
8.400	8.880	0.971	1.582	1.824	7.130	9.860	120.015	0.000	0.000	1.857	6.350	11.840	474.719	0.560	0.000	2.905	1.210	13.200	145.676	0.570	1.015	4.147	2.010
8.410	8.989	1.019	1.582	1.843	7.430	9.860	123.015	0.000	0.000	1.857	6.610	11.860	495.761	0.570	0.000	2.914	1.160	13.200	147.687	0.580	1.035	4.177	2.010
8.420	9.098	1.067	1.582	1.862	7.730	9.860	126.015	0.000	0.000	1.857	6.870	11.880	516.803	0.580	0.000	2.923	1.110	13.200	149.698	0.590	1.055	4.207	2.010
8.430	9.207	1.115	1.582	1.881	8.030	9.860	129.015	0.000	0.000	1.857	7.130	11.900	537.845	0.590	0.000	2.932	1.060	13.200	151.709	0.600	1.075	4.237	2.010
8.440	9.316	1.163	1.582	1.900	8.330	9.860	132.015	0.000	0.000	1.857	7.390	11.920	558.887	0.600	0.000	2.941	1.010	13.200	153.720	0.610	1.095	4.267	2.010
8.450	9.425	1.211	1.582	1.919	8.630	9.860	135.015	0.000	0.000	1.857	7.650	11.940	579.929	0.610	0.000	2.950	0.960	13.200	155.731	0.620	1.115	4.297	2.010
8.460	9.534	1.259	1.582	1.938	8.930	9.860	138.015	0.000	0.000	1.857	7.910	11.960	600.971	0.620	0.000	2.959	0.910	13.200	157.742	0.630	1.135	4.327	2.010
8.470	9.643	1.307	1.582	1.957	9.230	9.860	141.015	0.000	0.000	1.857	8.170	11.980	622.013	0.630	0.000	2.968	0.860	13.200	159.753	0.640	1.155	4.357	2.010
8.480	9.752	1.355	1.582	1.976	9.530	9.860	144.015	0.000	0.000	1.857	8.430	12.000	643.055	0.640	0.000	2.977	0.810	13.200	161.764	0.650	1.175	4.387	2.010
8.490	9.861	1.403	1.582	1.995	9.830	9.860	147.015	0.000	0.000	1.857	8.690	12.020	664.097	0.650	0.000	2.986	0.760	13.200	163.775	0.660	1.195	4.417	2.010
8.500	9.970	1.451	1.582	2.014	10.130	9.860	150.015	0.000	0.000	1.857	8.950	12.040	685.139	0.660	0.000	2.995	0.710	13.200	165.786	0.670	1.215	4.447	2.010
8.510	10.079	1.499	1.582	2.033	10.430	9.860	153.015	0.000	0.000	1.857	9.210	12.060	706.181	0.670	0.000	3.004	0.660	13.200	167.797	0.680	1.235	4.477	2.010
8.520	10.188	1.547	1.582	2.052	10.730	9.860	156.015	0.000	0.000	1.857	9.470	12.080	727.223	0.680	0.000	3.013	0.610	13.200	169.808	0.690	1.255	4.507	2.010
8.530	10.297	1.595	1.582	2.071	11.030	9.860	159.015	0.000	0.000	1.857	9.730	12.100	748.265	0.690	0.000	3.022	0.560	13.200	171.819	0.700	1.275	4.537	2.010
8.540	10.406	1.643	1.582	2.090	11.330	9.860	162.015	0.000	0.000	1.857	9.990	12.120	769.307	0.700	0.000	3.031	0.510	13.200	173.830	0.710	1.295	4.567	2.010
8.550	10.515	1.691	1.582	2.109	11.630	9.860	165.015	0.000	0.000	1.857	10.250	12.140	790.349	0.710	0.000	3.040	0.460	13.200	175.841	0.720	1.315	4.597	2.010
8.560	10.624	1.739	1.582	2.128	11.930	9.860	168.015	0.000	0.000	1.857	10.510	12.160	811.391	0.720	0.000	3.049	0.410	13.200	177.852	0.730	1.335	4.627	2.010
8.570	10.733	1.787	1.582	2.147	12.230	9.860	171.015	0.000	0.000	1.857	10.770	12.180	832.433	0.730	0.000	3.058	0.360	13.200	179.863	0.740	1.355	4.657	2.010
8.580	10.842	1.835	1.582	2.166	12.530	9.860	174.015	0.000	0.000	1.857	11.030	12.200	853.475	0.740	0.000	3.067	0.310	13.200	181.874	0.750	1.375	4.687	2.010
8.590	10.951	1.883	1.582	2.185	12.830	9.860	177.015	0.000	0.000	1.857	11.290	12.220	874.517	0.750	0.000	3.076	0.260	13.200	183.885	0.760	1.395	4.717	2.010
8.600	11.060	1.931	1.582	2.204	13.130	9.860	180.015	0.000	0.000	1.857	11.550	12.240	895.559	0.760	0.000	3.085	0.210	13.200	185.896	0.770	1.415	4.747	2.010
8.610	11.169	1.979	1.582	2.223	13.430	9.860	183.015	0.000	0.000	1.857	11.810	12.260	916.601	0.770	0.000	3.094	0.160	13.200	187.907	0.780	1.435	4.777	2.010
8.620	11.278	2.027	1.582	2.242	13.730	9.860	186.015	0.000	0.000	1.857													



Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta slamica: Tecnopenta G1-CPL2IN - S&S MI

Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	cm/sec	kg/cm ²	kg/cm ²	Grad°	cm/sec	metri	cm/sec	kg/cm ²	kg/cm ²	Grad°	cm/sec	metri	cm/sec	kg/cm ²	kg/cm ²	Grad°	cm/sec
16.420	125.048	0.402	1.235	5.104	2.100	13.060	118.051	0.553	1.235	5.831	2.160	13.700	108.349	0.413	1.439	6.311	2.270
16.440	126.133	0.392	1.245	5.111	1.990	18.080	121.089	0.556	1.255	5.891	2.190	13.720	108.363	0.396	1.439	6.317	2.500
16.460	127.218	0.382	1.255	5.120	1.880	18.100	122.073	0.533	1.266	5.851	2.160	13.740	108.377	0.389	1.439	6.323	2.430
16.480	128.303	0.372	1.265	5.127	1.770	18.120	123.057	0.510	1.276	5.811	2.130	13.760	108.391	0.372	1.439	6.329	2.360
16.500	129.388	0.362	1.276	5.136	1.660	18.140	124.041	0.487	1.286	5.871	2.100	13.780	114.236	0.389	1.459	6.365	2.430
16.520	130.473	0.352	1.286	5.145	1.550	18.160	125.025	0.464	1.296	5.831	2.110	13.800	114.250	0.372	1.459	6.371	2.360
16.540	131.558	0.342	1.296	5.154	1.440	18.180	126.009	0.441	1.306	5.891	2.120	13.820	114.264	0.355	1.459	6.377	2.290
16.560	132.643	0.332	1.306	5.163	1.330	18.200	127.000	0.418	1.316	5.851	2.130	13.840	114.278	0.338	1.459	6.383	2.220
16.580	133.728	0.322	1.316	5.172	1.220	18.220	128.000	0.395	1.326	5.911	2.140	13.860	114.292	0.321	1.459	6.389	2.150
16.600	134.813	0.312	1.326	5.181	1.110	18.240	129.000	0.372	1.336	5.871	2.150	13.880	114.306	0.304	1.459	6.395	2.080
16.620	135.898	0.302	1.336	5.190	1.000	18.260	130.000	0.349	1.346	5.931	2.160	13.900	114.320	0.287	1.459	6.401	2.010
16.640	136.983	0.292	1.346	5.199	0.890	18.280	131.000	0.326	1.356	5.891	2.170	13.920	114.334	0.270	1.459	6.407	1.940
16.660	138.068	0.282	1.356	5.208	0.780	18.300	132.000	0.303	1.366	5.851	2.180	13.940	114.348	0.253	1.459	6.413	1.870
16.680	139.153	0.272	1.366	5.217	0.670	18.320	133.000	0.280	1.376	5.911	2.190	13.960	114.362	0.236	1.459	6.419	1.800
16.700	140.238	0.262	1.376	5.226	0.560	18.340	134.000	0.257	1.386	5.871	2.200	13.980	114.376	0.219	1.459	6.425	1.730
16.720	141.323	0.252	1.386	5.235	0.450	18.360	135.000	0.234	1.396	5.931	2.210	14.000	114.390	0.202	1.459	6.431	1.660
16.740	142.408	0.242	1.396	5.244	0.340	18.380	136.000	0.211	1.406	5.891	2.220	14.020	114.404	0.185	1.459	6.437	1.590
16.760	143.493	0.232	1.406	5.253	0.230	18.400	137.000	0.188	1.416	5.851	2.230	14.040	114.418	0.168	1.459	6.443	1.520
16.780	144.578	0.222	1.416	5.262	0.120	18.420	138.000	0.165	1.426	5.911	2.240	14.060	114.432	0.151	1.459	6.449	1.450
16.800	145.663	0.212	1.426	5.271	0.010	18.440	139.000	0.142	1.436	5.871	2.250	14.080	114.446	0.134	1.459	6.455	1.380
16.820	146.748	0.202	1.436	5.280	0.000	18.460	140.000	0.119	1.446	5.831	2.260	14.100	114.460	0.117	1.459	6.461	1.310
16.840	147.833	0.192	1.446	5.289	0.000	18.480	141.000	0.096	1.456	5.791	2.270	14.120	114.474	0.100	1.459	6.467	1.240
16.860	148.918	0.182	1.456	5.298	0.000	18.500	142.000	0.073	1.466	5.751	2.280	14.140	114.488	0.083	1.459	6.473	1.170
16.880	150.003	0.172	1.466	5.307	0.000	18.520	143.000	0.050	1.476	5.711	2.290	14.160	114.502	0.066	1.459	6.479	1.100
16.900	151.088	0.162	1.476	5.316	0.000	18.540	144.000	0.027	1.486	5.671	2.300	14.180	114.516	0.049	1.459	6.485	1.030
16.920	152.173	0.152	1.486	5.325	0.000	18.560	145.000	0.004	1.496	5.631	2.310	14.200	114.530	0.032	1.459	6.491	0.960
16.940	153.258	0.142	1.496	5.334	0.000	18.580	146.000	0.000	1.506	5.591	2.320	14.220	114.544	0.015	1.459	6.497	0.890
16.960	154.343	0.132	1.506	5.343	0.000	18.600	147.000	0.000	1.516	5.551	2.330	14.240	114.558	0.000	1.459	6.503	0.820
16.980	155.428	0.122	1.516	5.352	0.000	18.620	148.000	0.000	1.526	5.511	2.340	14.260	114.572	0.000	1.459	6.509	0.750
17.000	156.513	0.112	1.526	5.361	0.000	18.640	149.000	0.000	1.536	5.471	2.350	14.280	114.586	0.000	1.459	6.515	0.680
17.020	157.598	0.102	1.536	5.370	0.000	18.660	150.000	0.000	1.546	5.431	2.360	14.300	114.600	0.000	1.459	6.521	0.610
17.040	158.683	0.092	1.546	5.379	0.000	18.680	151.000	0.000	1.556	5.391	2.370	14.320	114.614	0.000	1.459	6.527	0.540
17.060	159.768	0.082	1.556	5.388	0.000	18.700	152.000	0.000	1.566	5.351	2.380	14.340	114.628	0.000	1.459	6.533	0.470
17.080	160.853	0.072	1.566	5.397	0.000	18.720	153.000	0.000	1.576	5.311	2.390	14.360	114.642	0.000	1.459	6.539	0.400
17.100	161.938	0.062	1.576	5.406	0.000	18.740	154.000	0.000	1.586	5.271	2.400	14.380	114.656	0.000	1.459	6.545	0.330
17.120	163.023	0.052	1.586	5.415	0.000	18.760	155.000	0.000	1.596	5.231	2.410	14.400	114.670	0.000	1.459	6.551	0.260
17.140	164.108	0.042	1.596	5.424	0.000	18.780	156.000	0.000	1.606	5.191	2.420	14.420	114.684	0.000	1.459	6.557	0.190
17.160	165.193	0.032	1.606	5.433	0.000	18.800	157.000	0.000	1.616	5.151	2.430	14.440	114.698	0.000	1.459	6.563	0.120
17.180	166.278	0.022	1.616	5.442	0.000	18.820	158.000	0.000	1.626	5.111	2.440	14.460	114.712	0.000	1.459	6.569	0.050
17.200	167.363	0.012	1.626	5.451	0.000	18.840	159.000	0.000	1.636	5.071	2.450	14.480	114.726	0.000	1.459	6.575	0.000
17.220	168.448	0.002	1.636	5.460	0.000	18.860	160.000	0.000	1.646	5.031	2.460	14.500	114.740	0.000	1.459	6.581	0.000
17.240	169.533	0.000	1.646	5.469	0.000	18.880	161.000	0.000	1.656	5.000	2.470	14.520	114.754	0.000	1.459	6.587	0.000
17.260	170.618	0.000	1.656	5.478	0.000	18.900	162.000	0.000	1.666	4.960	2.480	14.540	114.768	0.000	1.459	6.593	0.000
17.280	171.703	0.000	1.666	5.487	0.000	18.920	163.000	0.000	1.676	4.920	2.490	14.560	114.782	0.000	1.459	6.599	0.000
17.300	172.788	0.000	1.676	5.496	0.000	18.940	164.000	0.000	1.686	4.880	2.500	14.580	114.796	0.000	1.459	6.605	0.000
17.320	173.873	0.000	1.686	5.505	0.000	18.960	165.000	0.000	1.696	4.840	2.510	14.600	114.810	0.000	1.459	6.611	0.000
17.340	174.958	0.000	1.696	5.514	0.000	18.980	166.000	0.000	1.706	4.800	2.520	14.620	114.824	0.000	1.459	6.617	0.000
17.360	176.043	0.000	1.706	5.523	0.000	19.000	167.000	0.000	1.716	4.760	2.530	14.640	114.838	0.000	1.459	6.623	0.000
17.380	177.128	0.000	1.716	5.532	0.000	19.020	168.000	0.000	1.726	4.720	2.540	14.660	114.852	0.000	1.459	6.629	0.000
17.400	178.213	0.000	1.726	5.541	0.000	19.040	169.000	0.000	1.736	4.680	2.550	14.680	114.866	0.000	1.459	6.635	0.000
17.420	179.298	0.000	1.736	5.550	0.000	19.060	170.000	0.000	1.746	4.640	2.560	14.700	114.880	0.000	1.459	6.641	0.000
17.440	180.383	0.000	1.746	5.559	0.000	19.080	171.000	0.000	1.756	4.600	2.570	14.720	114.894	0.000	1.459	6.647	0.000
17.460	181.468	0.000	1.756	5.568	0.000	19.100	172.000	0.000	1.766	4.560	2.580	14.740	114.908	0.000	1.459	6.653	0.000
17.480	182.553	0.000	1.766	5.577	0.000	19.120	173.000	0.000	1.776	4.520	2.590	14.760	114.922	0.000	1.459	6.659	0.000
17.500	183.638	0.000	1.776	5.586	0.000	19.140	174.000	0.000	1.786	4.480	2.600	14.780	114.936	0.000	1.459	6.665	0.000
17.520	184.723	0.000	1.786	5.595	0.000	19.160	175.000	0.000	1.796	4.440	2.610	14.800	114.950	0.000	1.459	6.671	0.000
17.540	185.808	0.000	1.796	5.604	0.000	19.180	176.000	0.000	1.806	4.400	2.620	14.820	114.964	0.000	1.459	6.677	0.000
17.560	186.893	0.000	1.806	5.613	0.000	19.200	177.000	0.000	1.816	4.360	2.630	14.840	114.978	0.000	1.459	6.683	0.000
17.580	187.978	0.000	1.816	5.622	0.000	19.220	178.000	0.000	1.826	4.320	2.640	14.860	114.992	0.000	1.459	6.689	0.000
17.600	189.063	0.000	1.826	5.631	0.000	19.240	179.000	0.000	1.836	4.280	2.650	14.880	115.006	0.000	1.459	6.695	0.000
17.620	190.148	0.000	1.836	5.640	0.000	19.260	180.000	0.000	1.846	4.240	2.660	14.900	115.020	0.000	1.459	6.701	0.000
17.640	191.233	0.000	1.846	5.649	0.000	19.280	181.000	0.000	1.856	4.200	2.670	14.920	115.034	0.000	1.459	6.707	0.000
17.660	192.318	0.000	1.856	5.658	0.000	19.300	182.000	0.000	1.866	4.160	2.680	14.94					



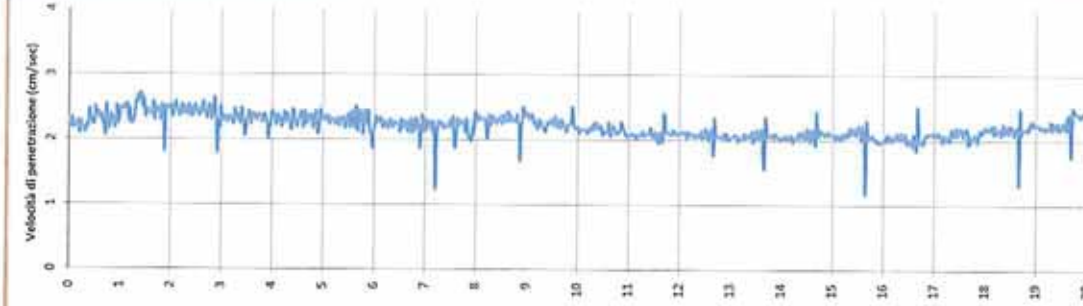
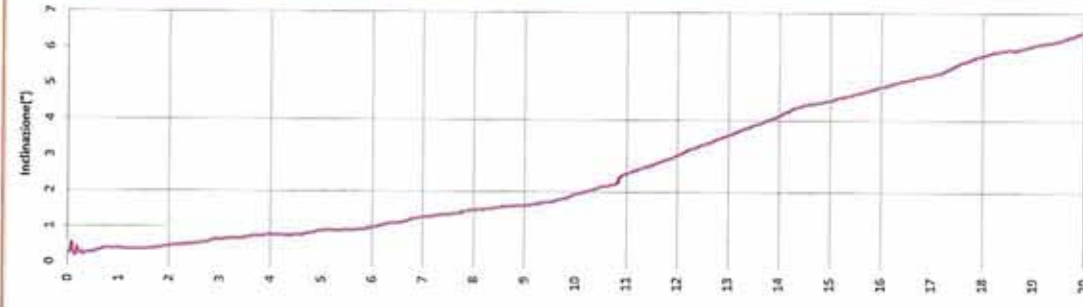
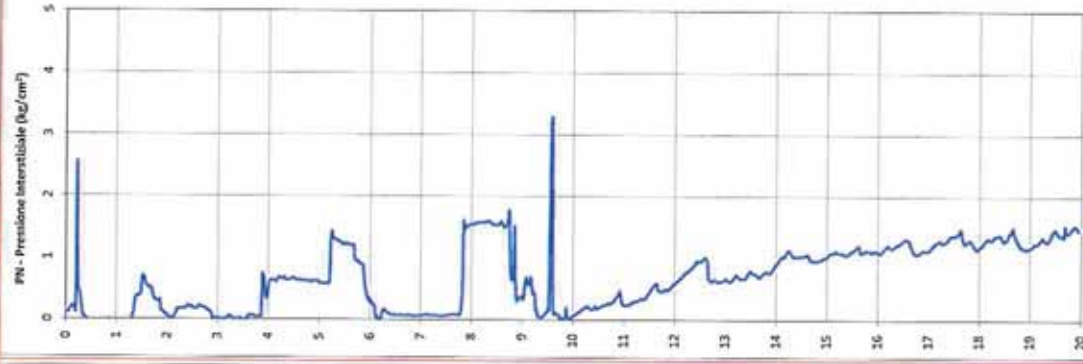
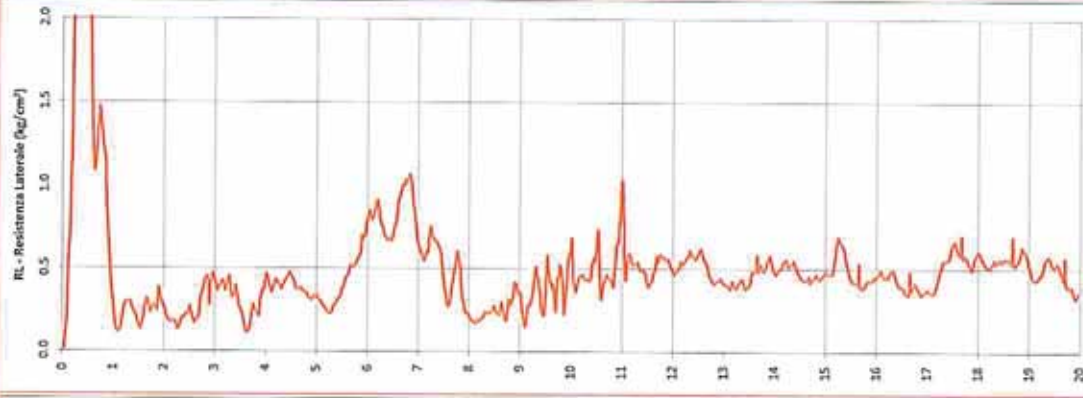
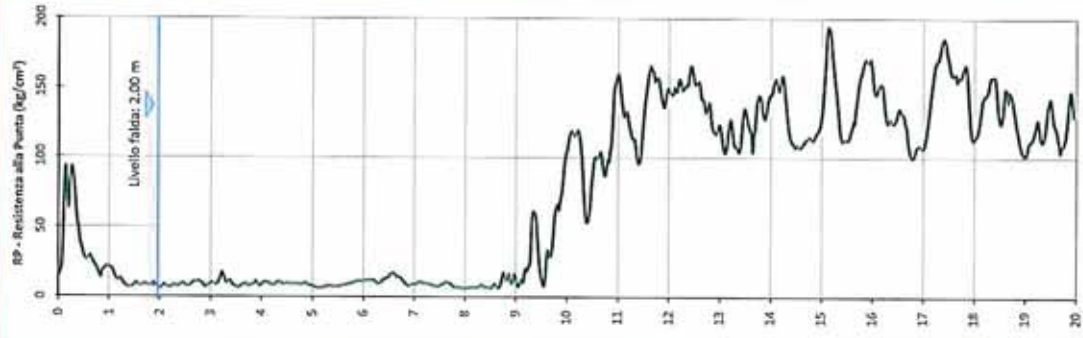
Committente: Comune di Concordia sulla Secchia (MO)
Cantiere: Concordia sulla Secchia (MO)
Data: 11/08/2015

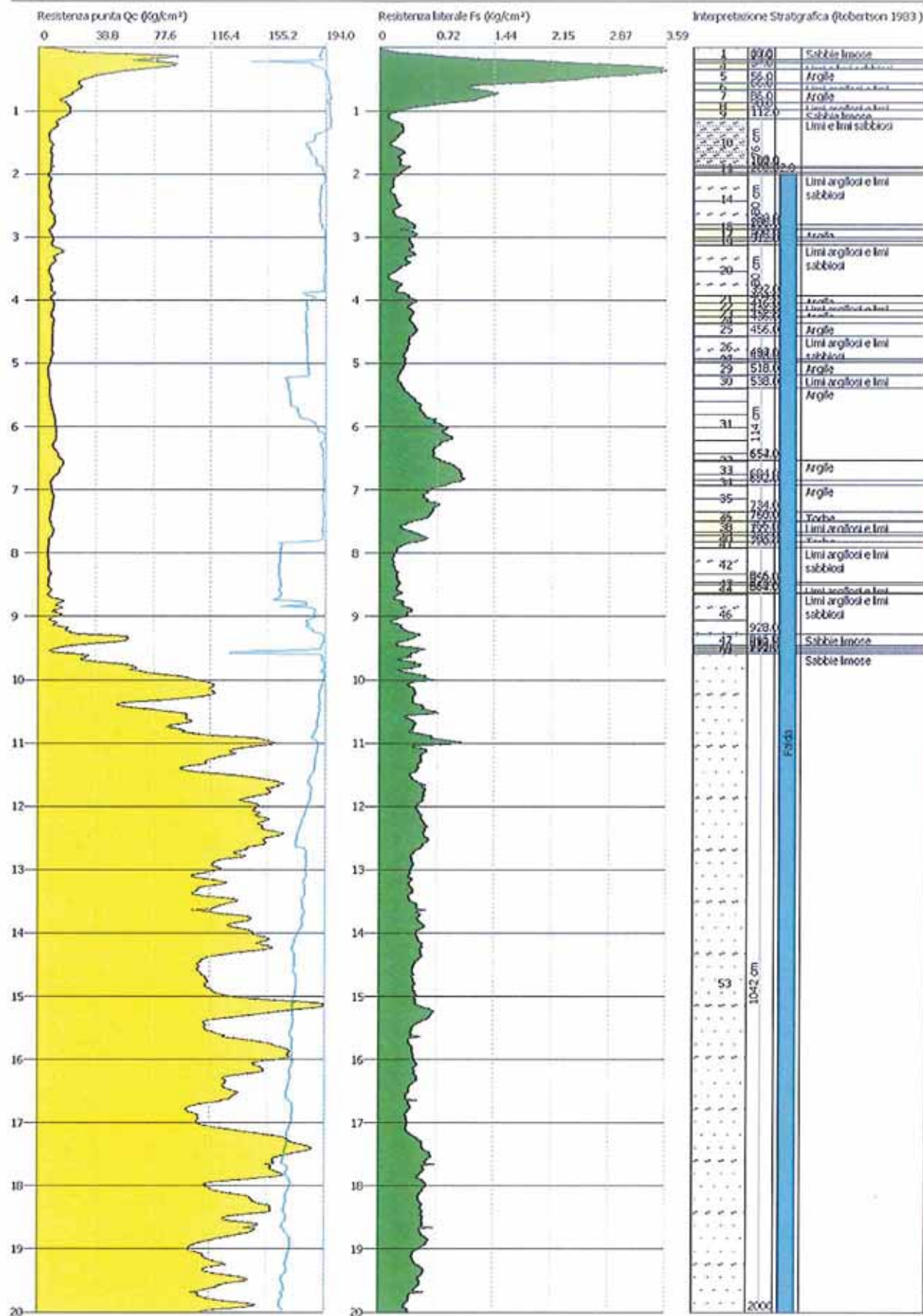
ID Prova: CPTU 3
Profondità falda: a mt. 2.00 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPTUIN - SISMI



GRAFICI PROVA CPTU 1







GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 2

Indagine sismica con metodo MASW



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

Cantiere: Concordia s/Secchia, nuova scuola media

Operatori: D.ssa Sonia Gilioli, Dott. Cristiano Casarini

Data: 11/08/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

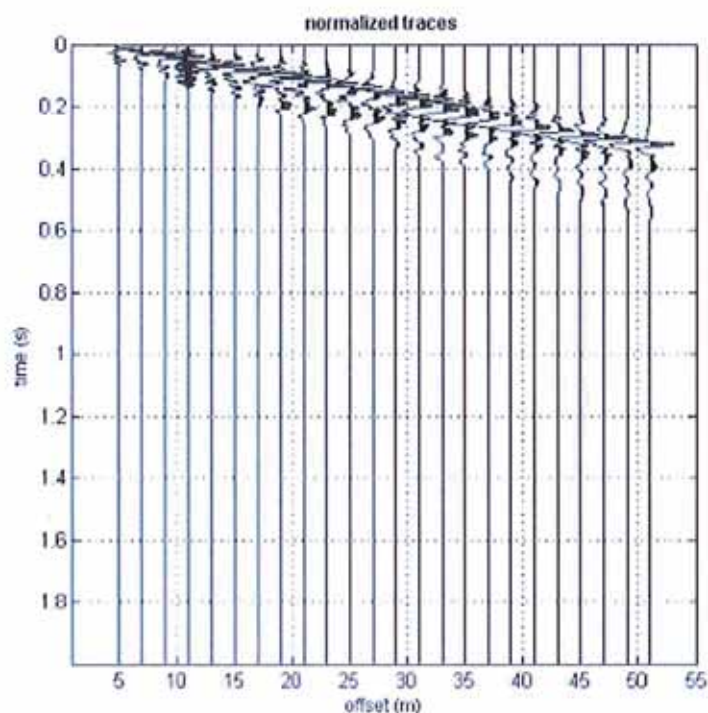
Elaborazione: D.ssa Sonia Gilioli

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
Rif. 490/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

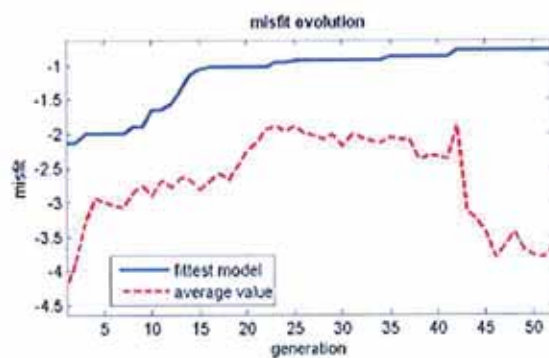
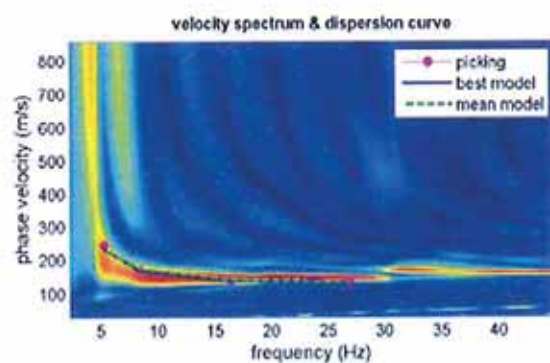
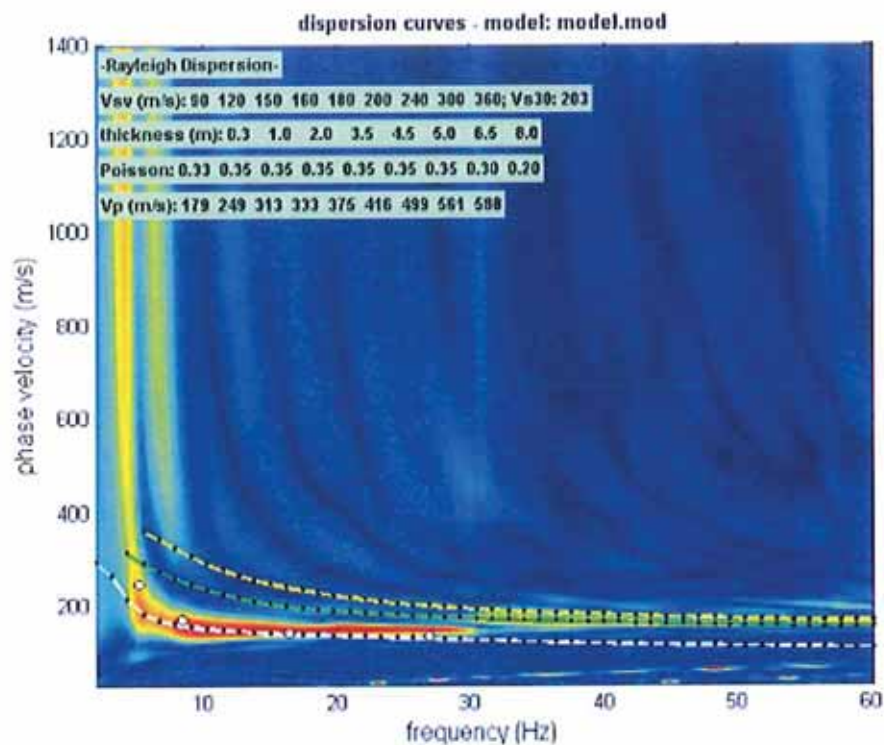
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

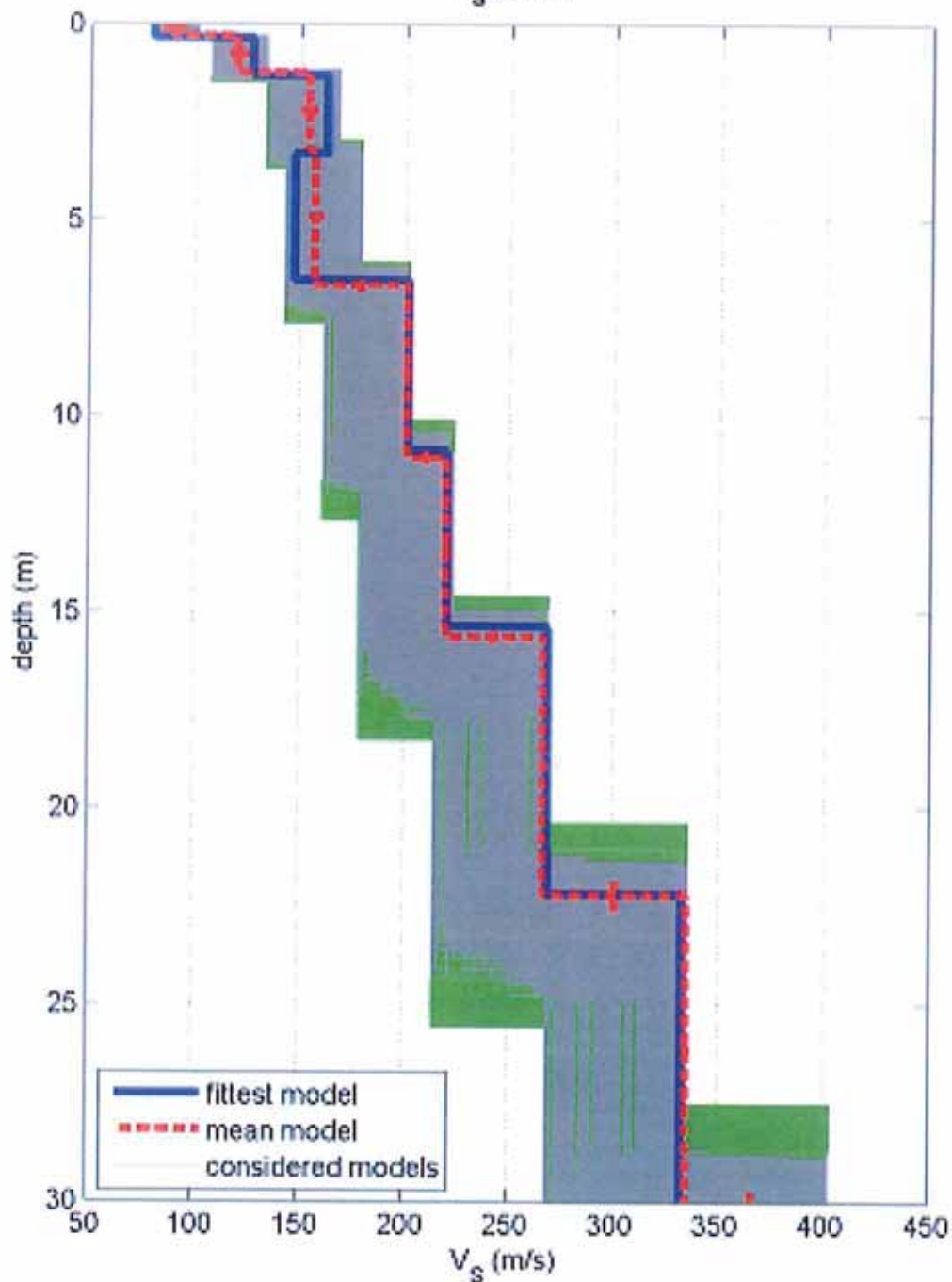
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA

V_s profile



dataset: masw.sgy

dispersion curve: pick.cdp

Vs30 (best model): 219 m/s

Vs30 (mean model): 220 m/s

half-space

BEST MODEL

Vs30 = 219 m/s



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 3

Indagine sismica con metodo Re.Mi.



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA ReMI

Cantiere: Concordia s/Secchia, nuova scuola media

Operatori: D.ssa Sonia Gilioli, Dott. Cristiano Casarini

Data: 11/08/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

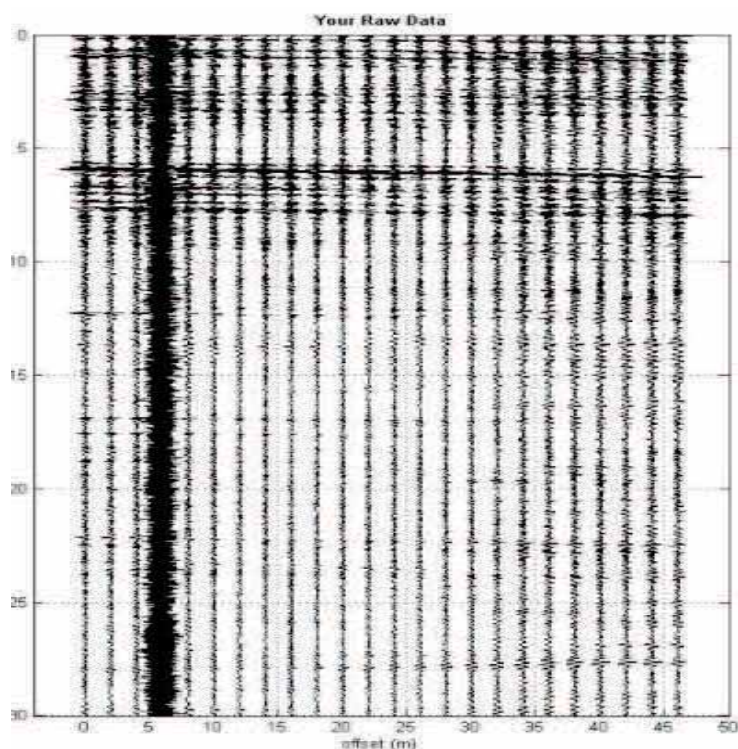
Elaborazione: D.ssa Sonia Gilioli

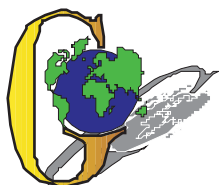
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
Rif. 490/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

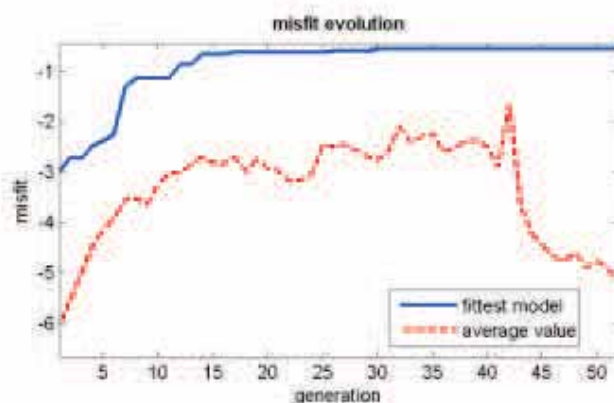
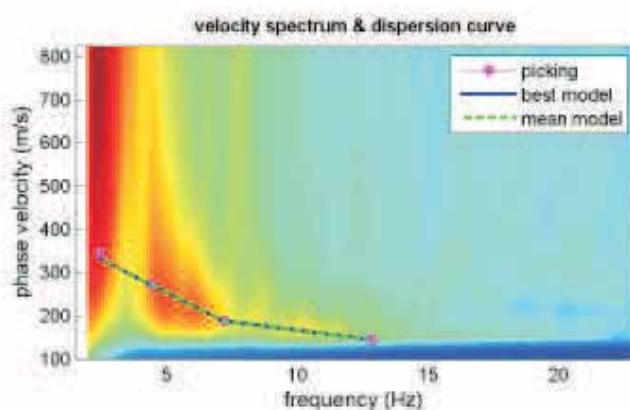
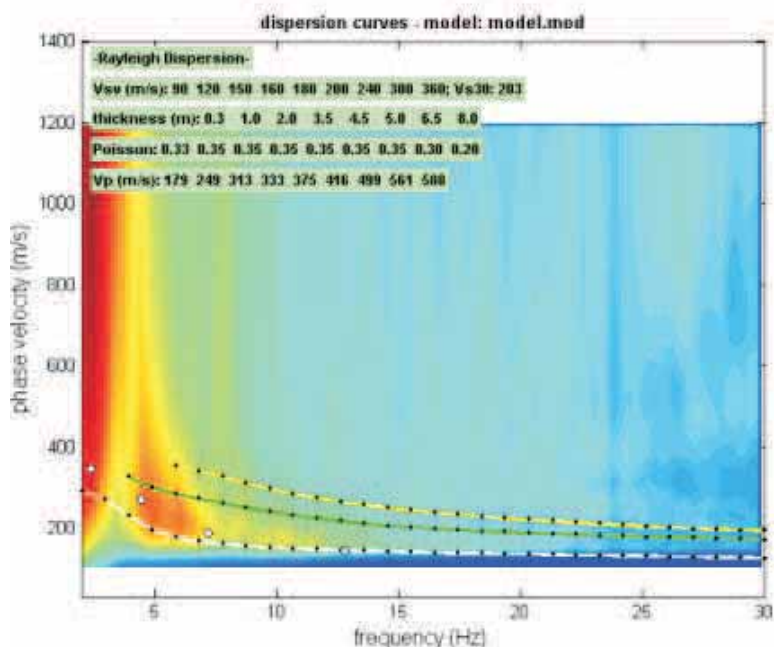
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

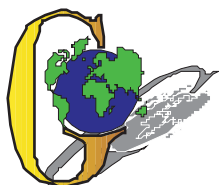
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





GEO GROUP s.r.l.

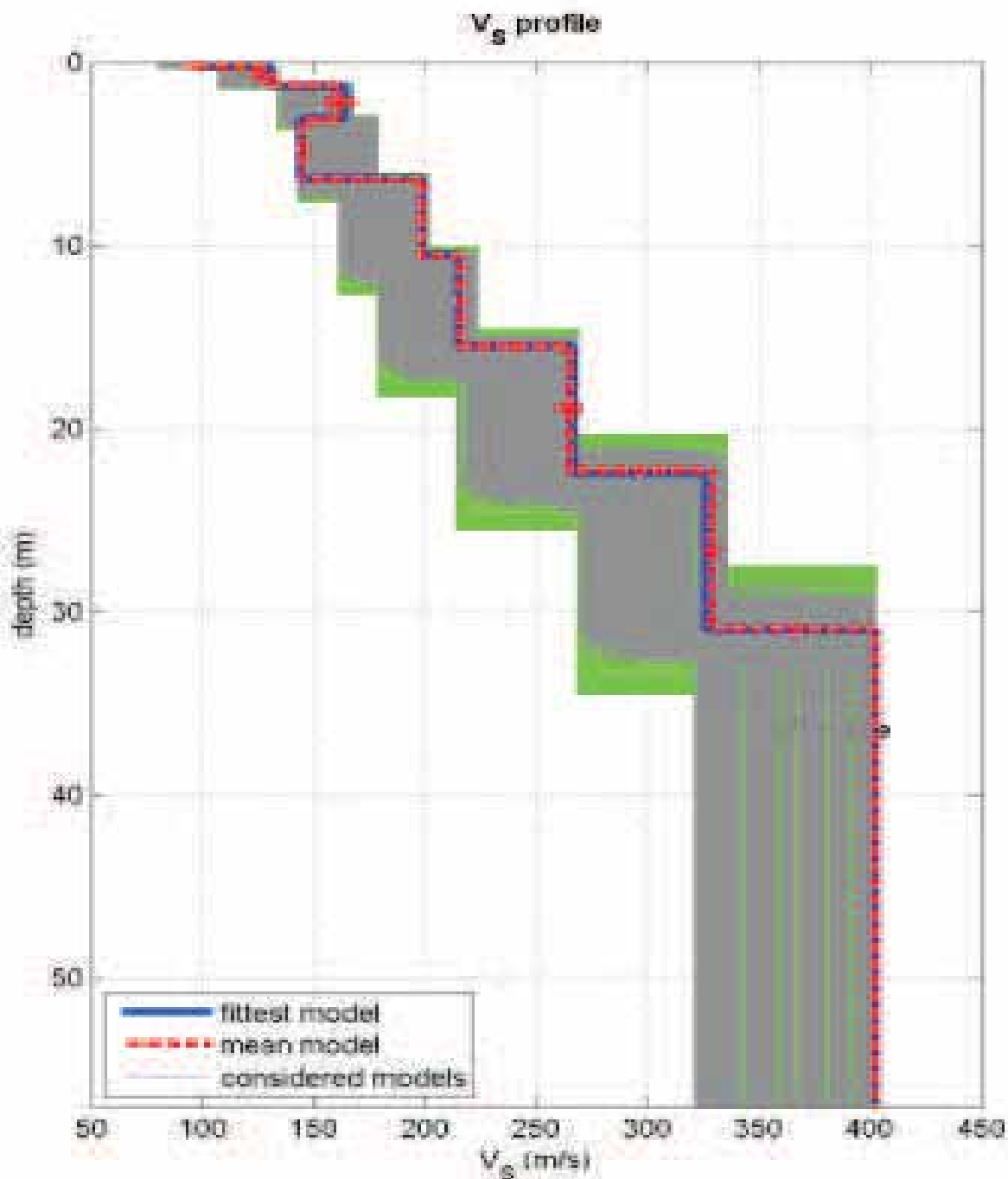
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

MODELLO V_{s30} DERIVATO DALL'INDAGINE ReMI ESEGUITA



dataset:

dispersion curve: pick.cdp

V_{s30} (best model): 218 m/s

V_{s30} (mean model): 218 m/s

BEST MODEL
 $V_{s30} = 218$ m/s



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

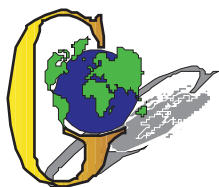
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 4

Indagine sismica passiva con metodo Esac



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA ESAC

Cantiere: Concordia s/Secchia, nuova scuola media

Operatori: D.ssa Sonia Gilioli, Dott. Cristiano Casarini

Data: 11/08/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

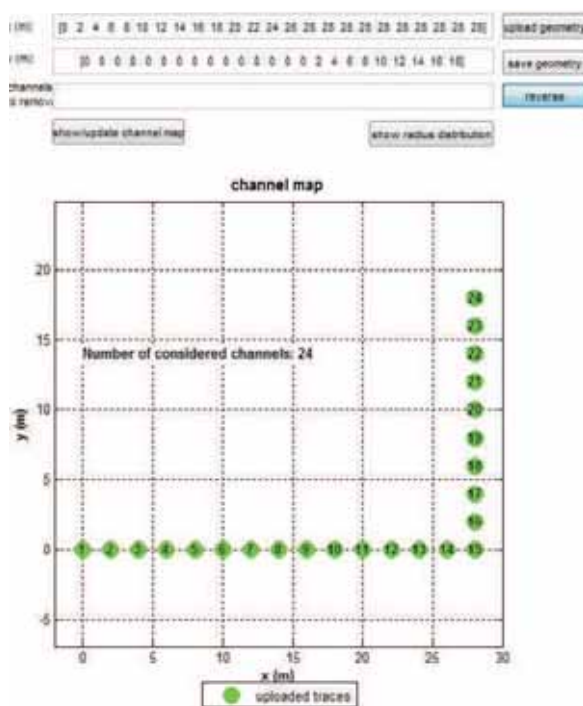
Elaborazione: D.ssa Sonia Gilioli

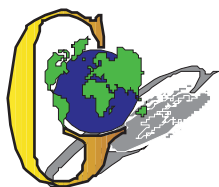
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIFERIMENTO
Rif. 490/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

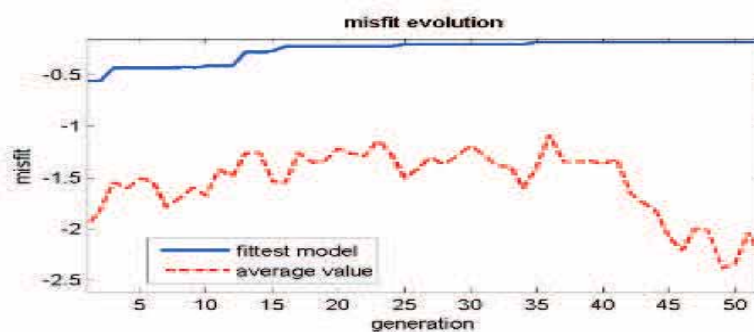
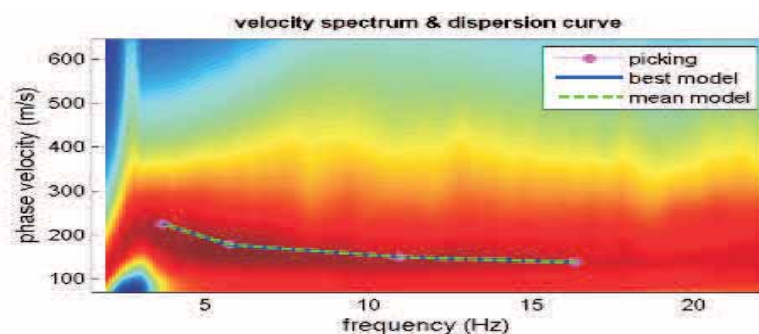
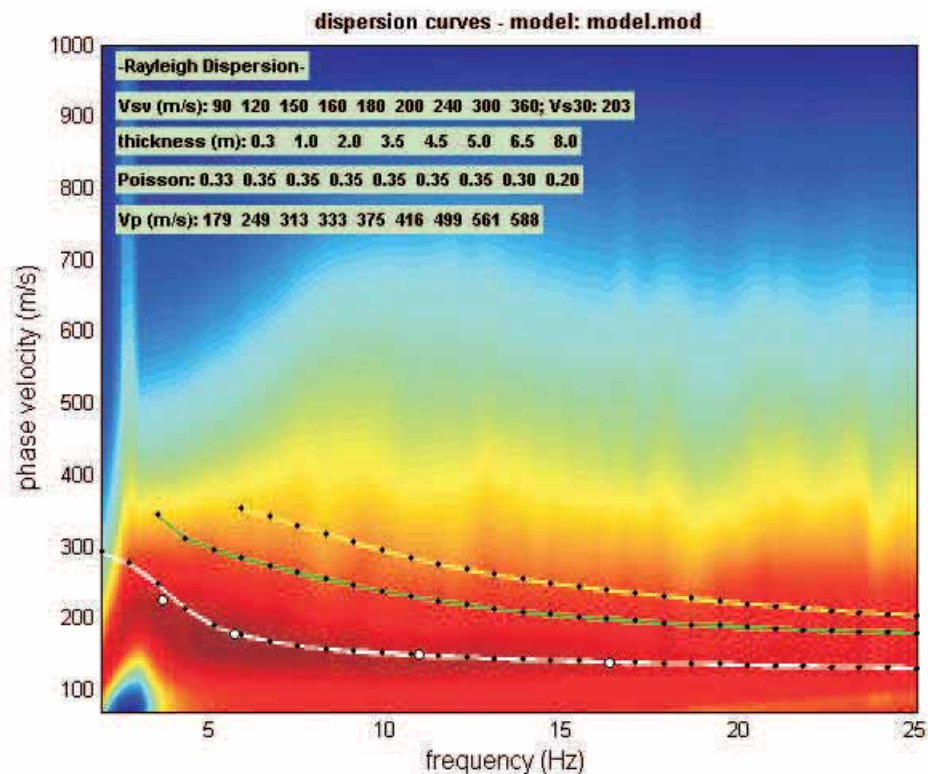
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

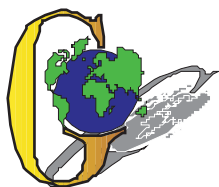
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE



www.winmasw.com



GEO GROUP s.r.l.

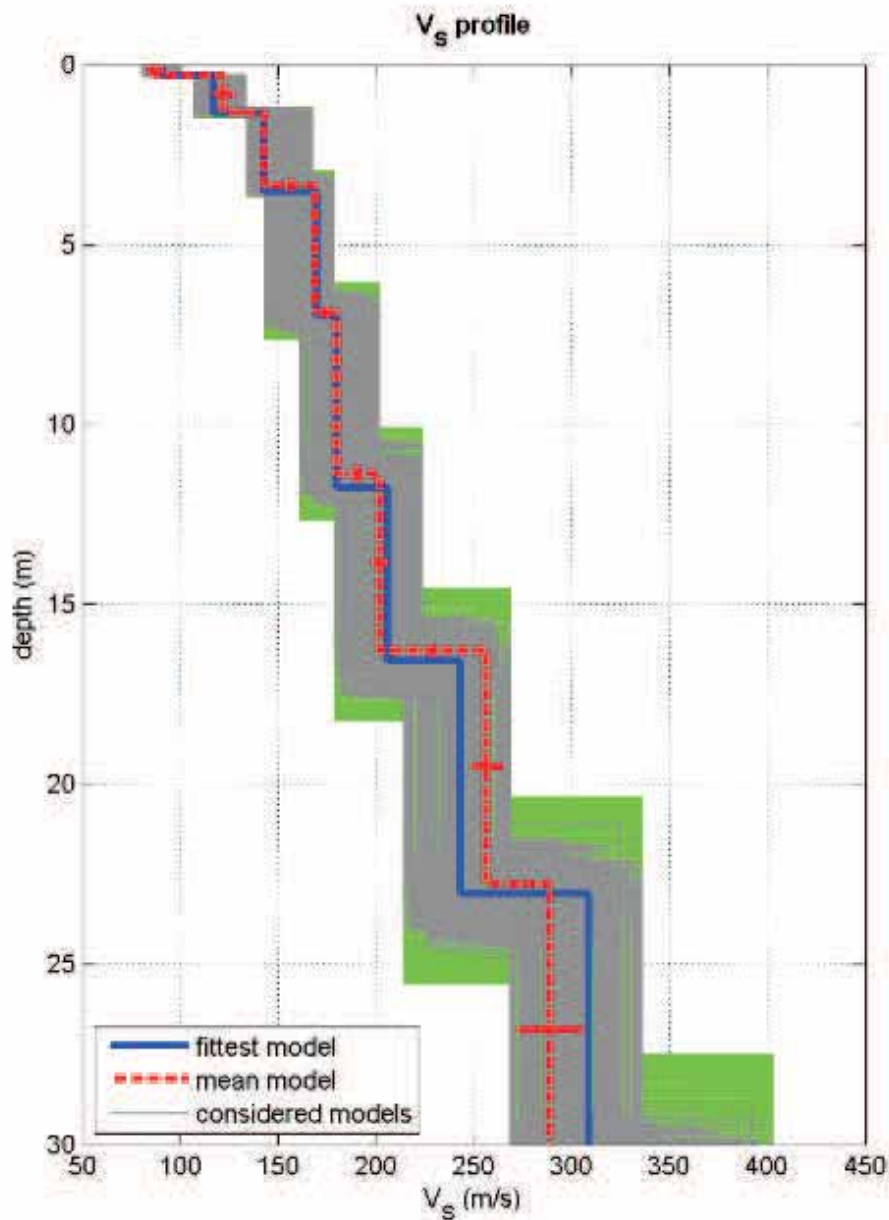
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

MODELLO V_{s30} DERIVATO DALL'INDAGINE ESAC ESEGUITA



dataset: ESACpsvelspe.mat

dispersion curve: pick.cdp

V_{s30} (best model): 204 m/s

V_{s30} (mean model): 205 m/s

half-space

BEST MODEL
 $V_{s30} = 204$ m/s



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 5

Indagini sismiche passive HVSR



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

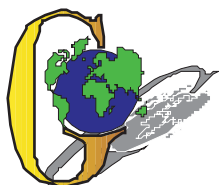
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



HVSR1



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA HVSR

Cantiere: Concordia s/Secchia, nuova scuola media

Operatori: D.ssa Sonia Gilioli, Dott. Cristiano Casarini

Data: 11/08/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

Elaborazione: D.ssa Sonia Gilioli

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

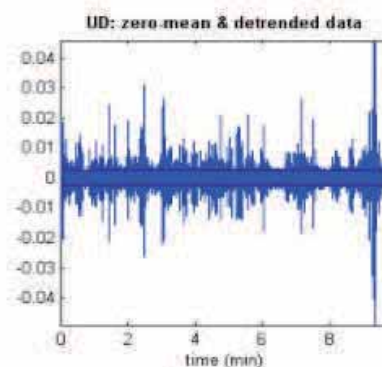
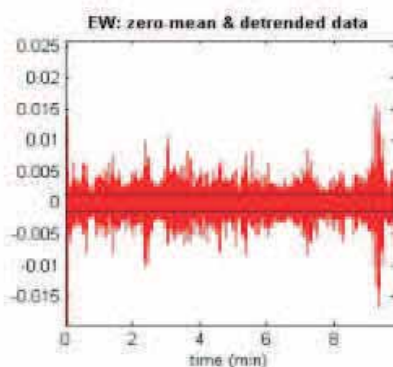
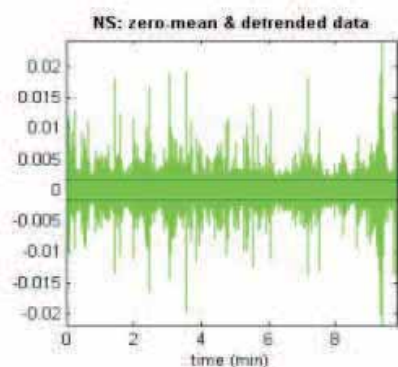
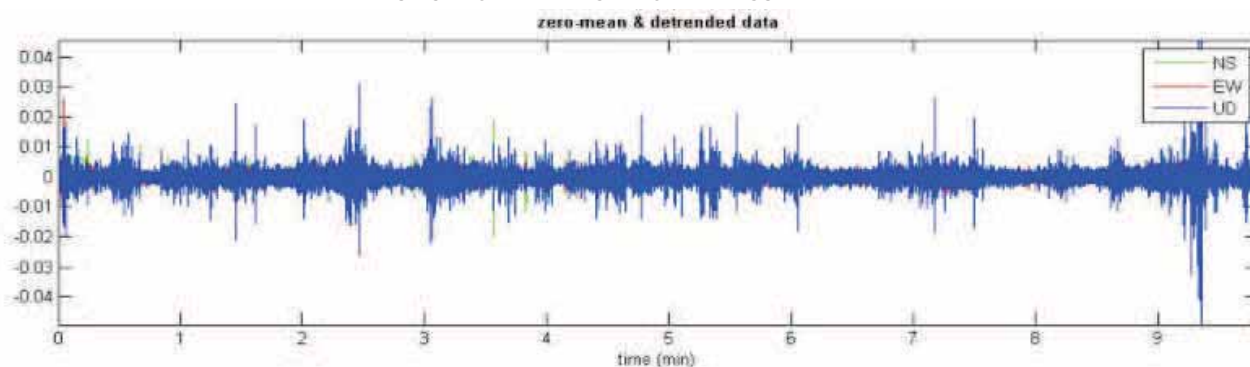
RIFERIMENTO

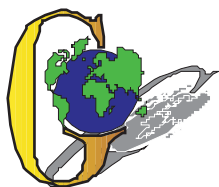
Rif. 490/15

HVSR 1



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

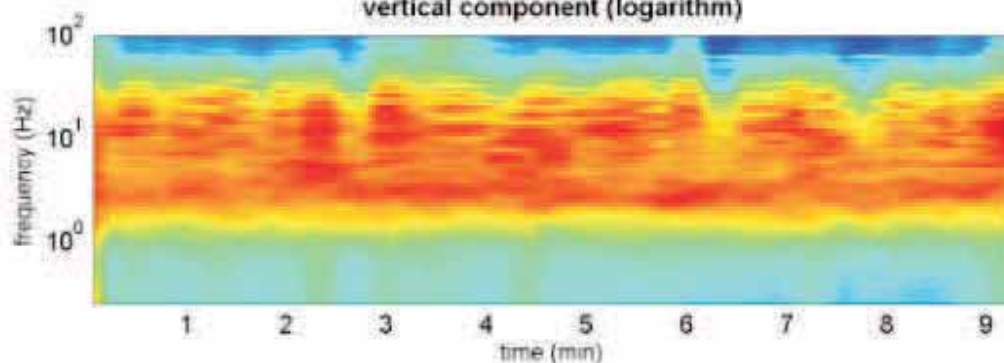
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

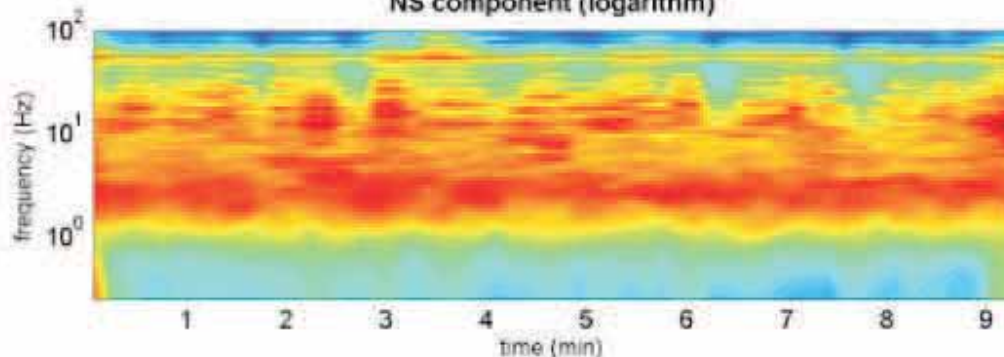
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

PERSISTENZA HVSR

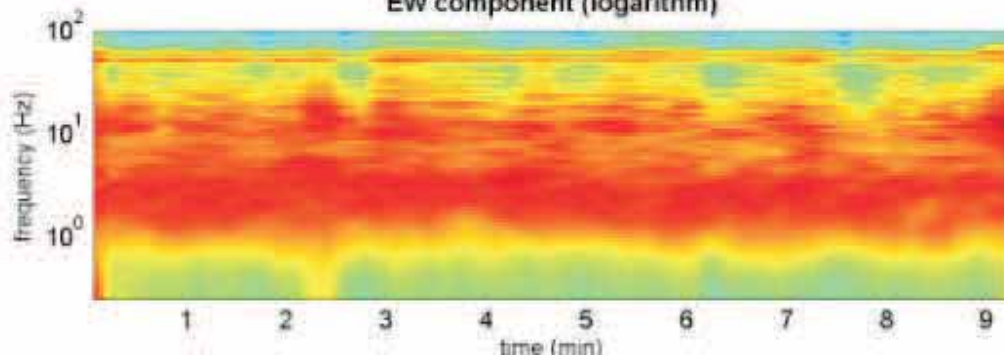
vertical component (logarithm)



NS component (logarithm)

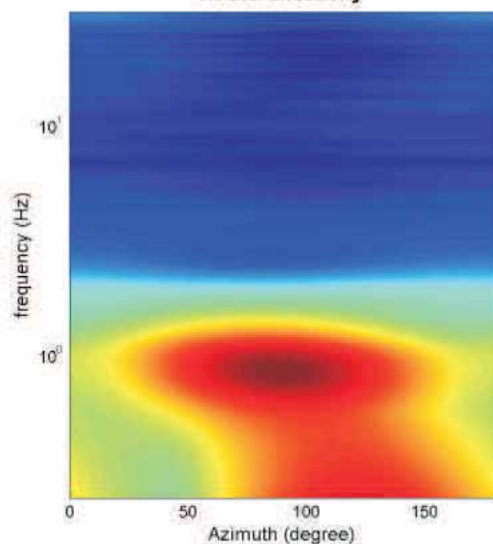


EW component (logarithm)

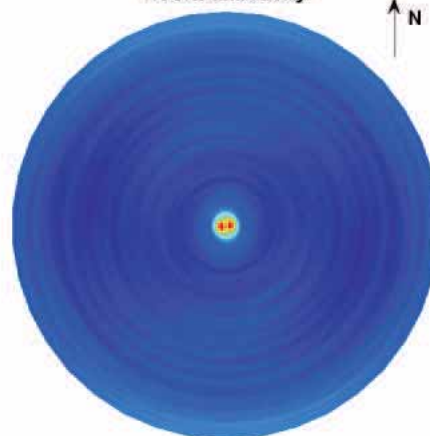


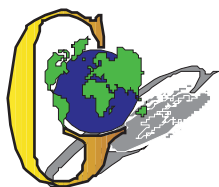
DIREZIONALITA' HVSR

HVSR: directivity



HVSR: directivity





GEO GROUP s.r.l.

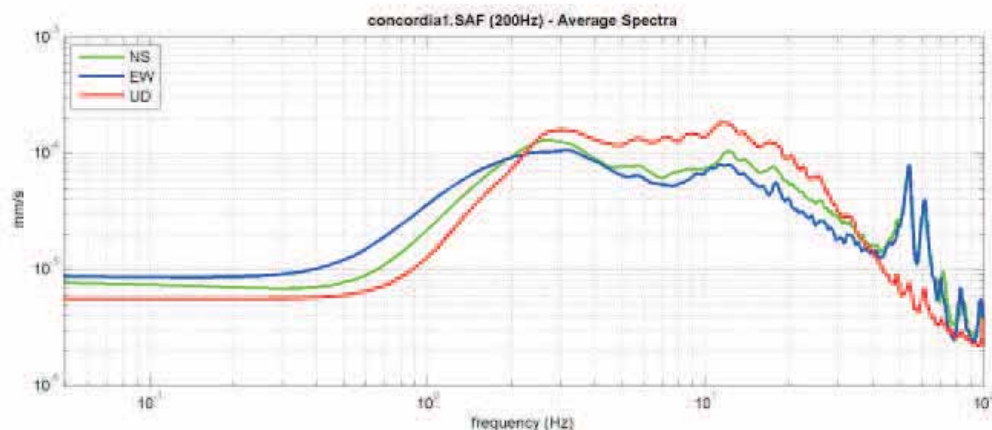
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

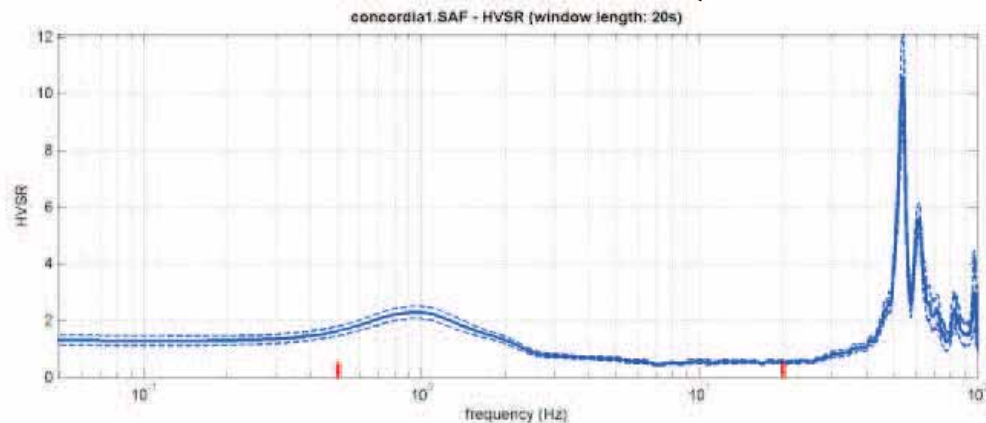
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

VELOCITA' SPETTRALI



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



FREQUENZA DERIVATA nessun picco stratigrafico rilevato

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

- #1. $[f_0 > 10/Lw]: 1.026 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]: 1149 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}, \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

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

- #1. $[\text{exists } f \text{ in the range } [f_0/4, f_0] | A_{H/V}(f) < A_0/2]:$ (NO)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] | A_{H/V}(f^+) < A_0/2]:$ yes, at frequency 1.0Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]: 2.3 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$ (NO)
- #5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]: 0.209 > 0.103$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.216 < 1.78$ (OK)



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

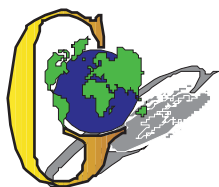
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



HVSR2



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA HVSR

Cantiere: Concordia s/Secchia, nuova scuola media

Operatori: D.ssa Sonia Gilioli, Dott. Cristiano Casarini

Data: 11/08/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

Elaborazione: D.ssa Sonia Gilioli

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

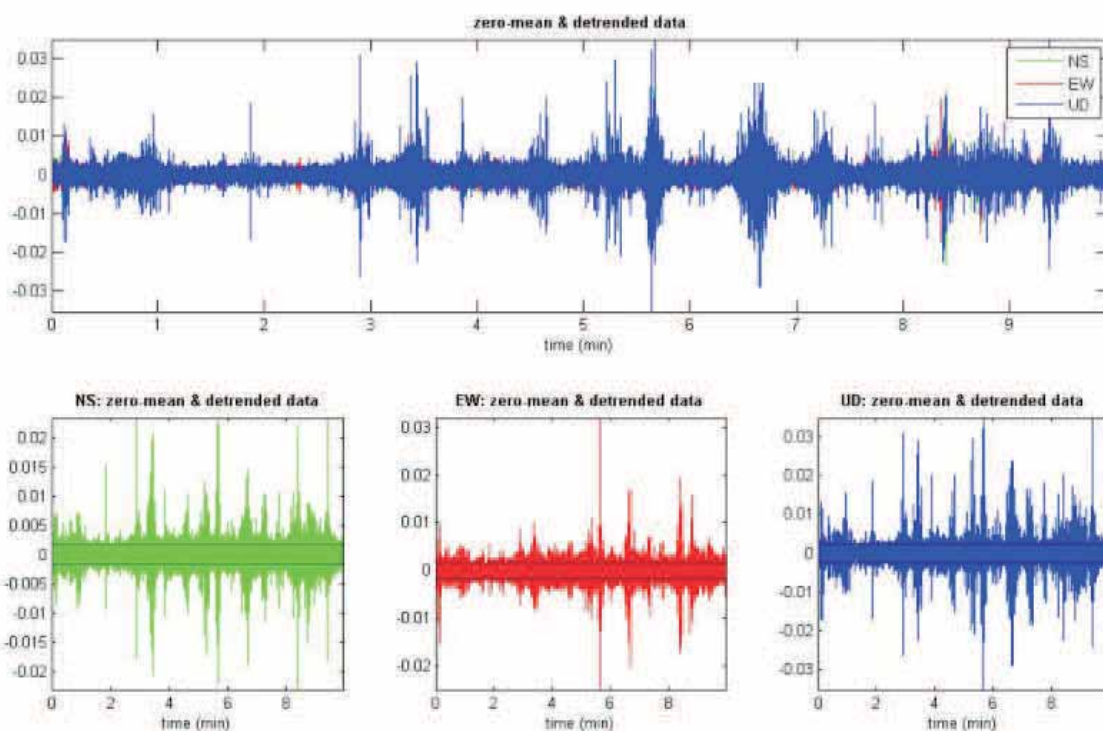
RIFERIMENTO

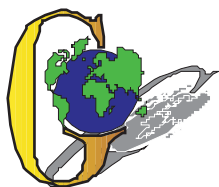
Rif. 490/15

HVSR 2



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





GEO GROUP s.r.l.

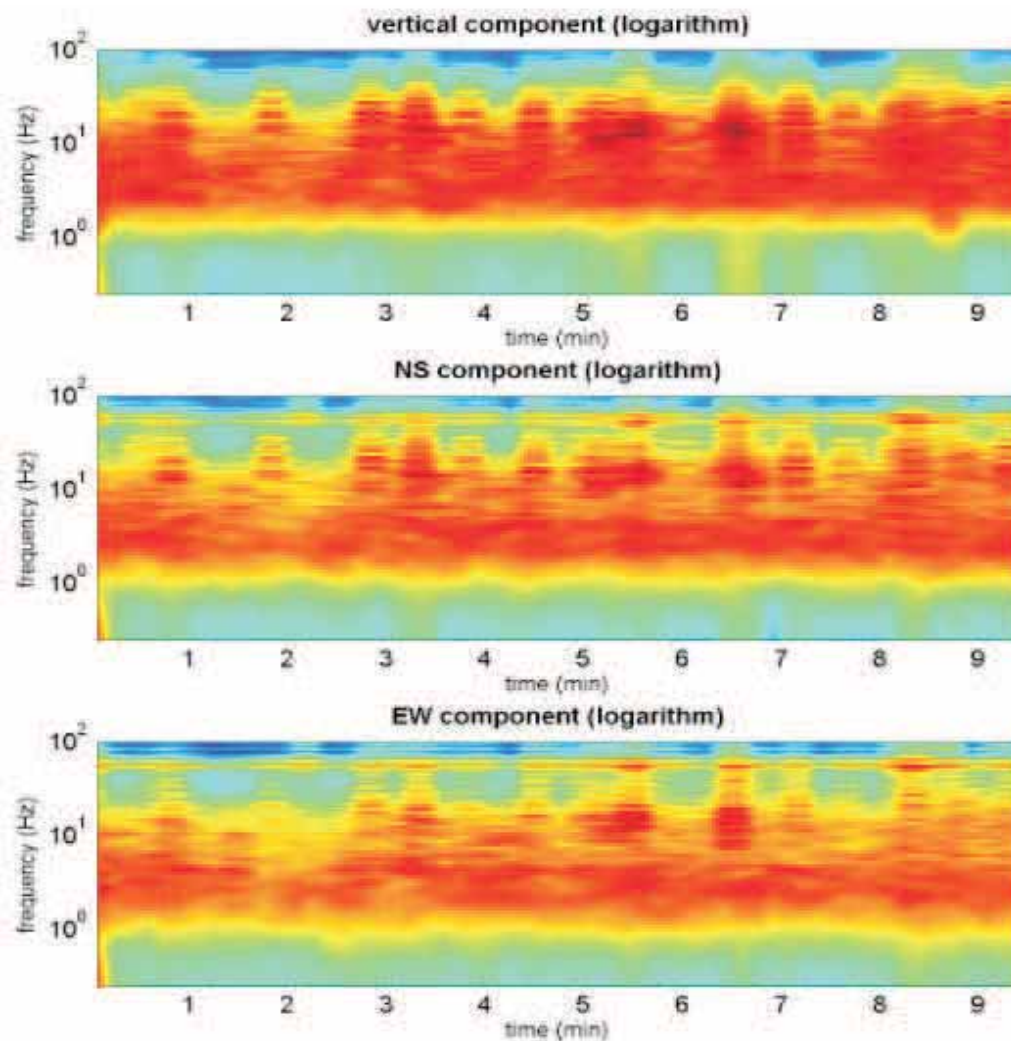
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

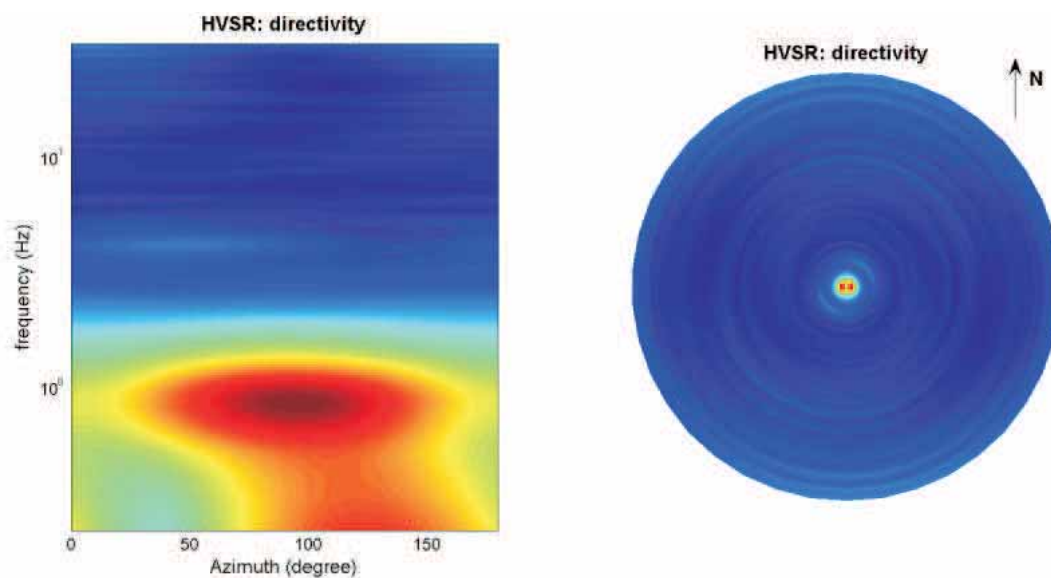
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

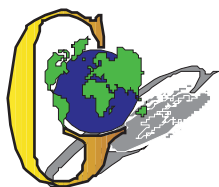
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

PERSISTENZA HVSR



DIREZIONALITA' HVSR





GEO GROUP s.r.l.

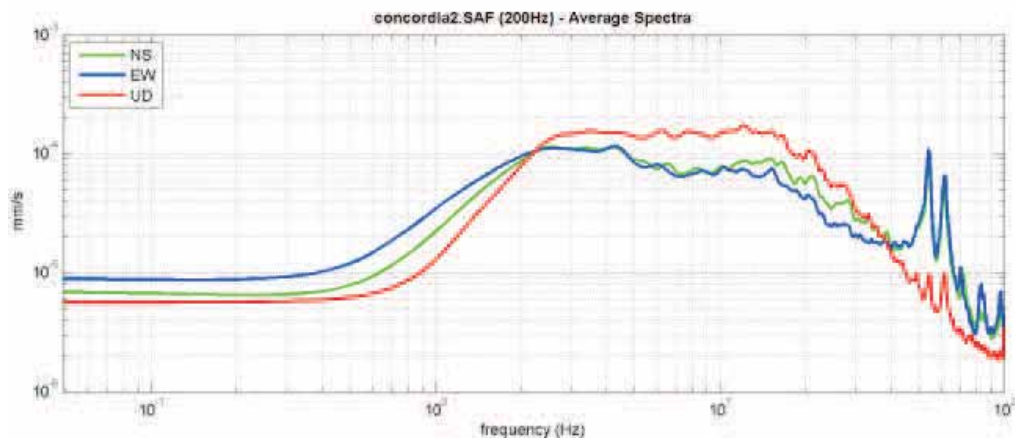
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

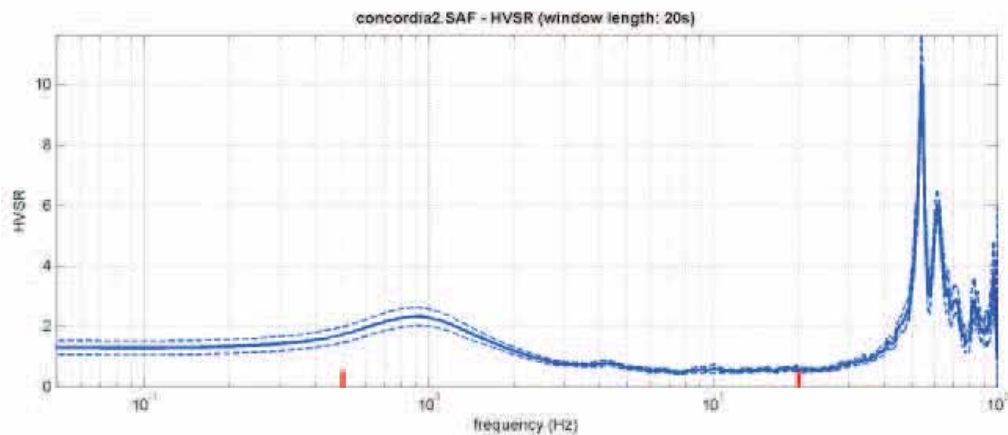
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

VELOCITA' SPETTRALI



RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



FREQUENZA DERIVATA nessun picco stratigrafico rilevato

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

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.977 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $1114 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}, \sigma_{A(f)} < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

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

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$: (NO)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.0Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $2.3 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)]$: $0.201 > 0.147$ (NO)
- #6. $[\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)]$: $0.297 < 2$ (OK)



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



ALLEGATO N° 6

Verifica alla liquefazione



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



Verifica alla liquefazione da CPT



GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 – 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA A LIQUEFAZIONE SU CPT N. 2

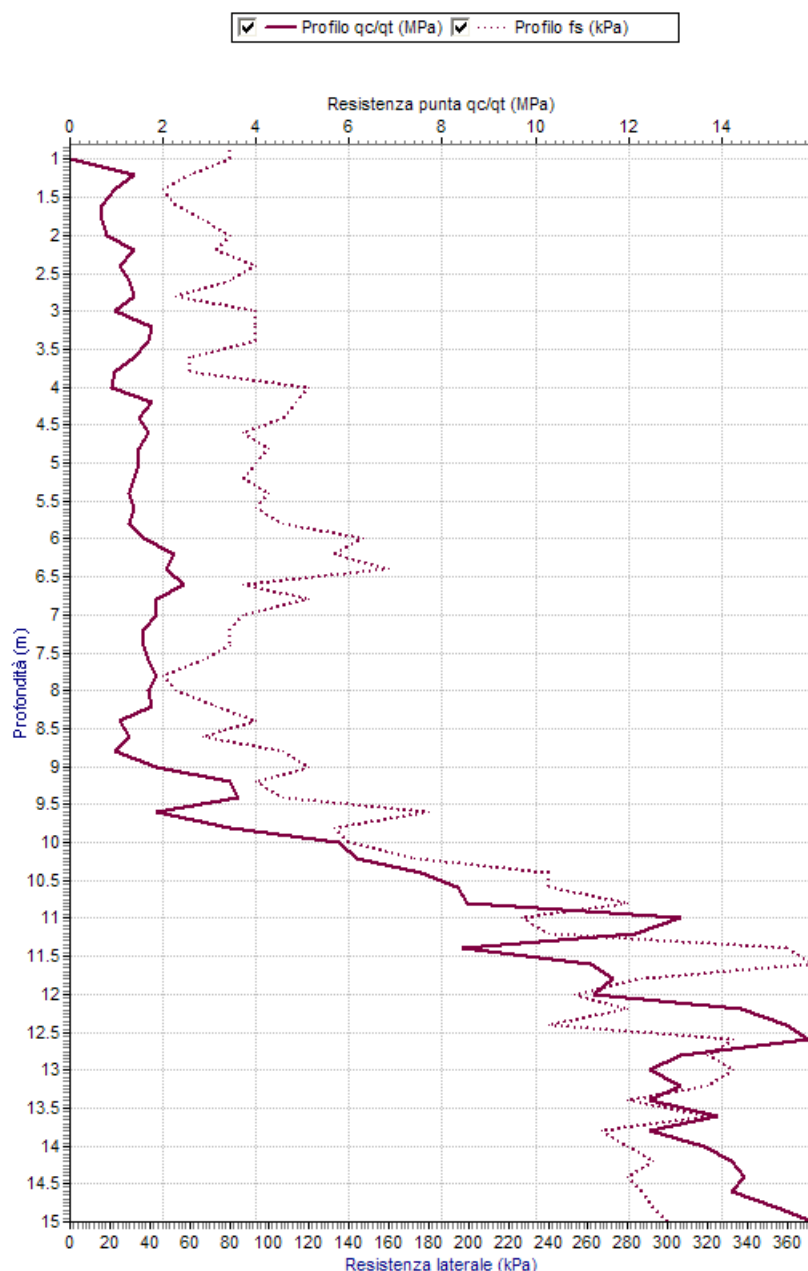
Cantiere: Concordia s/S (MO) – v. della Croce Rossa Italiana

Data: 08/10/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

Elaborazione: Ing. Silvia Sernesi

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

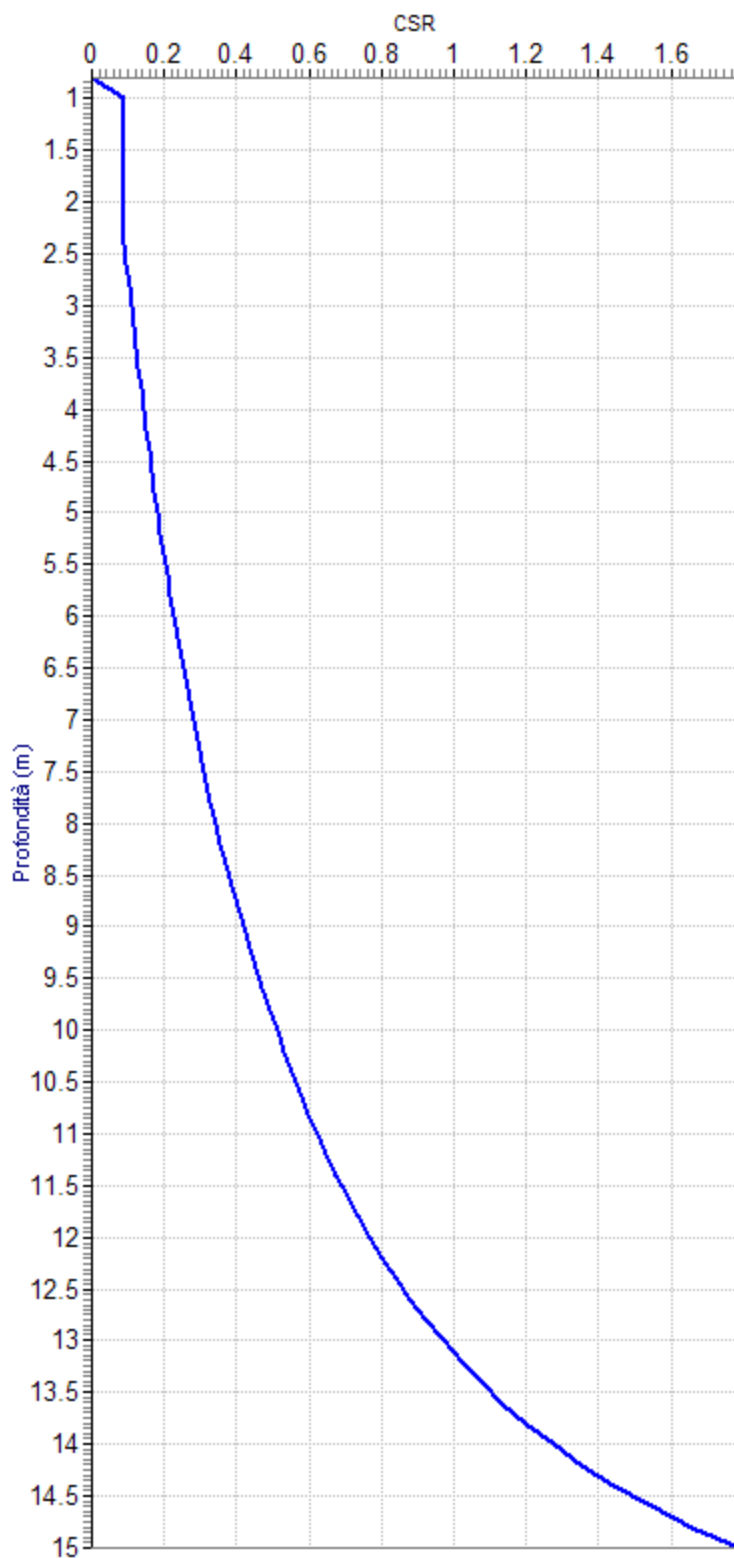
Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 – 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

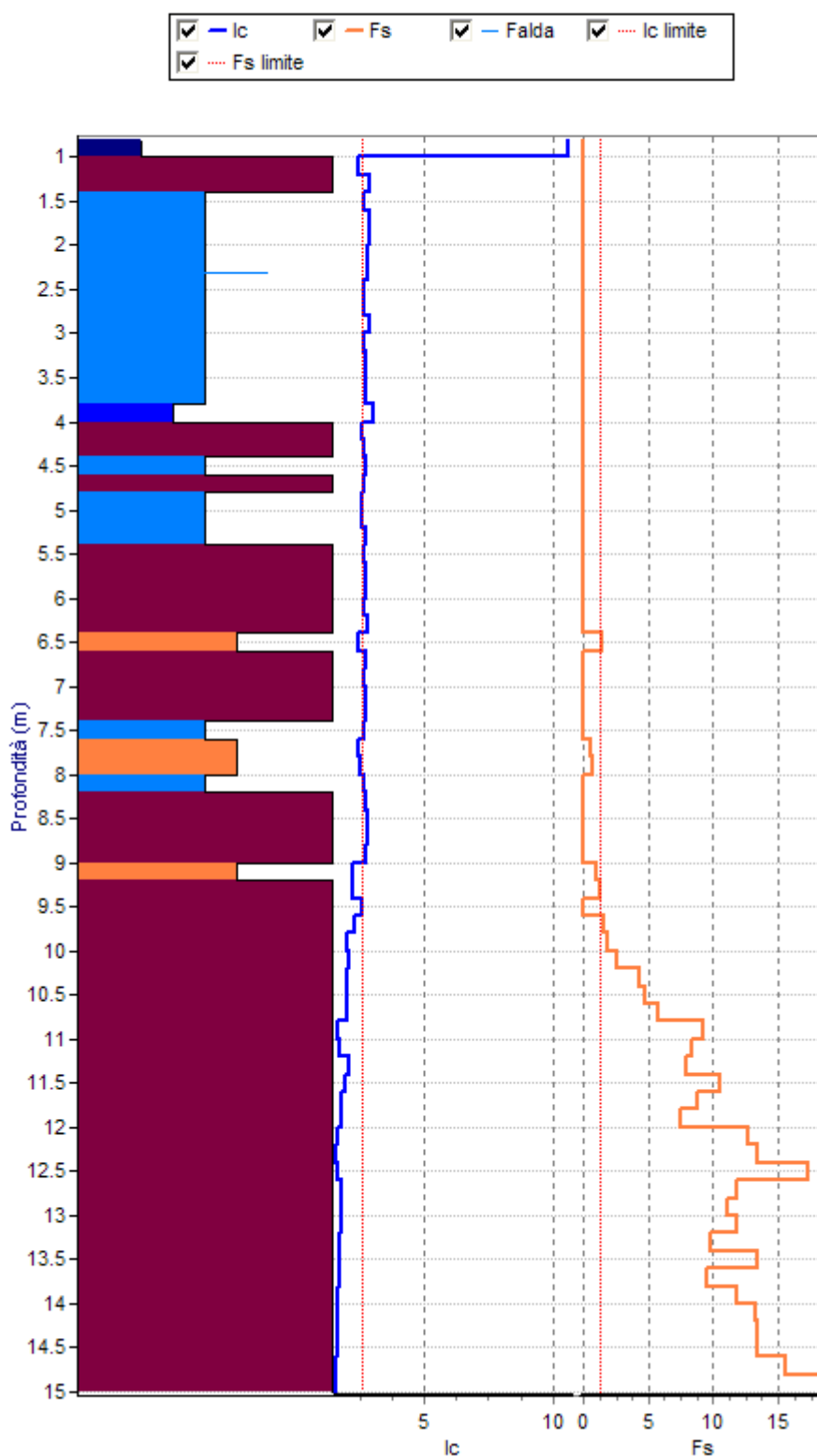
Tel. 059/3967169 - 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

Andamento di Ic e Fs





GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

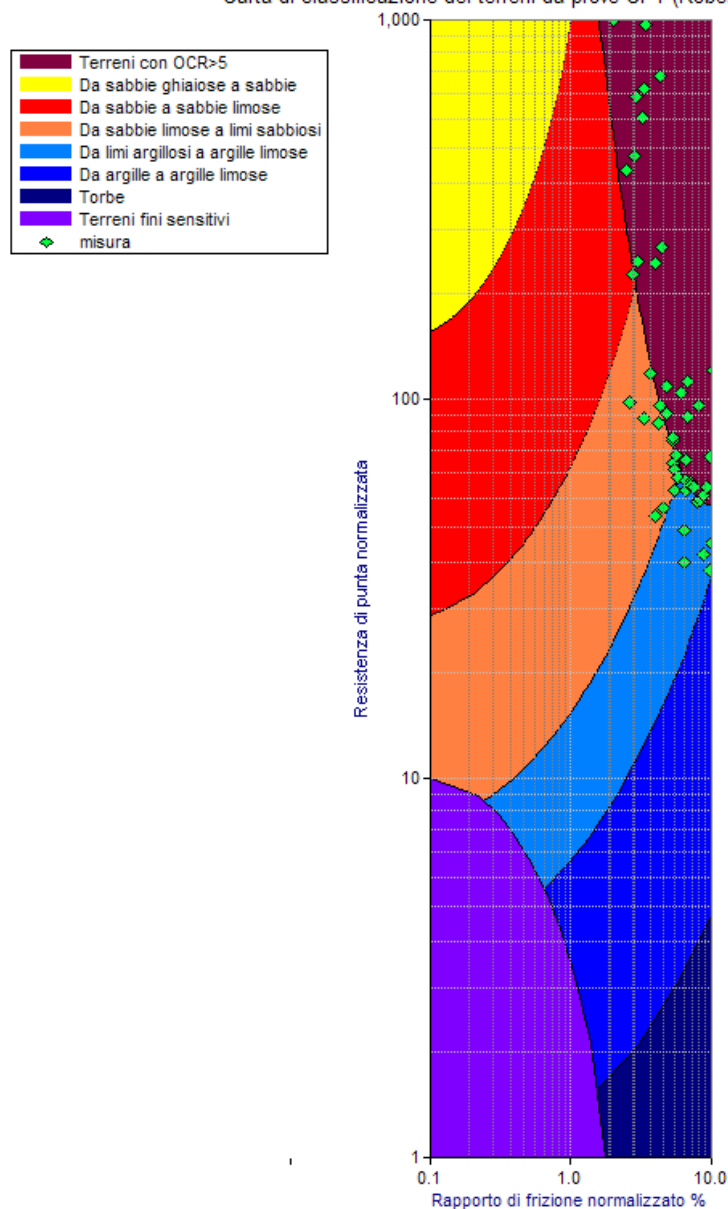
Tel. 059/3967169 – 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Roberts)





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

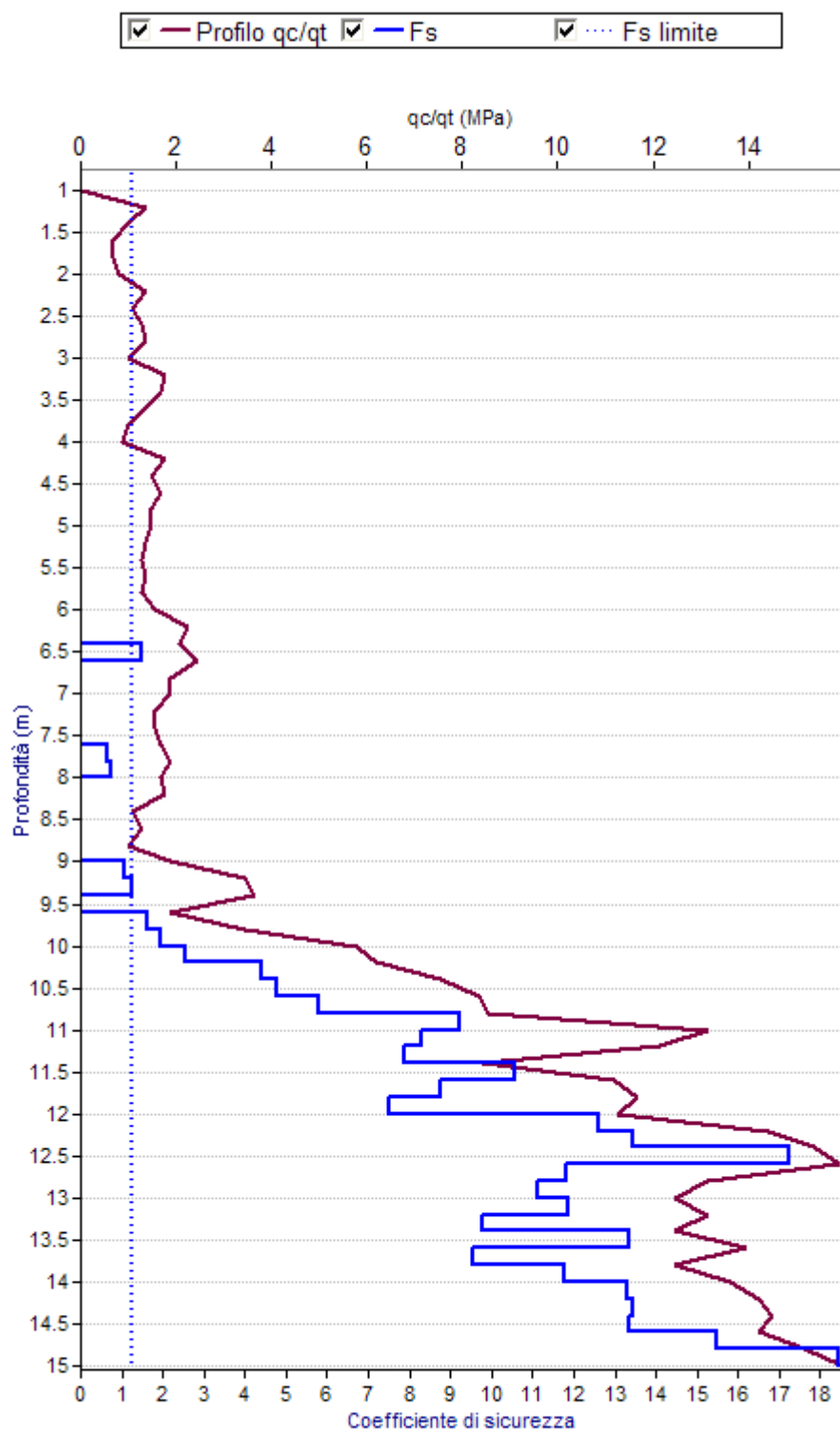
Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 - 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



Indice di liquefazione=0.8 rischio basso



GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 – 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA A LIQUEFAZIONE SU CPT N. 4

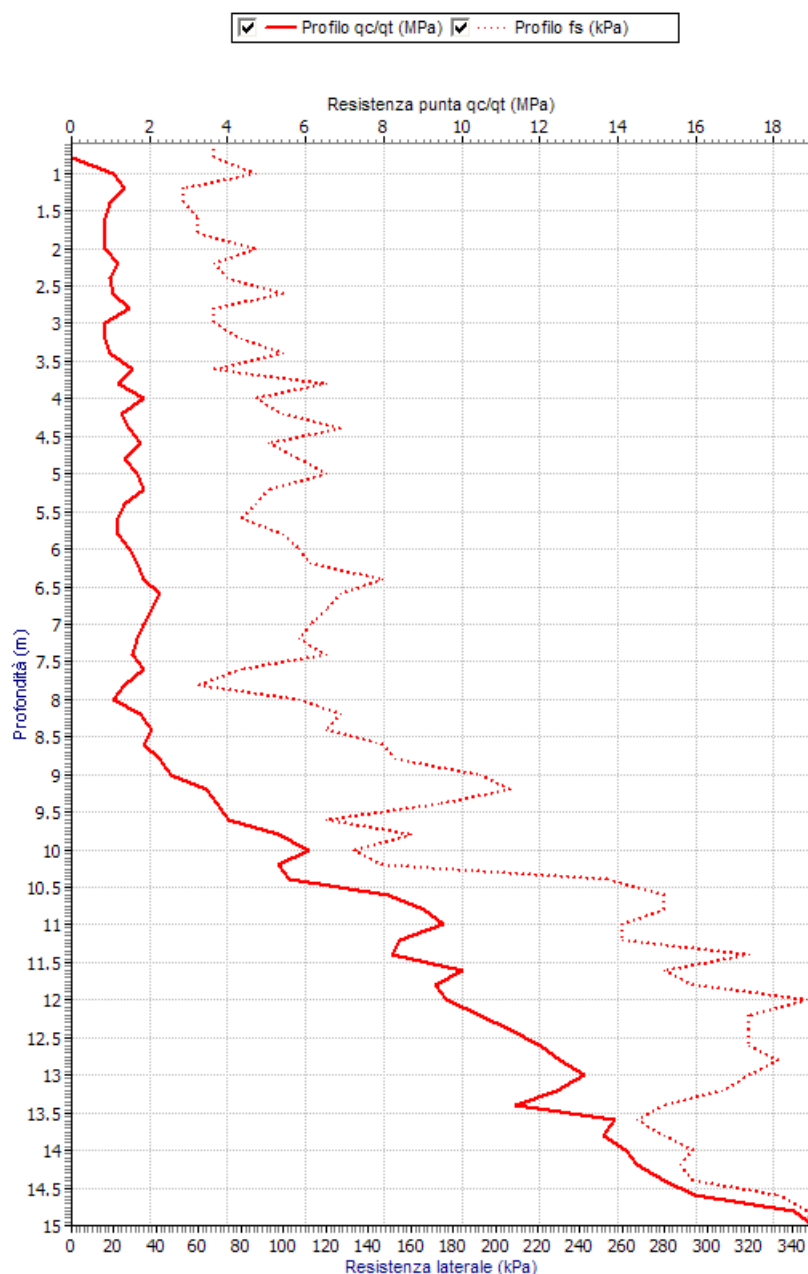
Cantiere: Concordia s/S (MO) – v. della Croce Rossa Italiana

Data: 08/10/2015

Lavoro: Studio terreno di fondazione

Elaborazione: Ing. Silvia Sernesi

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari





GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

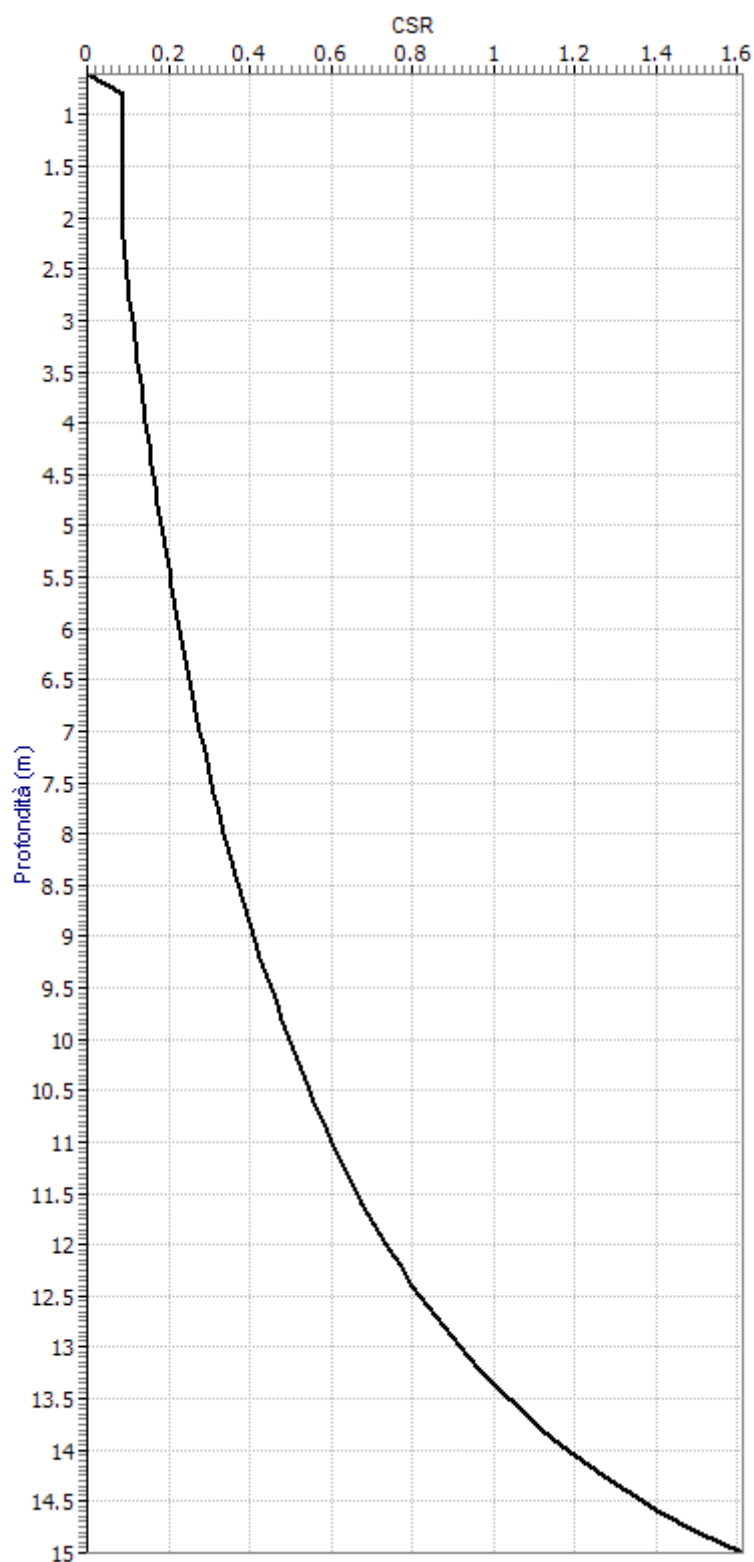
Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 – 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

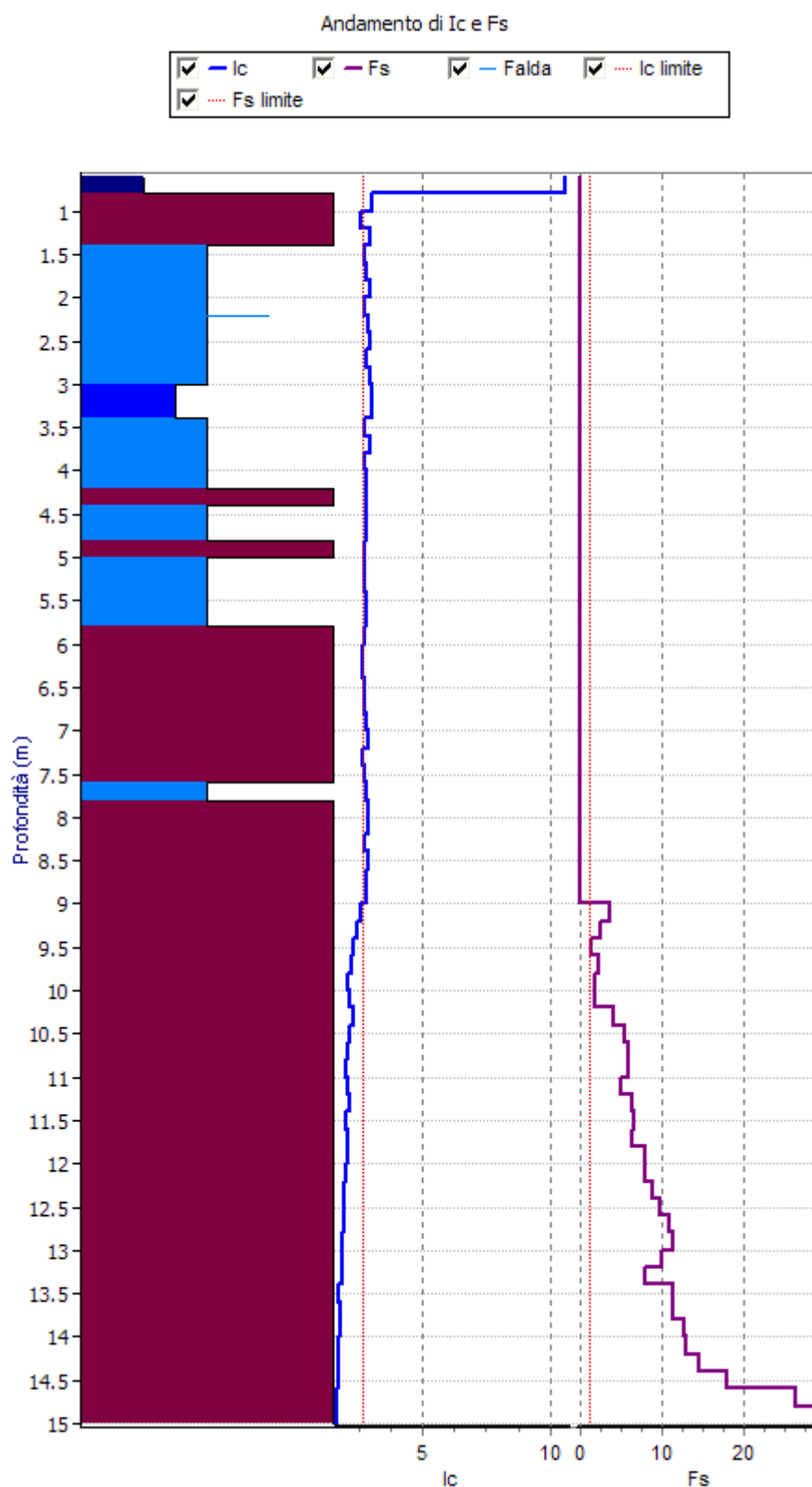
Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 - 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

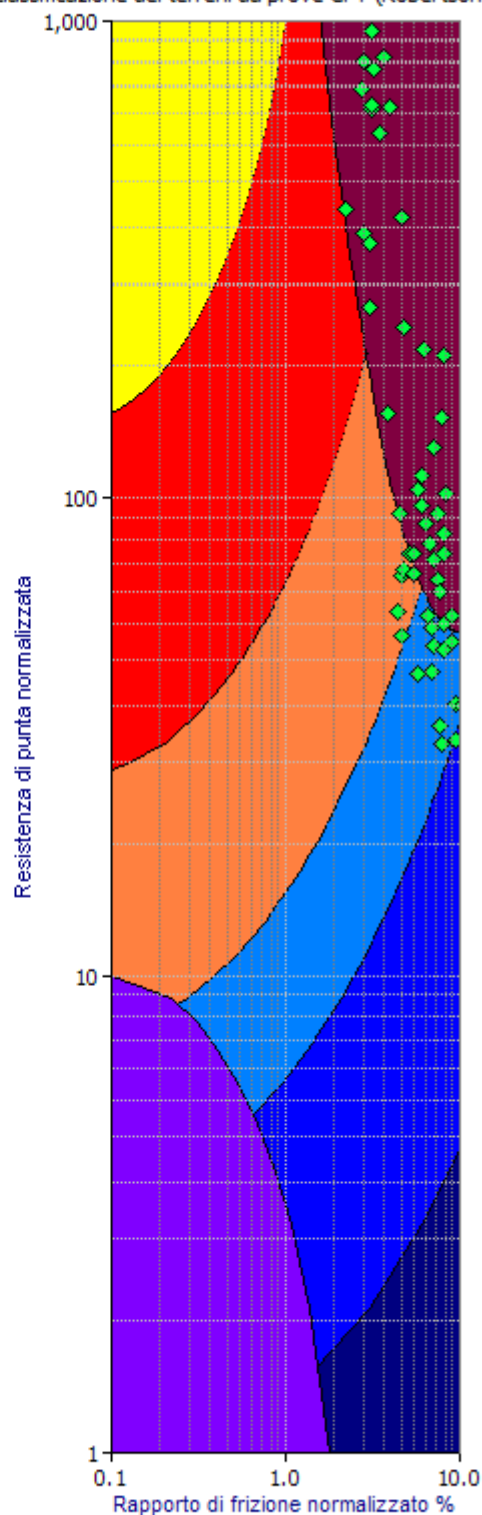
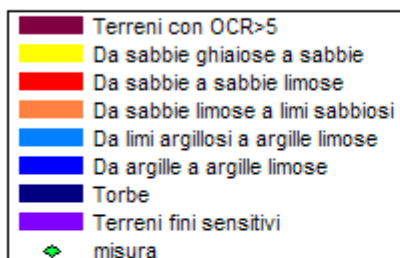
Tel. 059/3967169 - 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

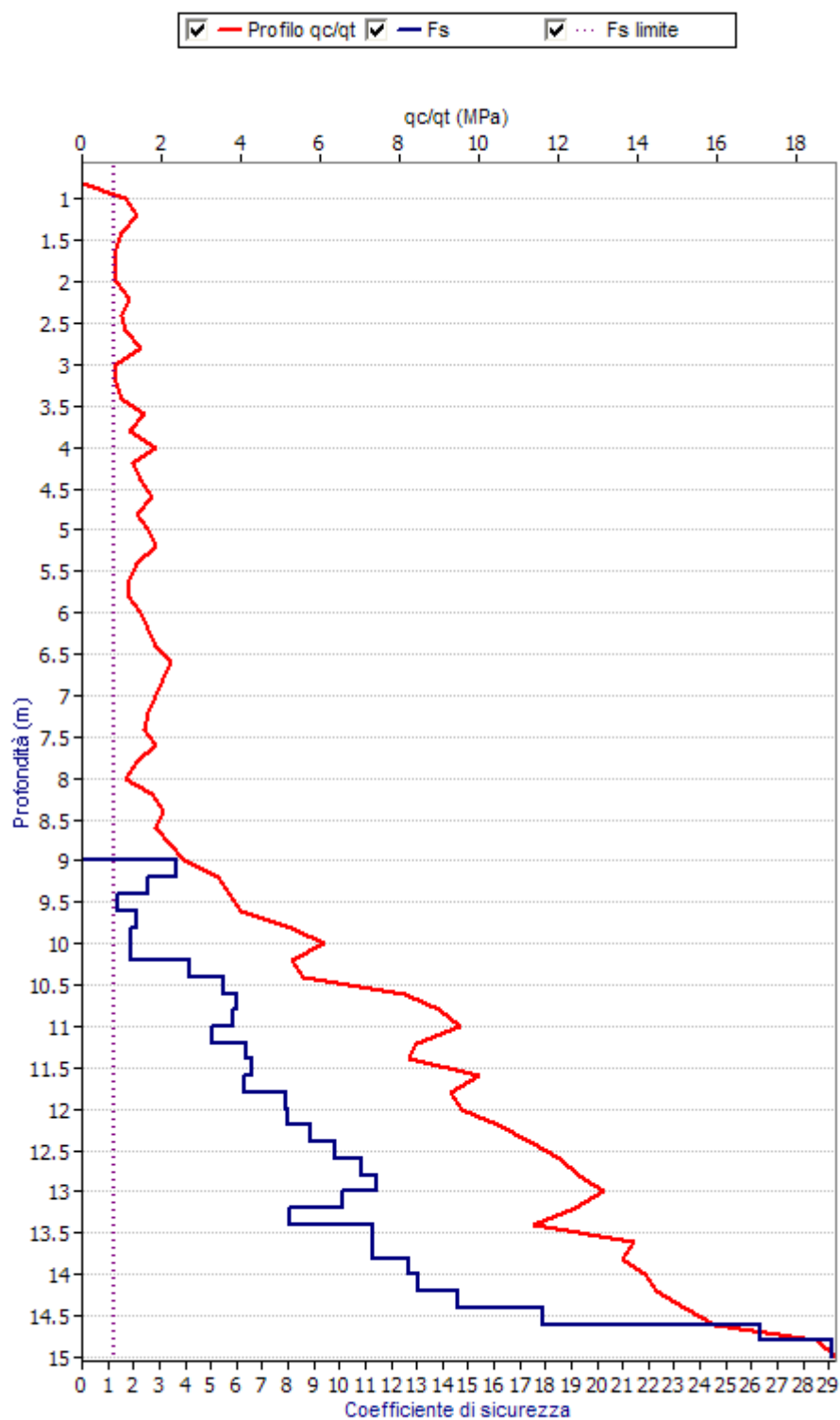
Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 - 059/828367 Fax. 059/5960176

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso



GEO GROUP s.r.l. – GEOLOGIA E AMBIENTE

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it -



Verifica alla liquefazione da CPTU

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

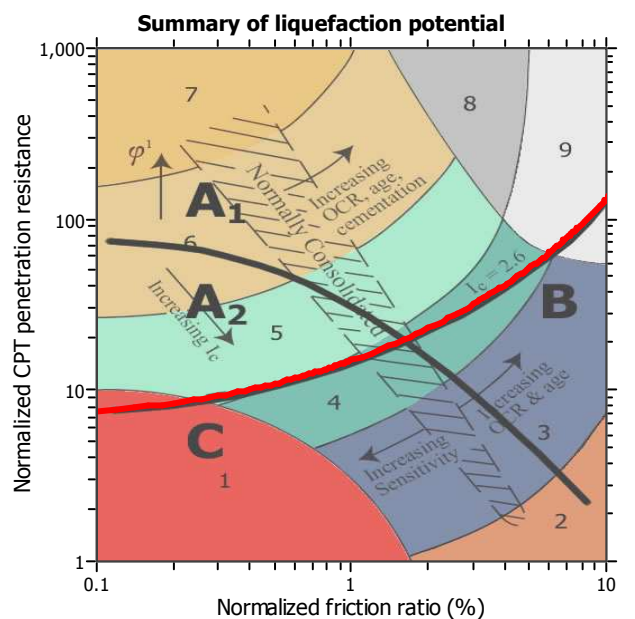
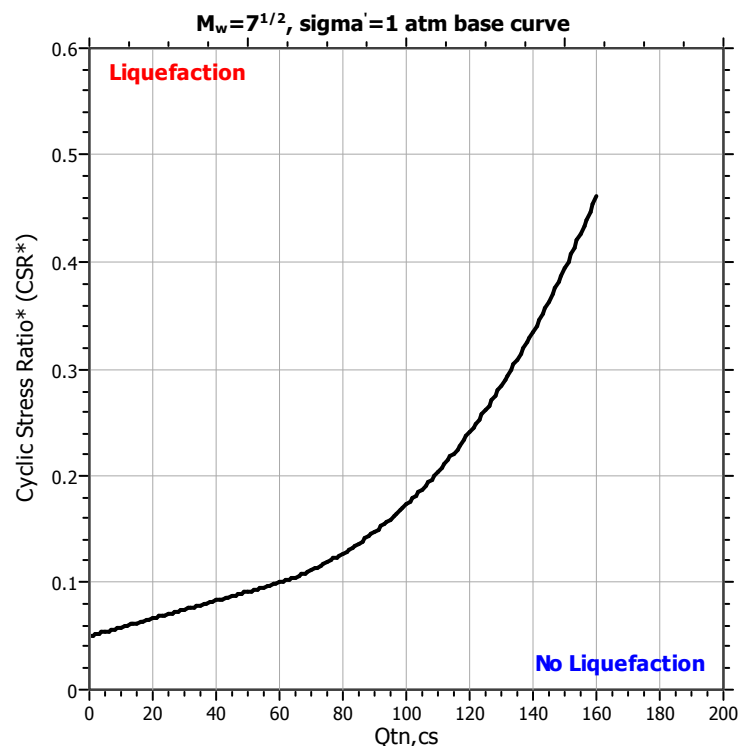
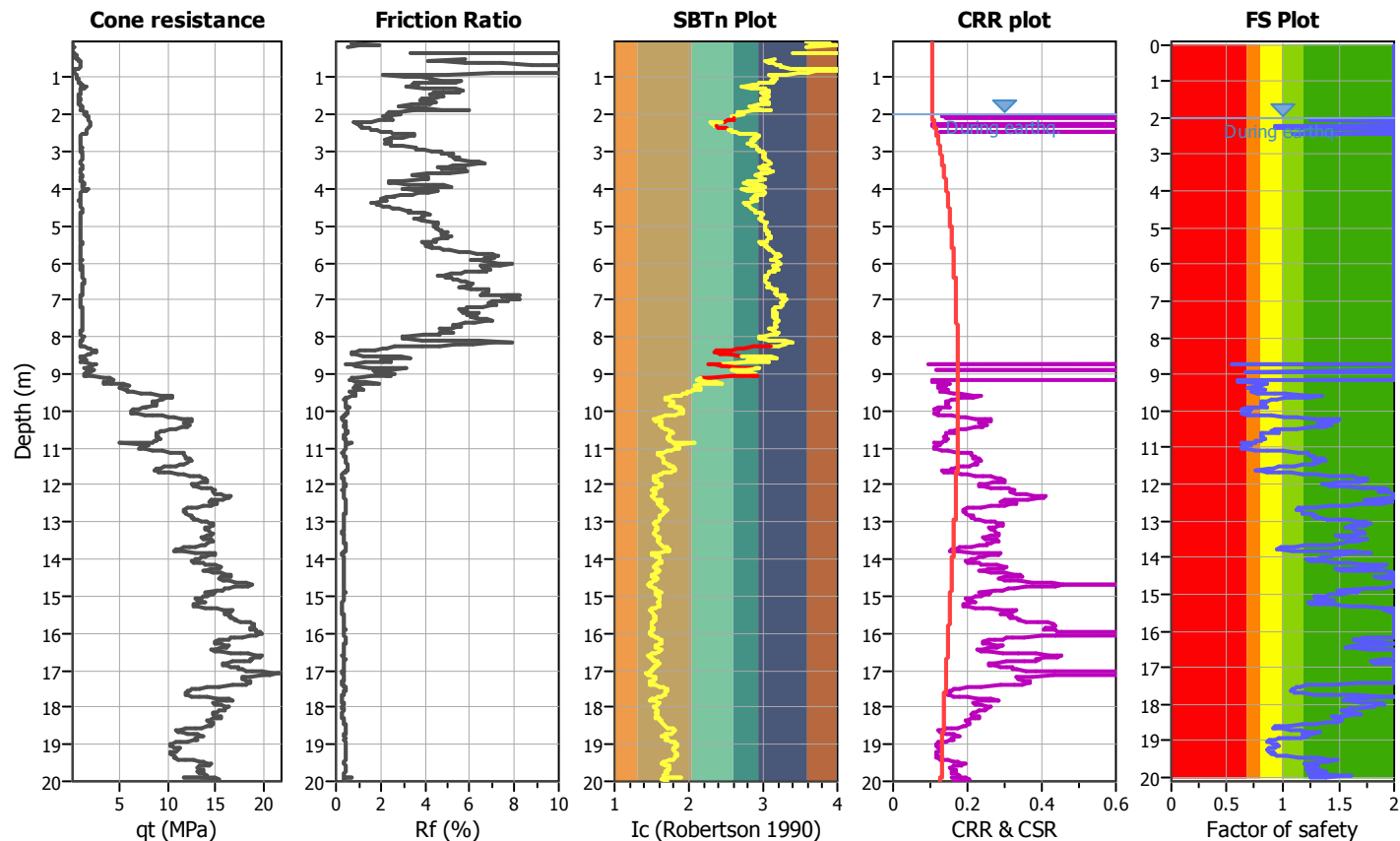
Project title : Nuova scuola media

Location : Concordia s.S., via della Croce Rossa Italiana

CPT file : CPT-01

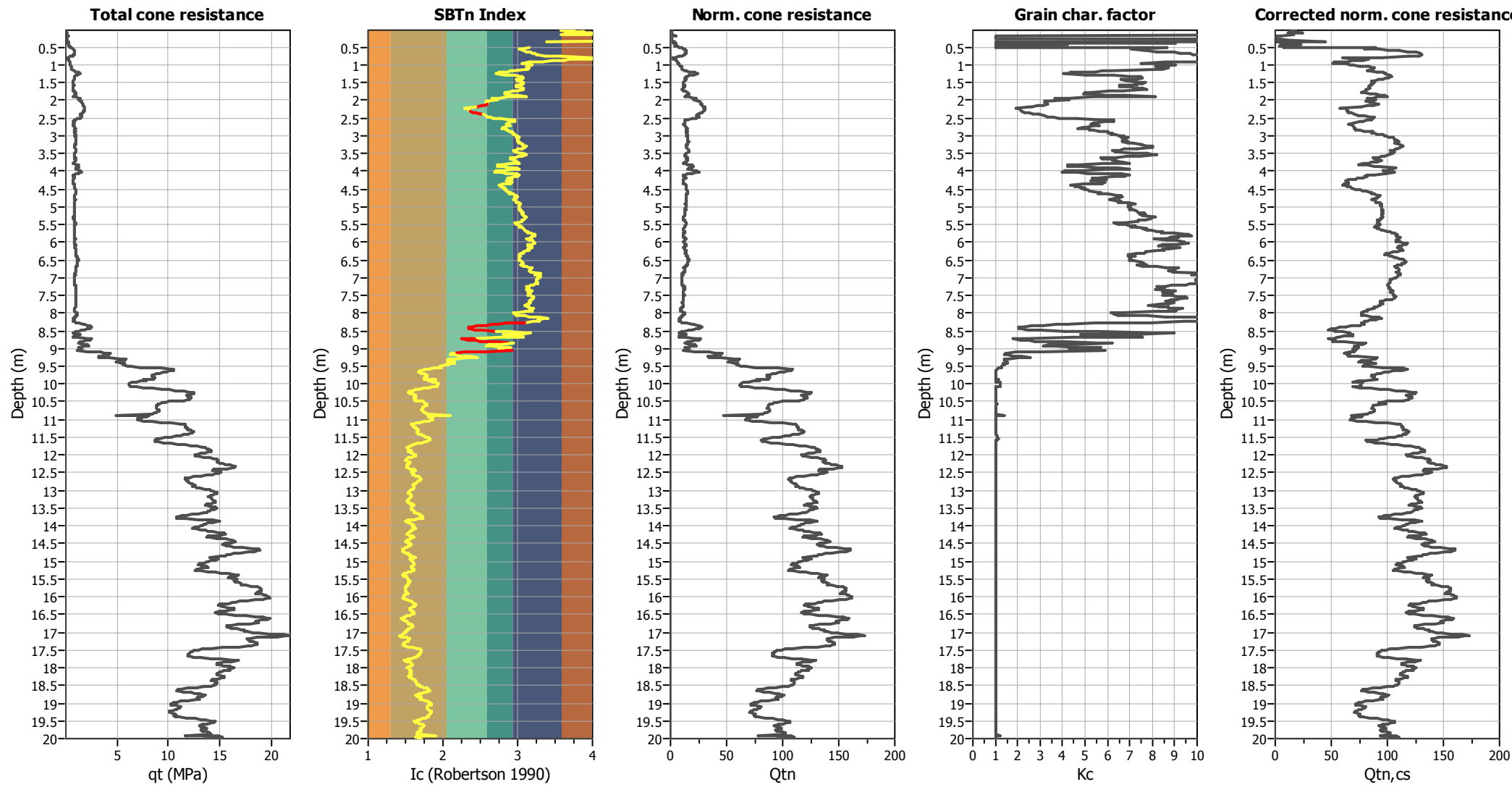
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No		



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

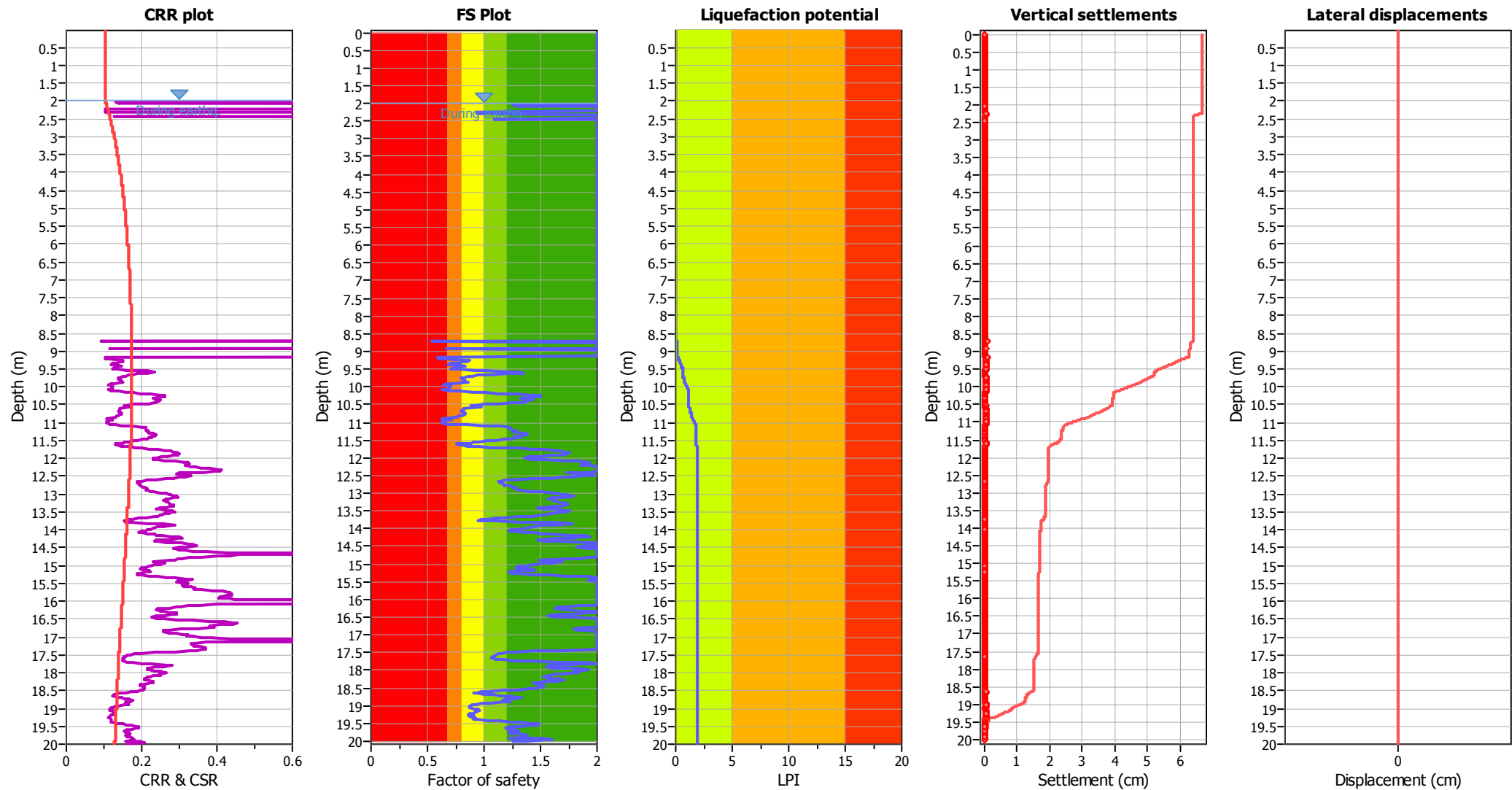
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _{cs} applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

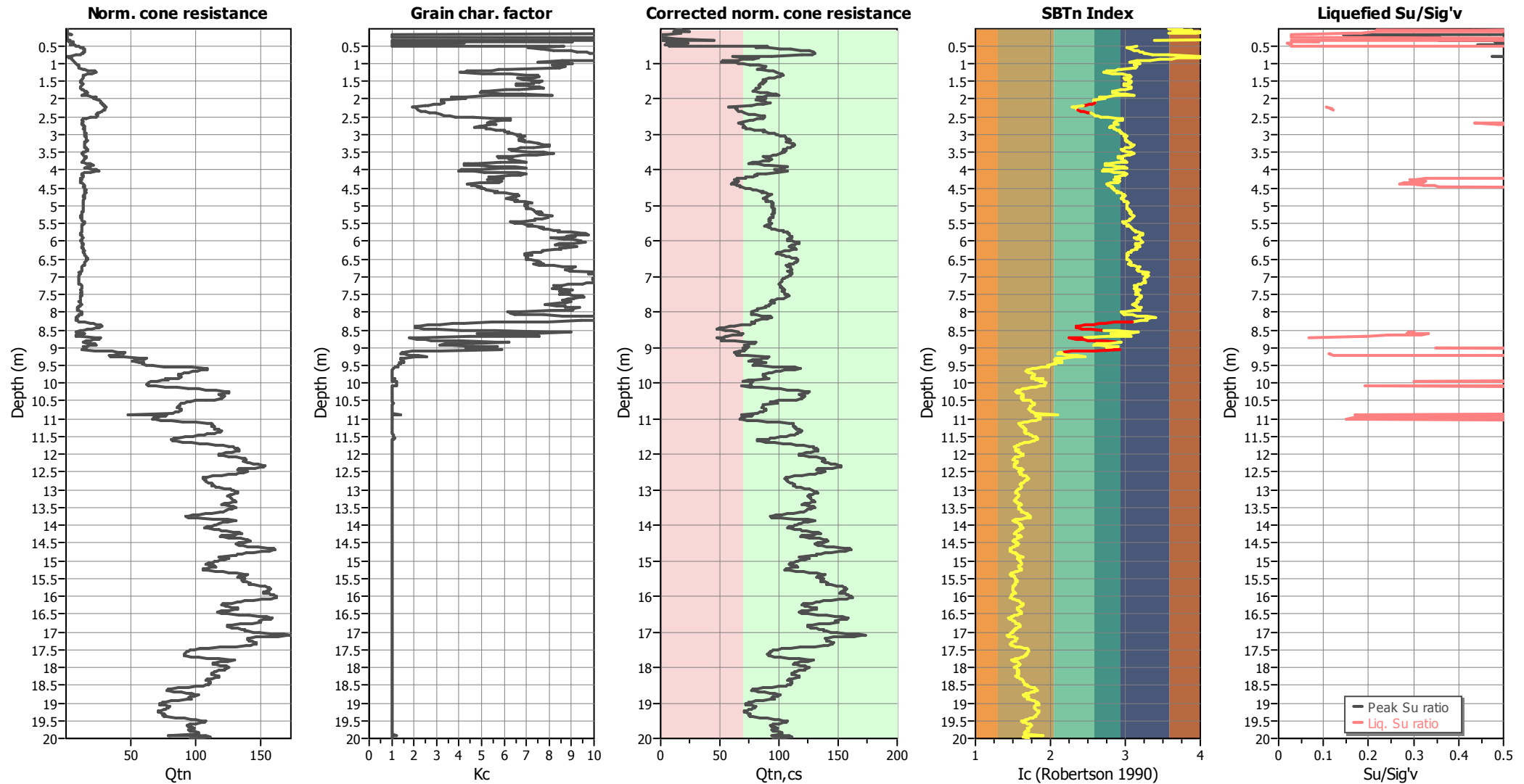
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

Red	Very high risk
Orange	High risk
Yellow	Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

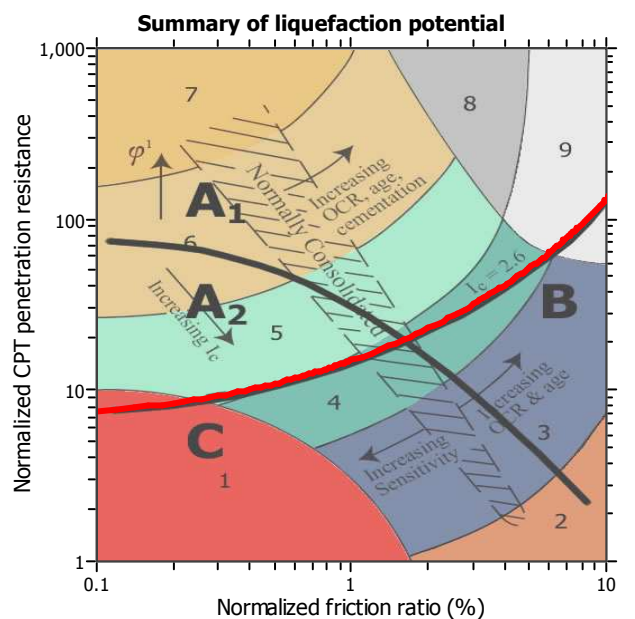
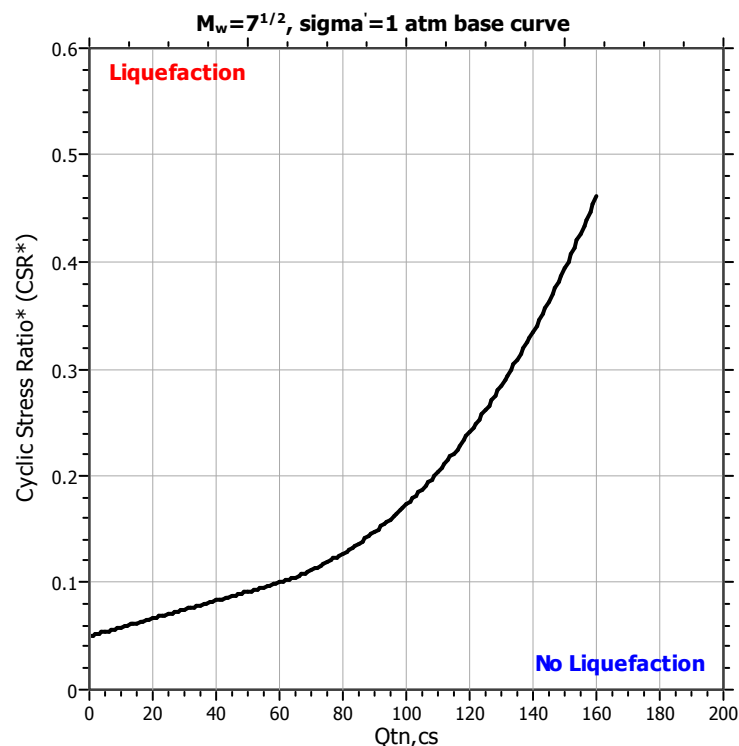
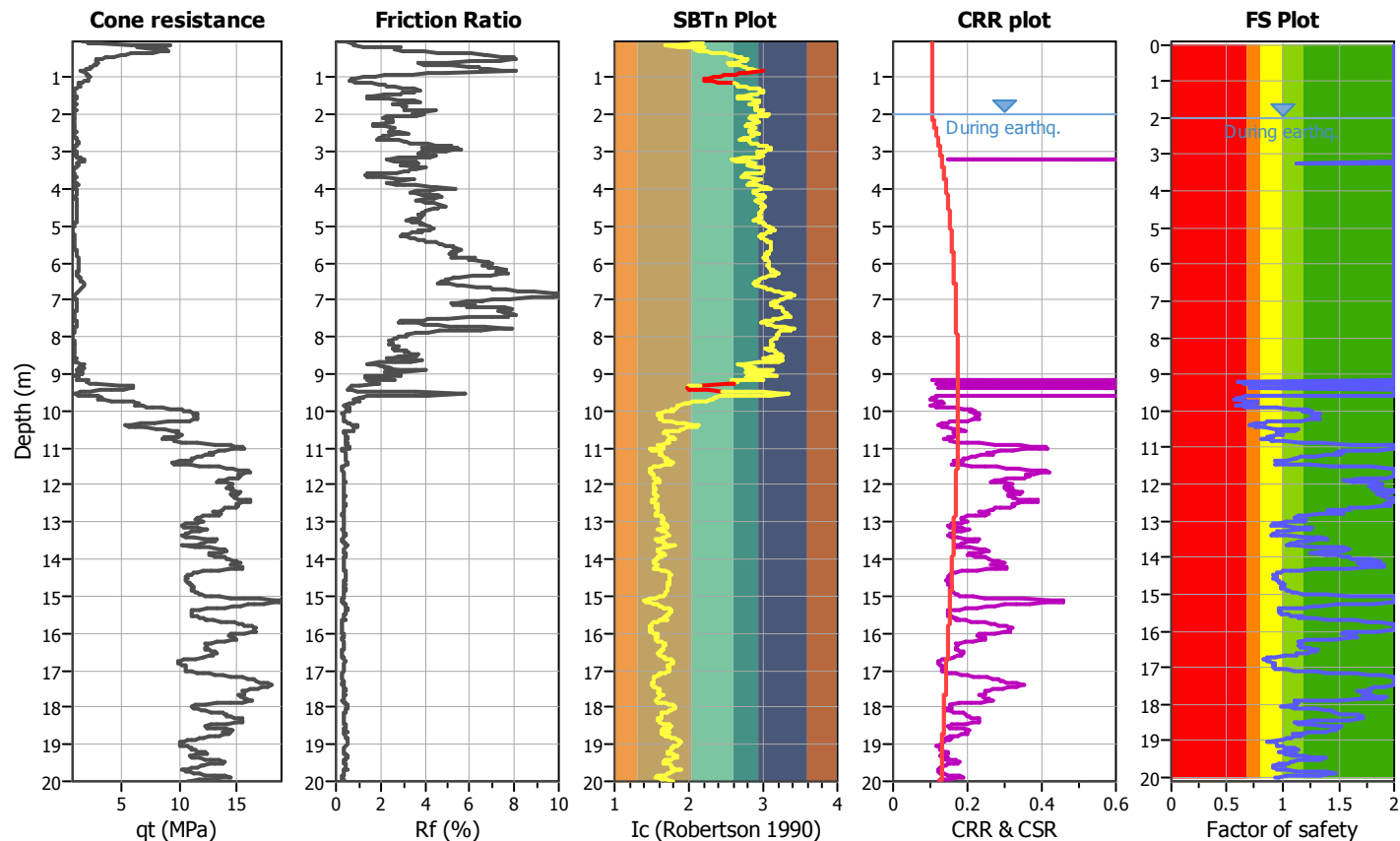
Project title : Nuova scuola media

Location : Concordia s.S., via della Croce Rossa Italiana

CPT file : CPT-03

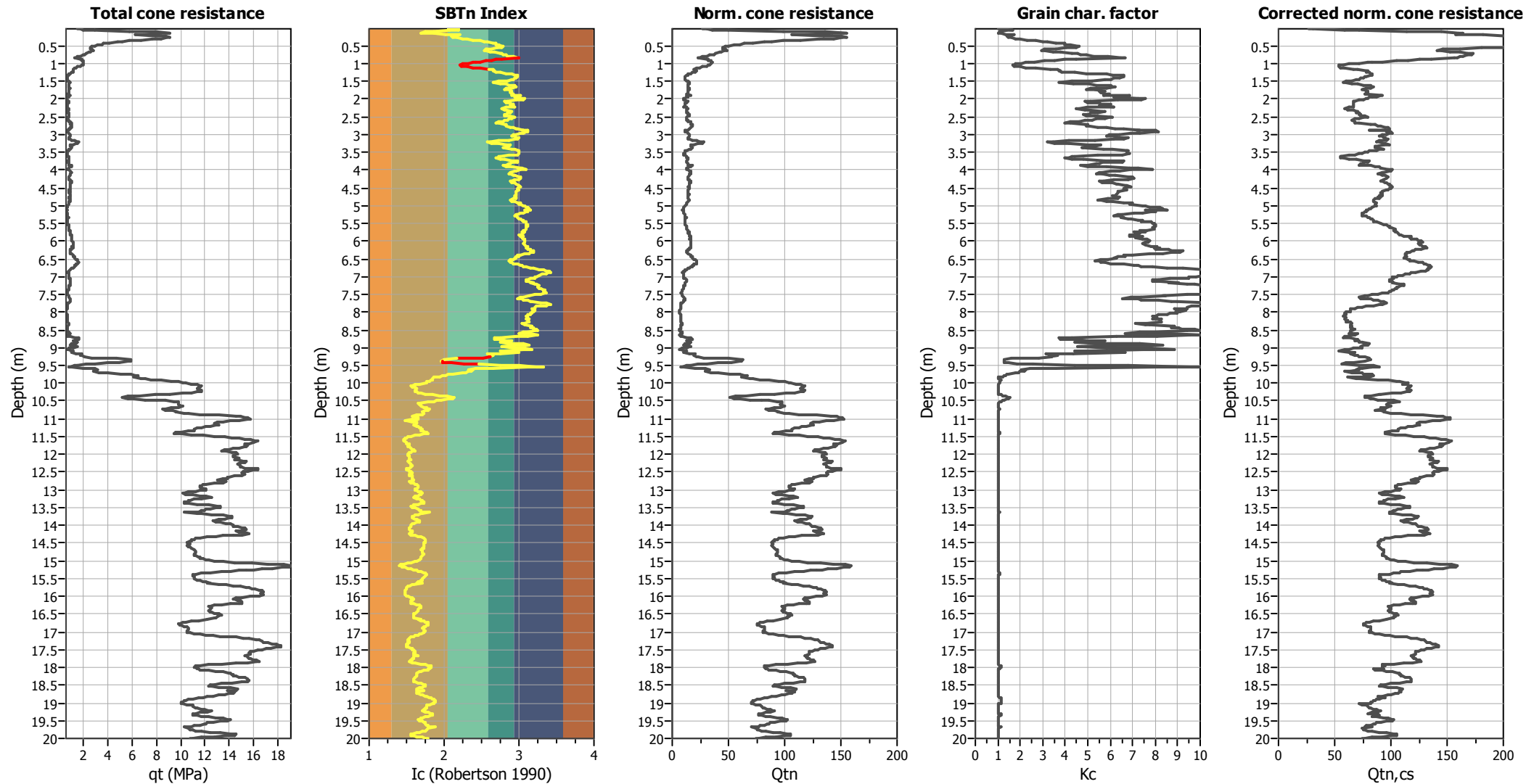
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No		



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

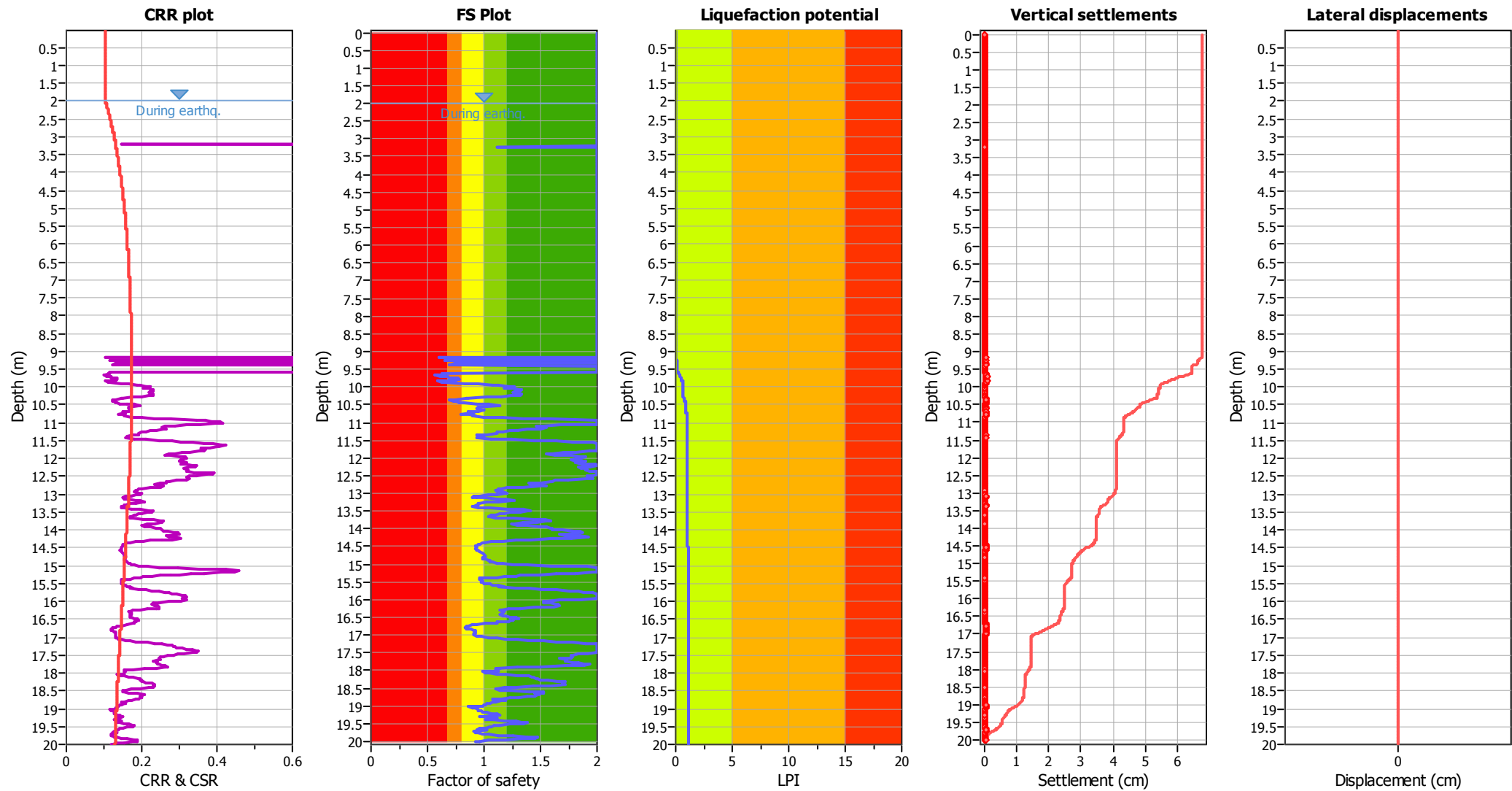
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _σ applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

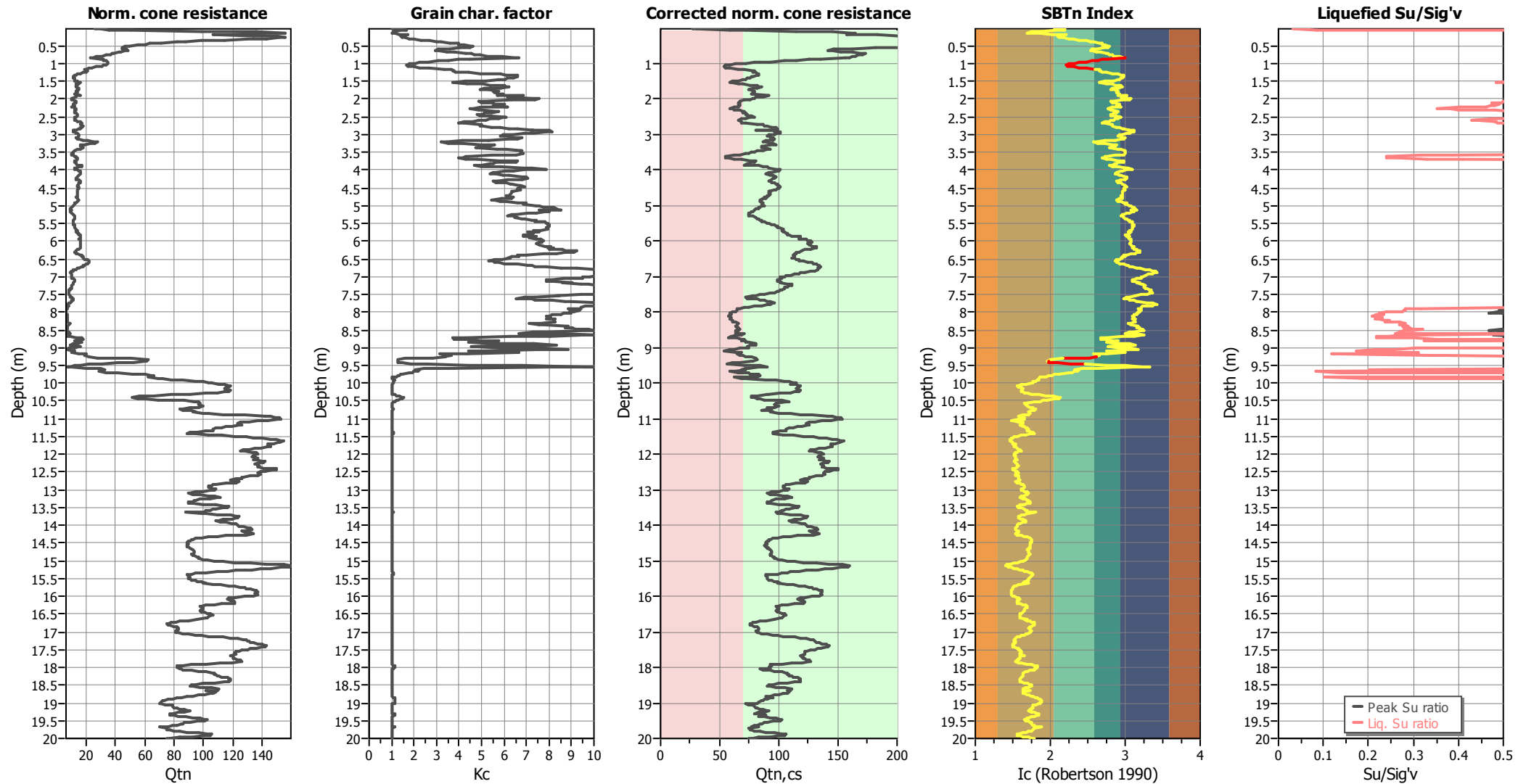
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N°7 ***Verifiche geotecniche***

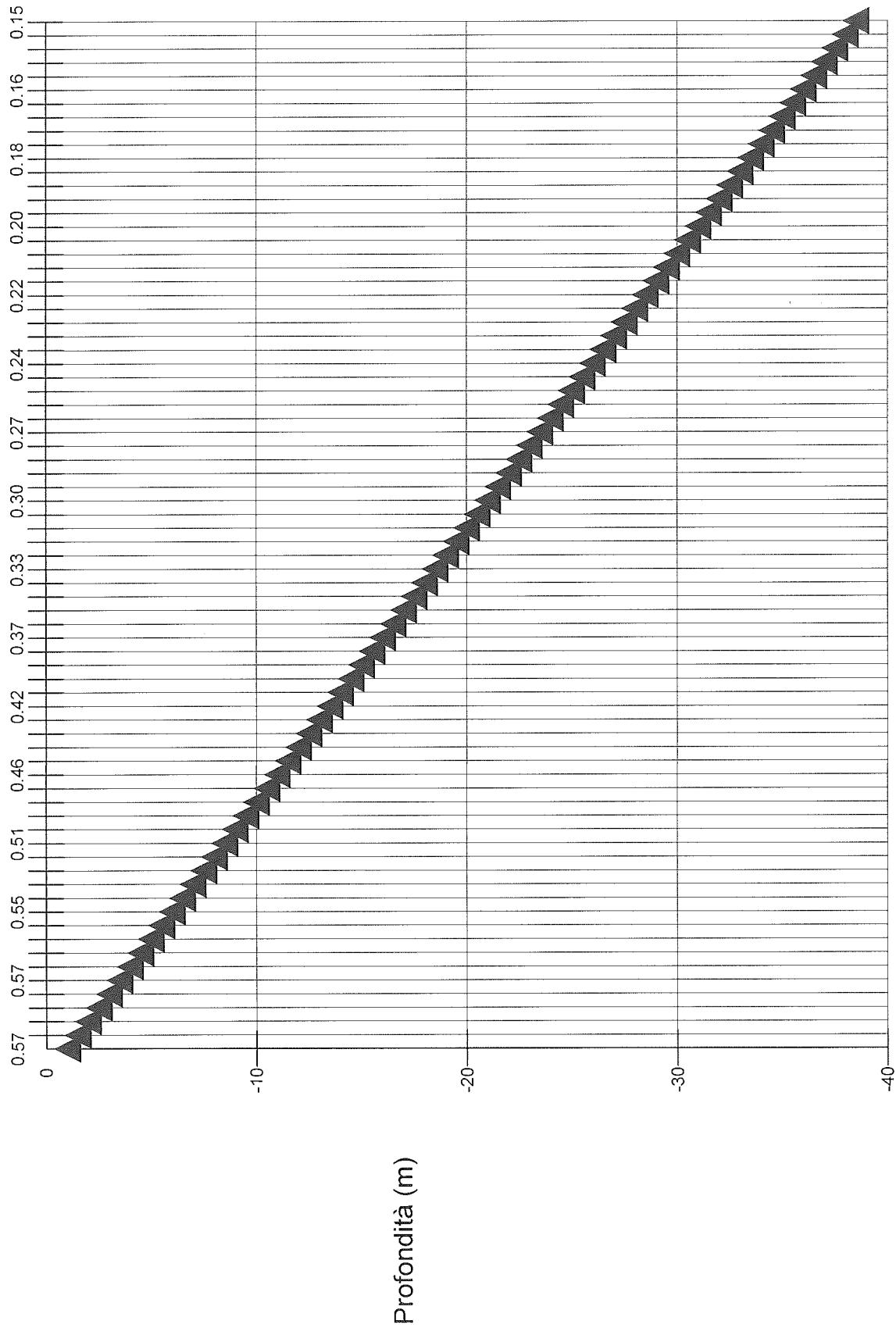
N.1		Committente: Località: Data:				
Falda (m) 2.2		Note:				
Tipologia fondazione: platea						
Legenda: Phi(°)=angolo d'attrito - C(kg/cmq)=coesione - E(kg/cmq)=modulo di deformazione Pv(kg/mc)=peso di volume naturale						
H(m)	H ₂ O	Descrizione	Phi (°)	C (kg/cmq)	E (kg/cmq)	Pv (kg/mc)
0.0	0.0	Argilla o argilla limosa mediamente consistente.	0	0.5	40.0	1435.0
1.0						
2.0						
3.0						
4.0	4.0	Argilla o argilla limosa mediamente consistente.	0	0.6	50.0	1100.0
5.0						
6.0	6.2	Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza	0	0.7	55.0	1150.0
7.0						
8.0						
9.0	9.4	Sabbia o sabbia limosa mediamente addensata	31	0.0	150.0	1200.0
10.0	10.4					
11.0		Sabbia o sabbia limosa molto addensata	35	0.0	350.0	1200.0
12.0						
13.0						
14.0						
15.0						
16.0						
17.0						
18.0						
19.0						
20.0						
21.0						
22.0						

GEO GROUP s.r.l.

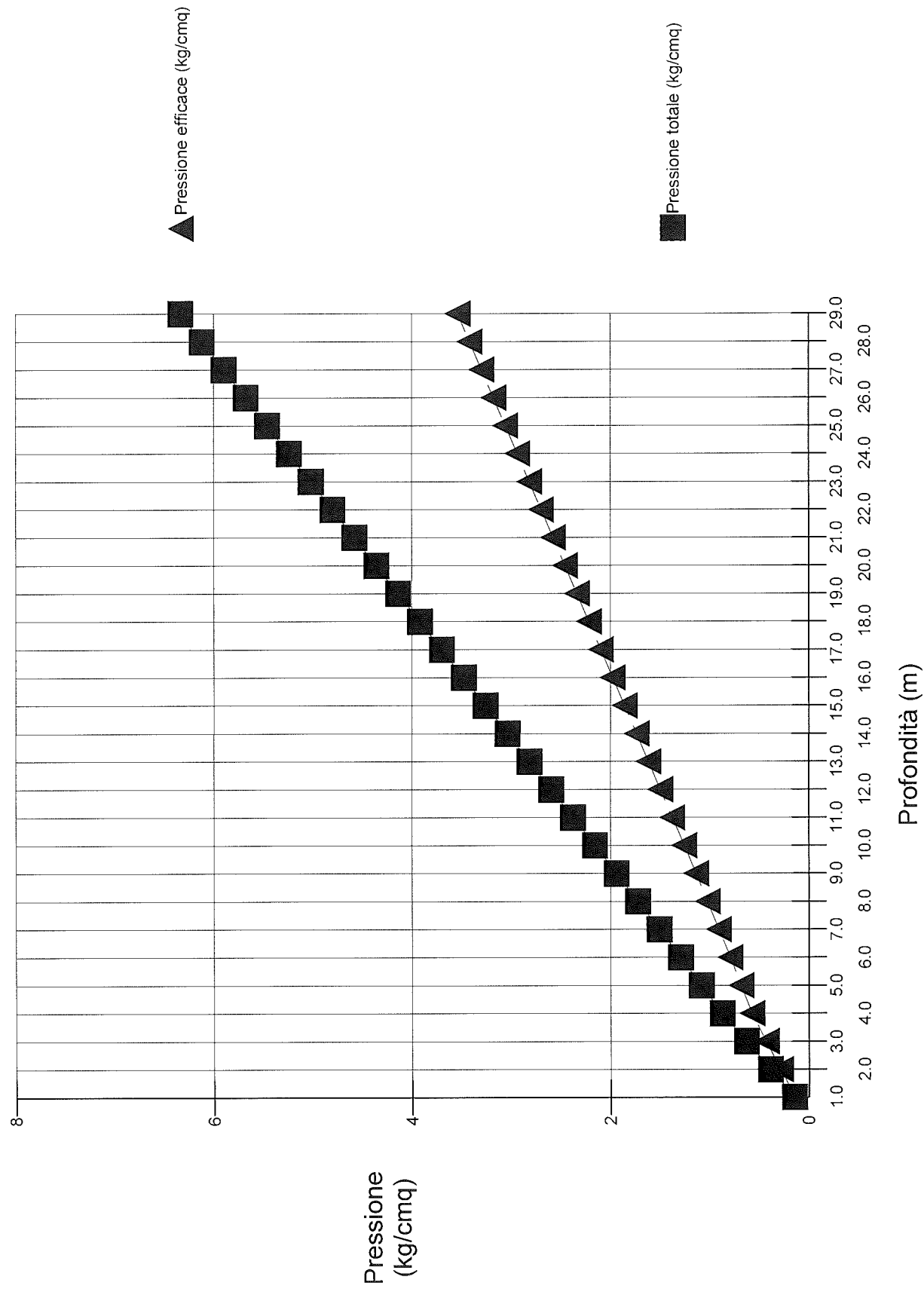
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

PLATEA 20.00 x 60.00 m

Andamento delle sollecitazioni: criterio di Newmark

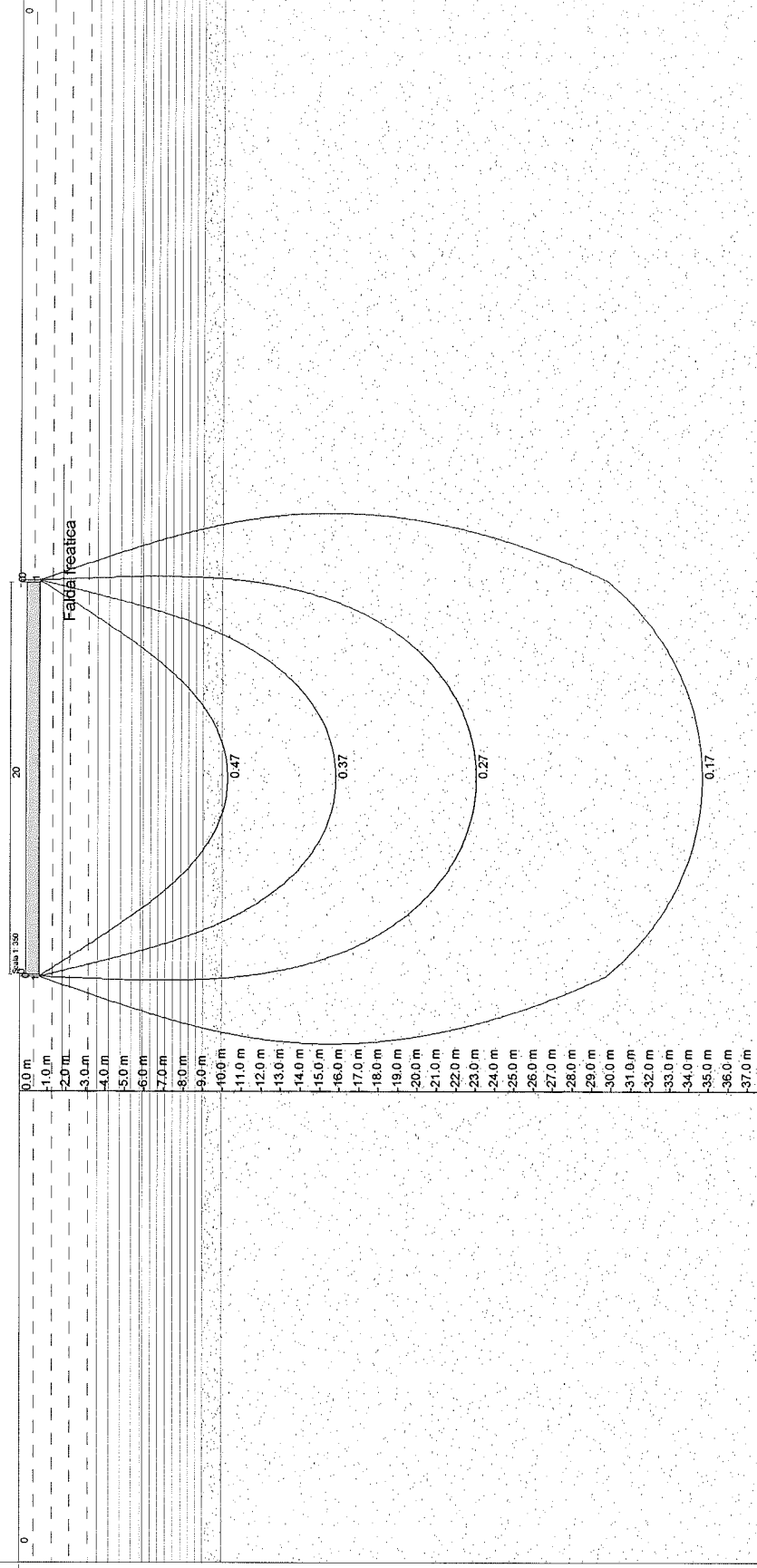


Andamento della pressione totale ed efficace del terreno



- 1) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
- 2) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
- 3) Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza
- 4) Sabbia o sabbia limosa mediamente addensata
- 5) Sabbia o sabbia limosa molto addensata

Tensioni indotte met. Newmark



DATI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Tipologia della fondazione:platea
Geometria della fondazione:
Larghezza della base (m):20.00
Lunghezza della fondazione (m):60.00
Eccentricità della base - lato corto (m):0.00
Eccentricità della base - lato lungo (m):0.00
Profondità di posa - lato destro (m):1.00
Profondità di posa - lato sinistro (m):1.00
Profondità dello scavo - lato destro (m):0.00
Profondità dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato destro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Inclinazione del pendio - lato a valle (°):0
Inclinazione del pendio - lato a monte (°):0
Inclinazione della base - lato corto (°):0
Inclinazione della base - lato lungo (°):0
Inclinazione del carico - lato corto (°):0
Inclinazione del carico - lato lungo (°):0
Fondazione di tipo:elastica
Densità del calcestruzzo (kg/mc):2500.00

FALDA

Profilo della falda

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-2.20
2	26.00	-2.20

STRATIGRAFIA

Profilo strato n. 1

N	X (m)	Y(m)
1	-30.00	0.00
2	0.00	0.00
3	0.00	0.00
4	0.00	0.00
5	0.00	-1.00
6	20.00	-1.00
7	20.00	0.00
8	20.00	0.00
9	20.00	0.00
10	50.00	0.00

Strato n. 1 - Descrizione: Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Densità relativa $Dr(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1750.00
Gamma saturo (kg/mc):2050.00
Coesione (kg/cm²):0.45
Mod.deformazione (kg/cm²):40.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.40
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 2

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-4.00
2	26.00	-4.00

Strato n. 2 - Descrizione: Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Densità relativa $Dr(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1800.00
Gamma saturo (kg/mc):2100.00
Coesione (kg/cm²):0.60
Mod.deformazione (kg/cm²):50.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.40
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):1.00

Profilo strato n. 3

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-6.20
2	26.00	-6.20

Strato n. 3 - Descrizione: Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza

Densità relativa $Dr(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1850.00
Gamma saturo (kg/mc):2150.00
Coesione (kg/cm²):0.70
Mod.deformazione (kg/cm²):55.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:3.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.30
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:1
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 4

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-9.40
2	26.00	-9.40

Strato n. 4 - Descrizione: Sabbia o sabbia limosa mediamente addensata

Densità relativa $Dr(\%)$: 45
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:31.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cm²):0.00
Mod.deformazione (kg/cm²):150.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.30
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 5

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-10.40
2	26.00	-10.40

Strato n. 5 - Descrizione: Sabbia o sabbia limosa molto addensata
Densità relativa $D_r(\%)$: 70
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:35.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cm²):0.00
Mod.deformazione (kg/cm²):350.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.25
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

PORTANZA DELLA FONDAZIONE

Profondità di calcolo:15.00
Criterio di calcolo:Terzaghi
Portanza limite della fondazione (kg/cm²):2.70
Coefficiente di sicurezza:3.00
Portanza ammissibile della fondazione (kg/cm²):0.90
Fattore di portanza N_q :1.00
Fattore di portanza N_g :0.00
Fattore di portanza N_c :5.71
Fattore di forma S_q :1.00
Fattore di forma S_g :1.00
Fattore di forma S_c :1.00
Fattore di approfondimento D_q :1.00
Fattore di approfondimento D_g :1.00
Fattore di approfondimento D_c :1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_q :1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_g :1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_c :1.00
Fattore di inclinazione della base B_q :1.00
Fattore di inclinazione della base B_g :1.00
Fattore di inclinazione della base B_c :1.00
Fattore di pendio G_q :1.00
Fattore di pendio G_g :1.00
Fattore di pendio G_c :1.00
Peso di volume medio sopra il piano di posa (kg/mc):1435.00

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

Carico applicato sulla fondazione (kg/cm²) :0.57
Metodo di calcolo strati incoerenti:
Cedimento immediato (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00
Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner
Cedimento di consolidazione (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento massimo della fondazione (cm):3.64
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.82
Cedimento totale degli strati coesivi (cm):3.64
Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):3.64

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Calcolo del coefficiente di sottofondazione - K di Winkler.

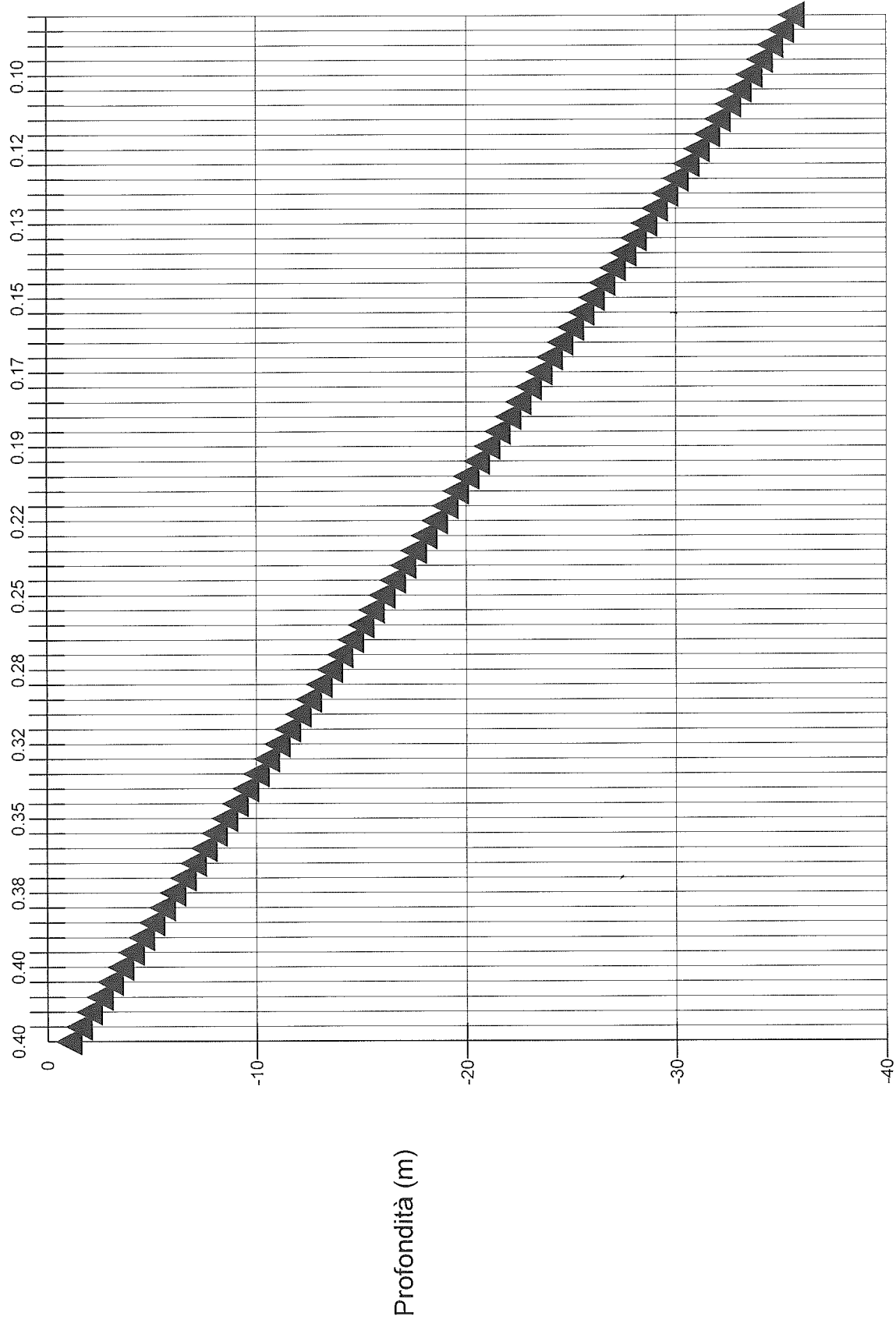
Criterio di calcolo :Bowles
Carico applicato sulla fondazione(kg/cm²):0.57
Cedimento di riferimento(cm):0.82
Coefficiente di sottofondazione (kg/cm³):2.12

GEO GROUP s.r.l.

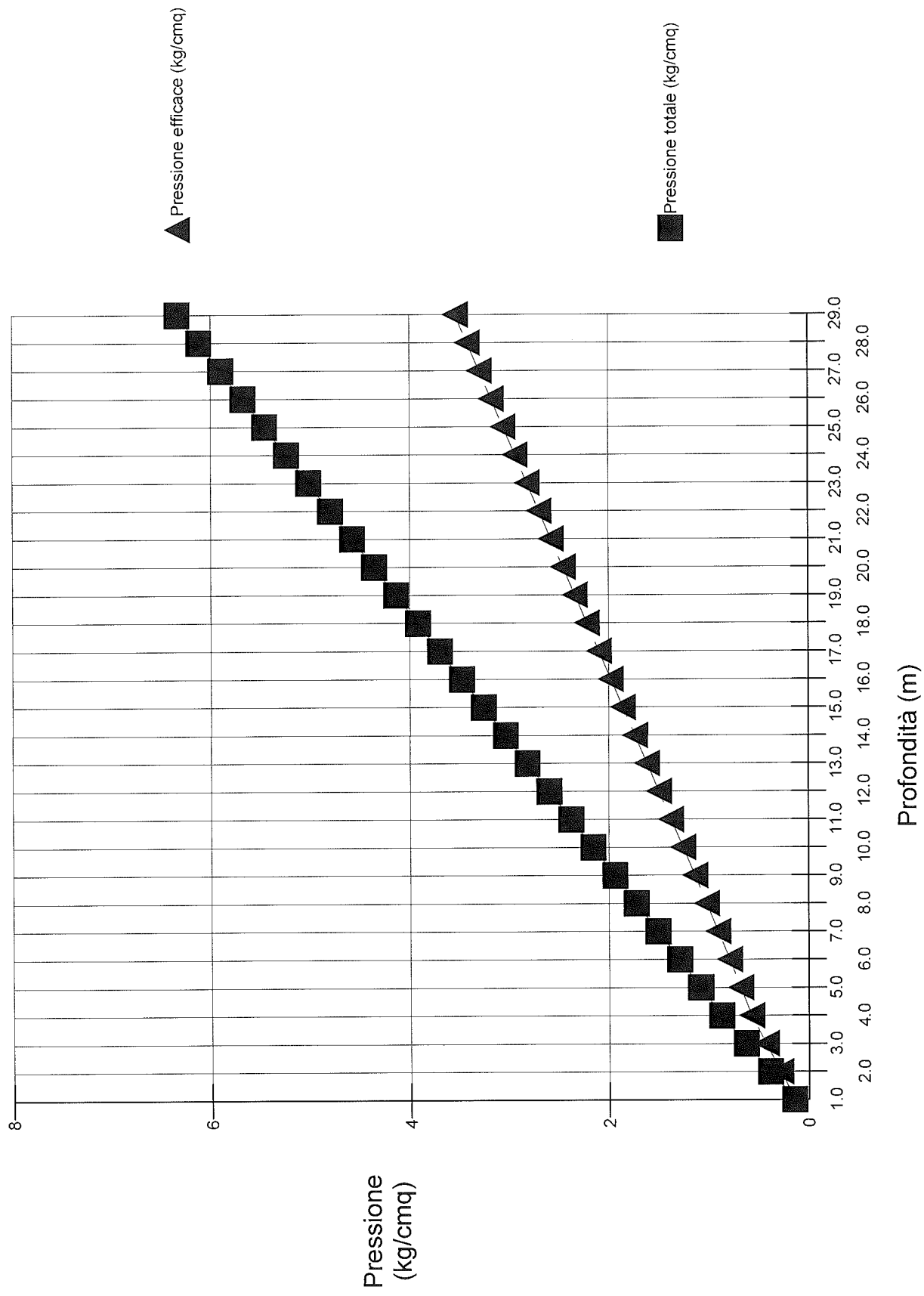
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

PLATEA 20.00 x 40.00 m

Andamento delle sollecitazioni: criterio di Newmark

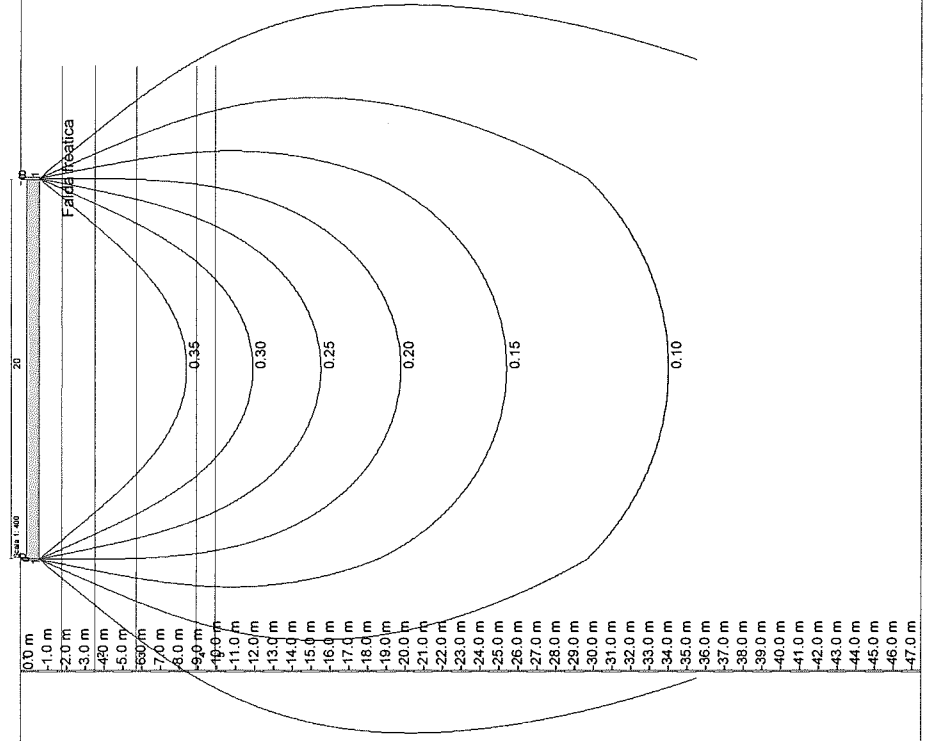


Andamento della pressione totale ed efficace del terreno



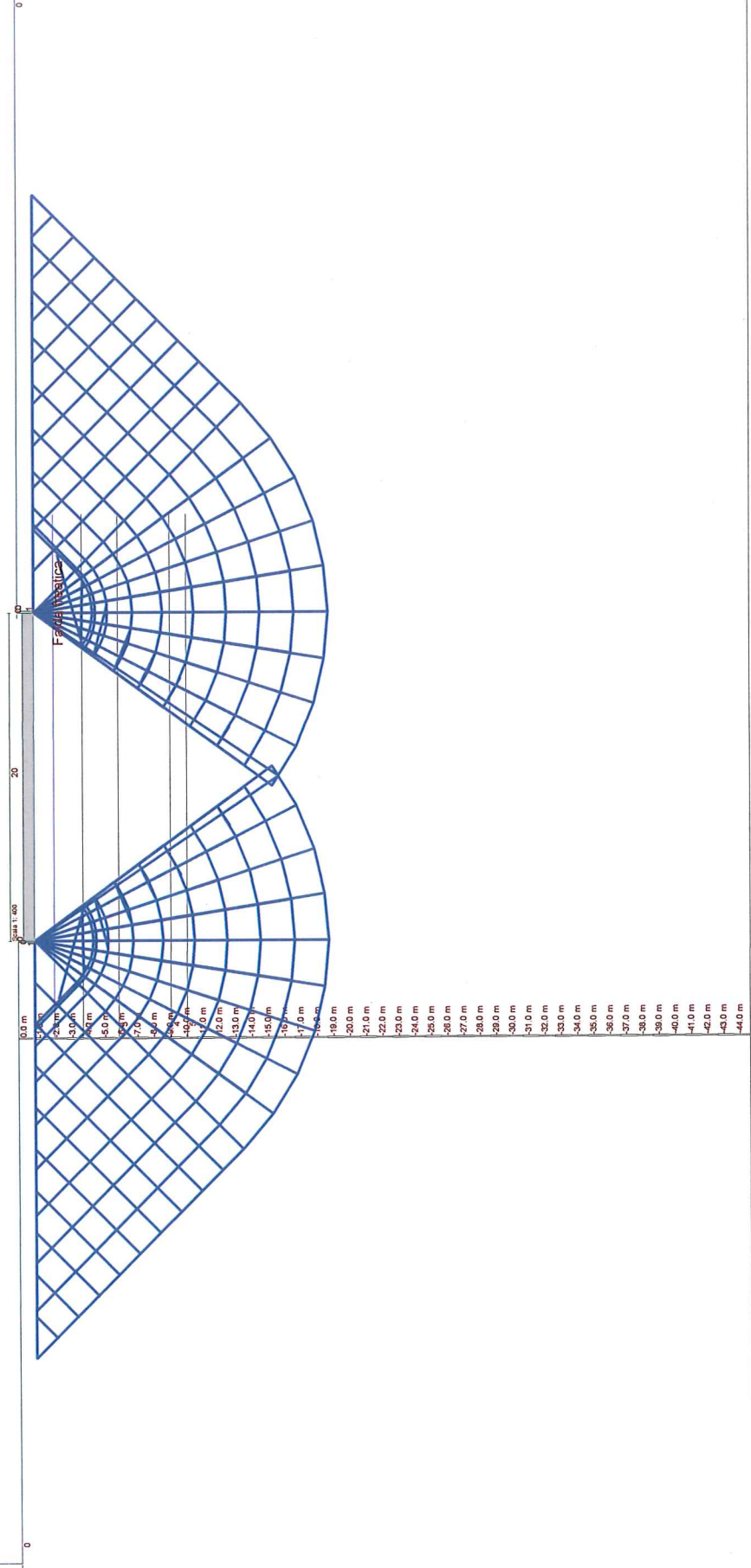
- 1) Argilla e argilla limosa mediamente consistente.
- 2) Argilla e argilla limosa a medio elevata consistenza.
- 3) Argilla e argilla limosa a medio elevata consistenza.
- 4) Sabbia e sabbia limosa mediamente sabbionata.
- 5) Sabbia e sabbia limosa molto sabbionata.

Tensioni indotte nel Newmark



- 1) Argilla e argilla limosa mediamente consistente.
- 2) Argilla e argilla limosa a medio elevata consistenza.
- 3) Argilla e argilla limosa a medio elevata consistenza.
- 4) Sabbia e sabbia limosa mediamente addensata.
- 5) Sabbia e sabbia limosa molto addensata.

Tensioni indotte nel Newmark



DATI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Tipologia della fondazione:platea
Geometria della fondazione:
Larghezza della base (m):20.00
Lunghezza della fondazione (m):40.00
Eccentricità della base - lato corto (m):0.00
Eccentricità della base - lato lungo (m):0.00
Profondità di posa - lato destro (m):1.00
Profondità di posa - lato sinistro (m):1.00
Profondità dello scavo - lato destro (m):0.00
Profondità dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato destro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Inclinazione del pendio - lato a valle (°):0
Inclinazione del pendio - lato a monte (°):0
Inclinazione della base - lato corto (°):0
Inclinazione della base - lato lungo (°):0
Inclinazione del carico - lato corto (°):0
Inclinazione del carico - lato lungo (°):0
Fondazione di tipo:elastica
Densità del calcestruzzo (kg/mc):2500.00

PORTANZA DELLA FONDAZIONE

Profondità di calcolo:15.00
Criterio di calcolo:Terzaghi
Portanza limite della fondazione (kg/cm²):2.70
Coefficiente di sicurezza:3.00
Portanza ammissibile della fondazione (kg/cm²):0.90
Fattore di portanza N_q:1.00
Fattore di portanza N_g:0.00
Fattore di portanza N_c:5.71
Fattore di forma S_q:1.00
Fattore di forma S_g:1.00
Fattore di forma S_c:1.00
Fattore di approfondimento D_q:1.00
Fattore di approfondimento D_g:1.00
Fattore di approfondimento D_c:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_q:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_g:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi I_c:1.00
Fattore di inclinazione della base B_q:1.00
Fattore di inclinazione della base B_g:1.00
Fattore di inclinazione della base B_c:1.00
Fattore di pendio G_q:1.00
Fattore di pendio G_g:1.00
Fattore di pendio G_c:1.00
Peso di volume medio sopra il piano di posa (kg/mc):1435.00

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

Carico applicato sulla fondazione (kg/cm²) :0.40
Metodo di calcolo strati incoerenti:
Cedimento immediato (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00
Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner
Cedimento di consolidazione (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento massimo della fondazione (cm):2.58
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.58
Cedimento totale degli strati coesivi (cm):2.58
Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):2.58

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Calcolo del coefficiente di sottofondazione - K di Winkler.

Criterio di calcolo :Bowles
Carico applicato sulla fondazione(kg/cm²):0.40
Cedimento di riferimento(cm):0.68
Coefficiente di sottofondazione (kg/cm²):1.79