
COMUNE MASSALOMBARDA

(Provincia di Ravenna)

RELAZIONE

- *CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*
 - *AZIONE SISMICA*
 - *INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA*
-

PROGETTO PER REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
FOTOVOLTAICO NELLA ZONA INDUSTRIALE DI FRUGES, IN VIA
DEL LAVORO

Committente: **BIENERGY SRL - VIA SANT'ANDREA 50 - 48022 LUGO (RA) - P.IVA 02672830391**

Marzo, 2021



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



INDICE DELLE RELAZIONI di cui al DM 17.01.2018

Capitoli di cui alle suddette relazioni

2. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito (di cui al § 6.2.1 del DM 17.01.2018)

3. Azione sismica (di cui al § 3.2 del DM 17.01.2018)

4. Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica (di cui al § 6.2.2 del DM 17.01.2018)

Indice

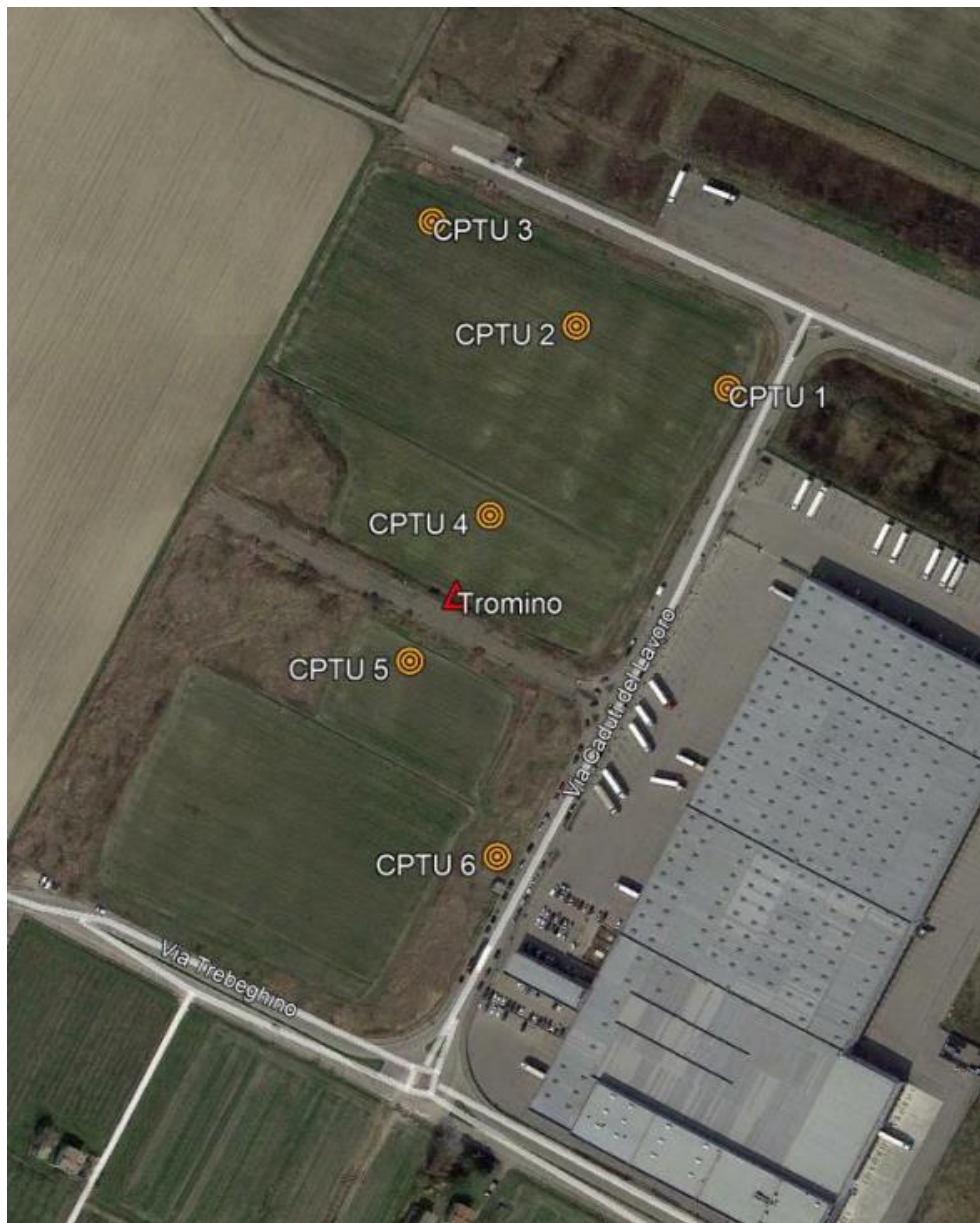
1. PREMESSA.....	2
2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	4
2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	4
2.2. PIANIFICAZIONE – TAVOLA DEI VINCOLI	6
2.3. INDAGINI GEOGNOSTICHE	7
2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE	7
2.3.2. MISURE DEI MICROTREMORI.....	8
3. AZIONE SISMICA	11
3.1. EFFETTI DI SISMA DI PROGETTO SUI TERRENI INTERESSATI DALL'OPERA.....	11
3.2. VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE.....	11
4. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	12
4.1. METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	12
i. Parametri geotecnici caratteristici per la valutazione delle resistenze di progetto	14
ii. Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato.....	17
4.2. VALUTAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) – STATO LIMITE DI RESISTENZA DEL TERRENO	22
4.2.1 Calcolo del carico limite dell'insieme fondazione-terreno - premessa	23
4.2.2 Fondazione e parametri geotecnici caratteristici utilizzati nei calcoli del carico limite dell'insieme fondazione-terreno.....	24
4.2.3 Collasso per carico limite dell'insieme "fondazione-terreno" – approccio 2	25
4.3. VALUTAZIONE DELLO STATO LIMITE ULTIMO DI ESERCIZIO (SLE) – DEFORMAZIONI IRREVERSIBILI	27
4.4. VALUTAZIONE DEI PROFILATI INFISSI NEL TERRENO PER IL SOSTEGNO DEI PANNELLI SOLARI	29
5. CONCLUSIONI.....	33
5.1. INDICAZIONI, DI CARATTERE GENERALE, ESECUTIVE E PROGETTUALI	34
ALLEGATI.....	36

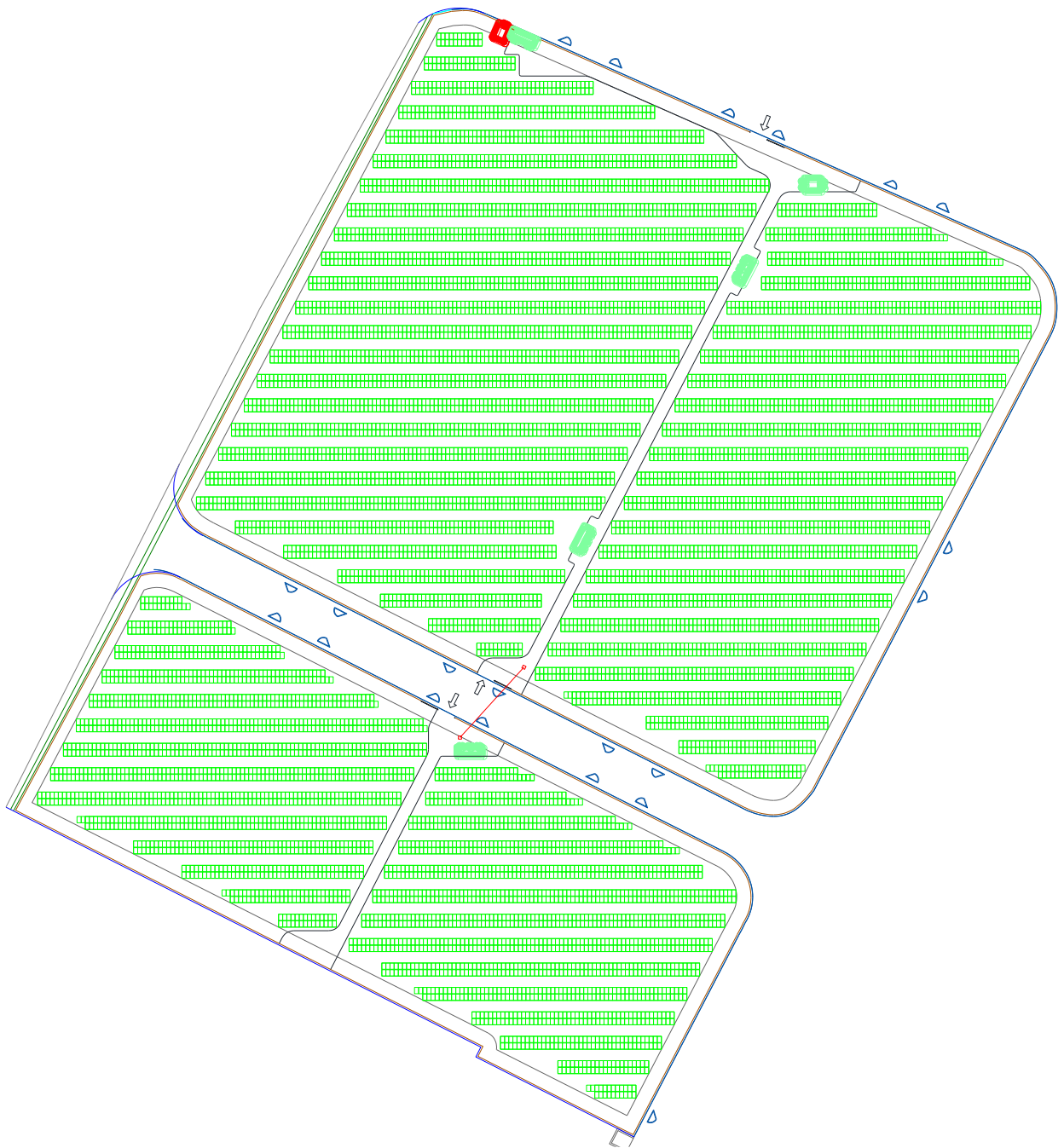
1. PREMESSA

Le indagini sono state eseguite in ottemperanza a quanto prescritto dalle seguenti leggi e norme:

- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- OPCM n°3274/2003 e successive modifiche - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- OPCM n. 3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" e successivi aggiornamenti.
- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare NTC2018 del 11-02-2019

Il lavoro in progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico, come di seguito schematicamente rappresentato.





2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

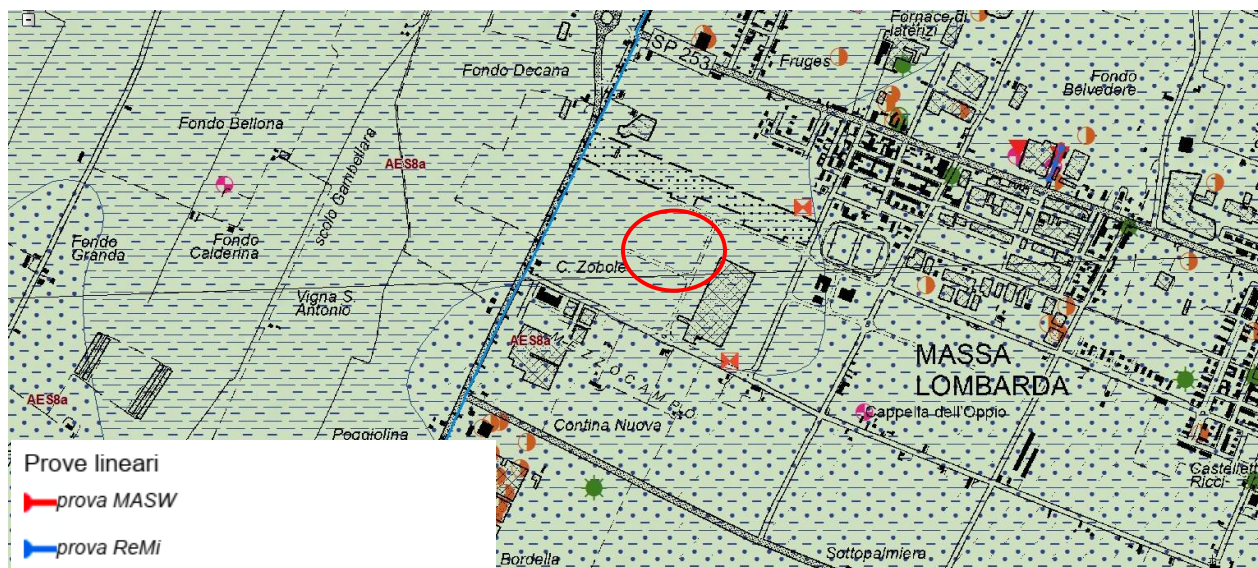
2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area di progetto si trova ai margini Nord della zona industriale della frazione di Fruges di Massalombarda, si presenta morfologicamente pianeggiante, si trova a circa 8.1÷8.2 m sul livello mare, come risulta dalla CTR.

I terreni d'interesse sono tipici della bassa pianura, cioè caratterizzati da depositi fini e medio-fini formati per successive fasi di esondazioni del reticolo idrografico.

L'elemento idrografico principale è costituito dallo Scolo Zaniolo che scorre alla distanza di circa 300 m a Ovest del sito di interesse.

La geologia dell'area è caratterizzata da coperture quaternarie appartenenti all'Unità di Modena (AES8a): Argilla Limosa - Piana alluvionale.



Prove lineari

■ prova MASW

■ prova ReMi

Prove puntuali

■ carotaggio continuo

■ misure di microtremore a stazione singola (HVSr)

■ pozzo per acqua

■ prova CPT con punta elettrica con piezocono

■ prova CPT con punta meccanica

■ prova dinamica generica

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Argilla Limosa - Piana alluvionale

■ Sabbia Limosa - Piana alluvionale

■ Sabbia Limosa Argillosa - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

■ AES8a - Unità di Modena



AES8 - Subsistema di Ravenna



AES8a - Unità di Modena

AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvion Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m.

Pleistocene sup. - Olocene

AES8a - Unità di Modena

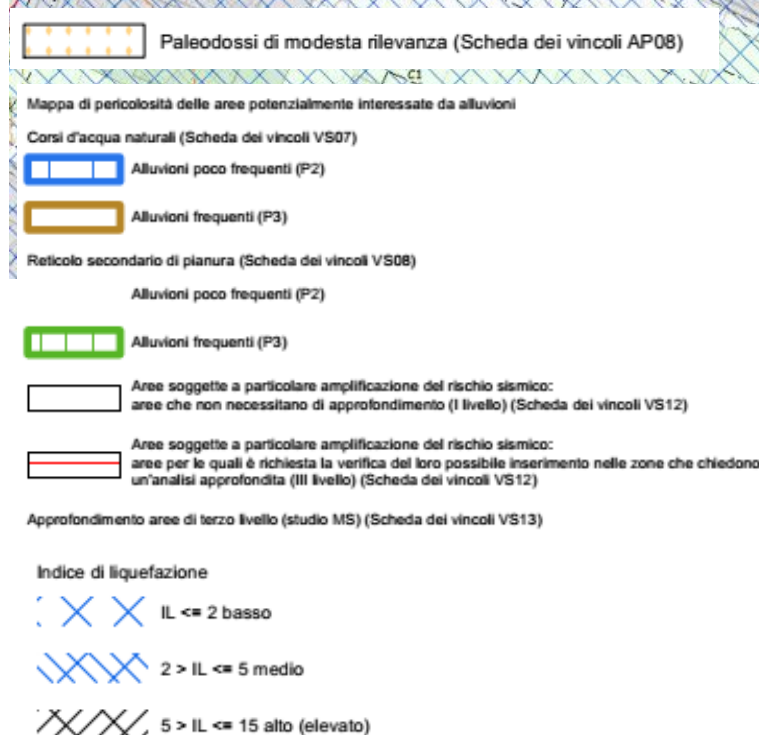
Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositati alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico.

Olocene

2.2. Pianificazione – Tavola dei Vincoli

In base alle tavole del RUE approvato con delibera di Consiglio Comunale n.22 del 17/04/2019 ed entrato in vigore con la pubblicazione sul BURERT n.120 del 17/04/2019, il sito in esame si trova:

- in una zona classificata con indice di liquefazione $2 > IL \leq 5$ medio.



2.3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di verificare le caratteristiche geomeccaniche del terreno interessato al progetto ed in considerazione del rilievo effettuato, sono state realizzate n. una prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono

Mentre per la valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della V_{s30} si è realizzata ad una misura HVSR.

2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE

Per le prove penetrometriche si è utilizzato un penetrometro con spinta di 30 tonnellate, montato su sottocarro (peso complessivo 5500 kg), dotato di punta elettrica costruita secondo la tipologia "Gouda" che ha permesso l'acquisizione dei dati ogni 2 cm di avanzamento.

La punta rispetta le dimensioni standard europee:

- Punta conica per la misura della resistenza alla punta con area pari a cm^2 10 ed angolo di 60° ;
- Manicotto per la misura dell'attrito laterale di cm^2 150;
- Sensore inclinometrico per controllare la deviazione delle aste dalla verticale;
- Sensore di temperatura per correggere deriva dovuta al cambiamento di temperatura.

Dall'esame dei dati di lettura sono state costruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (Q_c), alla resistenza all'attrito laterale (F_s) le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati.

Dall'indice di comportamento I_c , che è funzione di Q_c e F_s/Q_c , si è giunti alla classificazione dei terreni seguendo la metodologia suggerita dal Robertson in 1990 e utilizzando le metodologie suggerite dal tipo di indagine adottata (test penetrometrici) è stato possibile ricostruite le caratteristiche meccanico-fisiche di ciascuna porzione di terreno presa in considerazione, traducendo in termini meccanici i risultati penetrometrici seguendo criteri suggeriti dalla letteratura.

Unità A	<i>Da 0.0m a -0.4÷0.5 m dal piano campagna.</i>
	Terreno di riporto e di alterazione superficiale di natura limoso-argillosa
Unità B	<i>Da -0.4÷0.5 m a -15 m dal piano campagna</i>
	Prevalenti limi argillosi con intercalazioni di livelli di sabbia e sabbia limosa, a luoghi frequenti. In particolare, si osserva un intervallo compreso tra circa -4÷5 m e -7÷7.6 m dal piano di campagna ove prevalgono le intercalazioni sabbioso-limose. I livelli granulari presentano un assetto litostratigrafico lentiforme. I limi argillosi presentano una consistenza prevalentemente plastica, localmente molle-plastica nella parte alta fino a -4.0 m dal piano di campagna. Oltre -7÷7.6 m la consistenza risulta maggiore rispetto a quella riscontrata nella parte alta. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 0.8÷1.0 MPa e 1.9÷2.0 MPa, tendenzialmente in aumento con la profondità.
Unità C	<i>Da -15 m a -18.6 m dal piano campagna, massima profondità indagata (solo CPTU n.3)</i>
	Sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate. Addensamento tendenzialmente in aumento con la profondità. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 3.0÷4.0 MPa e 9÷10 MPa, con punte massime fino a 12÷13 MPa. Valori penetrometrici tendenzialmente in aumento con la profondità.

Il livello della falda freatica, misurata all'interno delle verticali alla data delle prove, presentavano il seguente livello.

N. prova CPTU	Data misura	Livello idrico (m da p.c.)
CPTU n.1	10-02-2021	-1.6 m
CPTU n.2	10-02-2021	-1.5 m
CPTU n.3	10-02-2021	-1.5 m
CPTU n.4	10-02-2021	-1.5 m
CPTU n.5	10-02-2021	-1.3 m
CPTU n.6	10-02-2021	-1.5 m

In generale, dal confronto tra le prove eseguite e altre di repertorio prove realizzate nella zona, si osserva che le caratteristiche areali litostratigrafiche del substrato dell'area d'interesse risultano nel complesso omogenee.

2.3.2. MISURE DEI MICROTREMORI

Per la valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30 si è utilizzato il TROMINO, uno strumento in grado di misurare i microtremori.

Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali.

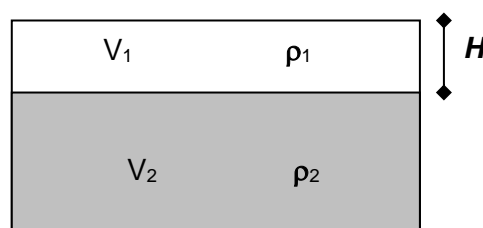
I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

La calibrazione delle misure dei microtremori è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine.

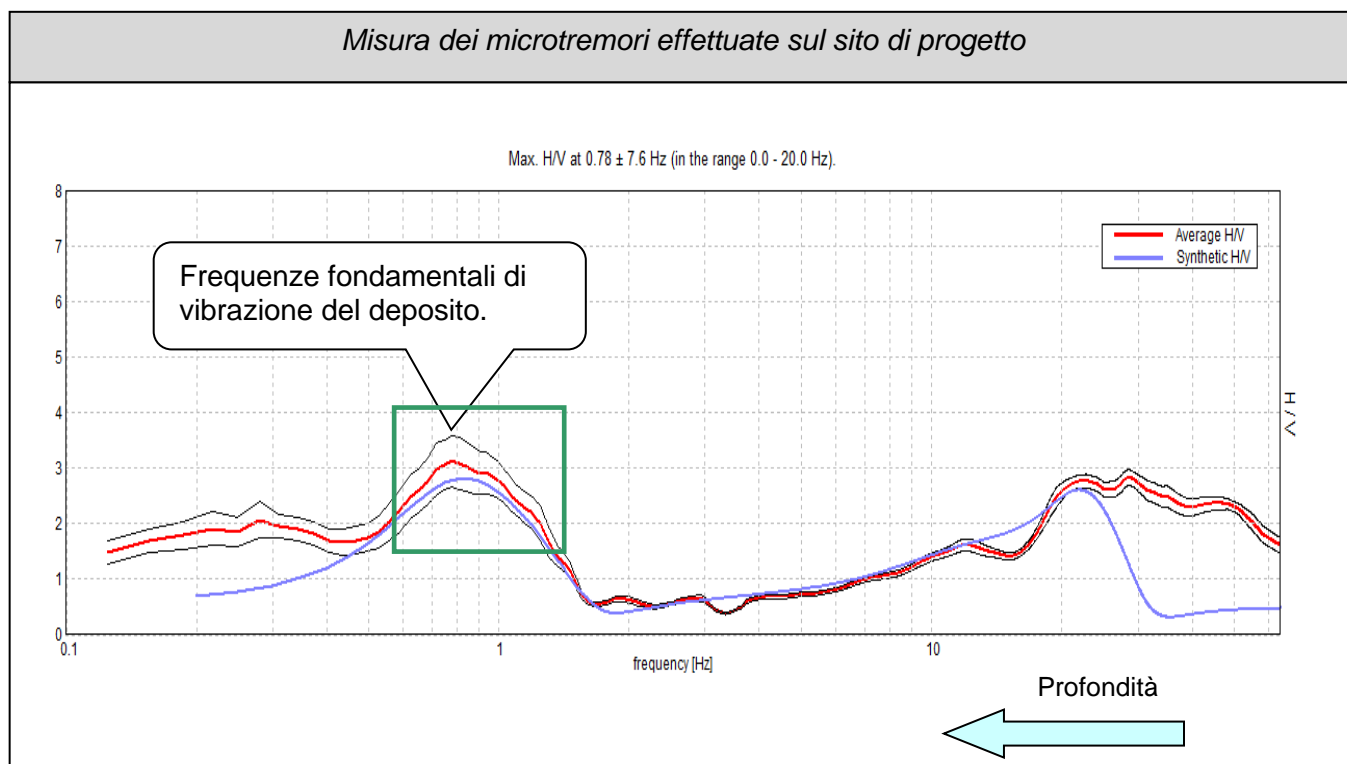
La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), una **Vs30 attorno a 218 m/s**.

L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno.

Nel caso specifico è possibile individuare, in prima analisi, la sottostante frequenza fondamentale per il deposito esaminato.

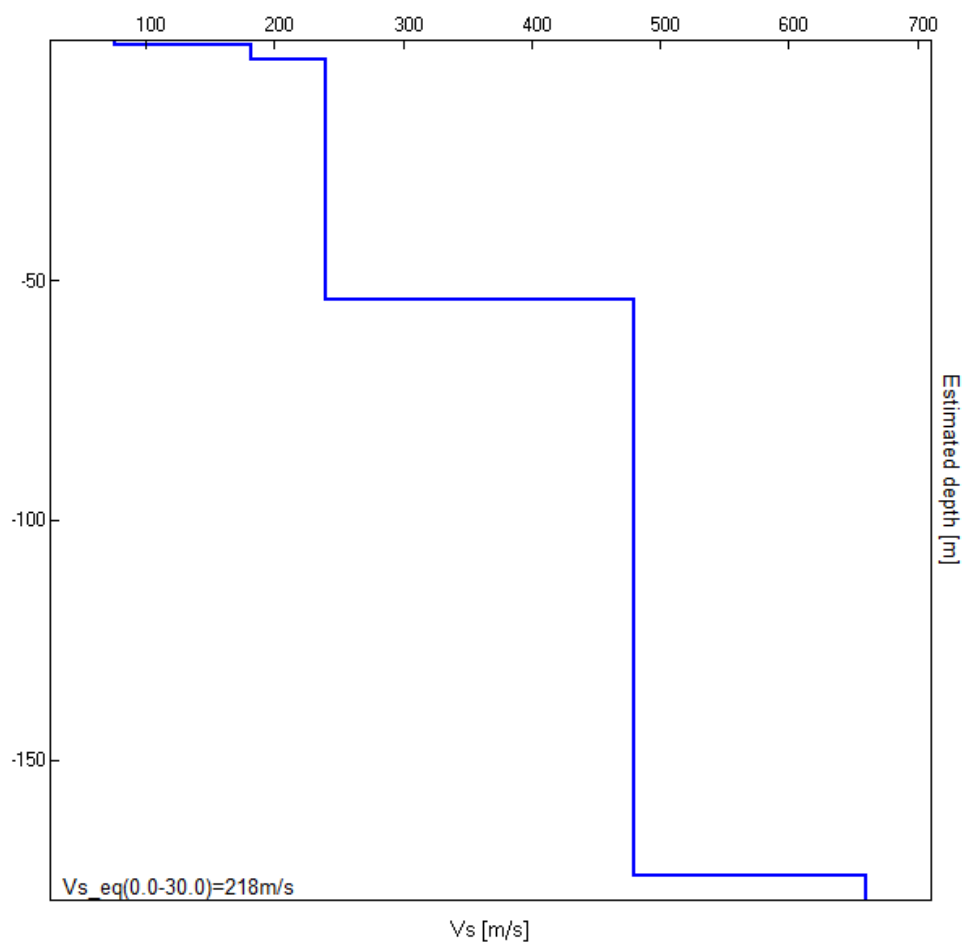
Frequenze fondamentali di vibrazione del deposito	
Frequenza - f (Hz)	Periodo - T (sec)
0.6÷1.3	1.66÷0.76

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	76	0.35
4.10	3.20	182	0.40
54.10	50.00	240	0.40
174.10	120.00	480	0.40
inf.	inf.	660	0.40

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=218\text{m/s}$



3. AZIONE SISMICA

3.1. EFFETTI DI SISMA DI PROGETTO SUI TERRENI INTERESSATI DALL'OPERA

NTC – 17-01-2018

In base alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M del 17-01-2018 l'area, considerando tempi di ritorno di 475 anni, presenta un'accelerazione al bedrock sismico di $a_g=0.186g$.

Dalle misure di sismica passiva risulta che il sito di indagine è caratterizzato da $V_{s30}= 218 \text{ m/s}$, quindi il sito ricade in **categoria C**, con relativo coefficiente di amplificazione stratigrafico pari a $S_s=1.43$.

Inoltre, essendo la morfologia del terreno pianeggiante, il coefficiente di amplificazione topografica risulta $S_T=1.0$.

Pertanto, l'accelerazione massima al suolo sarà pari a

$$a_{g_{\max}} = a_g \cdot S_s \cdot S_T = 0.266g$$

(Vedi tabelle riportate in allegato).

In appendice si riporta l'analisi di RSL dove si osserva che lo spettro elastico di risposta risulta compatibile con quanto proposto dalle NTC2018. Si osserva solo un picco attorno a $T=0.25 \div 0.3 \text{ sec}$.

3.2. VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Una sollecitazione sismica provoca una messa in accelerazione delle particelle del suolo che possono determinare liquefazione e/o modificazioni topografiche dell'area.

Inoltre, sono possibili assestamenti per riduzione di porosità. Ciò avviene in misura maggiore per quei terreni incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti e rifluimenti, con possibili processi di liquefazione in caso di terreni saturi di acqua.

La coesione conserva invece la sua efficacia, indipendentemente dalla vibrazione; quindi i terreni coerenti presentano, praticamente, inalterata la resistenza alle azioni taglianti rapide e con essi sono più rari cedimenti delle opere per assestamenti e rifluimenti generati da azioni dinamiche quali quelle sismiche.

Al fine di verificare il rischio di liquefazione sono state eseguite verifiche con il metodo AGI (2005) e Robertson e Cabal, (2009) per la valutazione della suscettività, e con il metodo di Facciorusso & Vannucchi (2009) per la valutazione della pericolosità.

Le analisi nel suo insieme hanno evidenziato una bassa pericolosità inerenti i fenomeni di liquefazione del sito indagato, con giudizio di pericolosità: **“non liquefazione quasi certa”**.

Pertanto, non si evidenziano rischi per i fenomeni cosismici di liquefazione per il sito indagato in caso di sisma di progetto con tempi di ritorno di 475 anni.

I cedimenti post sisma, escludendo gli strati sottili contenuti tra livelli argillosi, non soggetti a liquefazione, sono dell'ordine massimo di $3 \div 12 \text{ cm}$, valori perfettamente compatibili allo SLV con le opere in progetto. Nel caso in esame in caso di cedimenti post sisma delle strutture, progettate nel rispetto delle NTC2018, non collasseranno e sarà comunque consentita l'evacuazione degli eventuali occupanti. Inoltre i collegamenti delle reti di servizio non saranno soggetti a gravi danneggiamenti, come evidenziato dalla sottostante tabella di Sowers (1962) relativa ai cedimenti limiti che permettono l'evacuazione dell'opera (ced. massimi di $30 \div 60 \text{ cm}$) e il funzionamento delle reti di servizi (ced. massimi di $15 \div 30 \text{ cm}$).

Inoltre, considerando l'assetto litostratigrafico del sito, gli eventuali assestamenti differenziali saranno trascurabili e compatibili con la struttura in esame.

Tabella 16.5 - Valori ammissibili di alcuni parametri di deformazione delle strutture secondo Sowers (1962)

<i>Tipo di movimento</i>	<i>Fattore di limitazione</i>	<i>Valore ammissibile</i>
	Collegamento a reti di servizi	15÷30
	Accessibilità	30÷60

4. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

4.1. METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Un aspetto essenziale del metodo degli stati limite riguarda la scelta dei parametri da introdurre nel modello di calcolo. Riguardo ai calcoli geotecnici con il criterio degli stati limite si devono considerare nelle relazioni i parametri caratteristici.

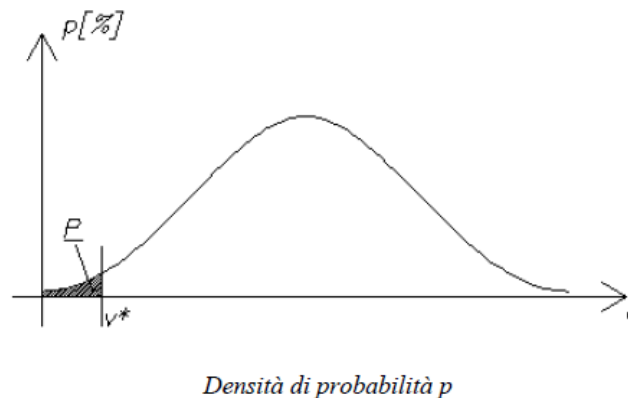
In base all'EC7, al punto 2.4.5.2.2(P), il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore di influenza all'insorgere dello stato limite.

Da ciò discende:

- *Stima cautelativa*: si tratta di una stima che deve essere a favore della sicurezza. Cioè si deve tenere conto dell'incertezza esistente in geotecnica dovuta alla notevole variabilità delle proprietà dei depositi e all'incertezza dovuta alle informazioni non complete generalmente a disposizione tramite prove in situ e di laboratorio;
- *Valore che influenza l'insorgere dello stato limite*: il valore caratteristico è in funzione dello stato limite considerato, ad esempio la rottura al collasso verticale della fondazione. Si osserva che se invece della rottura al collasso verticale, esaminiamo la rottura allo slittamento, il valore del parametro geotecnico sarà generalmente diverso.

L'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica, anche se questa non è resa obbligatoria, cioè non deve necessariamente essere adottata dai singoli stati membri.

Nel caso specifico utilizzando il metodo statistico il valore caratteristico di un particolare parametro di calcolo è definito come quel valore al quale è associato una determinata probabilità di non superamento.



Osservando la sopra riportata figura si rileva che P è la probabilità di non superamento della variabile v connessa al valore v^* (valore caratteristico cercato se $P=5\%$). v^* viene quindi calcolato imponendo che l'area P sia uguale a 5%.

In particolare in funzione del volume di terreno coinvolto nello stato limite considerato si possono presentare le seguenti situazioni:

1. Elevati volumi di terreno;
2. Piccoli volumi di terreno;
3. Campioni di scarsa numerosità.

1. Elevati volumi di terreno

Quando la zona di influenza coinvolge elevati volumi di terreno bisogna selezionare un 5° percentile della distribuzione media.

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

t = valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u=95%
(ossia $1-\alpha=0.95$ o alternativamente, $\alpha=0.05$)

s = deviazione standard del campione

n = numero di dati

2. Piccoli volumi di terreno

Nel caso che la rottura sia locale, ossia interessi volumi relativamente piccoli del terreno, la formula da applicare è la seguente.

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \bullet s \approx \bar{x} \pm 1.645 \bullet s$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

z = distribuzione normale standardizzata

s = deviazione standard del campione

3. Campioni di scarsa numerosità

Per campioni di scarsa numerosità è possibile utilizzare anche la più generica equazione di Schneider, che offre la seguente formula semplificata:

$$x_k = \bar{x} * 1 - \frac{COV}{2}$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

COV = covarianza

Diversi autori propongono valori di covarianza per i vari parametri geotecnici

Shneider (1997)

Angolo di attrito = 10%

Coesione = 40%

Modulo di comprimibilità = 40%

Phoon et al. 1995

Peso di volume naturale = 7%

Valore di q_c (MPa) per sabbie = 38%

Valore di q_c (MPa) per argille limose = 27%

Valore di q_T (MPa) per argille = 8%

Densità relativa (%) per sabbie = 10-40%

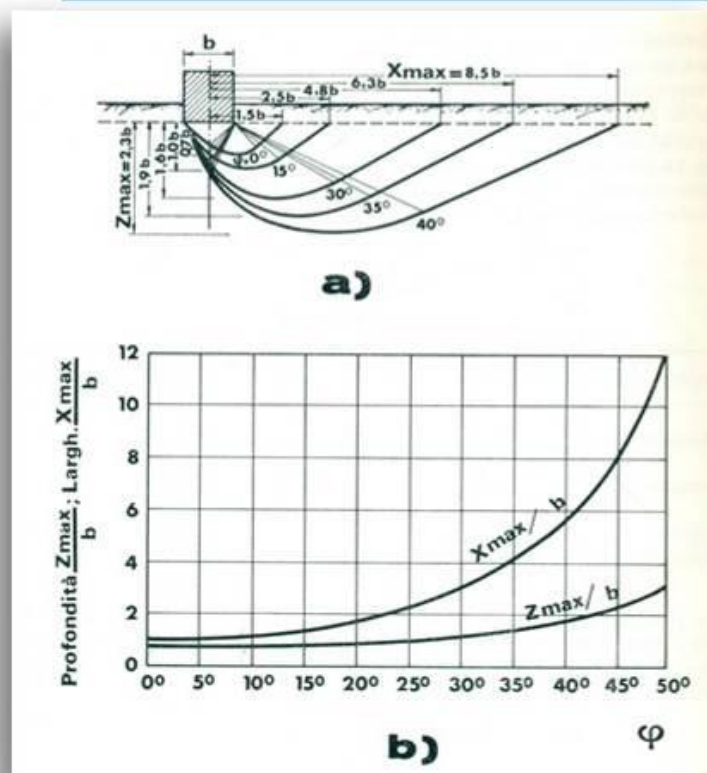
i. Parametri geotecnici caratteristici per la valutazione delle resistenze di progetto

Nel caso in esame, considerando le sopra riportate relazioni, si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici ricavati dall'elaborazione delle prove penetrometriche.

Considerando fondazioni superficiali, meccanismo di rottura di tipo generale e il volume interessato dall'involuppo di rottura, dovranno utilizzarsi i seguenti valori per valutare le resistenze di progetto

Si evidenzia che in considerazione del tipo di prova, penetrometrie, per i terreni a grana fine risultano più attendibili i parametri geotecnici in condizioni non drenate.

Metodo utilizzato per la valutazione del volume interessato dalla rottura



- a) Superfici di rottura per valori diversi dell'angolo di attrito;
- b) Corrispondenti variazioni dell'approfondimento (Z_{max}) e dell'estensione (X_{max}) della superficie di scorrimento.

PER FONDAZIONI SUPERFICIALI A PLATEA

MECCANISMO DI ROTTURA DEL TERRENO PER FONDAZIONI SUPERFICIALI IN CONDIZIONI drenate

B = 2.5m

Indice di Rigidezza Ir: $Ir = G_0 / (C' + q \tan(\phi)) =$					
	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
	529.34	443.43	532.71		
in cui:	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
G_0 = Modulo di Taglio iniziale	= 297	195	302	daN/cm ²	
C' = Coesione Drenata	= 0.45	0.34	0.45	daN/cm ²	
q = Tensione Effettiva litostatica media a metri D + B/2 = (D = profondità fondazione; B = larghezza fondazione (m))	= 0.281	0.281	0.281	daN/cm ²	
ϕ = Angolo d'attrito	= 21.8	18.8	21.9		
Indice di Rigidezza Ir critica: $Ir_{crit} = 0.5 \exp \{ [3.3 - 0.45 (B/L)] * \cotan[(\pi/4) - (\phi/2)] \}$					
	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
	52.98	41.31	53.68		
in cui:					
B/L = larghezza / lunghezza della fondazione	= 0.313				
Meccanismo di Rottura	Rottura Generale	Rottura Generale	Rottura Generale		

MECCANISMO DI ROTTURA DEL TERRENO PER FONDAZIONI SUPERFICIALI IN CONDIZIONI NON DRENATE

B = 2.5m

Indice di Rigidezza Ir: $Ir = G_0 / (C' + q \tan(\phi)) =$					
	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
	444.98	382.47	453.57		
in cui:	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
G_0 = Modulo di Taglio iniziale	= 294	191	300	daN/cm ²	
C_u = Coesione Non Drenata	= 0.66	0.50	0.66	daN/cm ²	
q = Tensione Effettiva litostatica media a metri D + B/2 = (D = profondità fondazione; B = larghezza fondazione (m))	= 0.281	0.281	0.281	daN/cm ²	
ϕ = Angolo d'attrito	= 0.0	0.0	0.0		
Indice di Rigidezza Ir critica: $Ir_{crit} = 0.5 \exp \{ [3.3 - 0.45 (B/L)] * \cotan[(\pi/4) - (\phi/2)] \}$					
	Elevati Volumi	Piccoli Volumi	Media		
	11.78	11.78	11.78		
in cui:					
B/L = larghezza / lunghezza della fondazione	= 0.313				
Meccanismo di Rottura	Rottura Generale	Rottura Generale	Rottura Generale		

Condizioni drenate / non drenate					
Parametro per verifica scorrimento fondazione superficiale profondità di posa D = 0.5 ~ 0.5 m		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ'	19.4 °	18.1 °	19.6 °	0.9 °
COESIONE DRENATA	C'	0.485 daN/cm ²	0.445 daN/cm ²	0.490 daN/cm ²	0.028 daN/cm ²
COESIONE NON DRENATA	C_u	0.69 daN/cm ²	0.53 daN/cm ²	0.69 daN/cm ²	0.09 daN/cm ²

		Condizioni non drenate			
Parametri per fondazioni superficiali di larghezza $B = 2.5 \text{ m}$ e profondità di posa $D = 0.5 \sim 0.5 \text{ m}$		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE DRENATA	C'	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE NON DRENATA	C_u	0.66 daN/cm ²	0.5 daN/cm ²	0.66 daN/cm ²	0.1 daN/cm ²
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ_{cv}	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.33	0.09
MODULO DI TAGLIO INIZIALE	G_o	294 daN/cm ²	191 daN/cm ²	300 daN/cm ²	66 daN/cm ²
MODULO ELASTICO	E	167 daN/cm ²	107 daN/cm ²	170 daN/cm ²	38 daN/cm ²
K _i DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	K_i			2.31 daN/cm ³	0.34 daN/cm ³
K _w DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE $B = 2.5 \text{ m}$ Vesic	K_w			0.76 daN/cm ³	
DENSITA' DEL TERRENO	γ	1760 daN/m ³	1652 daN/m ³	1766 daN/m ³	70 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	γ_s	1360 daN/m ³	1252 daN/m ³	1366 daN/m ³	70 daN/m ³
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			10.26	5.45

		Condizioni drenate			
Parametri per fondazioni superficiali di larghezza $B = 2.5 \text{ m}$ e profondità di posa $D = 0.5 \sim 0.5 \text{ m}$		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ	21.8 °	18.8 °	21.9 °	1.9 °
COESIONE DRENATA	C'	0.449 daN/cm ²	0.344 daN/cm ²	0.454 daN/cm ²	0.067 daN/cm ²
COESIONE NON DRENATA	C_u	n/a	n/a	n/a	n/a
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ_{cv}				
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.34	0.09
MODULO DI TAGLIO INIZIALE	G_o	297 daN/cm ²	195 daN/cm ²	302 daN/cm ²	65 daN/cm ²
MODULO ELASTICO	E	169 daN/cm ²	108 daN/cm ²	173 daN/cm ²	39 daN/cm ²
K _i DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	K_i			2.33 daN/cm ³	0.36 daN/cm ³
K _w DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE $B = 2.5 \text{ m}$ Vesic	K_w			0.78 daN/cm ³	
DENSITA' DEL TERRENO	γ	1765 daN/m ³	1659 daN/m ³	1770 daN/m ³	67 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	γ_s	1365 daN/m ³	1259 daN/m ³	1370 daN/m ³	67 daN/m ³
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			9.43	5.28

MODULO DI REAZIONE DI WINKLER

Si ricorda che il modulo di reazione non dipende unicamente dalle caratteristiche del terreno di fondazione, ma anche dalle dimensioni della struttura e dall'entità e posizione dei carichi applicati. Esso è un parametro di interazione struttura-terreno che deve essere valutato specificatamente dal progettista anche sulla base delle peculiarità della struttura in progetto.

Nel caso specifico il valore riportato nelle sopra riportate tabelle è stato valutato utilizzando la formula di Vesic (1961).

$$k = E/B^*(1-\mu^2)$$

dove

k = modulo di reazione di Winkler

E = modulo elastico

B = larghezza della fondazione

μ = coefficiente di Poisson

Ad ogni modo valori indicativi del modulo di reazione possono essere, ad esempio, ricavati dalla seguente tabella proposta da vari autori

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Sabbia sciolta	0.48	1.60
Sabbia mediamente compatta	0.96	8.00
Sabbia compatta	6.40	12.80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia limosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia e ghiaia compatta	10.00	30.00
Terreno argilloso con $q_u < 2 \text{ Kg/cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < q_u < 4 \text{ Kg/cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $q_u > 2 \text{ Kg/cm}^2$	>4.80	

Valori indicativi della costante di Winkler K in Kg/cm³

Il progettista potrà valutare il valore più opportuno anche in base alle caratteristiche dell'opera di fondazione in progetto, oltre a quelle relative al terreno del substrato, essendo il valore specificatamente influenzato dalla interazione struttura-terreno.

ii. Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato

Si stimano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità litostratigrafiche considerando che, in funzione delle prove geognostiche eseguite, test penetrometrici, i parametri geotecnici ricavati per i terreni argillosi, condizioni non drenate, risultano, nel caso specifico, più attendibili rispetto a quelle drenate, a lungo termine.

Attenzione, i parametri geotecnici dell'unità geotecnica A devono essere presi con cautela in quanto terreni di alterazione superficiale.

Per la valutazione dei cedimenti, nel caso specifico, si è fatto opportunamente riferimento ai valori del modulo edometrico (M) ricavato ogni 2 cm di avanzamento e graficati nel modulo di calcolo allegato.

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3		CPT 4		Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
A	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	3.31	3	argilla-argilla limosa
B	0.50	4.00	0.50	6.00	0.50	5.00	0.50	5.00	2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
C	4.00	7.00	6.00	7.00	5.00	7.20	5.00	7.00	2.58	5	sabbia limosa-limo sabbioso
D	7.00	9.00	7.00	9.00	7.20	9.00	7.00	9.50	2.85	4	limo argilloso-argilla limosa
E	9.00	13.00	9.00	13.00	9.00	13.00	9.50	13.00	2.83	4	limo argilloso-argilla limosa
F	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	2.99	3	argilla-argilla limosa
G					15.00	18.60			2.00	6	sabbia-sabbia limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)	ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA Tatsuoka 1990	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013	COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.	MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013	MODULO ELASTICO autori vari	MODULO EDOMETRICO Benassi	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30cm	DENSITA' DEL TERRENO	DENSITA' DEL TERRENO SECCO	OVER CONSOLIDATION RATIO Marchi / SGT 2014
--	--	------------------------------------	------------------	--	--	---	--------------------------------	---------------------------	--------------------------------------	--	----------------------	----------------------------	---

VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc	kg/mc	
17.8			0.07	0.08	0.15	101	28	9	0.42	0.42	1631	1231	27.98
18.0			0.30	0.42	0.36	188	99	31	1.54	1.61	1767	1367	8.01
20.9	19.4	25.6			0.35	275	164	57	0.86	1.45	1826	1426	5.73
21.6			0.00	0.58	0.40	250	146	49	2.17	2.20	1770	1370	3.45
20.8			0.00	0.73	0.40	290	172	54	2.53	2.60	1808	1408	3.27
19.2			0.00	0.47	0.40	264	144	46	2.28	2.32	1813	1413	2.45
34.5	32.4	31.8			0.35	509	240	119	0.00	0.22	1845	1445	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3		CPT 4		Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A			
A	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	3.31	3	argilla-argilla limosa
B	0.50	4.00	0.50	6.00	0.50	5.00	0.50	5.00	2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
C	4.00	7.00	6.00	7.00	5.00	7.20	5.00	7.00	2.58	5	sabbia limosa-limo sabbioso
D	7.00	9.00	7.00	9.00	7.20	9.00	7.00	9.50	2.85	4	limo argilloso-argilla limosa
E	9.00	13.00	9.00	13.00	9.00	13.00	9.50	13.00	2.83	4	limo argilloso-argilla limosa
F	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	2.99	3	argilla-argilla limosa
G					15.00	18.60			2.00	6	sabbia-sabbia limosa

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3		CPT 4		Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A			
A	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	3.31	3	argilla-argilla limosa
B	0.50	4.00	0.50	6.00	0.50	5.00	0.50	5.00	2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
C	4.00	7.00	6.00	7.00	5.00	7.20	5.00	7.00	2.58	5	sabbia limosa-limo sabbioso
D	7.00	9.00	7.00	9.00	7.20	9.00	7.00	9.50	2.85	4	limo argilloso-argilla limosa
E	9.00	13.00	9.00	13.00	9.00	13.00	9.50	13.00	2.83	4	limo argilloso-argilla limosa
F	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	13.00	15.00	2.99	3	argilla-argilla limosa
G					15.00	18.60			2.00	6	sabbia-sabbia limosa

VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc	kg/mc	
20.4			0.21	0.23	0.15	167	72	24	0.94	0.94	1631	1231	27.98
22.6			0.43	0.70	0.36	298	176	59	2.34	2.36	1767	1367	8.01
29.5	26.9	37.0			0.35	417	291	115	2.51	2.87	1826	1426	5.73
23.9			0.21	0.88	0.40	335	227	76	2.86	2.86	1770	1370	3.45
24.0			0.22	1.09	0.40	419	280	95	3.34	3.35	1808	1408	3.27
23.3			0.05	0.93	0.40	437	256	87	3.17	3.18	1813	1413	2.45
36.9	32.8	48.4			0.35	622	512	225	3.54	4.54	1845	1445	

VALORI MEDI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc	kg/mc	
20.8			0.23	0.25	0.15	178	78	26	1.01	1.01	1631	1231	27.98
22.8			0.44	0.71	0.36	303	179	60	2.38	2.39	1767	1367	8.01
30.1	27.3	38.0			0.35	426	299	118	2.61	2.96	1826	1426	5.73
24.1			0.22	0.90	0.40	340	232	78	2.90	2.90	1770	1370	3.45
24.2			0.23	1.10	0.40	425	285	97	3.37	3.38	1808	1408	3.27
23.6			0.06	0.96	0.40	448	263	89	3.23	3.24	1813	1413	2.45
37.2	32.8	50.2			0.35	635	543	237	3.97	5.02	1845	1445	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 6	
	DA	A	DA	A
A	0.00	0.50	0.00	0.50
B	0.50	4.50	0.50	6.00
C	4.50	7.50	6.00	9.00
D	7.50	10.00	9.00	10.00
E	10.00	12.50	10.00	13.00
F	12.50	15.00	13.00	15.00

Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
3.10	3	argilla-argilla limosa
2.86	4	limo argilloso-argilla limosa
2.51	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.81	4	limo argilloso-argilla limosa
2.72	4	limo argilloso-argilla limosa
2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)
ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME CONSTANTE
DENSITA' RELATIVA Tatsuoka 1990
COESIONE DRENATA
COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013
COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.
MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013
MODULO ELASTICO autori vari
MODULO EDOMETRICO Benassi
Ki di Winkler per piastra di 30cm
Kh di Winkler per pali di diametro 30cm
DENSITA' DEL TERRENO
DENSITA' DEL TERRENO SECCO
OVER CONSOLIDATION RATIO Marchi/ SGT 2014

VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ^q	daN/cm ^q		daN/cm ^q	daN/cm ^q	daN/cm ^q	kg/cm ^c	kg/cm ^c	kg/m ^c	kg/m ^c	
17.8			0.10	0.07	0.18	116	36	12	0.41	0.41	1733	1333	44.98
18.2			0.18	0.40	0.36	170	93	26	1.23	1.36	1755	1355	8.45
20.8	19.6	22.6			0.35	280	153	52	0.68	1.13	1817	1417	5.30
20.7			0.00	0.59	0.40	222	139	41	2.22	2.28	1788	1388	3.54
19.2			0.04	0.83	0.38	321	186	54	1.79	2.15	1839	1439	3.78
19.6			0.00	0.63	0.40	346	206	68	2.25	2.37	1832	1432	2.70

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 6		Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
	DA	A	DA	A			
	DA	A	DA	A			
A	0.00	0.50	0.00	0.50	3.10	3	argilla-argilla limosa
B	0.50	4.50	0.50	6.00	2.86	4	limo argilloso-argilla limosa
C	4.50	7.50	6.00	9.00	2.51	5	sabbia limosa-limo sabbioso
D	7.50	10.00	9.00	10.00	2.81	4	limo argilloso-argilla limosa
E	10.00	12.50	10.00	13.00	2.72	4	limo argilloso-argilla limosa
F	12.50	15.00	13.00	15.00	2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 6		Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
	DA	A	DA	A			
	DA	A	DA	A			
A	0.00	0.50	0.00	0.50	3.10	3	argilla-argilla limosa
B	0.50	4.50	0.50	6.00	2.86	4	limo argilloso-argilla limosa
C	4.50	7.50	6.00	9.00	2.51	5	sabbia limosa-limo sabbioso
D	7.50	10.00	9.00	10.00	2.81	4	limo argilloso-argilla limosa
E	10.00	12.50	10.00	13.00	2.72	4	limo argilloso-argilla limosa
F	12.50	15.00	13.00	15.00	2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc	kg/mc	
19.5			0.31	0.36	0.18	176	108	36	1.43	1.43	1733	1333	44.98
23.4			0.39	0.69	0.36	287	178	60	2.24	2.28	1755	1355	8.45
29.7	27.0	37.0			0.35	415	307	116	2.46	2.87	1817	1417	5.30
23.9			0.25	0.96	0.40	363	238	81	3.03	3.05	1788	1388	3.54
25.7			0.31	1.28	0.38	475	318	119	3.29	3.42	1839	1439	3.78
23.4			0.06	1.02	0.40	464	294	101	3.26	3.29	1832	1432	2.70

VALORI MEDI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	γ valori medie	γ_s valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc	kg/mc	
19.9			0.35	0.43	0.18	197	123	41	1.64	1.64	1733	1333	44.98
23.7			0.41	0.71	0.36	294	183	62	2.30	2.34	1755	1355	8.45
30.4	27.5	38.6			0.35	426	319	121	2.60	3.00	1817	1417	5.30
24.2			0.27	1.00	0.40	377	248	85	3.11	3.12	1788	1388	3.54
26.2			0.34	1.32	0.38	488	329	124	3.41	3.53	1839	1439	3.78
23.7			0.08	1.05	0.40	475	302	104	3.36	3.37	1832	1432	2.70

4.2. VALUTAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) – STATO LIMITE DI RESISTENZA DEL TERRENO

Nel caso specifico si considerano gli approcci delle NTC 2018, nei termini agli SLU. Considerando i seguenti simboli, riportati nelle NTC 2018.

A = azioni
M = parametri geotecnici
R = resistenze
G1 = azioni strutturali
G2 = azioni non strutturali permanenti
Q = Azioni variabili

Approccio 2, A1+M1+R3, nel caso specifico si applicano i coefficienti riduttivi solo sulle resistenze R3 e amplificazione sulle azioni statiche A1.

AZIONI: secondo tab. 6.2.I (A1) delle NTC 2018: $G1 \times 1.3 + G2 \times 1.5 + Q \times 1.5$

PARAMETRI: secondo tab. 6.2.II (M1) delle NTC 2018

Peso unità di volume $\gamma_k = 1$
Coesione non drenata $c_{uk} = \gamma_{cu} = 1$
Coesione drenata $c'_k = \gamma_{cu} = 1$
Tangente angolo di attrito interno $\tan(\phi'_k) = \gamma_\phi = 1$

PARAMETRI: secondo tab. 6.4.I (R3) delle NTC 2018

capacità portante: $\gamma_R = 2.3$
scorrimento: $\gamma_R = 1.1$

In riferimento alle verifiche sismiche, la progettazione delle fondazioni è condotta unitamente alla progettazione dell'opera alla quale appartengono e richiede preliminarmente:

1. la valutazione della risposta sismica locale del sito, secondo quanto indicato al § 7.11.3.1;
2. la valutazione della sicurezza del sito nei confronti della liquefazione e della stabilità globale, secondo quanto indicato rispettivamente ai §§ 7.11.3.4. e 7.11.3.5;

le analisi al punto (1) devono consentire di motivare la scelta dell'azione sismica adottata nella progettazione dell'intera opera; le analisi al punto (2) devono indicare esplicitamente gli interventi eventualmente necessari a garantire la stabilità globale del sito.

Per le azioni trasmesse in fondazione, nonché per i requisiti e i criteri di modellazione della stessa, si rinvia ai precedenti §§ 7.2.5 e 7.2.6.

Le resistenze sono i corrispondenti valori limite che producono il collasso del complesso fondazione-terreno; esse sono valutabili mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica, tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione. Il corrispondente valore di progetto si ottiene applicando il coefficiente γ_R di Tabella 7.11.II.

Tab. 7.11.II - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	2.3
Scorrimento	1.1
Resistenza sulle superfici laterali	1.3

Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo (e.g. Richards et al., Paolucci e Pecker), il coefficiente γ_R può essere ridotto a 1.8.

Il progettista dovrà verificare la congruenza delle presenti valutazioni sulla base della peculiarità dell'opera in progetto, ed eventualmente verificare in modo più opportuno le resistenze del terreno agli SLU, agli SLV e agli SLE, come previsto dalle NTC2018.

4.2.1 Calcolo del carico limite dell'insieme fondazione-terreno - premessa

La determinazione della pressione ultima del terreno permette di individuare l'instaurarsi o meno di fenomeni con riferimento a meccanismi di rottura per carico limite determinata nel terreno di fondazione dalle azioni trasmesse al terreno al piano di posa della fondazione.

La valutazione della capacità portante di fondazione superficiale è stata effettuata con i criteri suggeriti da Terzaghi ed introducendo i più recenti suggerimenti per il calcolo dei coefficienti correttivi per le condizioni di carico eccentrico. I calcoli sono stati effettuati adottando sia la condizione drenata di lungo periodo, sia la condizione non drenata.

In particolare, si farà riferimento alla formulazione di Brinch-Hansen:

per condizioni drenate: $q_{ult} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c' N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$

e per condizioni non drenate: $q_{ult} = 5.14 c_u (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q'$

con: N_{γ}, N_c, N_q = fattori di capacità portante, s_{γ}, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione, i_{γ}, i_c, i_q = fattori correttivi che considerano l'inclinazione del carico, b_{γ}, b_c, b_q = fattori correttivi che considerano l'inclinazione della base della fondazione, g_{γ}, g_c, g_q = fattori correttivi che considerano l'inclinazione del piano campagna, d_c, d_q = fattori che dipendono dalla profondità del piano di posa.

Per la verifica della resistenza allo scorrimento si applica la seguente relazione generale:

$$Ed = H \leq Rd = \frac{1}{\gamma_R} * [c_k / \gamma_c * B * L + Nd * \tan(\phi_k') / \gamma_{\phi}]$$

Che nel caso di valutazione delle resistenze in condizioni non drenate diventa:

$$Ed = H \leq Rd = \frac{1}{\gamma_R} * [c_{uk} / \gamma_{cu} * B * L]$$

Dove

$Ed = H$ = azione orizzontale sulla fondazione

Rd = resistenza allo scorrimento

B = larghezza fondazione

L = lunghezza fondazione

Nd = azione verticale sulla fondazione

Mentre gli altri simboli hanno il significato già sopra riportato.

A favore della sicurezza, per tenere conto dell'attrito fondazione-terreno, si applicherà un coefficiente riduttivo ai parametri geotecnici caratteristici pari a 0.66.

Considerando che le azioni orizzontali si riferiscono alle azioni sismiche, agendo queste ultime per breve tempo ed essendo il terreno resistente di natura argillosa, nella valutazione delle resistenze allo scorrimento si farà riferimento alle condizioni non drenate, tra l'altro più cautelative di quelle drenate.

Per le verifiche in parola viene adottato l'Approccio 2, combinazione 1: (A1+M1+R3).

In generale, per i terreni coesivi (in particolare sotto falda) in condizioni sismiche è consono l'utilizzo dei parametri geotecnici non drenati di breve termine.

Per le condizioni statiche di lungo termine in generale per i terreni incoerenti è consono l'utilizzo dei parametri geotecnici drenati.

Per i terreni coesivi in condizioni statiche di lungo termine è necessario adottare i parametri più cautelativi tra quelli drenati e non drenati in base alla singola verifica da effettuare.

Per i terreni coesivi, in condizioni sismiche, ovvero con azioni di breve durata, si dovrà fare riferimento specifico ai parametri geotecnici e alle resistenze in condizioni non drenate di breve termine. Mentre per i terreni granulari si considerano le sole condizioni a lungo termine.

Considerato l'approccio e la combinazione di calcolo adottata, per l'analisi geotecnica, i parametri geotecnici saranno fattorizzati ponendo pari all'unità i coefficienti parziali, e la resistenza di progetto è calcolata con il valore del coefficiente parziale pari a $\gamma_R=2,3$. Le azioni saranno fattorizzate dal progettista in relazione alla combinazione adottata A1+M1+R3.

Nel caso specifico, nei calcoli a seguire, è stato applicato l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo (Al-Karni & Budhu, 1993), considerando, come previsto dalla normativa, il valore pari a $\gamma_R=1,8$.

4.2.2 *Fondazione e parametri geotecnici caratteristici utilizzati nei calcoli del carico limite dell'insieme fondazione-terreno*

Nei calcoli a seguire si farà riferimento ad una fondazione a platea con dimensioni equivalenti di circa 2.5x8 m, con incastro terreno-fondazione di almeno 0.5 m.

A favore della sicurezza si utilizzeranno i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

per verifica carico limite, rottura generale

- coesione non drenata: $c_u=60$ kPa

condizioni drenate

- angolo di attrito interno: $\phi' = 21^\circ$
- coesione drenata: $c'=40$ kPa

per verifica slittamento:

- coesione non drenata: $c_u=50$ kPa

condizioni drenate

- angolo di attrito interno: $\phi' = 18^\circ$
- coesione drenata: $c'=40$ kPa

4.2.3 Collasso per carico limite dell'insieme "fondazione-terreno" – approccio 2

CONDIZIONI NON DRENATE

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEL CARICO LIMITE		Valore caratteristico
Angolo di resistenza al taglio	ϕ_k	0.0
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	0.00
Resistenza non drenata (kPa)	c_{uk}	60.00
Densità efficace sopra la fondazione (kN/mc)	γ_1	20.00
Densità efficace sotto la fondazione (kN/mc)	γ_2	10.00

PARAMETRI GEOTECNICI PER SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA		Valore caratteristico
Angolo di resistenza al taglio	ϕ_k	0.0
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	0.00
Fattore riduttivo dell'angolo di resistenza al taglio terreno - fondazione	MM%	0.67
Resistenza non drenata terreno-fondazione (kPa)	c_{ak}	50.00
Fattore riduttivo resistenza non drenata terreno - fondazione	MC%	0.66
Densità efficace sopra la fondazione (kN/mc)	γ_1	10.00

FONDAZIONE DI 2.5 X 8 M CON INCASTRO TERRENO-FONDAZIONE ' DI 0.5 M

Verifiche in condizioni non drenate

Resistenza di progetto verticale 'terreno+fondazione'; approccio 2 dinamico

Carico Limite	$N_{lim} =$	290 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	1.8
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$N_{lim} / \gamma_r =$	161 [kPa] x B * L

Resistenza di progetto allo scorrimento 'terreno+fondazione'; approccio 2 dinamico

Carico Limite	$T_{lim} =$	33 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	1.1
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$T_{lim} / \gamma_r =$	30 [kPa] x B * L

Resistenza di progetto verticale 'terreno+fondazione'; approccio 2 statico

Carico Limite	$N_{lim} =$	366 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	2.3
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$N_{lim} / \gamma_r =$	159 [kPa] x B * L

CONDIZIONI DRENATE

PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DEL CARICO LIMITE		Valore caratteristico
Angolo di resistenza al taglio	ϕ_k	21.0
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	0.38
Coesione efficace (kPa)	C'_k	40.00
Densità efficace sopra la fondazione (kN/mc)	γ_1	20.00
Densità efficace sotto la fondazione (kN/mc)	γ_2	10.00

PARAMETRI GEOTECNICI PER SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA		Valore caratteristico
Angolo di resistenza al taglio	ϕ_k	18.0
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	0.32
Fattore riduttivo dell'angolo di resistenza al taglio terreno - fondazione	MM%	0.67
Coesione efficace terreno-fondazione (kPa)	C'_k	40.00
Fattore riduttivo resistenza non drenata terreno - fondazione	MC%	0.66
Densità efficace sopra la fondazione (kN/mc)	γ_1	10.00

FONDAZIONE DI 2.5 X 8 M CON INCASTRO TERRENO-FONDAZIONE ' DI 0.5 M

Verifiche in condizioni drenate

Resistenza di progetto verticale 'terreno+fondazione'; approccio 2 dinamico		
Carico Limite	$N_{lim} =$	640 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	1.8
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$N_{lim} / \gamma_r =$	356 [kPa] x B * L

Resistenza di progetto allo scorrimento 'terreno+fondazione'; approccio 2 dinamico		
Carico Limite	$T_{lim} =$	35 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	1.1
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$T_{lim} / \gamma_r =$	32 [kPa] x B * L

Resistenza di progetto verticale 'terreno+fondazione'; approccio 2 statico		
Carico Limite	$N_{lim} =$	896 kPa
Coefficiente Parziale per Approccio 2	$\gamma_r =$	2.3
Limiti di non superamento delle azioni $Ed \leq Rd =$	$N_{lim} / \gamma_r =$	390 [kPa] x B * L

4.3. Valutazione dello Stato Limite Ultimo di Esercizio (SLE) – Deformazioni irreversibili

Per la verifica dei cedimenti, in base al progetto, è stata ipotizzata una fondazione a platea con dimensione equivalente di 2.5x8.0 m, posta alla profondità di circa 0.5 m dal piano di campagna.

La valutazione dei carichi per lo Stato Limite di Esercizio è stata condotta in modo iterativo sulla base degli ipotizzati cedimenti ammissibili dalla struttura, facendo riferimento a quanto proposto da BJERRUM (1963) e da WILUN & STARZEWSKI (1975), ponendosi in ogni caso a favore della sicurezza.

Per la distribuzione dei carichi in profondità si è fatto uso del metodo di Steinbrenner con soluzione di Ohde.

Mentre i relativi assestamenti del terreno sono stati verificati applicando la teoria dei cedimenti a tempo infinito e all'80% del costipamento dei pori.

Per la $\Sigma s = \Sigma(\Delta h \cdot m_v \cdot \Delta p)$

con

s = entità del cedimento (cm)

Δh = spessore del terreno sottoposto al calcolo (cm)

Δp = carico agente sullo spessore considerato (Kg/cmq)

M_v = coefficiente di compressibilità volumetrica (cmq/Kg)

si ottengono i risultati riportati nelle tabelle allegate.

Pertanto, le resistenze del terreno in riferimento al carico medio distribuito su tutta la base della fondazione, e ricavato iterativamente sulla base dei cedimenti ammissibili dalla fondazione, valutazione degli effetti delle **deformazioni irreversibili** – SLE - risultano:

<i>Stato Limite di esercizio – deformazioni irreversibili</i> Tipologia fondazioni: platea di 2.5x8.0 m	$N_k \leq$	$C_d = 80 \text{ [kPa]} \times B \cdot L$
---	------------	---

limite delle azioni caratteristiche (**N_k**) che risulta opportuno non superare al fine di non avere assestamenti non tollerabili dalla struttura.

RIEPILOGO CEDIMENTI (calcolati con M secondo Benassi)									
</									

4.4. Valutazione dei profilati infissi nel terreno per il sostegno dei pannelli solari

Si valuta, in prima analisi, a titolo puramente indicativo e di guida per il progettista, la resistenza relativa ai profilati infissi nel terreno per il sostegno dei pannelli solari.

Facendo riferimento al D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, dalle portate verticali laterali e di punta ultime sono state determinate le curve di capacità portante di progetto a compressione applicando i coefficienti di sicurezza relativi.

Con riferimento alle procedure analitiche di progetto che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici ricavati dalle prove in sito, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$ a trazione), è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ (o $R_{t,cal}$ a trazione) i fattori di correlazione determinati alla luce del numero di verticali di indagine. In particolare, nel caso in esame si sono adottati i fattori di correlazione per n.6 verticale di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.3]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.4]$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Il valore di progetto R_d della resistenza sia a compressione che trazione, si ottiene a partire dai rispettivi valori caratteristici R_k applicando i coefficienti parziali della Tab. 6.4.II. del D.M. 17/01/2018. In particolare, per i pali infissi e per le diverse combinazioni di calcolo, la normativa prevede:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Nel caso in esame, considerando un profilato a U con lati di 11x15 cm, si valuta solo la resistenza per attrito laterale.

La superficie interessata dall'attrito risulta di 0.74 mq per metro lineare.

Considerando le resistenze penetrometriche, la resistenza laterale di pali infissi può essere valutata in funzione della resistenza unitaria di punta $QT \cdot \alpha = q_s$, dove QT è la resistenza di attrito ricavata dalla prova CPTU, q_s la resistenza laterale specifica del palo e α un coefficiente riduttivo dipendente dal tipo di palo e dal tipo di terreno.

Considerando che sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche, si utilizzeranno i valori inferiori di QT e si applicherà $\xi_4=1.31$. Mentre per come coefficiente parziale si utilizzerà il valore di $\gamma_R=1.15$.

Facendo riferimento al metodo proposto da Bustamante e Gianeselli (1982) per profilati e per argille comprese tra tenere e moderatamente compatte, può essere applicato un valore intermedio pari del coefficiente pari a $\alpha=0.015$, considerando la resistenza di punta espressa in MPa.

Nei grafici sotto riportati

Q_{lim} = portanza limite del profilato infisso

Q_k = portanza caratteristica del profilato infisso

Q_r = resistenza del profilato infisso

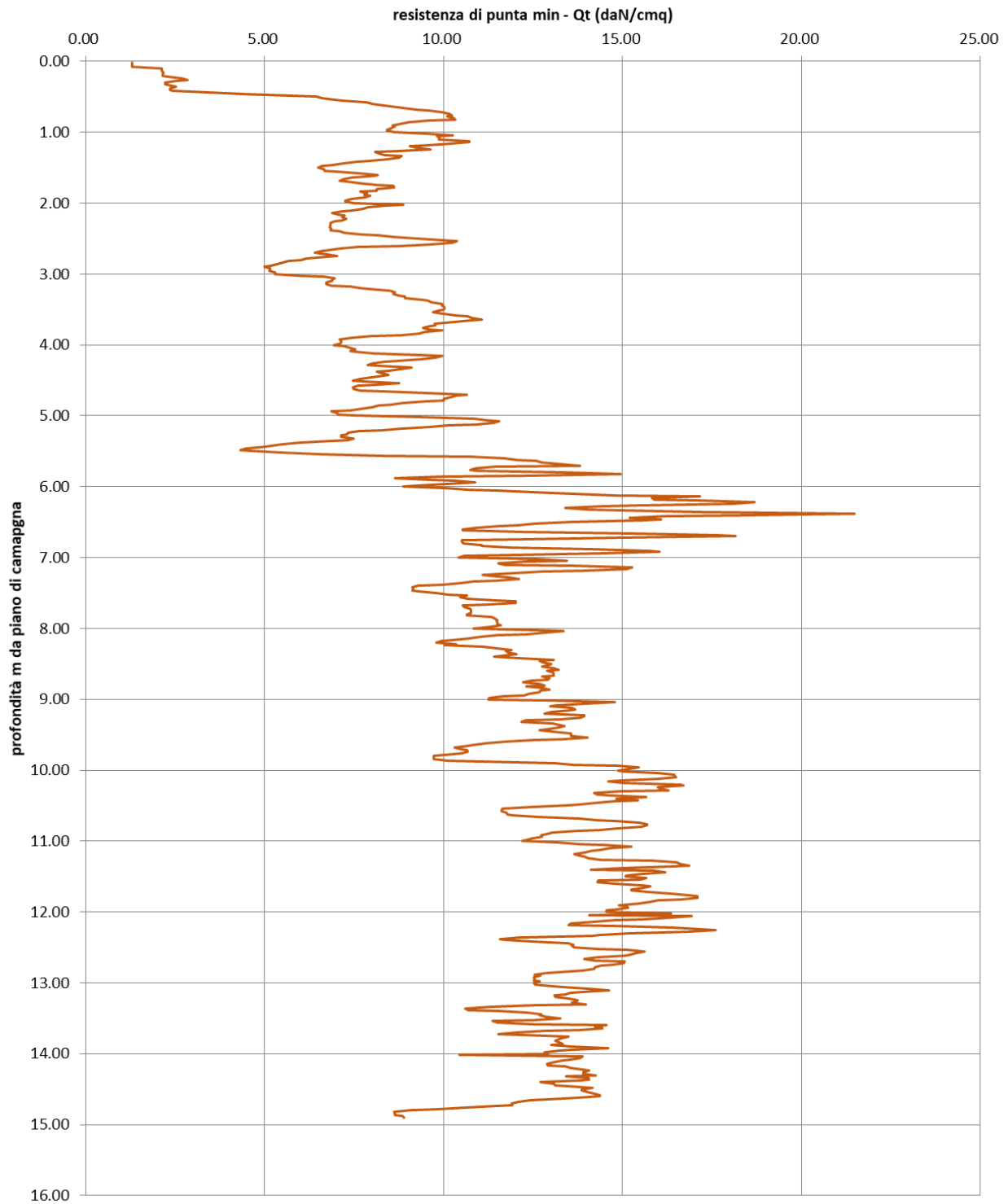
Natura del terreno	q_c (MPa)	Categoria									
		Coefficiente di adesione α				Limite massimo per la resistenza unitaria laterale limite τ_l (MPa)					
		I		II		I		II		III	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Argilla tenera e fango	< 1	30	90	90	30	0.015	0.015	0.015	0.015	0.035	
Argilla moderatamente compatta	1 to 5	40	80	40	80	0.035	0.035	0.035	0.035	0.08	≥ 0.12
						(0.08)	(0.08)	(0.08)			
Limo e sabbia sciolta	≤ 5	60	150	60	120	0.035	0.035	0.035	0.035	0.08	–
Argilla da compatta a dura e limo compatto	> 5	60	120	60	120	0.035	0.035	0.035	0.035	0.08	≥ 0.20
						(0.08)	(0.08)	(0.08)			
Calcare bianco (chalk) tenero	≤ 5	100	120	100	120	0.035	0.035	0.035	0.035	0.08	–
Sabbia moderatamente addensata e ghiaia	5 to 12	100	200	100	200	0.08	0.035	0.08	0.08	0.12	≥ 0.20
						(0.12)	(0.08)	(0.12)			
Calcare bianco (chalk) alterato e fratturato	> 5	60	80	60	80	0.12	0.08	0.12	0.12	0.15	≥ 0.20
						(0.15)	(0.12)	(0.15)			
Sabbia da addensata a molto addensata e ghiaia	> 12	150	300	150	200	0.12	0.08	0.12	0.12	0.15	≥ 0.20
						(0.15)	(0.12)	(0.15)			

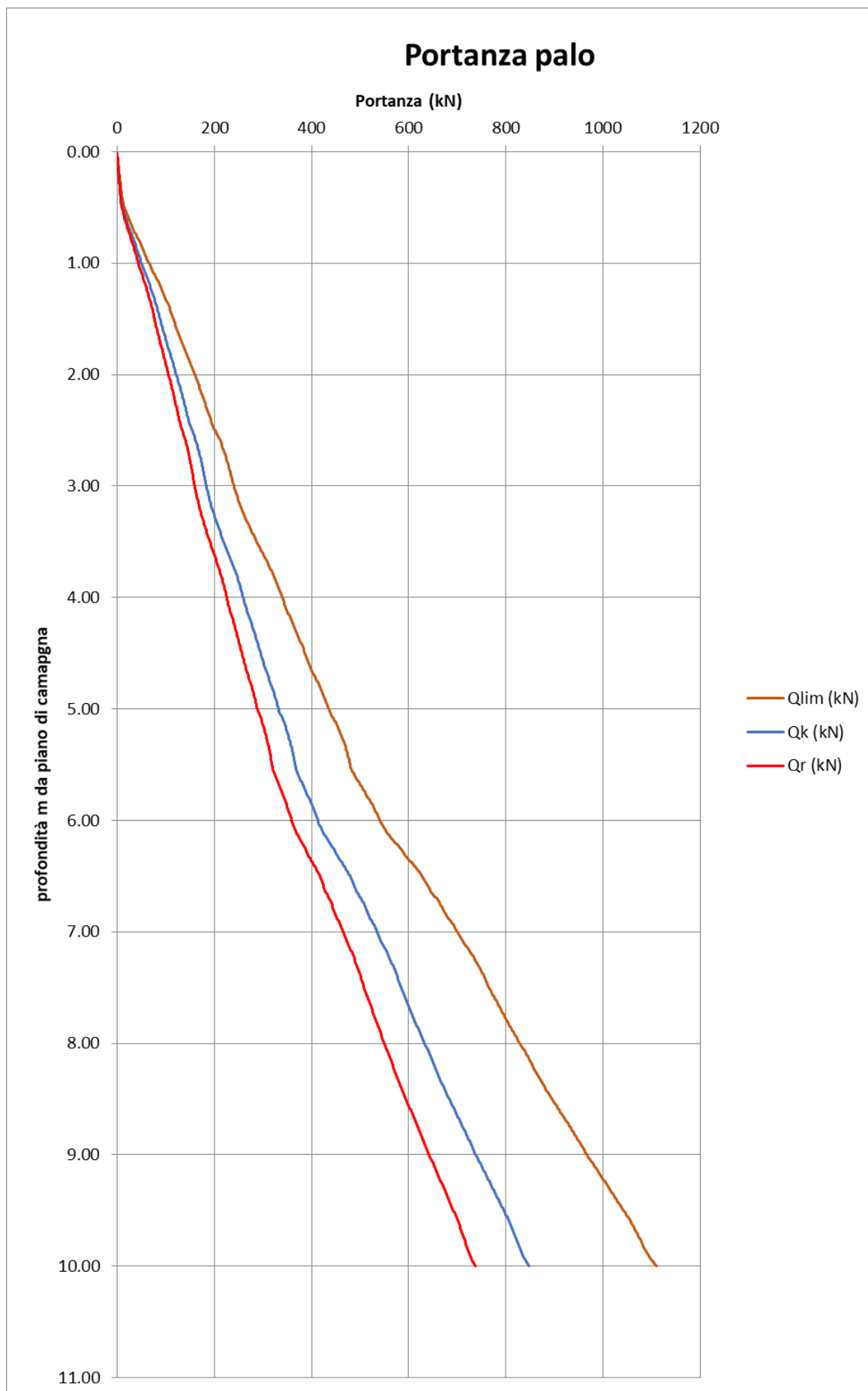
Categorie – IA: pali trivellati a secco, pali trivellati con sostegno delle pareti mediante fanghi, pali realizzati con elica continua e tubo forma centrale, micropali (iniettati a bassa pressione). IB: Pali trivellati con sostegno delle pareti dello scavo mediante tubazione, pali infissi gettati in opera. IIA: Pali infissi prefabbricati in cemento armato o precompresso, pali in profilati o in tubi di acciaio. IIIB: Pali infissi iniettati. IIIB: Pali iniettati ad alta pressione; micropali (iniettati ad alta pressione).

Nota: I limiti massimi di τ_l indicati fra parentesi devono applicarsi a pali eseguiti con molta cura e avendo arrecato al terreno il minimo disturbo.

Figura 8.41. Coefficiente di adesione α (Bustamante e Gianeselli, 1982)

QT minima delle 6 CPTU





5. CONCLUSIONI

La morfologia dell'area d'interesse è pianeggiante e non presenta particolari degni di nota.

Uno sguardo complessivo ai risultati delle prove effettuate evidenzia:

- da 0 m a circa $-0.4 \div -0.5$ m dal piano di campagna, terreni di alterazione superficiale;
- da $-0.4 \div -0.5$ m a -15 m dal piano di campagna, limi argillosi a consistenza prevalentemente plastica, localmente molle-plastica nella parte alta, con intercalazioni di livelli sabbioso-limosi, predominanti tra circa $-4 \div 5$ m e $-7 \div 7.6$ m dal piano di campagna;
- da -15.0 m a -18.6 m dal piano di campagna, massima profondità indagata (solo CPTU n.3) sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate;

Nell'area in esame, il livello della falda freatica si attesta alla profondità attorno $-1.3 \div 1.5$ m dal piano di campagna attuale.

In considerazione del livello della falda idrica dal piano di campagna e della sua potenziale risalita, dovranno essere predisposti gli opportuni accorgimenti atti ad impedire la risalita capillare lungo le pareti delle progettande cabine elettriche.

In base al progetto in esame delle cabine elettriche e ai prevedibili carichi trasmessi al suolo, la tipologia di fondazioni superficiali a platea o a travi rovesce risulta idonea.

NTC – 17-01-2018

In base alla NTC 2018 il sito in esame è caratterizzato, considerando tempi di ritorno di 475 anni, da accelerazione al bedrock sismico di $a_{rif}=0.186g$ e da **$V_{s30}=218$ m/s**, quindi **categoria di suolo C** con fattore stratigrafico pari a $S_s=1.43$. Considerando che l'area presenta un fattore topografico pari ad uno, l'accelerazione massima alla superficie del sito in esame sarà pari

$$a_{max} = 0.266g.$$

Le misure dei microtremori hanno evidenziato frequenze significative per l'ingegneria nei confronti dei fenomeni di risonanza del substrato del sito in esame pari a

Frequenza (f)	Periodo (T=sec)
$0.6 \div 1.3$	$1.66 \div 0.76$

Il substrato del lotto in esame, considerando tempi di ritorno di 475 anni, non presenta rischio di liquefazione e i cedimenti post sisma sono compatibili con la struttura in progetto, risultando ammissibili nei termini degli SLV. Inoltre, presentando anche assestamenti differenziali prevedibilmente trascurabili, risulta ammissibili anche nei termini degli SLD.

A livello indicativo si riportano le resistenze del terreno più cautelative per gli SLU – GEO – stato limite di resistenza del terreno:

Ipotizzando fondazioni a platea con dimensioni equivalenti di 2.5×8.0 m, con incastro terreno-fondazione almeno 0.5 m si ottengono i seguenti valori conservativi allo SLV e SLU.

<i>Approccio 2 – condizioni dinamiche</i>	$N_{lim}=290$ kPa	$N_d \leq$	$R_d = 161$ [kPa] x B*L
<i>Approccio 2 – scorrimento</i>	$T_{lim}= 33$ kPa	$E_d \leq$	$R_d = 30$ [kPa] x B*L
<i>Approccio 2 – condizioni statiche</i>	$N_{lim}=366$ kPa	$N_d \leq$	$R_d = 159$ [kPa] x B*L

Mentre le resistenze del terreno in riferimento al carico medio distribuito su tutta la base della fondazione, e ricavato iterativamente sulla base dei cedimenti ammissibili dalla fondazione, valutazione degli effetti delle **deformazioni irreversibili** – SLE -, risultano

<p><i>Stato Limite di esercizio – deformazioni irreversibili</i></p> <p>Tipologia fondazioni: platea di 2.5x8.0 m</p>	<p>$N_k \leq$</p>	<p>$C_d = 80 \text{ [kPa]} \times B \cdot L$</p>
--	------------------------------	--

Il progettista dovrà verificare le suddette resistenze del terreno in funzione delle risorse disponibili in base alle peculiarità della struttura in progetto e verificare in modo più opportuno le resistenze agli stati limite previsti dalle NTC2018.

Per fondazioni a platea risulta idoneo eseguire uno scoticamento con asportazione del terreno alterato e rimaneggiato, realizzando poi un riporto con materiale inerte, costipato a rifiuto, fino al piano di posa della fondazione a platea.

In ogni caso, in generale, risulta comunque utile all'atto esecutivo una estesa ispezione, da parte di personale tecnico competente, dello strato superiore di contatto sottofondazione-terreno e fondazione-inerte di riporto, per accertare l'idoneità del piano di posa della fondazione ai carichi previsti in progetto, ovvero la conformità del terreno di fondazione a quanto emerso in sede di rilievo geologico ed assunto a base dei calcoli.

5.1. Indicazioni, di carattere generale, esecutive e progettuali

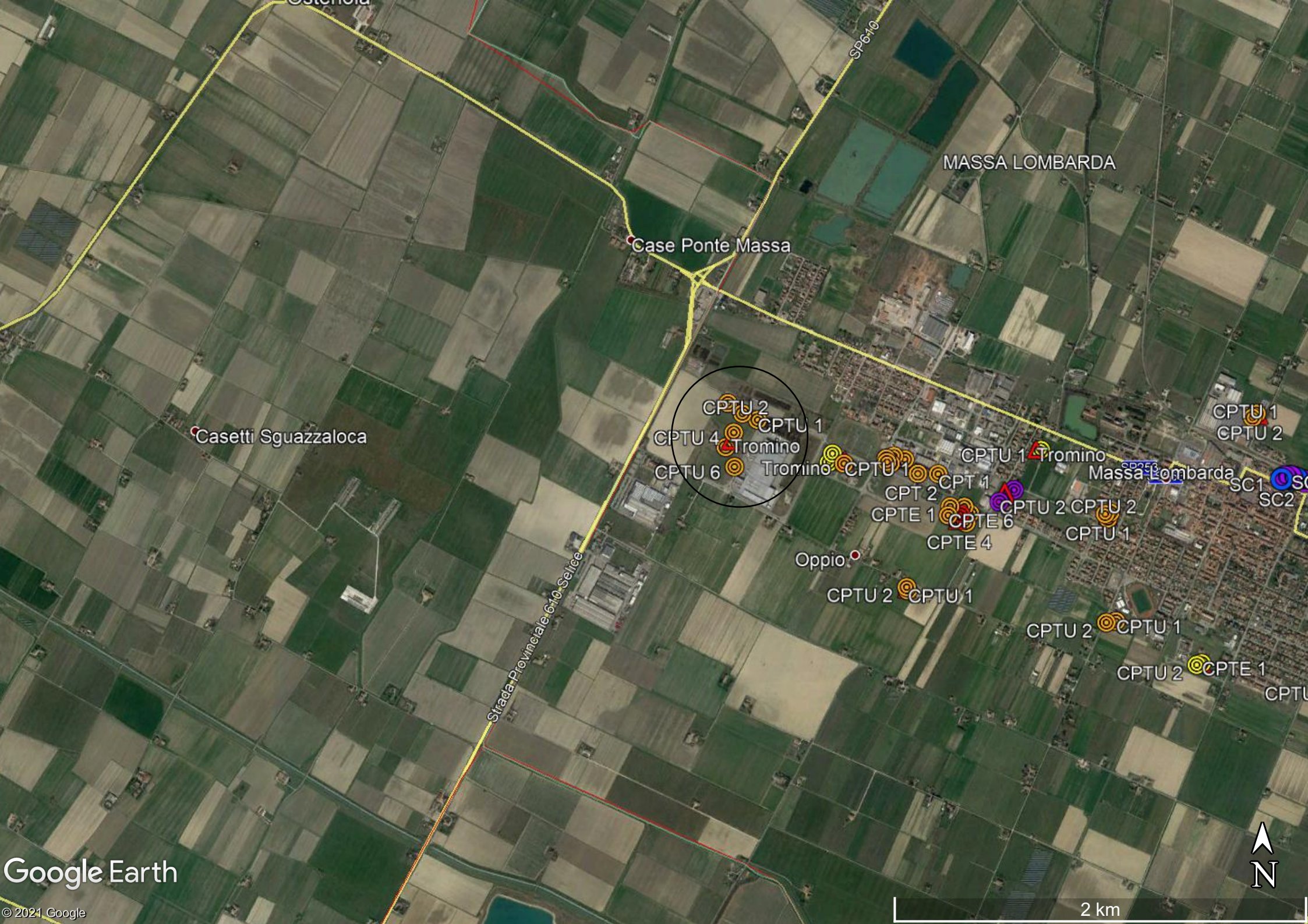
Nell'esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni dirette e degli scavi si dovranno adottare le seguenti cautele:

- controllare che il terreno messo a giorno dagli scavi di splateamento per la realizzazione dei piani di posa delle fondazioni risulti omogeneo (medesima consistenza, colorazione etc.). Si dovrà verificare l'uniformità del piano di posa al fine di escludere la presenza localizzata di eventuali disomogeneità ed attestare le fondazioni sul terreno sicuramente in posto e/o sostituire il terreno rammollito con materiale idoneo.
- Il getto della fondazione, ovvero la realizzazione della sottofondazione, dovrà essere eseguito tempestivamente appena completati gli scavi; se, a causa di eventuali interruzioni dovute al maltempo, dovesse essersi imbibito il terreno di appoggio, si dovrà provvedere all'asportazione della parte rammollita e sostituzione con materiale idoneo.
- Prima del getto della fondazione dovrà essere preventivamente pulito da detriti, acqua e fango la zona di contatto.
- Nel caso di dover effettuare riporti e/o rinterri localizzati (attorno alle fondazioni) o estesi (ricariche generalizzate), questi dovranno essere realizzati a regola d'arte, con strati successivi di modesto spessore (25 * 30 cm) di terreno compattato fino ad una densità pari al 95% di quella massima di compattazione individuata dalle prove di laboratorio (AASHO modificata); in alternativa è possibile effettuare il miglioramento delle caratteristiche meccaniche mediante stabilizzazione a calce/cemento. E' da considerare che riporti estesi determinano cedimenti e distorsioni aggiuntivi rispetto a quelli calcolati per il solo fabbricato.
- Nel caso di dover realizzare scavi e/o opere di sostegno degli scavi, le pareti dovranno essere permanentemente coperti con teli impermeabili, per il mantenimento delle condizioni di umidità naturale. Inoltre, il progettista o il direttore lavori o il responsabile della sicurezza dovrà valutare la sicurezza degli scavi e delle eventuali opere di sostegno, sia in fase esecutiva che di esercizio.

- La regimazione delle acque corrive superficiali dovrà essere garantita e garantita la buona tenuta delle condotte interrate per la circolazione dei fluidi (fognature, impianti idrici).
- L'impermeabilità superficiale del piano di campagna: tale impermeabilità dovrà essere ottenuta mediante cotica vegetale erbosa, marciapiedi, contropendenze adeguate a ridosso del manufatto per l'allontanamento delle acque meteoriche.
- Particolare attenzione andrà posta alla piantumazione delle alberature che per via dell'evapotraspirazione potrebbero determinare il disseccamento del terreno, oltretutto reso impermeabile dalla costruzione, con possibile innesco di fenomeni di ritiro dei terreni e conseguenti assestamenti differenziali del fabbricato.

Marzo, 2021

ALLEGATI



Ostenoia

SP610

MASSA LOMBARDA

Case Ponte Massa

Casetti Sguazzaloca

CPTU 2

CPTU 1

CPTU 4

Tromino

CPTU 6

Tromino

CPTU 1

CPTU 1 Tromino

Massa Lombarda

CPTU 1

CPTU 2

CPT 2

CPT 1

CPTU 2

CPTU 2

CPTE 1

CPTE 6

CPTE 4

CPTU 1

SC1

SC2

Oppio

CPTU 2

CPTU 1

CPTU 2

CPTU 1

CPTU 2

CPTE 1

CPTU

Strada Provinciale 610 Selice





CPTU 3

CPTU 2

CPTU 1

CPTU 4

Tromino

CPTU 5

CPTU 6

Strada Provinciale 610 Selice

Viale della Cooperazione

Via Caduti del Lavoro

Via Trebeghino

Via Maestri del Lavoro

Via Libero Grassi

Google Earth

© 2021 Google

300 m



Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

Falda	1.60 m
Sigla della Punta	Tecnopenta 100707
Azzeramento	Inizio prova
Ultimo taratura guadagno	10-gen-2021
Ultimo taratura per deriva termica	10-gen-2021



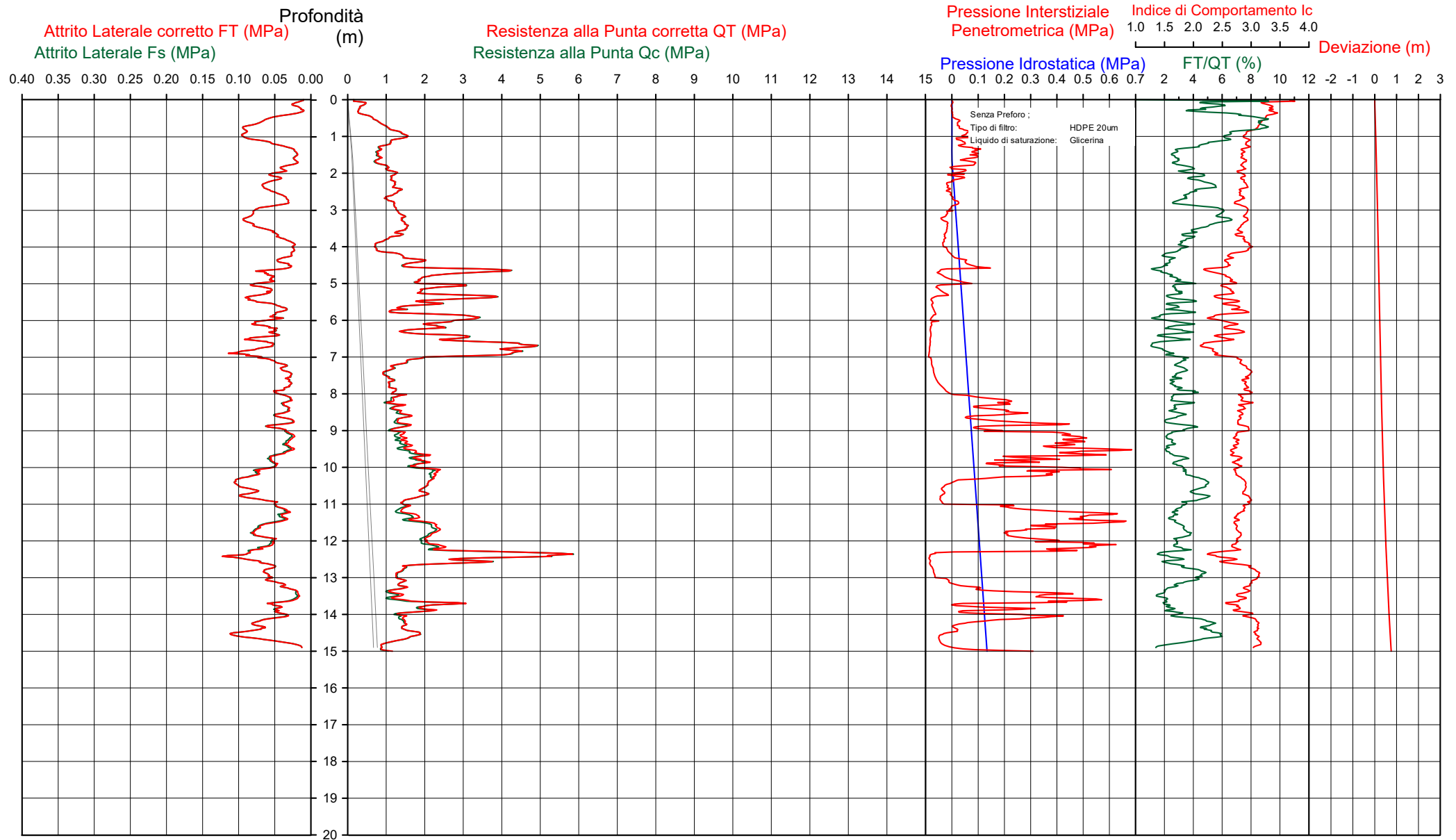
Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

CPTU

1



CPTU

1

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.60



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
152

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm ²		daN/cm ²	%	Idriss iterazione						%		daN/cm ²		daN/cm ²	
3.3	5.5	0.18	5.6	3.37	argilla-argilla limosa	0.00	=====		Fluido-plastica (Mollo Soffice)	.	.	0.25	21.96	22.1	105
						0.40	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.51	14.58	39.5	141
7.4	12.6	0.63	8.6	3.21	argilla-argilla limosa	0.70	=====		Plastica	.	.	0.74	17.37	63.8	161
11.8	20.1	0.91	7.9	3.03	argilla-argilla limosa	0.90	=====		Plastica	.	.	0.81	18.57	74.4	157
13.2	22.5	0.79	6.0	2.91	limo argilloso-argilla limosa	1.20	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.57	7.94	49.3	121
8.4	14.2	0.25	3.0	2.87	limo argilloso-argilla limosa	1.80	=====	H2O	Plastica	.	.	0.74	6.77	67.5	140
11.7	19.9	0.48	4.2	2.84	limo argilloso-argilla limosa	2.80	=====		Plastica	.	.	0.80	6.05	74.3	148
13.0	22.1	0.64	5.0	2.86	limo argilloso-argilla limosa	3.90	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.50	3.10	42.1	116
7.2	12.3	0.24	3.6	2.97	argilla-argilla limosa	4.10	=====		Sciolta	28.2	33.7	.	.	91.3	147
20.6	30.8	0.41	2.2	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	4.80	=====		Plastica	.	.	1.02	7.09	108.7	158
18.6	27.6	0.58	3.3	2.67	limo argilloso-argilla limosa	5.00	=====		Mediamente Addensata	36.1	34.9	.	.	152.7	177
28.0	39.2	0.76	2.8	2.51	sabbia limosa-limo sabbioso	5.10	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	7.02	120.7	161
20.1	28.8	0.59	3.1	2.64	limo argilloso-argilla limosa	5.30	=====		Mediamente Addensata	42.9	36.1	.	.	170.7	187
36.2	48.2	0.84	2.4	2.40	sabbia limosa-limo sabbioso	5.40	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.12	7.28	124.0	174
21.4	29.8	0.81	4.0	2.71	limo argilloso-argilla limosa	5.50	=====		Sciolta	26.5	33.4	.	.	110.4	161
21.2	29.3	0.53	2.7	2.59	sabbia limosa-limo sabbioso	5.60	=====		Plastica	.	.	0.78	4.49	73.4	141
12.6	18.0	0.40	3.5	2.83	limo argilloso-argilla limosa	5.80	=====		Mediamente Addensata	35.8	34.9	.	.	117.4	168
29.7	38.9	0.51	1.8	2.39	sabbia limosa-limo sabbioso	6.00	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.18	7.31	137.1	172
23.5	30.9	0.71	3.2	2.62	limo argilloso-argilla limosa	6.20	=====		Plastica	.	.	1.00	5.01	104.5	158
17.9	23.6	0.50	3.2	2.71	limo argilloso-argilla limosa	6.40	=====		Mediamente Addensata	41.2	35.8	.	.	166.2	187
37.6	45.7	0.75	2.2	2.38	sabbia limosa-limo sabbioso	7.00	=====		Plastica	.	.	0.86	4.56	83.6	150
14.4	18.0	0.47	3.6	2.84	limo argilloso-argilla limosa	7.30	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.65	2.74	57.5	134
9.9	12.4	0.33	3.8	2.98	argilla-argilla limosa	7.50	=====		Plastica	.	.	0.72	2.68	65.7	138
11.3	13.7	0.35	3.5	2.92	limo argilloso-argilla limosa	8.00	=====		Plastica	.	.	0.81	3.10	79.0	144
13.3	15.3	0.36	3.0	2.85	limo argilloso-argilla limosa	9.00	=====		Plastica	.	.	0.92	3.05	70.1	146
15.9	17.2	0.31	2.2	2.72	limo argilloso-argilla limosa	9.70	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	3.51	117.7	178
20.4	20.9	0.78	4.2	2.83	limo argilloso-argilla limosa		=====								

CPTU

1

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.60



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
152

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm ²		daN/cm ²	%	Idriss iterazione		m				%		daN/cm ²		daN/cm ²	m/sec
							10.80								
15.1	14.9	0.63	4.7	2.98	argilla-argilla limosa	11.00			Plastica	.	.	0.89	2.98	86.7	165
16.5	16.0	0.38	2.7	2.80	limo argilloso-argilla limosa	11.50			Plastica	.	.	0.94	2.79	86.0	155
23.3	21.8	0.67	3.2	2.74	limo argilloso-argilla limosa	12.30			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.18	3.90	136.2	180
41.6	38.5	0.91	2.4	2.48	sabbia limosa-limo sabbioso	12.60			Mediamente Addensata	35.5	35.1	.	.	199.9	206
14.3	12.6	0.55	4.7	3.03	argilla-argilla limosa	13.20			Plastica	.	.	0.85	2.82	82.0	163
13.0	11.1	0.23	2.2	2.88	limo argilloso-argilla limosa	13.60			Plastica	.	.	0.80	2.24	57.0	139
21.6	18.5	0.45	2.4	2.72	limo argilloso-argilla limosa	13.90			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.13	3.37	100.7	170
14.9	12.2	0.67	5.3	3.07	argilla-argilla limosa	14.80			Plastica	.	.	0.88	2.17	84.6	168
8.7	6.8	0.15	2.5	3.09	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.59	1.21	42.7	121

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 1
Quota falda 1.60

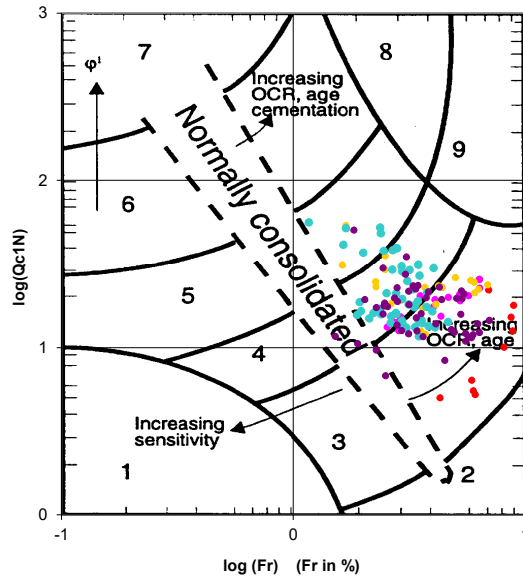


**Società di
Geologia
Territoriale**

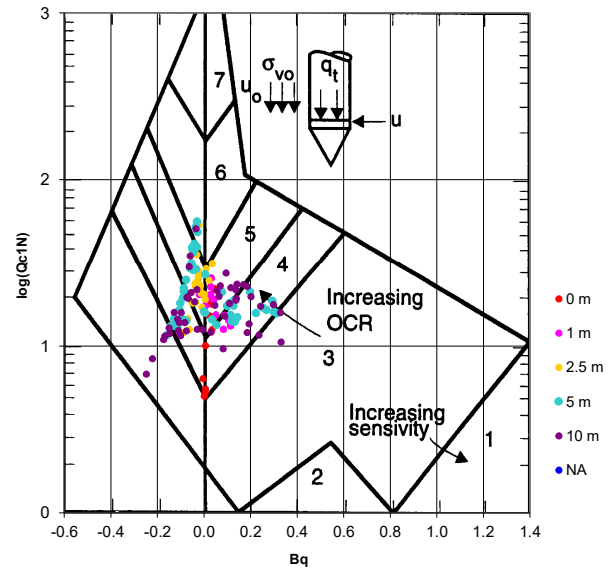
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

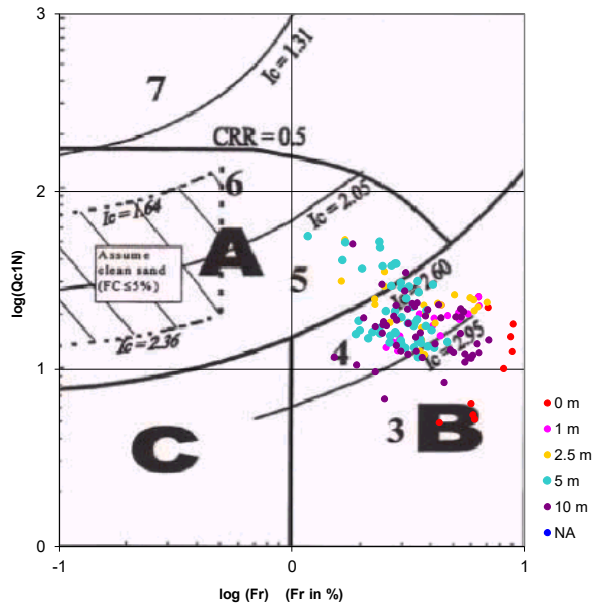
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



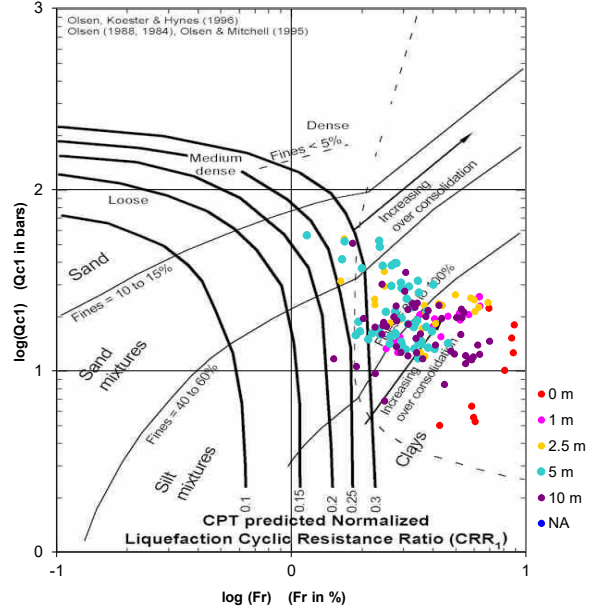
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

Falda	1.50 m
Sigla della Punta	Tecnopenta 100707
Azzeramento	Inizio prova
Ultimo taratura guadagno	10-gen-2021
Ultimo taratura per deriva termica	10-gen-2021



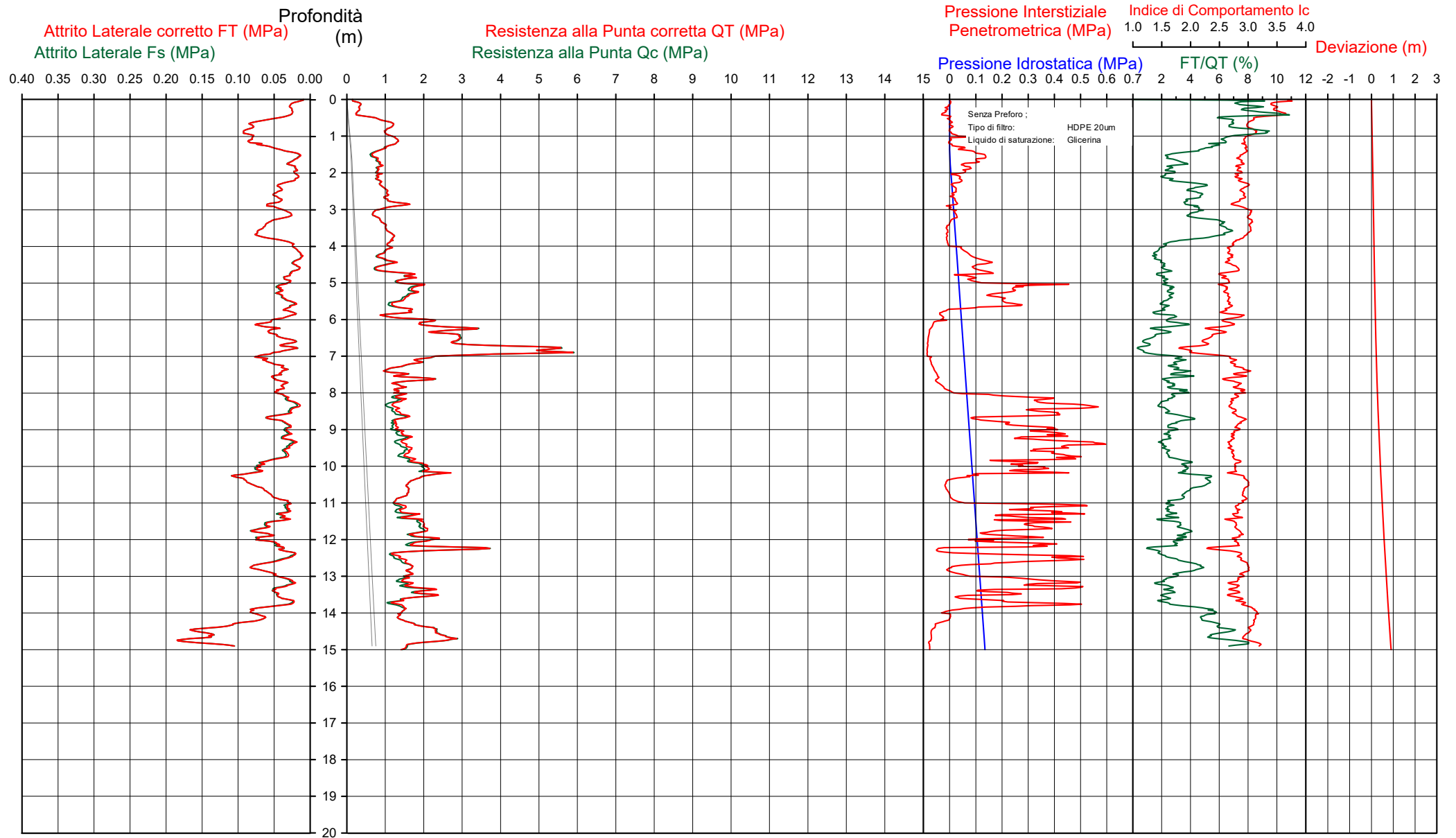
Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

CPTU

2



Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
146

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm ²	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm ²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
2.9	4.9	0.24	8.5	3.52	argilla-argilla limosa	0.00			Fluido-plastica (Mollo Soffice)	.	.	0.22	15.65	22.3	108
7.0	11.9	0.48	7.4	3.20	argilla-argilla limosa	0.40			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.49	13.23	51.5	135
11.0	18.7	0.84	7.8	3.05	argilla-argilla limosa	0.60			Plastica	.	.	0.70	19.50	59.7	157
13.0	22.1	0.81	6.3	2.93	limo argilloso-argilla limosa	1.00			Plastica	.	.	0.80	15.03	72.6	159
10.1	17.2	0.53	5.3	2.96	argilla-argilla limosa	1.20			Plastica	.	.	0.66	10.91	57.7	142
7.8	13.3	0.22	2.9	2.88	limo argilloso-argilla limosa	1.40		H2O	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.53	5.84	43.5	117
9.3	15.7	0.33	3.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa	1.80			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.61	5.61	53.8	127
14.9	25.3	0.57	4.0	2.75	limo argilloso-argilla limosa	2.80			Plastica	.	.	0.88	8.66	86.2	150
8.4	14.3	0.41	5.2	3.02	argilla-argilla limosa	2.90			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.57	5.37	47.9	130
10.7	18.2	0.69	6.9	3.02	argilla-argilla limosa	3.40			Plastica	.	.	0.69	4.98	59.4	149
11.3	19.2	0.35	3.3	2.77	limo argilloso-argilla limosa	3.70			Plastica	.	.	0.72	5.53	66.0	130
9.0	15.4	0.13	1.6	2.69	limo argilloso-argilla limosa	4.10			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.60	4.28	33.4	109
11.0	18.5	0.19	1.9	2.66	limo argilloso-argilla limosa	4.30			Plastica	.	.	0.70	4.28	44.2	119
8.6	14.5	0.18	2.3	2.80	limo argilloso-argilla limosa	4.50			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.58	3.38	39.3	114
16.2	25.3	0.31	2.0	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso	4.70			Sciolta	21.6	32.5	.	.	68.1	138
13.4	21.0	0.29	2.3	2.67	limo argilloso-argilla limosa	4.90			Plastica	.	.	0.81	5.15	61.0	132
18.6	28.0	0.39	2.2	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	5.10			Sciolta	25.0	33.1	.	.	83.4	147
15.2	22.6	0.34	2.4	2.65	limo argilloso-argilla limosa	5.70			Plastica	.	.	0.89	6.09	70.8	139
16.7	24.0	0.31	2.0	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso	5.80			Sciolta	19.8	32.4	.	.	69.0	140
13.2	19.0	0.32	2.7	2.75	limo argilloso-argilla limosa	6.00			Plastica	.	.	0.80	3.69	68.9	136
21.2	29.0	0.64	3.2	2.65	limo argilloso-argilla limosa	6.20			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	6.74	123.5	166
28.5	37.1	0.41	1.6	2.35	sabbia limosa-limo sabbioso	6.70			Sciolta	34.3	34.7	.	.	104.5	160
46.2	56.3	0.43	1.1	2.10	sabbia limosa-limo sabbioso	7.00			Mediamente Addensata	48.0	36.9	.	.	154.3	174
14.7	17.5	0.37	2.8	2.78	limo argilloso-argilla limosa	9.90			Plastica	.	.	0.87	4.81	80.5	145
21.3	22.7	0.79	4.1	2.79	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.12	4.19	123.4	179

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
146

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm ²		daN/cm ²	%	Idriss iterazio		m				%		daN/cm ²		daN/cm ²	m/sec
						10.30									
16.5	17.2	0.83	5.6	2.98	argilla-argilla limosa	10.60			Plastica	.	.	0.94	3.52	93.2	174
15.3	15.4	0.41	3.1	2.85	limo argilloso-argilla limosa	11.50			Plastica	.	.	0.89	3.03	91.4	152
19.9	19.2	0.60	3.4	2.80	limo argilloso-argilla limosa	12.20			Plastica	.	.	1.07	3.54	115.9	172
31.2	29.6	0.39	1.4	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso	12.30			Sciolta	26.8	33.8	.	.	110.7	173
14.0	13.0	0.30	2.5	2.86	limo argilloso-argilla limosa	12.60			Plastica	.	.	0.84	2.26	69.2	145
16.3	14.9	0.70	5.0	2.99	argilla-argilla limosa	12.90			Plastica	.	.	0.94	2.65	93.2	172
16.8	14.9	0.37	2.6	2.82	limo argilloso-argilla limosa	13.80			Plastica	.	.	0.95	2.57	83.7	155
15.5	13.2	0.83	6.3	3.10	argilla-argilla limosa	14.40			Plastica	.	.	0.90	2.26	86.7	176
24.4	20.6	1.56	7.2	2.99	argilla-argilla limosa	14.80			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.21	3.34	134.0	215
16.3	13.3	1.25	9.1	3.20	argilla-argilla limosa				Plastica	.	.	0.93	2.31	85.1	194

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 2
Quota falda 1.50

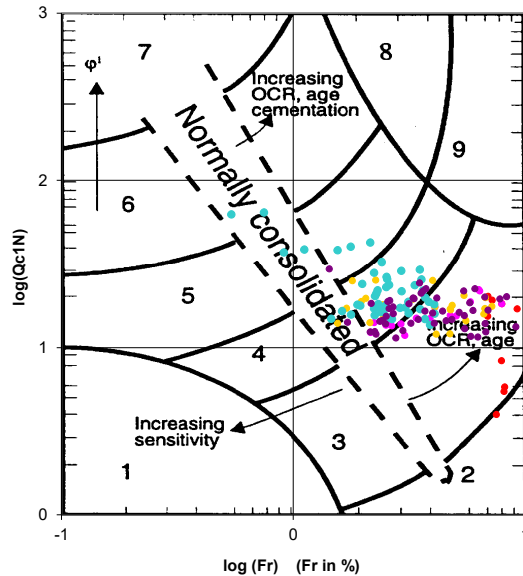


**Società di
Geologia
Territoriale**

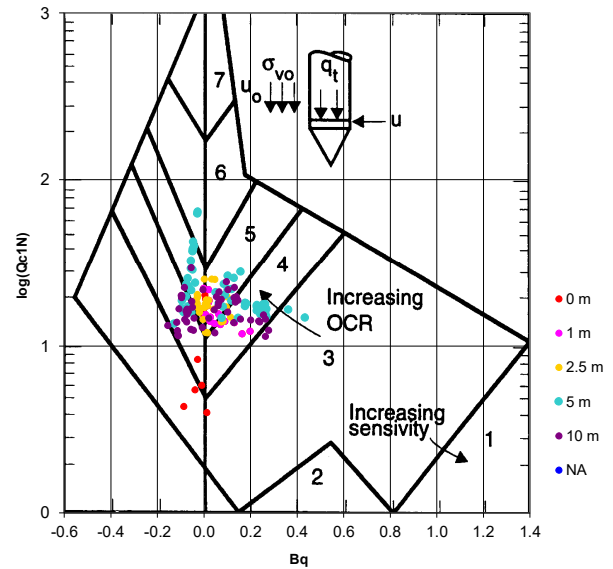
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

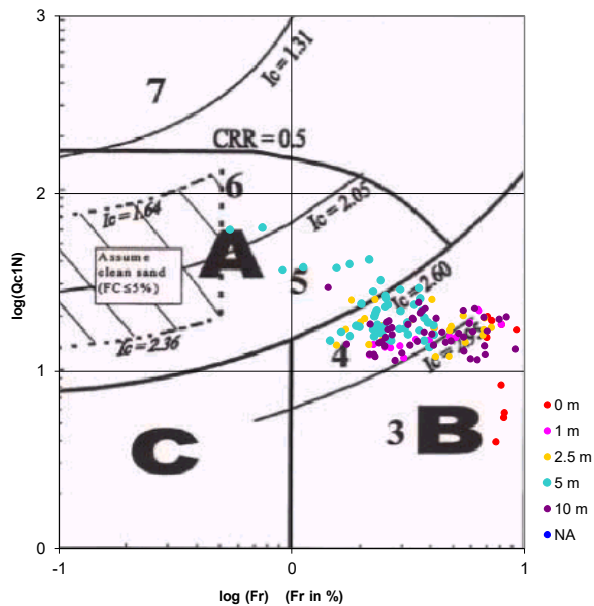
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



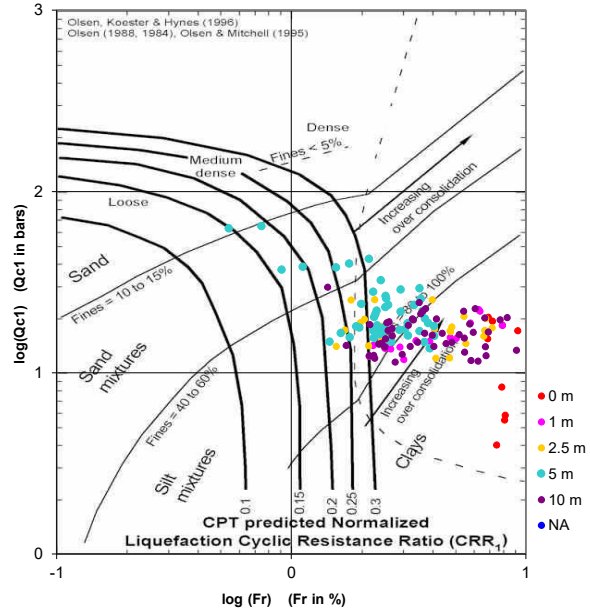
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

Falda	1.50 m
Sigla della Punta	Tecnopenta 100707
Azzeramento	Inizio prova
Ultimo taratura guadagno	10-gen-2021
Ultimo taratura per deriva termica	10-gen-2021

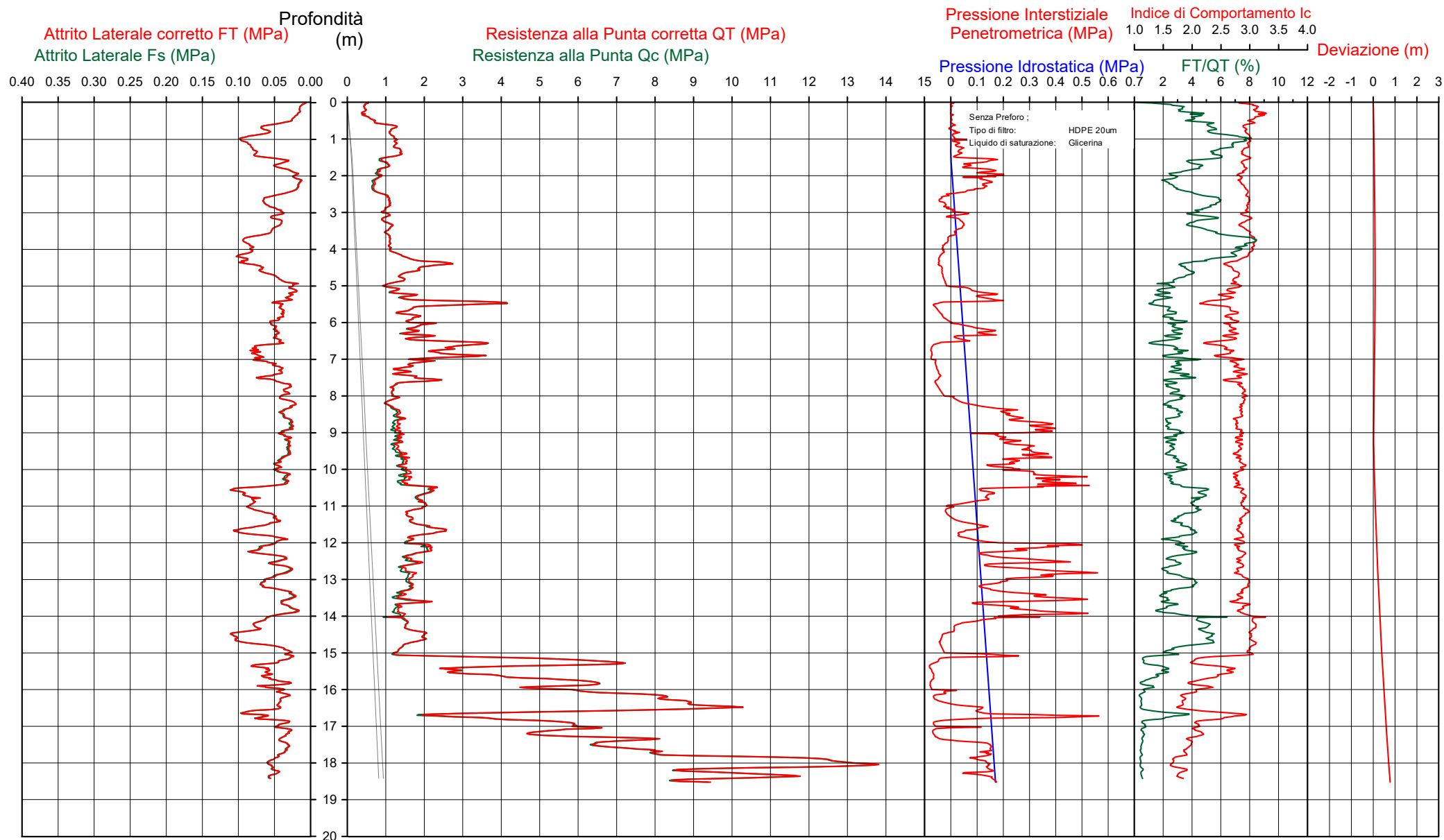


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
www.geo55.com

CPTU

3



CPTU

3

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs18
157

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm²	daN/cm²	%		Idriss iterazione						%		daN/cm²		daN/cm²	
4.5	7.7	0.15	3.4	3.12	argilla-argilla limosa	0.00	=====		Fluido-plastica (Mollo Soffice)	.	.	0.34	32.41	27.7	106
						0.40	=====								
7.2	12.2	0.33	4.5	3.03	argilla-argilla limosa	0.60	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.50	17.59	41.4	125
11.9	20.2	0.63	5.4	2.91	limo argilloso-argilla limosa	0.80	=====		Plastica	.	.	0.74	23.94	67.5	150
12.1	20.6	0.84	7.0	2.98	argilla-argilla limosa	1.20	=====		Plastica	.	.	0.76	14.74	67.0	158
						1.80	=====								
11.6	19.6	0.59	5.1	2.91	limo argilloso-argilla limosa	2.50	=====		Plastica	.	.	0.73	11.69	65.9	145
						2.90	=====								
7.7	13.1	0.21	2.9	2.88	limo argilloso-argilla limosa	3.50	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.53	5.88	42.9	116
						4.20	=====								
10.7	18.1	0.59	5.8	2.97	argilla-argilla limosa	4.50	=====		Plastica	.	.	0.69	6.29	60.2	145
						4.90	=====								
10.3	17.6	0.46	4.7	2.92	limo argilloso-argilla limosa	5.20	=====		Plastica	.	.	0.67	5.02	59.4	137
						5.60	=====								
11.4	19.2	0.83	7.8	3.04	argilla-argilla limosa	6.70	=====		Plastica	.	.	0.72	4.65	61.7	154
						6.80	=====								
20.6	31.7	0.85	4.5	2.71	limo argilloso-argilla limosa	6.90	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.09	6.76	118.4	170
15.3	23.6	0.54	3.7	2.76	limo argilloso-argilla limosa	7.10	=====		Plastica	.	.	0.89	7.14	88.7	150
						7.40	=====								
11.5	17.7	0.24	2.3	2.72	limo argilloso-argilla limosa	7.60	=====		Plastica	.	.	0.73	3.77	52.6	126
							=====								
23.0	32.1	0.36	1.8	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Sciolta	29.4	33.9	.	.	90.3	150
							=====								
17.3	23.7	0.45	2.8	2.68	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.97	4.98	95.6	152
							=====								
30.7	38.8	0.61	2.2	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Mediamente Addensata	35.7	34.9	.	.	134.8	174
							=====								
23.7	30.2	0.76	3.4	2.65	limo argilloso-argilla limosa		=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.19	6.81	138.4	176
28.3	35.2	0.77	2.9	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Sciolta	32.5	34.5	.	.	161.2	182
21.6	27.1	0.68	3.5	2.70	limo argilloso-argilla limosa		=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.12	6.53	125.5	172
							=====								
14.6	18.4	0.44	3.3	2.81	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.87	4.37	85.1	149
							=====								
19.1	23.4	0.59	3.4	2.73	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	1.04	4.31	111.4	164
							=====								
13.5	15.2	0.34	2.8	2.83	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.82	2.99	74.0	143
							=====								

H2O

CPTU

3

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs18
157

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm ²	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm ²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
19.9	20.1	0.84	4.6	2.87	limo argilloso-argilla limosa	10.40			Plastica	.	.	1.07	3.85	114.5	181
16.4	16.0	0.54	3.8	2.89	limo argilloso-argilla limosa	11.10			Plastica	.	.	0.94	2.85	95.0	163
22.5	21.6	0.86	4.2	2.82	limo argilloso-argilla limosa	11.50			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.15	3.79	129.7	186
16.3	15.4	0.44	3.1	2.85	limo argilloso-argilla limosa	11.80			Plastica	.	.	0.93	2.87	98.3	158
21.0	19.7	0.64	3.4	2.79	limo argilloso-argilla limosa	12.00			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	3.44	122.5	176
16.7	15.1	0.50	3.4	2.88	limo argilloso-argilla limosa	12.20			Plastica	.	.	0.95	3.18	97.6	162
15.0	13.0	0.30	2.4	2.85	limo argilloso-argilla limosa	13.20			Plastica	.	.	0.88	2.52	70.5	148
16.1	13.3	0.67	4.9	3.02	argilla-argilla limosa	13.90			Plastica	.	.	0.93	2.12	92.3	170
55.5	47.6	0.52	1.1	2.18	sabbia limosa-limo sabbioso	15.10			Mediamente Addensata	42.5	36.1	.	.	183.9	197
27.0	21.9	0.59	2.4	2.67	limo argilloso-argilla limosa	15.40			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.29	3.66	129.8	185
37.2	30.6	0.61	1.9	2.48	sabbia limosa-limo sabbioso	15.50			Sciolta	27.9	34.1	.	.	148.4	194
57.8	48.6	0.46	0.9	2.12	sabbia limosa-limo sabbioso	15.70			Mediamente Addensata	43.2	36.2	.	.	184.1	196
81.3	69.4	0.45	0.6	1.90	sabbia-sabbia limosa	16.00			Mediamente Addensata	55.0	37.7	.	.	250.6	203
30.7	23.8	0.75	2.9	2.69	limo argilloso-argilla limosa	16.60			Semi solida (Molto duro)	.	.	1.38	3.57	170.9	199
55.3	44.5	0.36	0.7	2.11	sabbia limosa-limo sabbioso	16.80			Mediamente Addensata	40.3	35.8	.	.	172.3	190
74.3	60.7	0.36	0.5	1.93	sabbia-sabbia limosa	17.30			Mediamente Addensata	50.5	37.1	.	.	227.3	197
125.9	108.6	0.53	0.4	1.67	sabbia-sabbia limosa	17.80			Addensata	69.7	39.6	.	.	382.7	221
98.6	83.9	0.52	0.5	1.82	sabbia-sabbia limosa	18.10			Mediamente Addensata	61.2	38.4	.	.	302.2	213

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 3
Quota falda 1.50

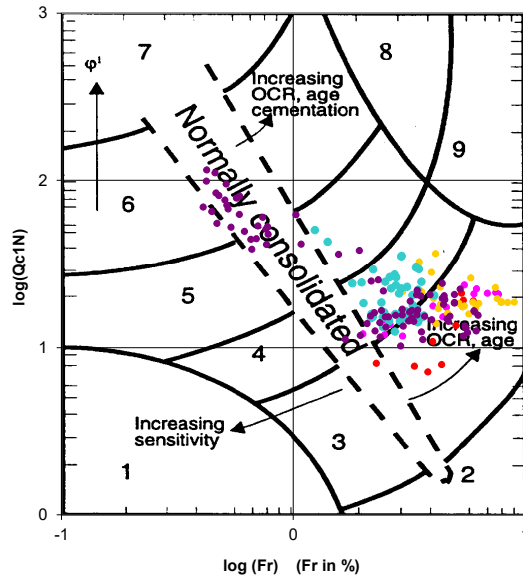


**Società di
Geologia
Territoriale**

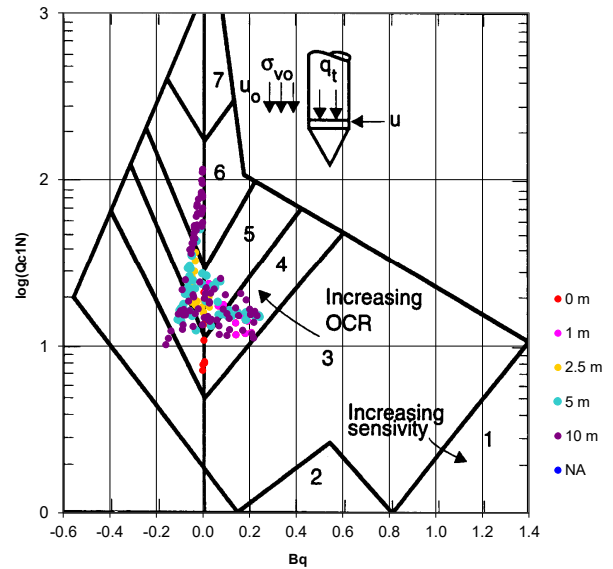
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

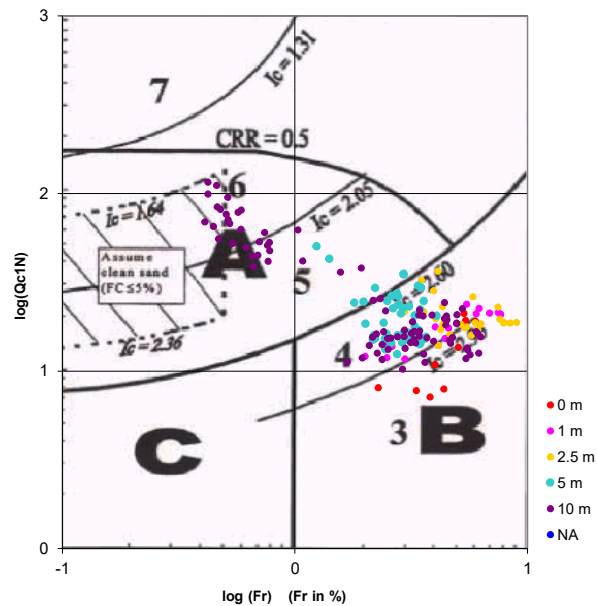
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



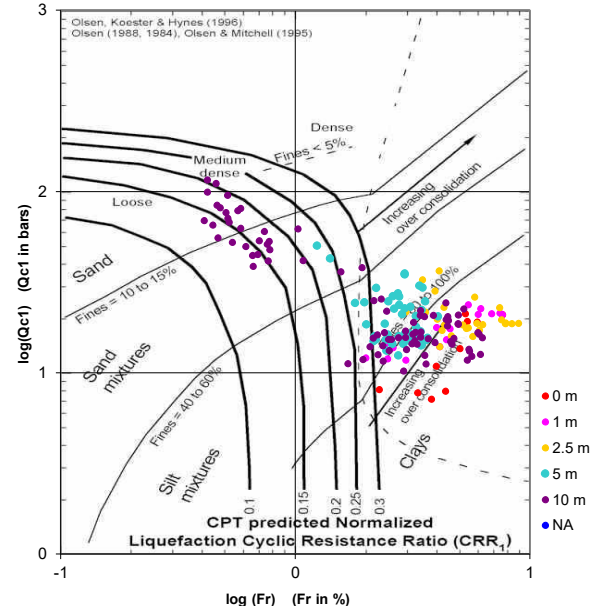
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

Falda	1.50 m
Sigla della Punta	Tecnopenta 100707
Azzeramento	Inizio prova
Ultimo taratura guadagno	10-gen-2021
Ultimo taratura per deriva termica	10-gen-2021



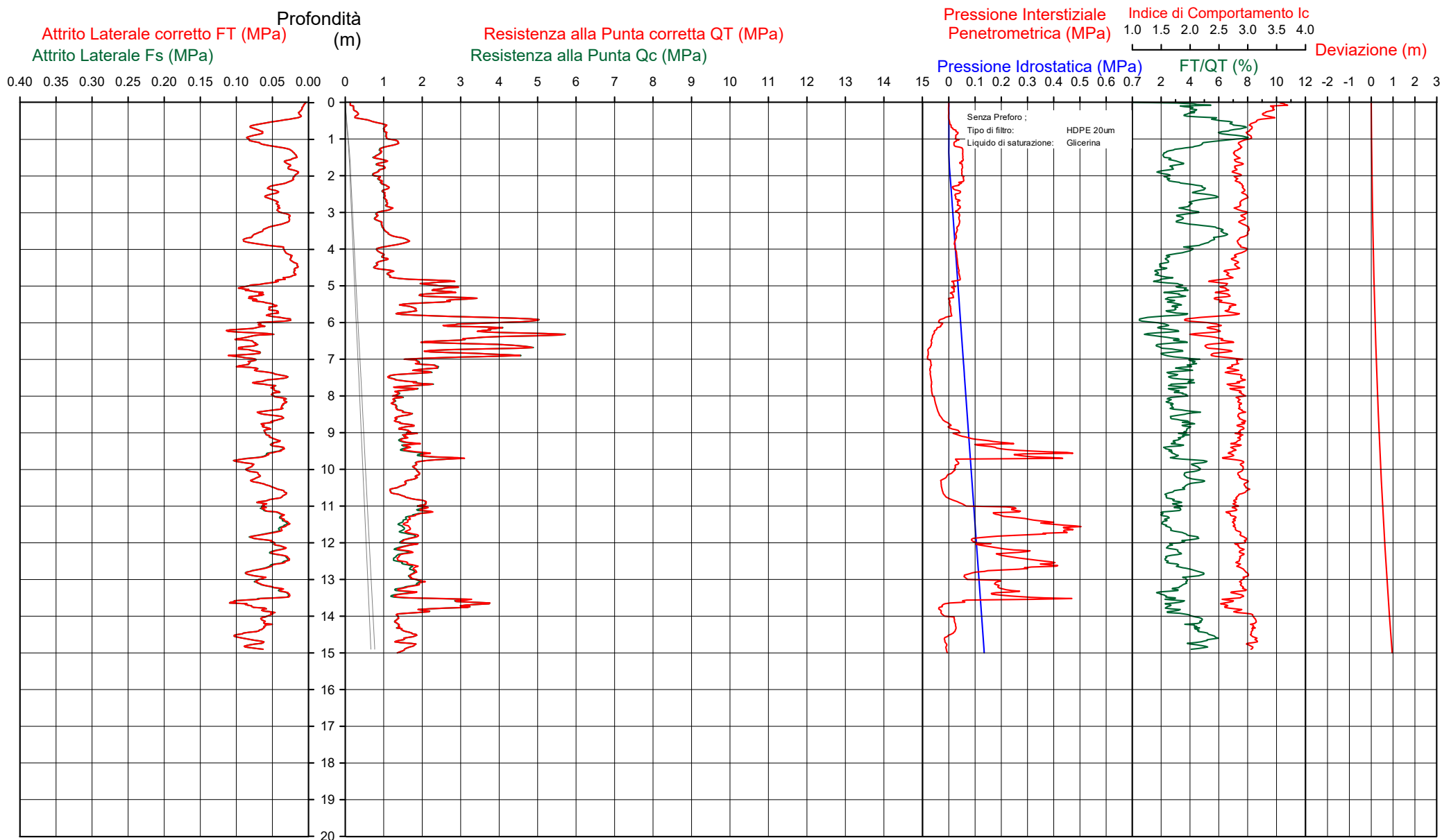
Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

CPTU

4



Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
151

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm²	daN/cm²	%		Idriss iterazione						%		daN/cm²		daN/cm²	m/sec
2.8	4.8	0.13	4.5	3.39	argilla-argilla limosa	0.00	=====		Fluido-plastica (Mollo Soffice)	.	.	0.22	8.48	18.1	95
						0.50	=====								
10.1	17.2	0.71	7.1	3.05	argilla-argilla limosa	1.00	=====		Plastica	.	.	0.66	15.67	55.8	151
						1.20	=====								
13.0	22.1	0.68	5.3	2.88	limo argilloso-argilla limosa	1.20	=====		Plastica	.	.	0.80	16.22	74.0	153
9.0	15.3	0.23	2.7	2.81	limo argilloso-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.60	7.89	46.6	121
						2.20	=====								
10.6	18.0	0.47	4.6	2.91	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.68	6.61	60.8	139
						3.00	=====								
8.5	14.4	0.28	3.6	2.91	limo argilloso-argilla limosa	3.30	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.57	4.55	49.2	123
10.3	17.4	0.59	6.1	3.00	argilla-argilla limosa	3.60	=====		Plastica	.	.	0.67	4.92	57.7	143
14.6	24.7	0.79	5.7	2.87	limo argilloso-argilla limosa	3.90	=====		Plastica	.	.	0.86	6.37	82.3	158
9.2	15.6	0.26	3.0	2.84	limo argilloso-argilla limosa	4.50	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.61	4.08	54.4	121
						4.80	=====								
11.4	18.7	0.22	2.1	2.68	limo argilloso-argilla limosa	5.00	=====		Plastica	.	.	0.72	4.21	48.5	123
22.8	34.0	0.55	2.6	2.52	sabbia limosa-limo sabbioso	5.20	=====		Sciolta	31.4	34.2	.	.	113.9	160
26.1	37.6	0.82	3.3	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso	5.30	=====		Sciolta	34.7	34.7	.	.	152.0	177
20.9	30.5	0.71	3.5	2.66	limo argilloso-argilla limosa	5.40	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.10	7.63	121.4	167
30.3	42.1	0.77	2.6	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso	5.80	=====		Mediamente Addensata	38.5	35.3	.	.	155.1	179
17.7	25.5	0.52	3.2	2.69	limo argilloso-argilla limosa	6.70	=====		Plastica	.	.	0.99	7.36	103.7	155
						6.80	=====								
38.1	48.5	0.72	2.1	2.34	sabbia limosa-limo sabbioso	6.90	=====		Mediamente Addensata	43.1	36.1	.	.	164.2	183
						7.30	=====								
25.4	32.3	0.80	3.4	2.63	limo argilloso-argilla limosa	7.80	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.24	7.36	147.8	180
37.3	45.8	0.84	2.3	2.41	sabbia limosa-limo sabbioso	8.00	=====		Mediamente Addensata	41.3	35.8	.	7.05	171.8	191
21.8	27.3	0.83	4.2	2.75	limo argilloso-argilla limosa	9.50	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.13	.	125.7	178
						9.80	=====								
15.5	19.0	0.51	3.6	2.83	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.90	5.09	90.0	154
						8.00	=====								
14.9	17.0	0.47	3.5	2.85	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.88	3.07	86.5	153
						9.50	=====								
22.3	23.9	0.72	3.5	2.73	limo argilloso-argilla limosa	9.80	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.15	4.25	129.9	177
18.4	19.2	0.77	4.7	2.89	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	1.01	3.71	105.4	175

Vs15
151

qt	Qc1N	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione	H	Litologia grafica	Falda	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione non drenato Cu	OCR	Modulo Edometrico M	Velocità Vs
daN/cm ²	Idriss & Boulanger 2004	daN/cm ²	%	Idriss iterazio	basato su Fr vs Qc1N	m		idrica	Consistenza (Argilla)	Tatsuoka 1990 %	Kulhawy & Mayne 1990	Benassi daN/cm ²	Marchi / SGT	Benassi daN/cm ²	Robertson & Cabal 2009 m/sec
						10.30	⋮								
13.9	14.2	0.54	4.4	2.98	argilla-argilla limosa	10.60	⋮		Plastica	-	-	0.84	3.04	80.2	157
14.4	14.5	0.36	2.9	2.85	limo argilloso-argilla limosa	10.80	⋮		Plastica	-	-	0.86	2.45	79.9	148
20.6	20.4	0.58	3.2	2.76	limo argilloso-argilla limosa	11.20	⋮		Solido-plastica (Duro)	-	-	1.09	3.75	120.1	171
16.5	15.2	0.47	3.3	2.87	limo argilloso-argilla limosa	13.50	⋮		Plastica	-	-	0.94	2.97	96.3	160
28.2	24.6	0.77	3.0	2.69	limo argilloso-argilla limosa	13.90	⋮		Solido-plastica (Duro)	-	-	1.32	4.45	166.8	191
15.1	12.4	0.71	5.7	3.09	argilla-argilla limosa		⋮		Plastica	-	-	0.89	2.01	85.6	172

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 4
Quota falda 1.50

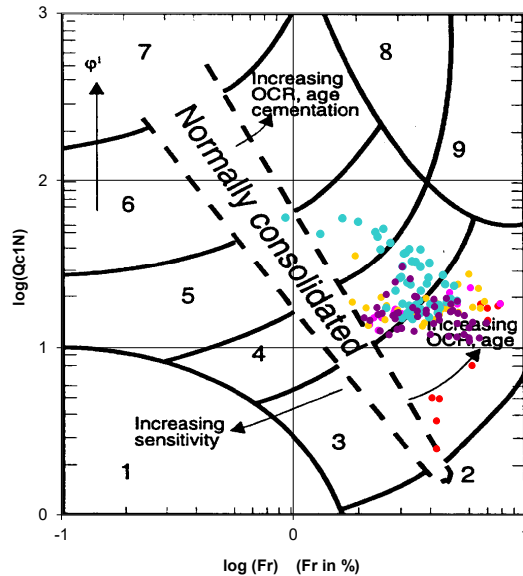


**Società di
Geologia
Territoriale**

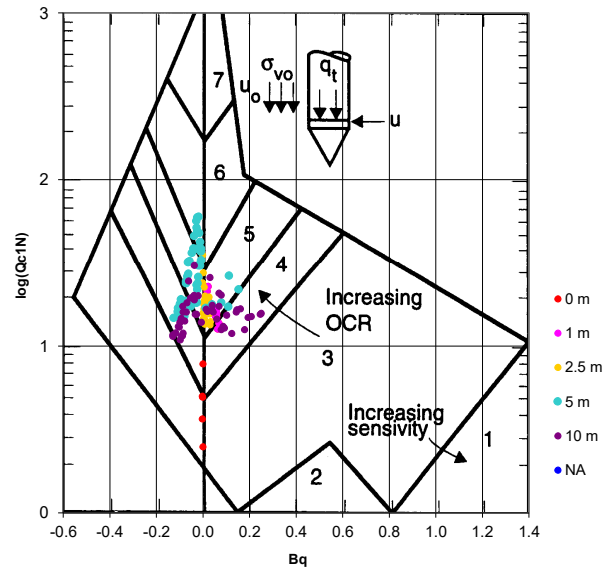
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

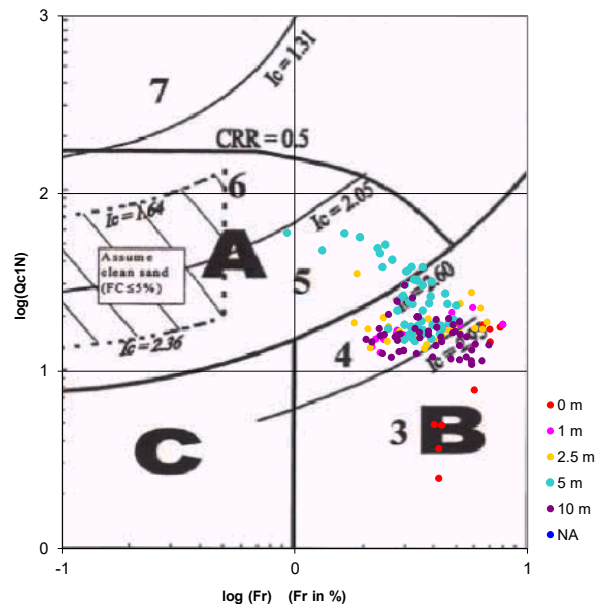
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



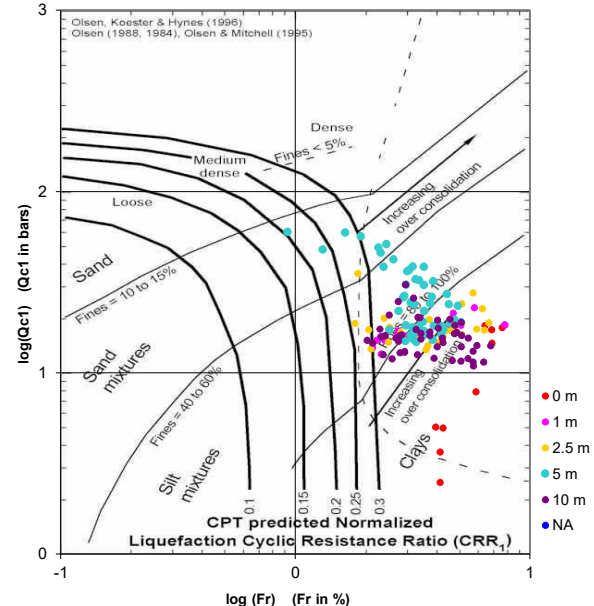
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**

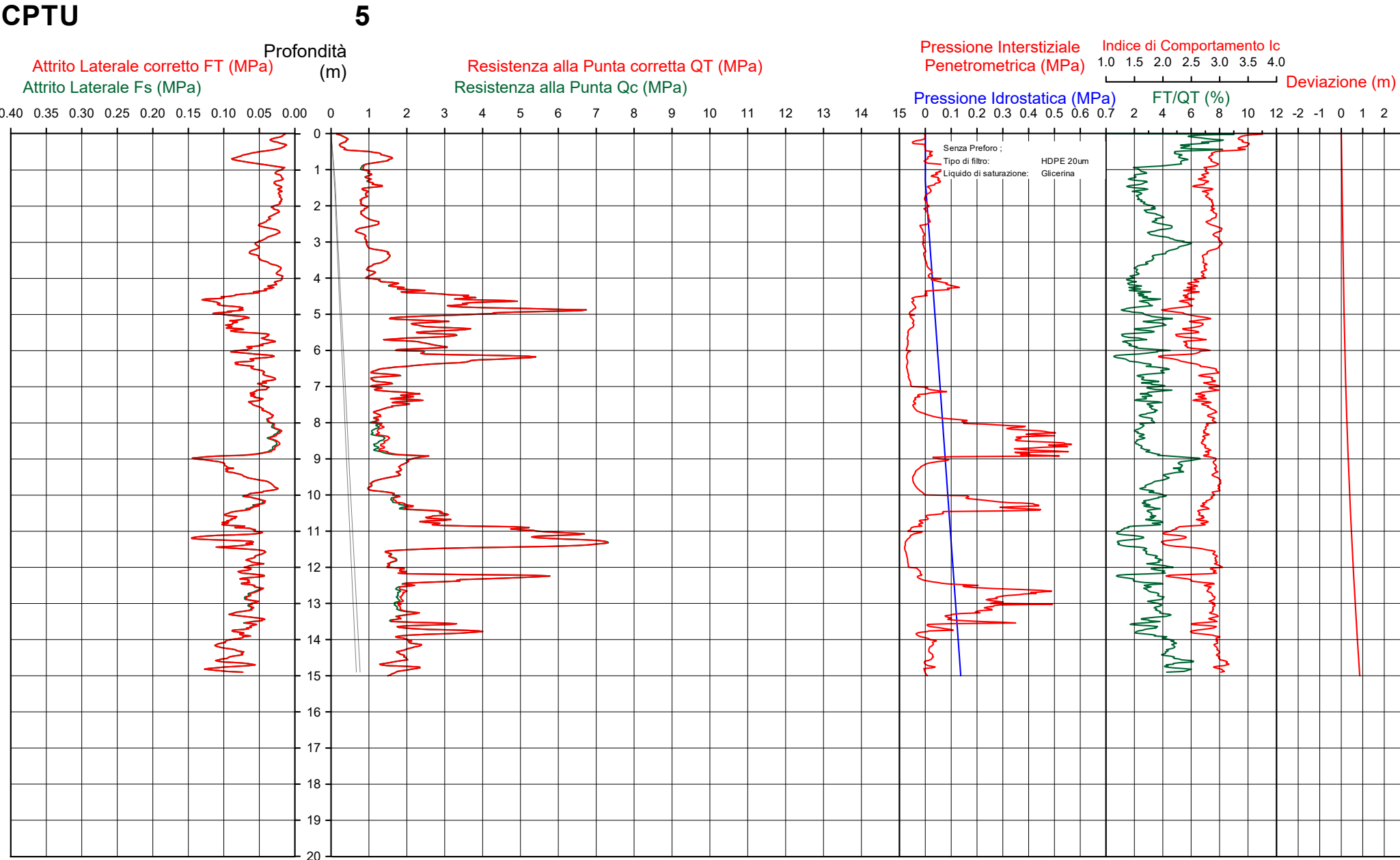


Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.



Vs15
154

qt	Qc1N	ft	FT/Qnet	Ic	Litologia Idriss iterazione	H	Litologia grafica	Falda	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione non drenato Cu	OCR	Modulo Edometrico M	Velocità Vs
	Idriss & Boulanger 2004				basato su Fr vs Qc1N					Tatsuoka 1990	Kulhawy & Mayne 1990	Benassi	Marchi / SGT	Benassi	Robertson & Cabal 2009
daN/cm ^q		daN/cm ^q	%	Idriss iterazio		m		idrica	Consistenza (Argilla)	%	ϕ	daN/cm ^q		daN/cm ^q	m/sec
						0.00									
3.7	6.3	0.24	6.8	3.39	argilla-argilla limosa				Fluida-plastica (Molto Sofrice)	.	.	0.28	14.49	26.4	110
						0.50									
14.2	24.1	0.74	5.3	2.85	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.85	26.26	80.7	158
						0.80									
10.1	17.1	0.25	2.5	2.75	limo argilloso-argilla limosa			H2O	Plastica	.	.	0.66	10.88	49.9	124
						1.50									
8.6	14.7	0.24	2.9	2.85	limo argilloso-argilla limosa				Molle-plastica (Soffrice)	.	.	0.58	7.26	48.6	121
						2.30									
11.0	18.6	0.42	4.1	2.86	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.70	6.92	63.5	137
						2.60									
7.9	13.4	0.29	4.0	2.96	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffrice)	.	.	0.54	4.38	45.8	123
						2.90									
9.6	16.4	0.51	5.6	3.00	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffrice)	.	.	0.63	5.44	54.5	139
						3.20									
13.7	23.2	0.46	3.5	2.74	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.83	7.55	79.5	141
						3.70									
10.3	17.5	0.21	2.2	2.72	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.67	4.77	45.5	120
						4.00									
17.1	28.4	0.33	2.0	2.53	sabbia limosa-limo sabbioso				Sciolta	25.4	33.1	.	.	71.0	137
						4.40									
40.8	57.9	0.97	2.6	2.35	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	48.9	37.1	.	.	203.5	192
						5.00									
23.1	34.0	0.82	3.8	2.65	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.17	8.78	134.0	174
						5.30									
29.3	41.0	0.71	2.6	2.46	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	37.6	35.2	.	.	148.5	174
						5.60									
23.5	32.9	0.43	2.0	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso				Sciolta	30.3	34.0	.	.	96.8	156
						5.90									
23.2	31.9	0.72	3.3	2.62	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.18	7.30	135.4	171
						6.10									
46.9	59.5	0.36	0.8	2.04	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	49.8	37.2	.	.	148.5	170
						6.20									
35.5	45.8	0.70	2.2	2.38	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	41.3	35.8	.	.	157.2	182
						6.40									
13.3	18.1	0.45	3.8	2.85	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.81	5.16	77.4	146
						7.10									
19.4	24.6	0.57	3.2	2.70	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	1.05	5.21	113.1	163
						7.50									
13.6	16.5	0.33	2.7	2.79	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.82	3.93	72.1	140
						8.90									
21.9	24.9	1.21	6.0	2.88	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.14	5.37	123.5	193
						9.10									
18.0	20.2	0.89	5.5	2.92	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	1.00	4.16	102.4	178
						9.50									
11.3	12.4	0.38	3.9	2.99	argilla-argilla limosa				Plastica	.	.	0.71	2.82	65.2	141
						9.90									
17.6	18.7	0.54	3.5	2.81	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.98	3.29	102.3	163

Vs15
154

qt	Qc1N	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione	H	Litologia grafica	Falda	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione non drenato Cu	OCR	Modulo Edometrico M	Velocità Vs
daN/cm ²	Idriss & Boulanger 2004	daN/cm ²	%	Idriss iterazio	basato su Fr vs Qc1N	m		idrica	Consistenza (Argilla)	Tatsuoka 1990 %	Kulhawy & Mayne 1990	Benassi daN/cm ²	Marchi / SGT	Benassi daN/cm ²	Robertson & Cabal 2009 m/sec
						10.30									
26.4		27.2	0.84	3.5	2.69				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.27	3.99	153.6	187
						10.80									
54.9		54.7	0.83	1.8	2.25				Mediamente Addensata	47.1	36.7	.	.	212.2	206
						11.50									
15.7		15.1	0.56	4.1	2.93				Plastica	.	.	0.91	2.74	90.9	163
						12.00									
20.4		19.3	0.68	4.0	2.84				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.09	3.15	118.2	178
						12.20									
43.2		40.9	0.61	1.6	2.34				Mediamente Addensata	37.5	35.4	.	.	161.0	192
						12.40									
19.7		17.7	0.62	3.6	2.85				Plastica	.	.	1.06	3.37	114.5	174
						13.70									
35.3		31.2	0.82	2.5	2.56				Sciolta	28.6	34.1	.	.	174.5	200
						13.80									
21.6		18.5	0.90	4.8	2.91				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.13	3.75	123.9	190
						14.30									
18.4		15.2	0.90	5.7	3.02				Plastica	.	.	1.02	2.54	104.4	186

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 5
Quota falda 1.30

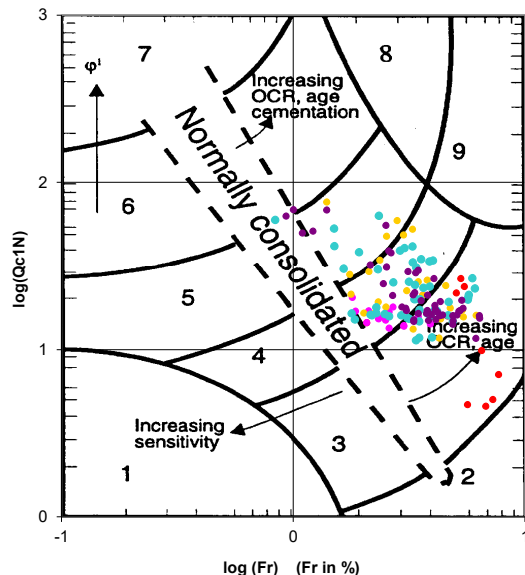


**Società di
Geologia
Territoriale**

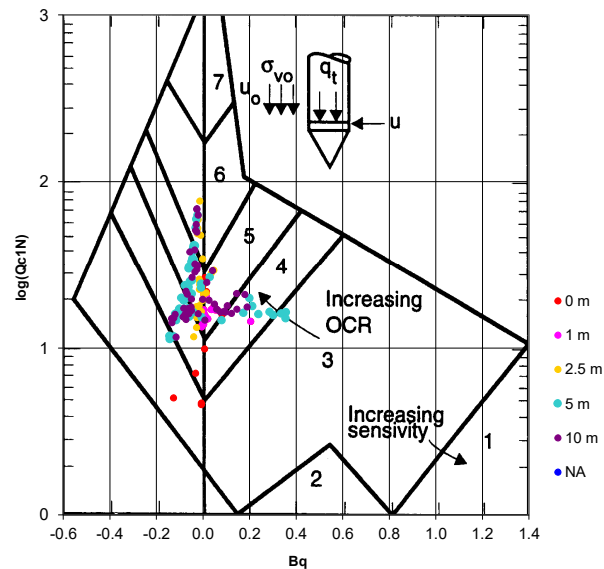
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

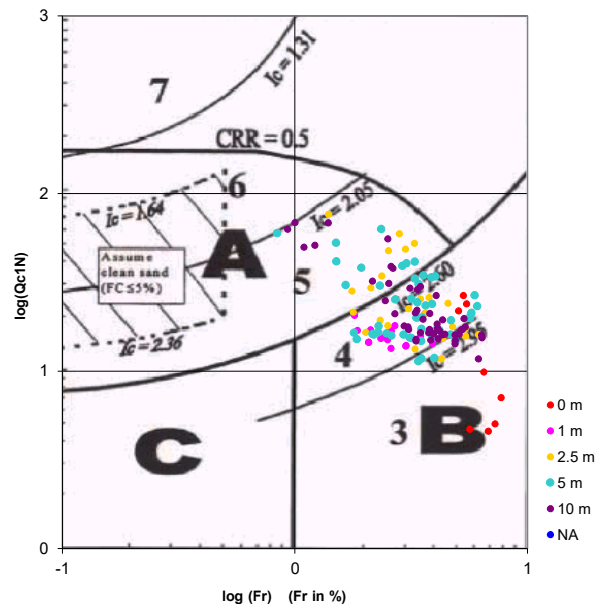
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



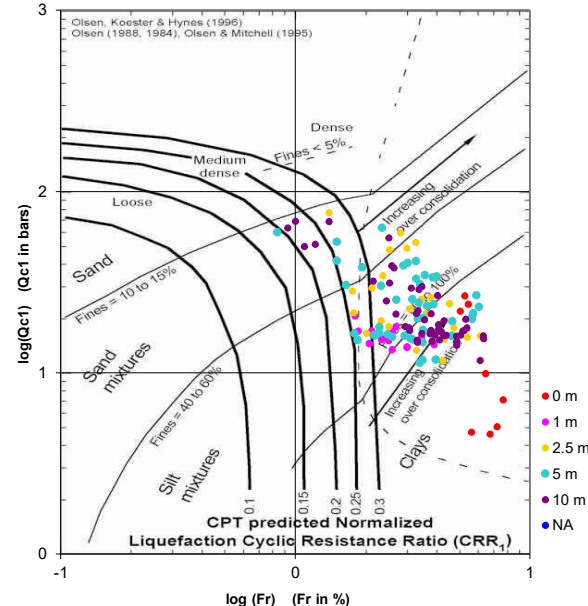
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

Falda	1.50 m
Sigla della Punta	Tecnopenta 100707
Azzeramento	Inizio prova
Ultimo taratura guadagno	10-gen-2021
Ultimo taratura per deriva termica	10-gen-2021

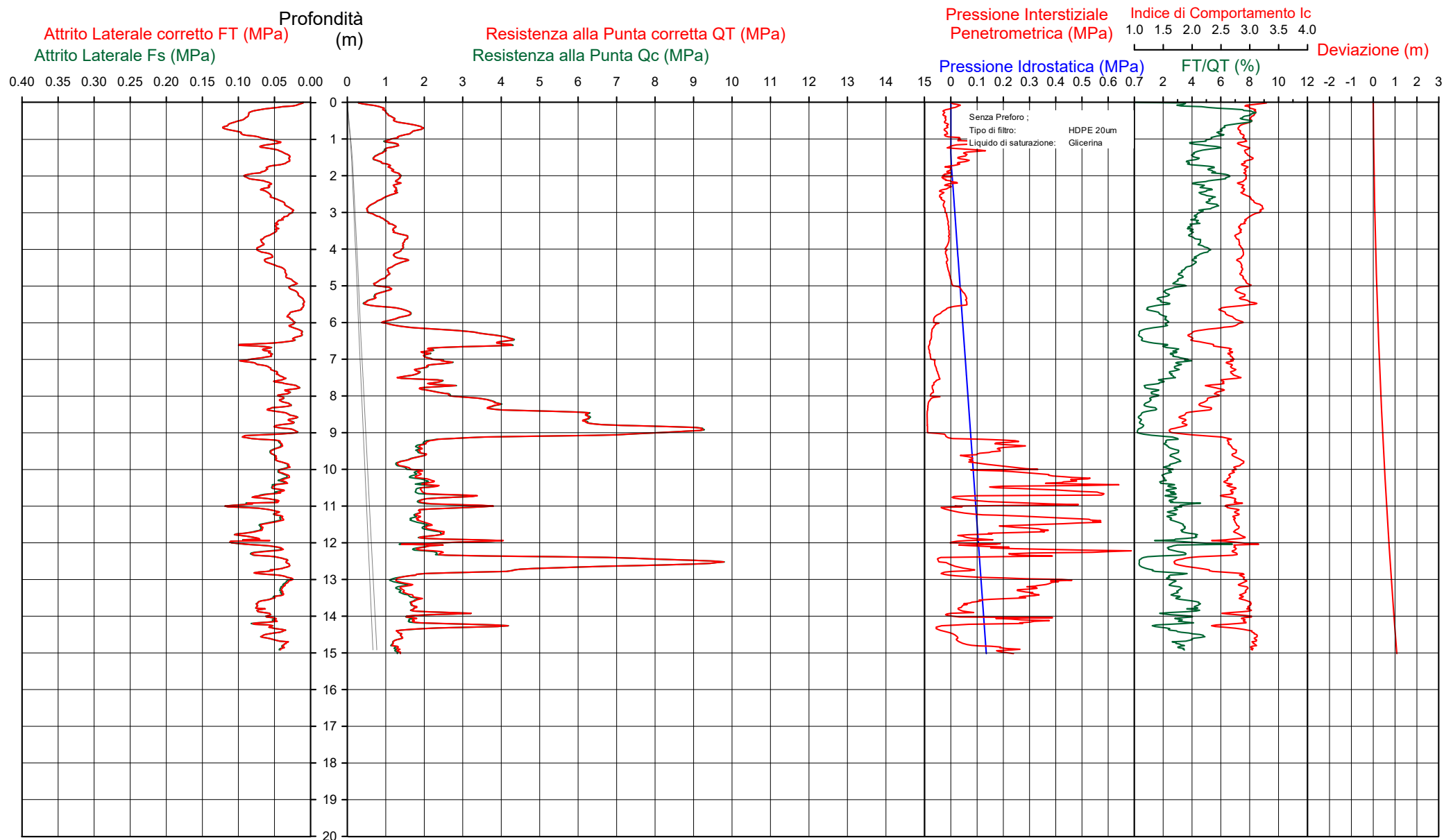


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
www.geo55.com

CPTU

6



CPTU

6

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
153

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
	daN/cm ²	daN/cm ²	%	Idriss iterazione								daN/cm ²		daN/cm ²	
8.1	13.8	0.51	5.8	3.07	argilla-argilla limosa	0.00	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.55	44.54	45.9	134
						0.30	=====								
12.5	21.2	0.96	7.8	3.01	argilla-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.77	30.36	67.8	163
						0.60	=====								
16.4	27.8	0.98	6.0	2.85	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.94	29.00	92.1	168
						1.00	=====								
11.4	19.3	0.54	4.9	2.90	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.72	11.46	65.0	145
						1.30	=====								
8.5	14.4	0.33	4.1	2.95	argilla-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.57	7.93	48.9	128
						1.70	=====								
12.3	20.9	0.65	5.5	2.91	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.76	7.43	69.8	150
						2.60	=====								
7.5	12.8	0.40	5.8	3.09	argilla-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.52	4.81	42.4	129
						2.80	=====								
5.3	9.0	0.27	5.8	3.20	argilla-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.38	2.93	36.1	115
						3.00	=====								
8.0	13.6	0.34	4.6	3.01	argilla-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.54	3.64	45.9	126
						3.20	=====								
13.4	22.3	0.59	4.6	2.84	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.81	4.72	77.1	148
						4.40	=====								
10.8	17.3	0.37	3.7	2.86	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.69	4.62	62.8	134
						4.80	=====								
7.9	12.3	0.18	2.5	2.88	limo argilloso-argilla limosa		=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.54	2.93	39.2	111
						5.60	=====								
15.6	22.2	0.23	1.6	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Sciolta	17.3	32.0	.	.	57.1	132
						5.80	=====								
11.8	16.9	0.27	2.5	2.77	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.74	4.38	58.2	131
						6.10	=====								
34.1	43.3	0.34	1.1	2.19	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Mediamente Addensata	39.3	35.5	.	.	112.6	155
						6.70	=====								
21.9	27.8	0.68	3.3	2.67	limo argilloso-argilla limosa		=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.14	5.90	128.0	170
						7.20	=====								
17.4	21.7	0.48	3.0	2.73	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.98	5.00	101.2	156
						7.50	=====								
22.7	27.2	0.33	1.6	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Sciolta	24.1	33.2	.	.	83.7	153
						8.00	=====								
37.2	42.4	0.41	1.2	2.24	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Mediamente Addensata	38.7	35.4	.	.	124.5	171
						8.40	=====								
62.4	68.2	0.30	0.5	1.87	sabbia-sabbia limosa		=====		Mediamente Addensata	54.4	37.8	.	.	190.5	176
						8.80	=====								
80.2	85.5	0.43	0.6	1.80	sabbia-sabbia limosa		=====		Mediamente Addensata	61.8	38.9	.	.	247.6	191
						9.10	=====								
24.4	26.7	0.59	2.5	2.62	limo argilloso-argilla limosa		=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.21	6.13	121.0	171
						9.30	=====								
19.1	20.6	0.48	2.8	2.72	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	1.04	4.06	102.6	161
						9.70	=====								
14.7	15.7	0.37	2.8	2.82	limo argilloso-argilla limosa		=====		Plastica	.	.	0.87	3.10	81.3	149
						10.00	=====								

H2O

CPTU

6

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

10 febbraio 2021
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
Massa Lombarda
1.50



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
153

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm²	daN/cm²	%		Idriss iterazione	m					%		daN/cm²		daN/cm²	m/sec
18.6	19.5	0.37	2.2	2.68	limo argilloso-argilla limosa	10.20			Plastica	.	.	1.02	3.78	82.7	155
20.7	21.4	0.36	1.9	2.61	limo argilloso-argilla limosa	10.40			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.10	4.01	83.3	157
23.7	23.9	0.63	2.8	2.68	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.19	4.19	131.2	175
						11.10									
18.5	18.1	0.43	2.6	2.75	limo argilloso-argilla limosa	11.40			Plastica	.	.	1.02	3.42	94.9	161
22.0	21.0	0.74	3.7	2.79	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.14	3.63	127.6	180
						11.90									
33.2	31.5	0.96	3.3	2.61	limo argilloso-argilla limosa	12.00			Semi solida (Molto duro)	.	.	1.44	5.71	193.8	202
21.0	19.6	0.62	3.4	2.78	limo argilloso-argilla limosa	12.30			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	3.41	122.5	174
64.3	60.6	0.44	1.0	2.04	sabbia-sabbia limosa	12.80			Mediamente Addensata	50.5	37.2	.	.	208.6	193
16.2	14.1	0.49	3.5	2.91	limo argilloso-argilla limosa				Plastica	.	.	0.93	3.04	94.1	161
						13.80									
19.6	16.7	0.60	3.7	2.87	limo argilloso-argilla limosa	14.20			Plastica	.	.	1.06	2.91	114.1	176
36.7	31.6	0.60	1.8	2.46	sabbia limosa-limo sabbioso	14.30			Sciolta	29.0	34.2	.	.	144.1	192
13.7	11.1	0.46	4.2	3.04	argilla-argilla limosa				Plastica	.	.	0.83	2.45	79.1	157

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

Numero prova 6
Quota falda 1.50

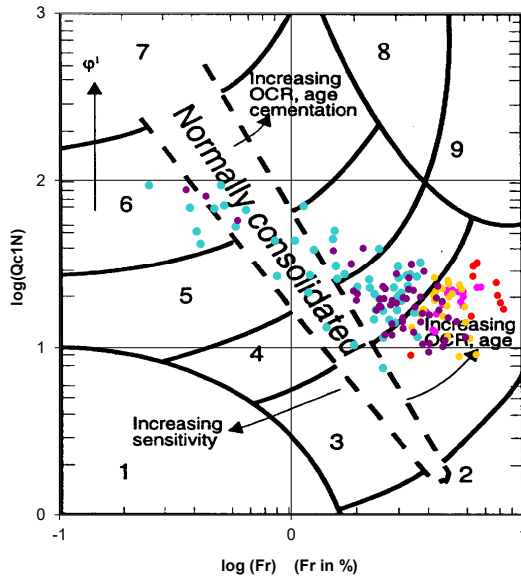


**Società di
Geologia
Territoriale**

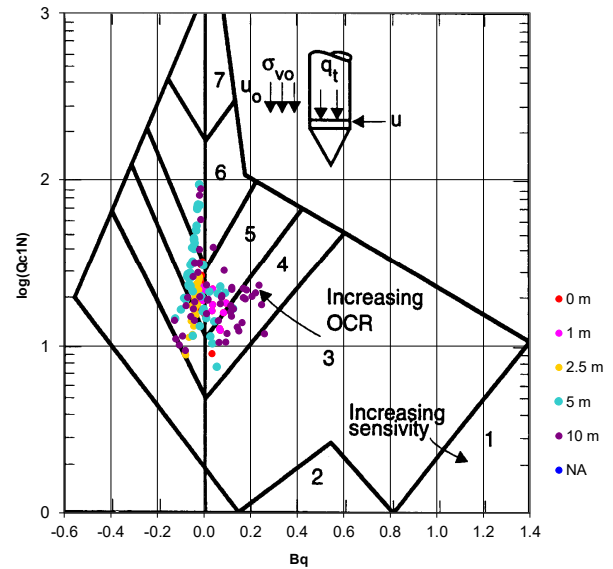
S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

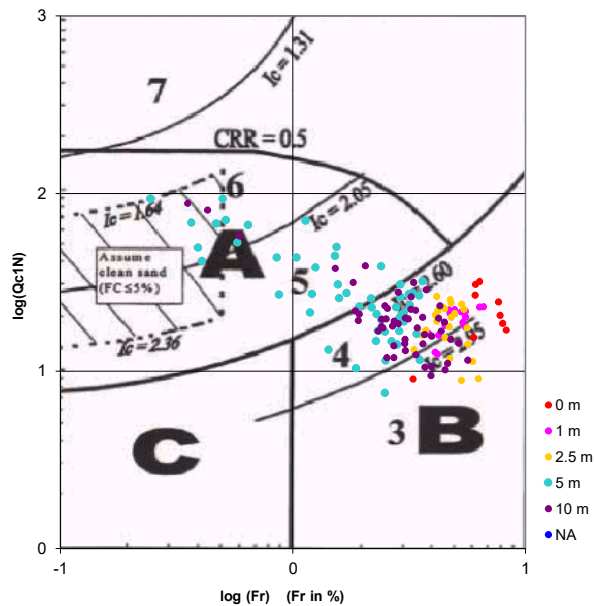
**Cross-plot Qc1N verso Fr
(Robertson 1990)**



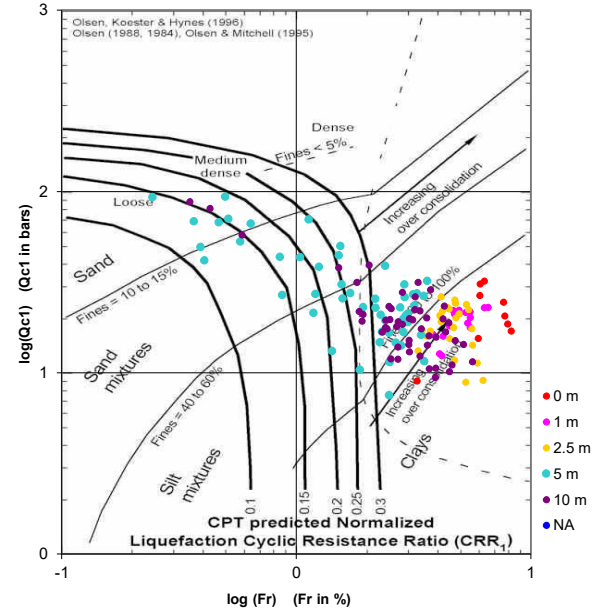
**Cross-plot Qc1N verso Bq
(Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr
per la verifica della liquefazione
secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilit 

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticit� e sensitivit�, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lav
Localita' Fruges zona indus
Committente BIENERGY SRL



**Società di
Geologia
Territoriale**

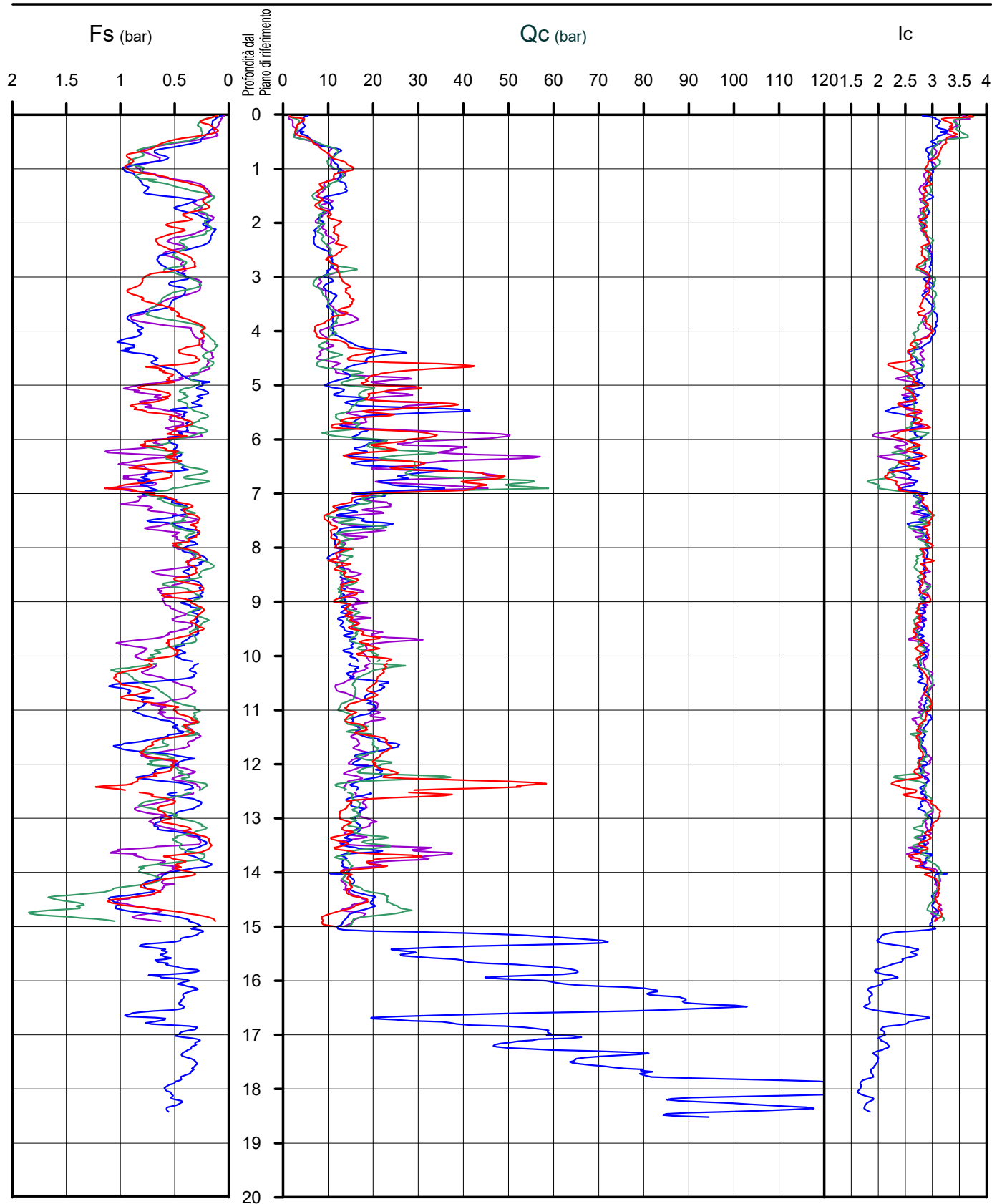
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

LEGENDA

CPT 1
CPT 2
CPT 3
CPT 4



Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lav
Localita' Fruges zona indus
Committente BIENERGY SRL



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

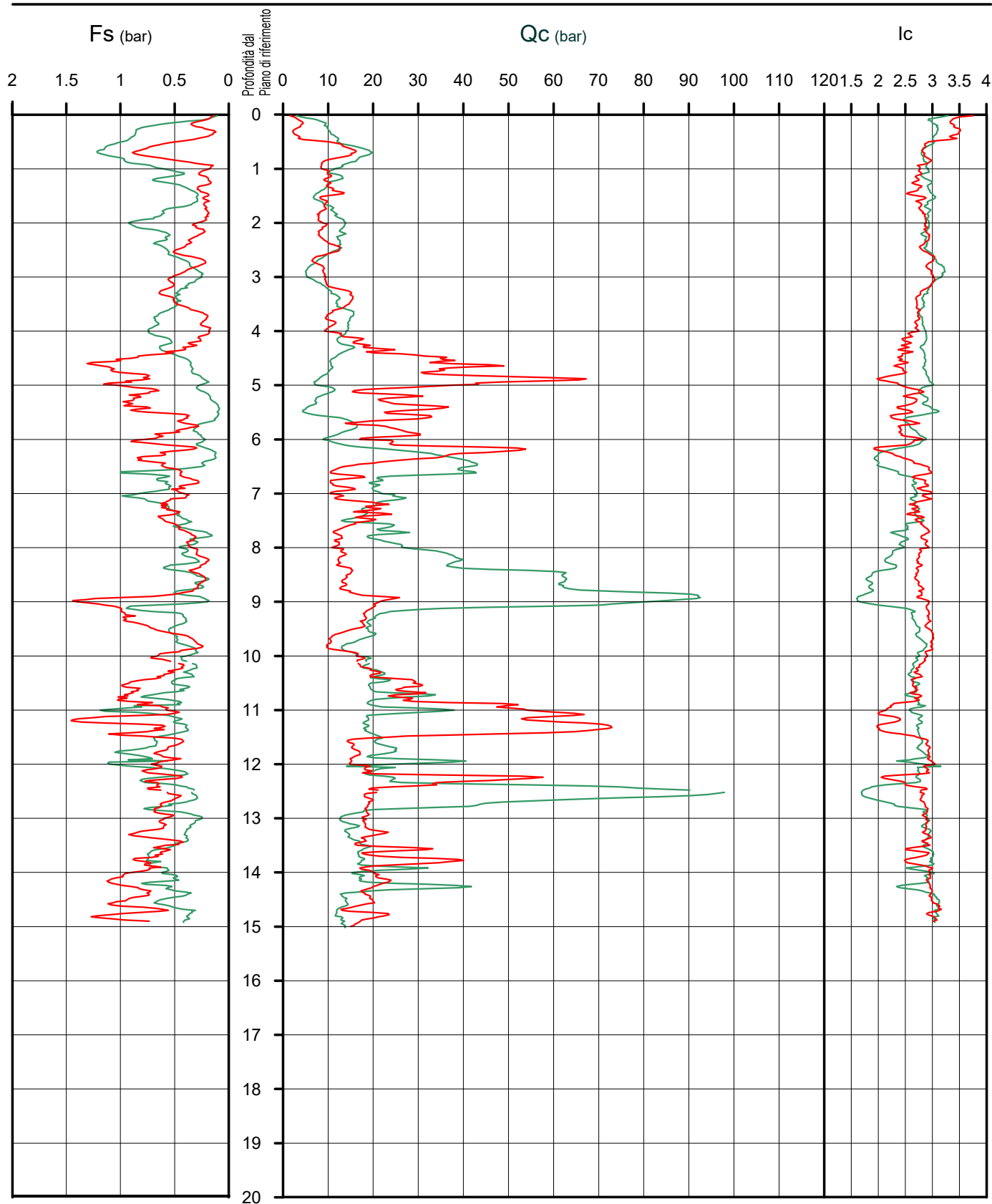
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

LEGENDA

CPT 5


CPT 6



Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lav
Localita' Fruges zona indus
Committente BIENERGY SRL

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1
CPT 2
CPT 3
CPT 4

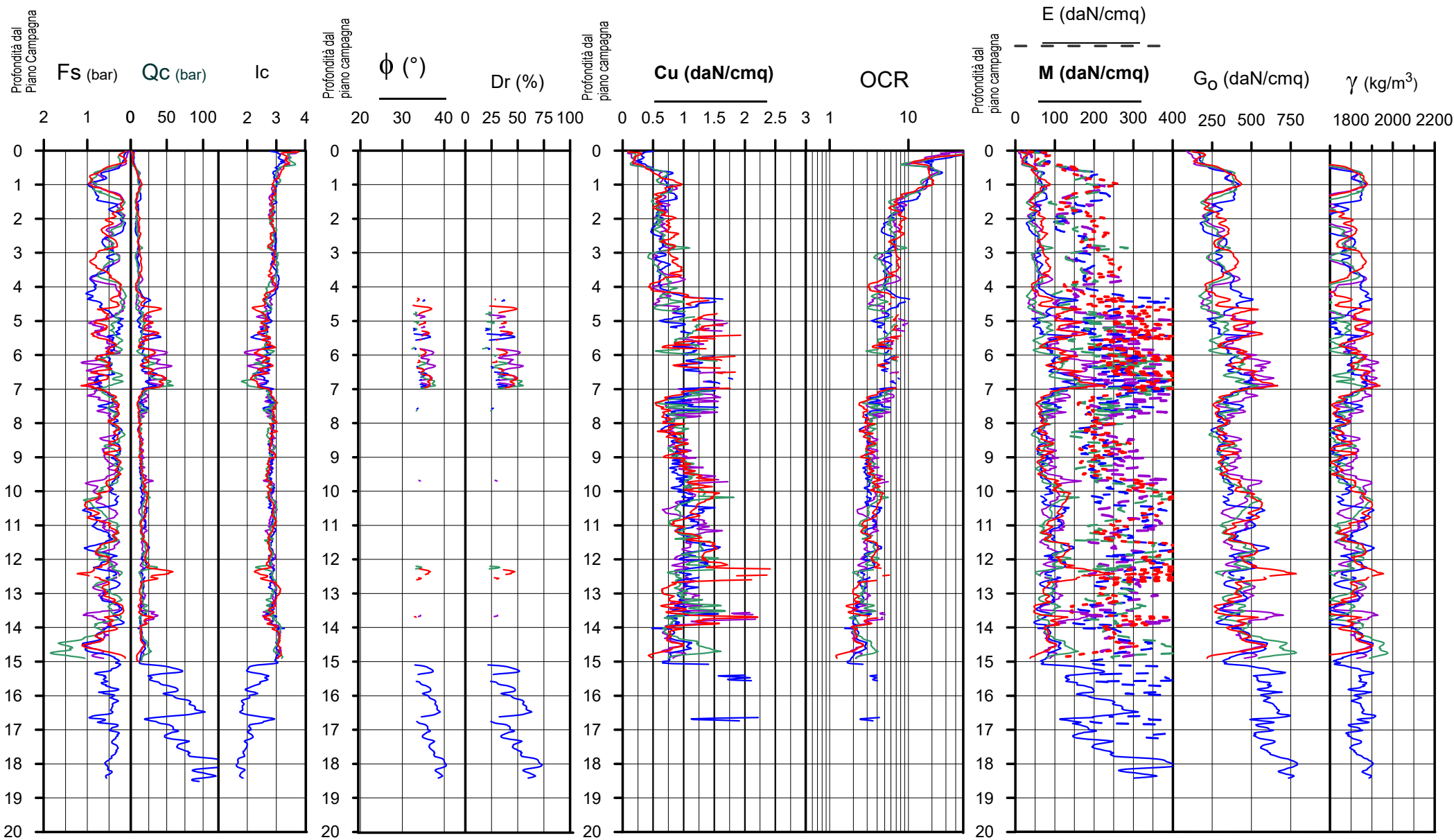


**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)


www.geo55.com



Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lav
Localita' Fruges zona indus
Committente BIENERGY SRL

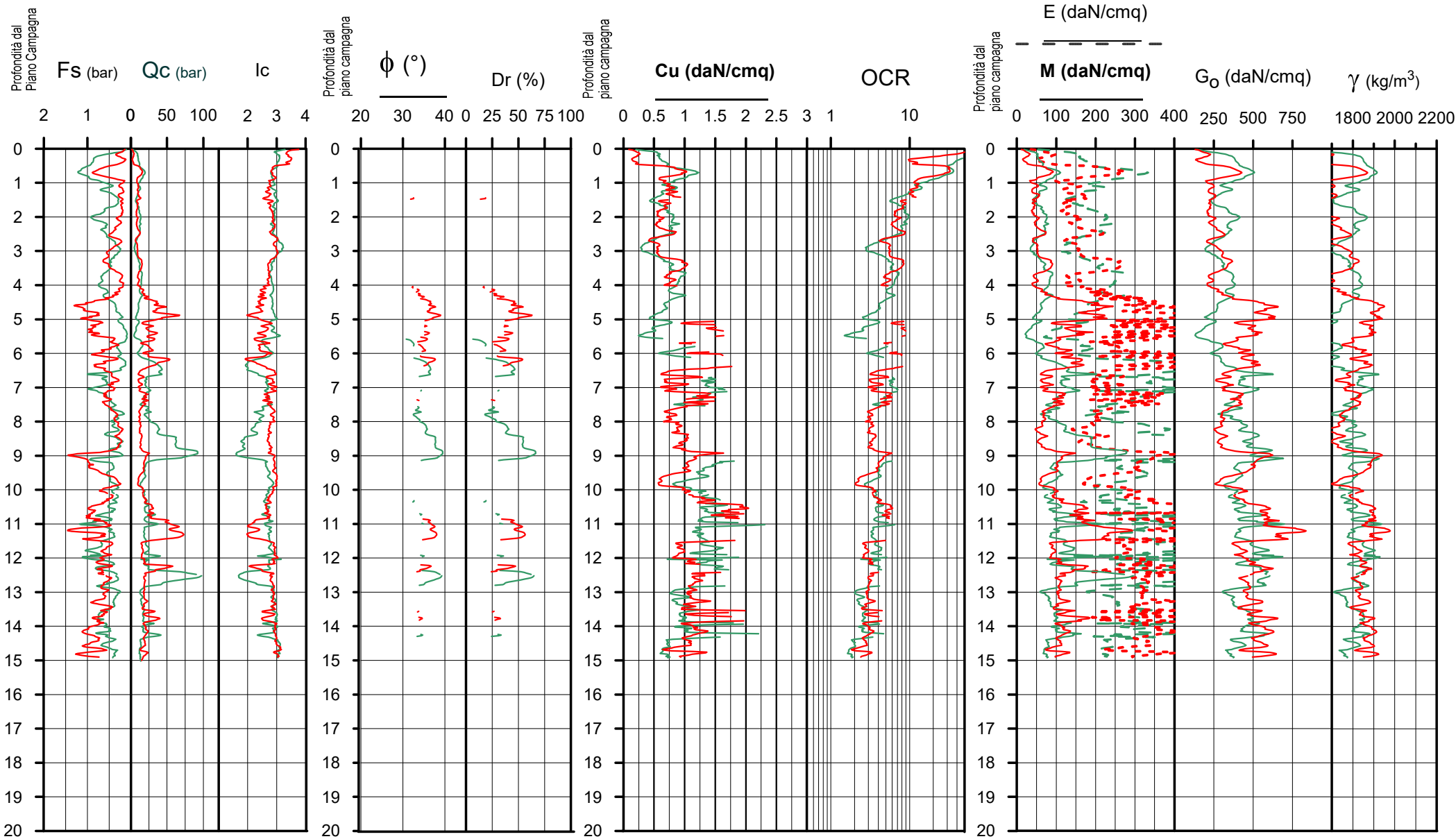
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 5
CPT 6



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

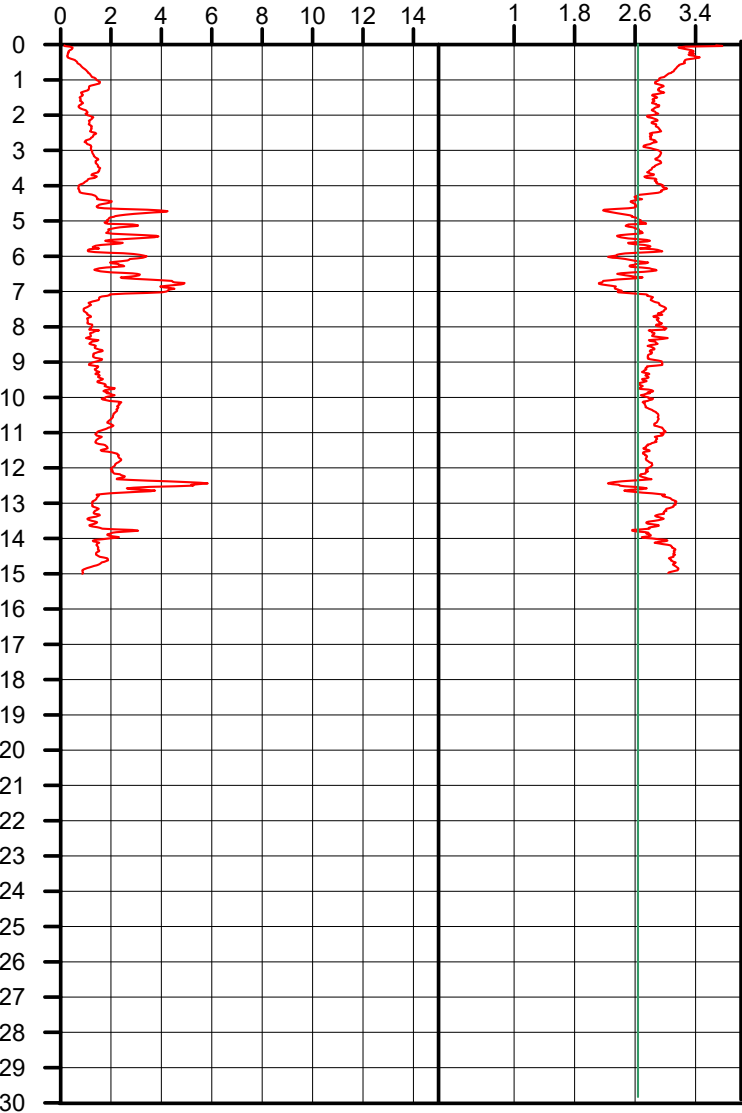


Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

CPT 1

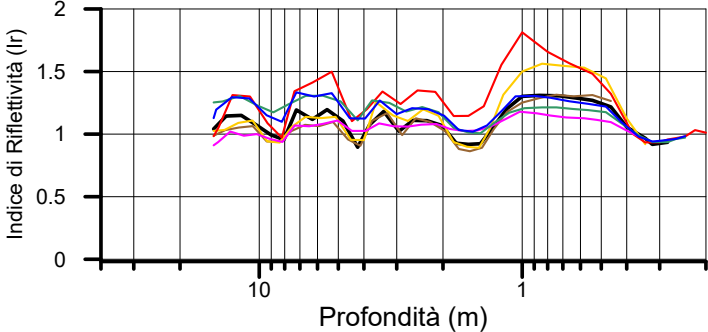
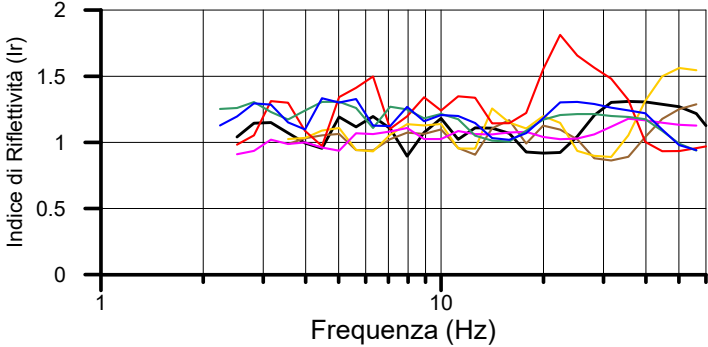
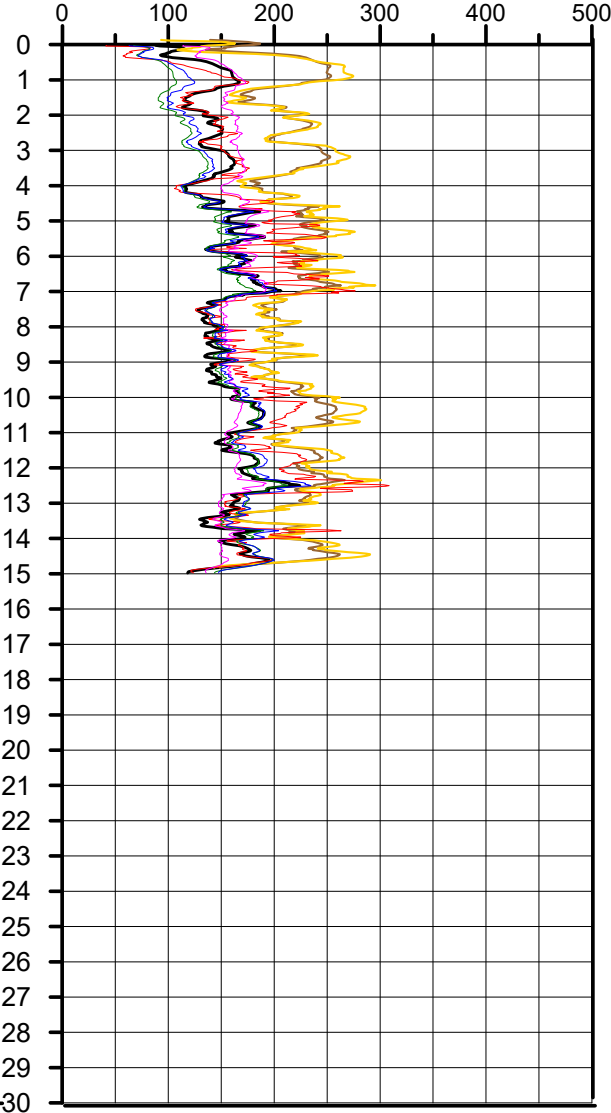
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



Autore	Vs15
Andrus et.al. 2001SF = 1	147
Piratheepan 2002	141
Madii 2002	161
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	161
Hegazy & Mayne 1995	214
Mayne 2006	216
Robertson Cabal 2010	151

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

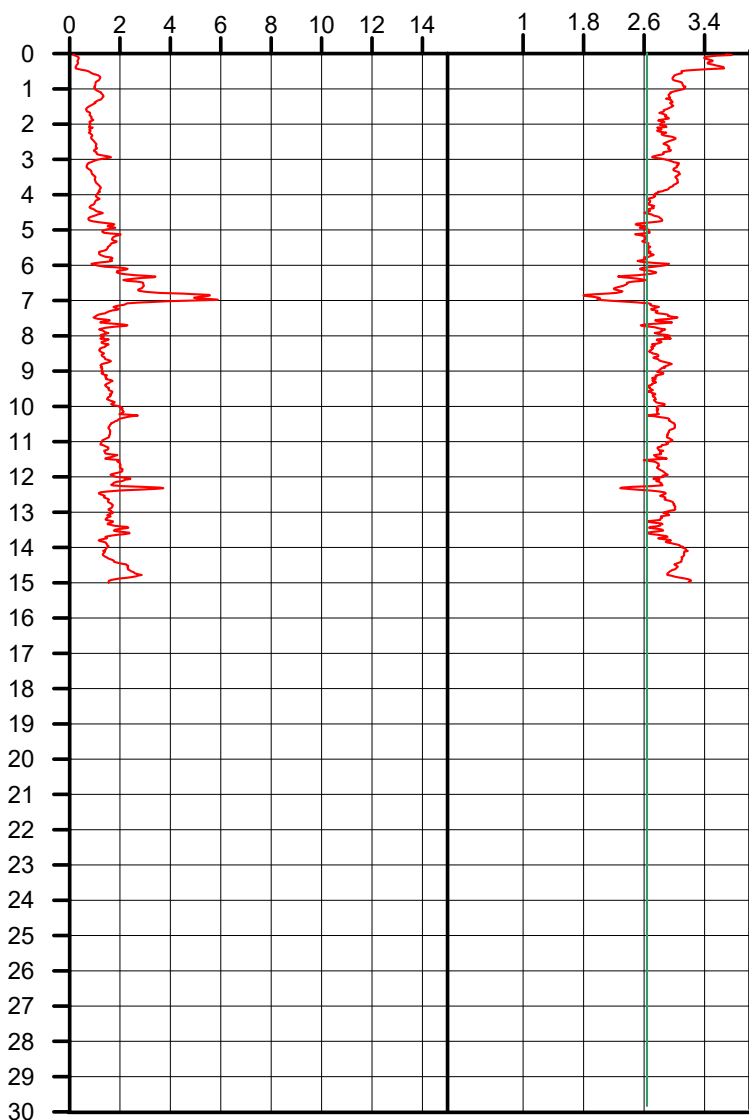
CPT 2



Società di S.G.T. sas
Geologia
Territoriale www.geo55.com

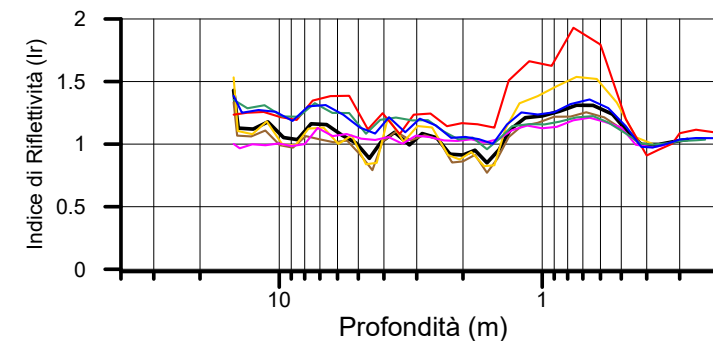
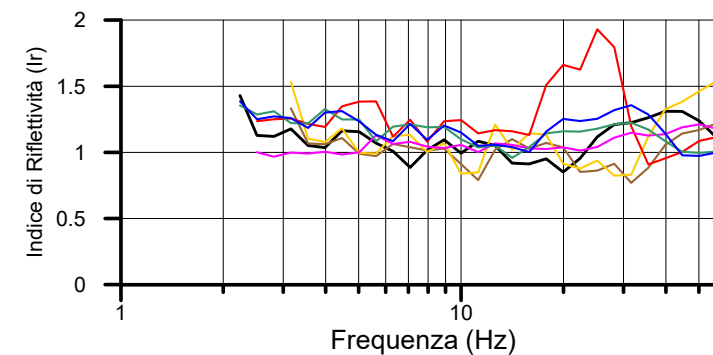
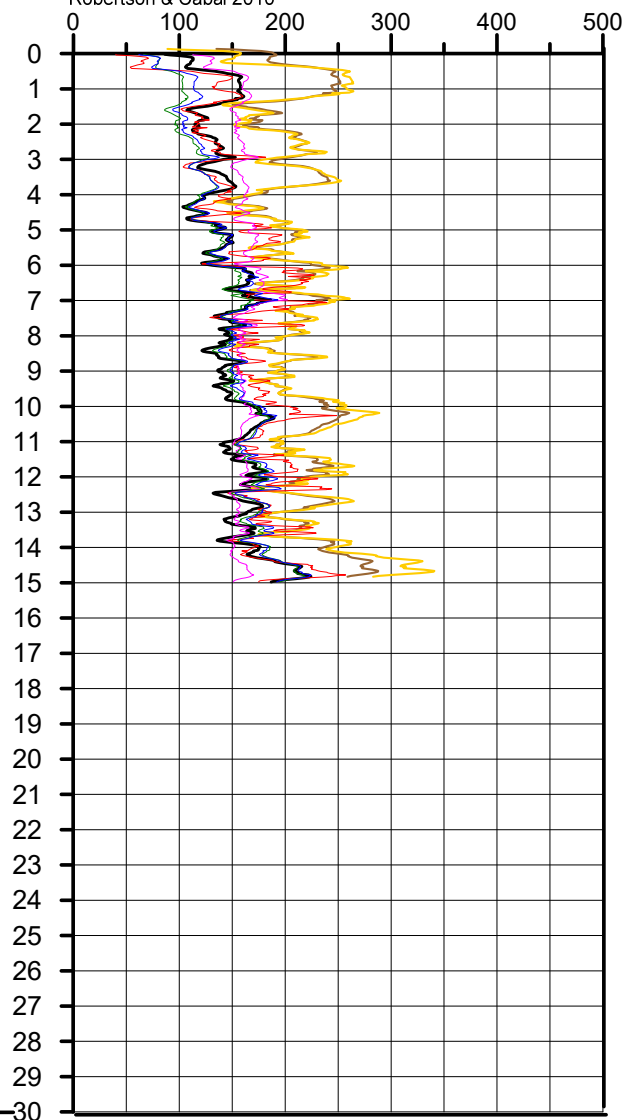
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



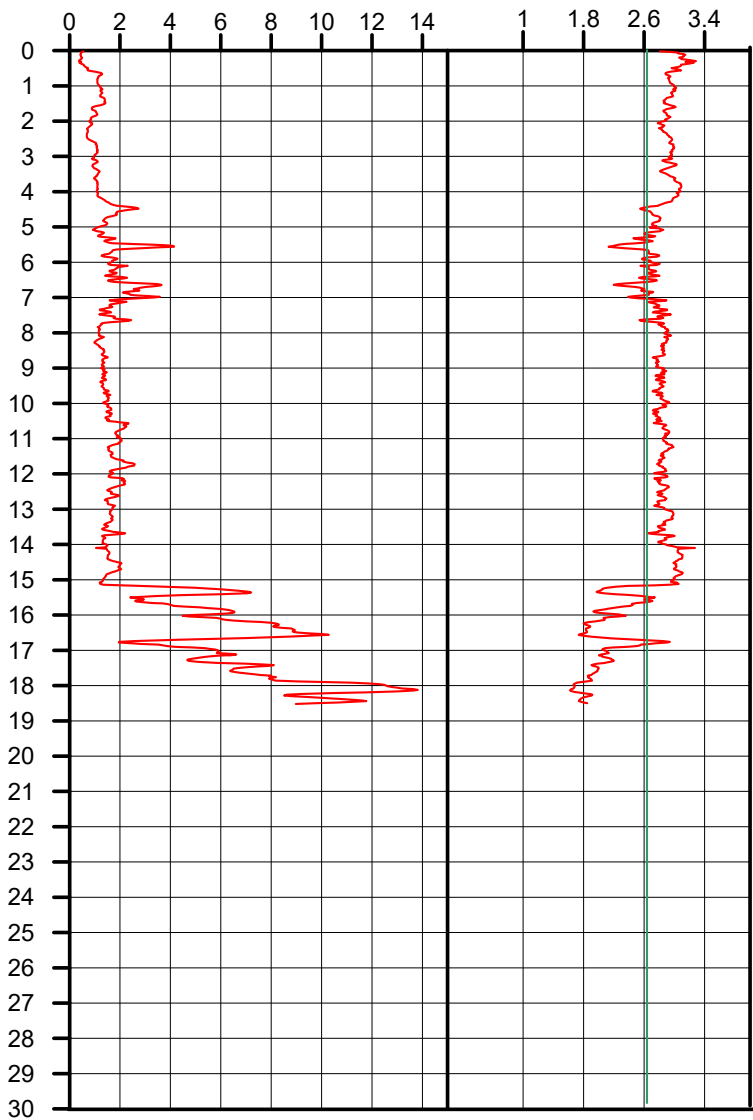
Autore	Vs15
Andrus et.al. 2001SF = 1	142
Piratheepan 2002	137
Madii 2002	160
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	153
Hegazy & Mayne 1995	207
Mayne 2006	207
Robertson Cabal 2010	146

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

CPT 3

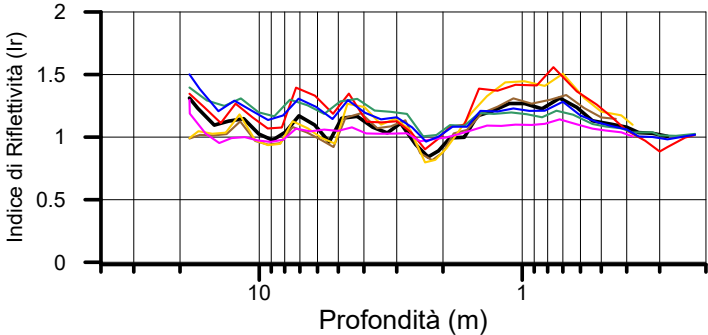
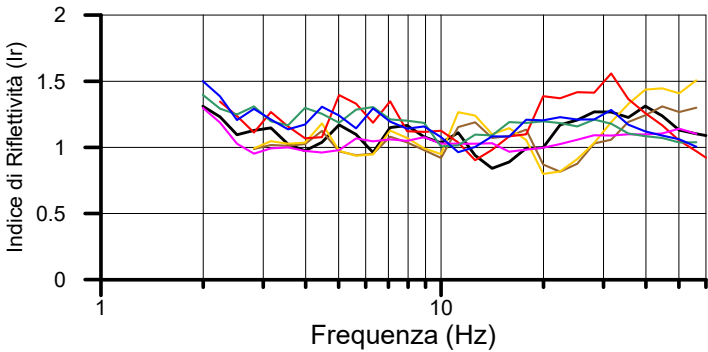
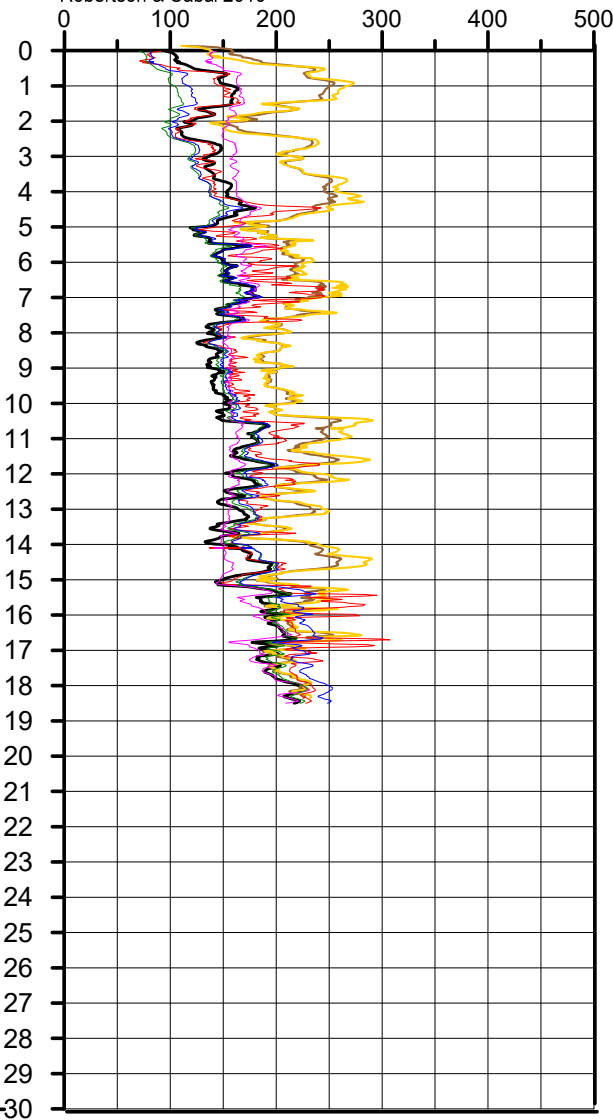
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



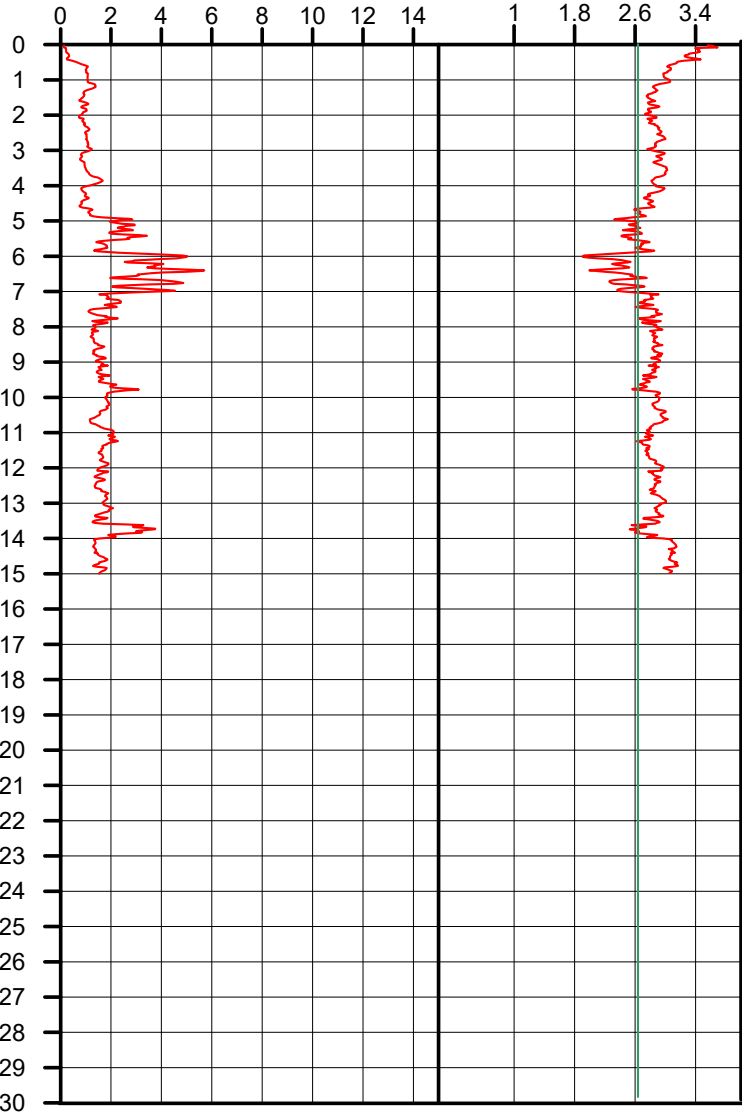
Autore	Vs 18.52
Andrus et.al. 2001SF = 1	156
Piratheepan 2002	148
Madii 2002	165
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	168
Hegazy & Mayne 1995	212
Mayne 2006	215
Robertson Cabal 2010	156

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

CPT 4

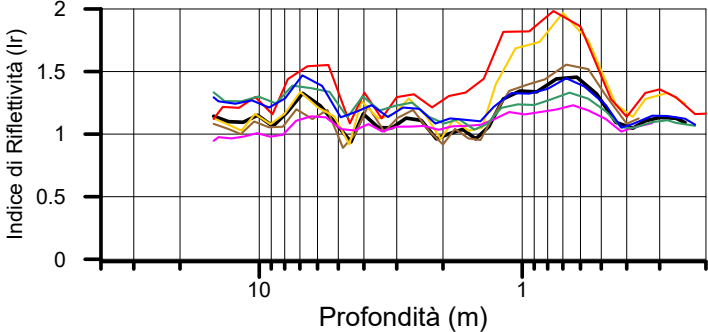
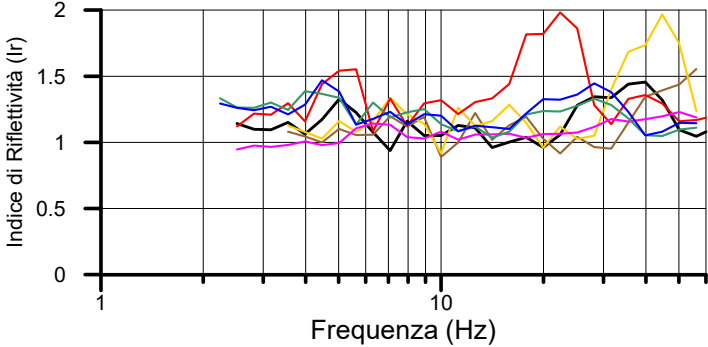
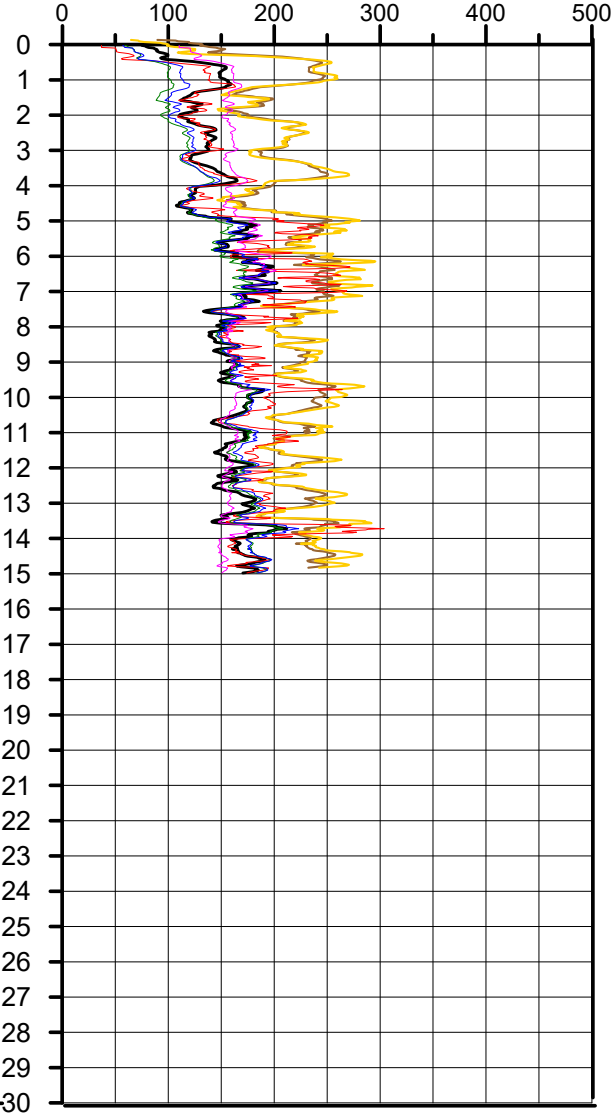
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



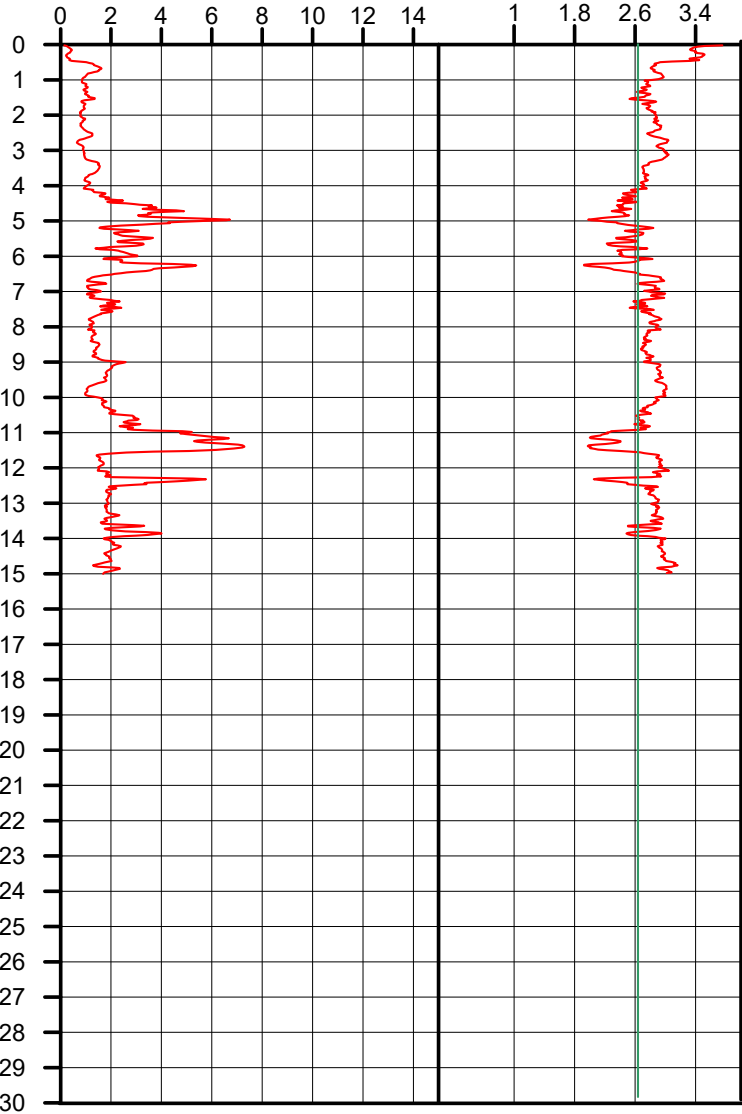
Autore	Vs15
Andrus et.al. 2001SF = 1	145
Piratheepan 2002	140
Madii 2002	161
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	157
Hegazy & Mayne 1995	213
Mayne 2006	214
Robertson Cabal 2010	150

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

CPT 5

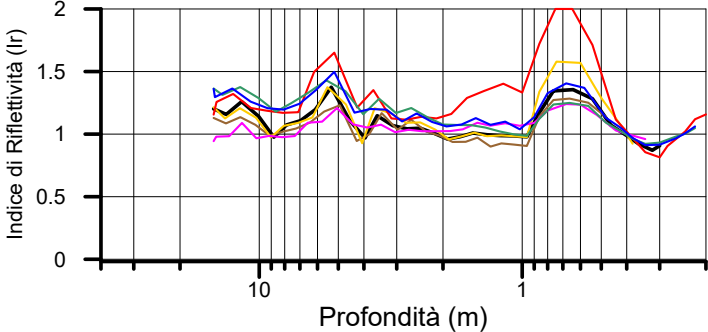
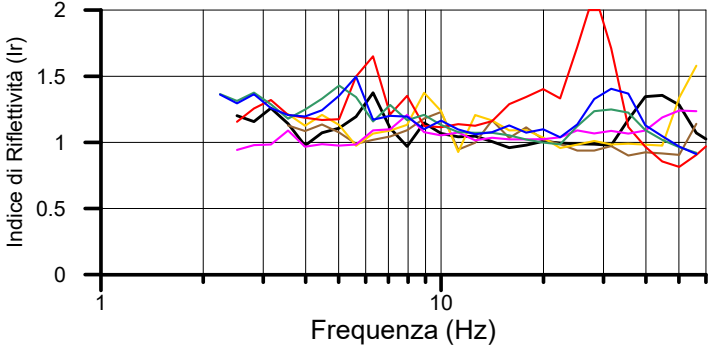
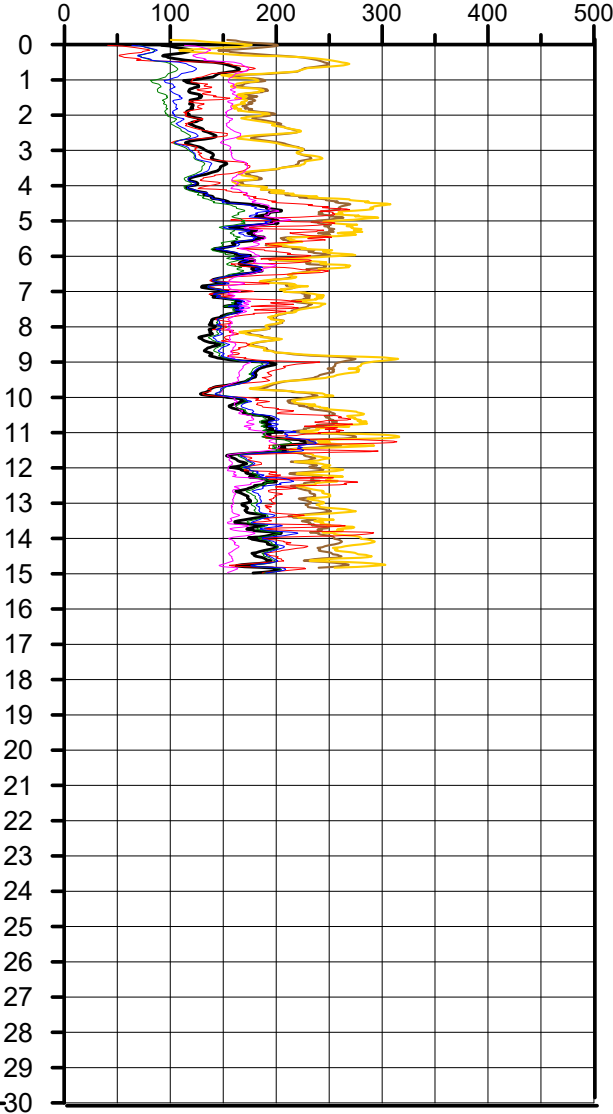
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



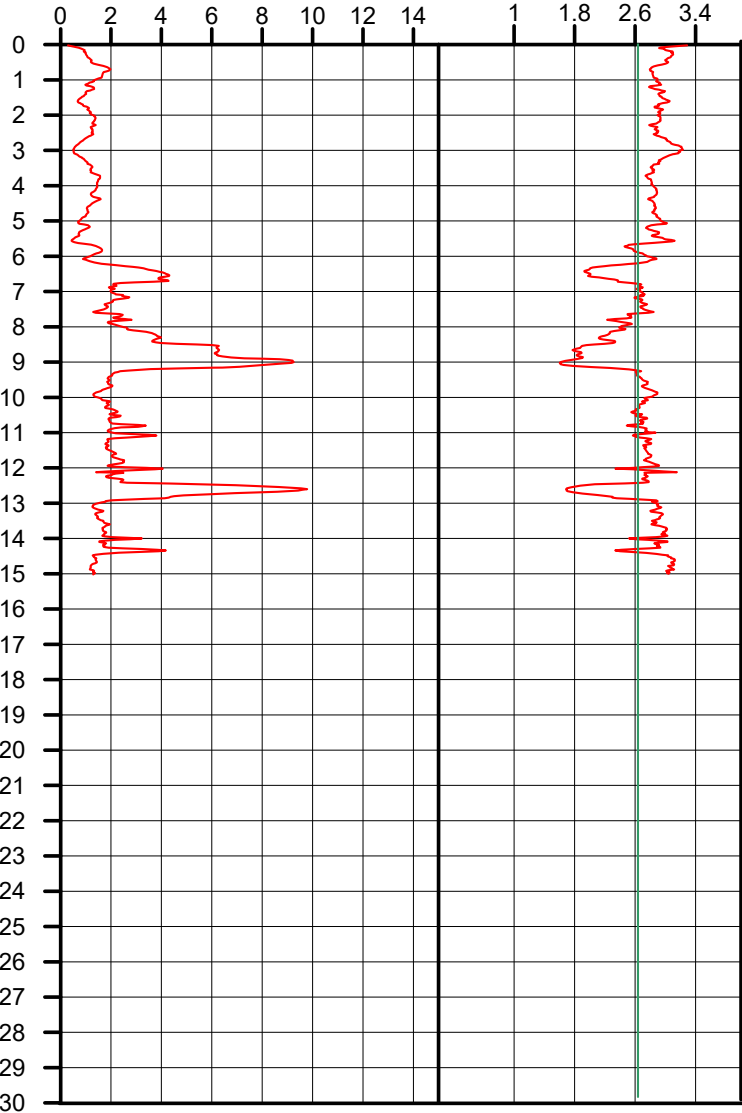
Autore	Vs15
Andrus et.al. 2001SF = 1	149
Piratheepan 2002	142
Madii 2002	164
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	165
Hegazy & Mayne 1995	216
Mayne 2006	219
Robertson Cabal 2010	153

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale

CPT 6

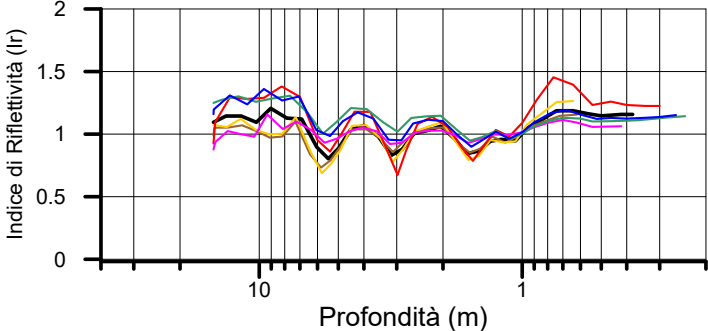
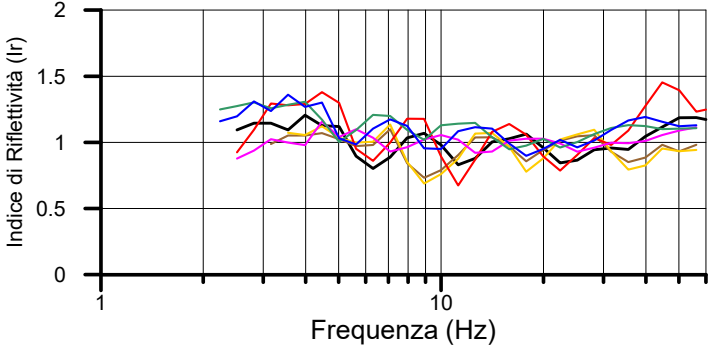
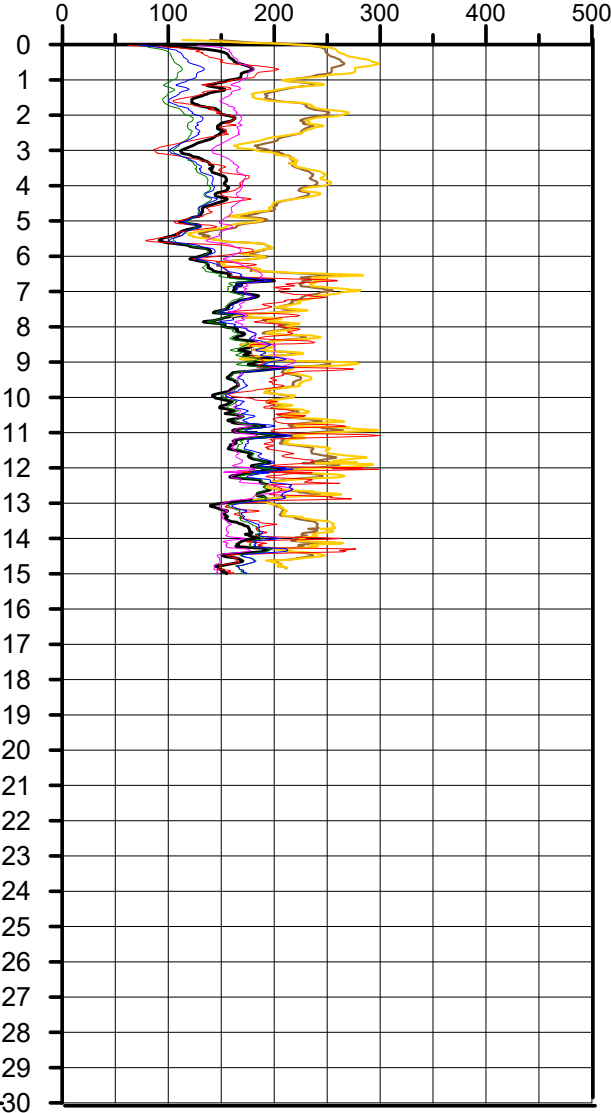
Qc (MPa)

Ic



Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);
Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;
Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;
Robertson & Cabal 2010



Autore	Vs15.02
Andrus et.al. 2001SF = 1	150
Piratheepan 2002	142
Madii 2002	165
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	166
Hegazy & Mayne 1995	210
Mayne 2006	213
Robertson Cabal 2010	153

VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO
CON RIFERIMENTO AL PROGETTO
SECONDO LE NTC 2018

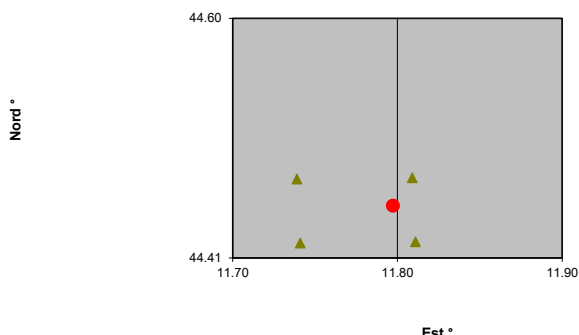


Ubicazione del sito

Comune Massa Lombarda
Località Fruges zona industriale

Google Earth (WSG84) NTC2018 (ED50)
11.7962 **11.797296**
44.4494 **44.451183**

Longitudine (° decimali)
Latitudine (° decimali)



I 4 nodi del reticolo di riferimento per l'azione sismica intorno al punto di interesse

ID	Distanza al punta di interesse di (km)	Longitudine	Latitudine
16959	2.597	11.809	44.473
17181	3.317	11.811	44.423
16958	5.172	11.739	44.472
17180	5.523	11.741	44.422

Tipi di Costruzione			
1	Costruzione Temporanee e provvisorie	< = 10	50
2	Costruzioni con livelli de prestazioni ordinari	> = 50	
3	Costruzioni con livelli de prestazioni elevati	> = 100	

Classe d'uso		Coefficiente Cu	Progetto Coefficiente Cu
1	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	0.7	1
2	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	1	
3	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.	1.5	
4	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	2	

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_r = V_n * C_u = 50$ anni

Stati Limiti		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r = 50$ anni Pvr	Periodo di ritorno dell'azione sismica Tr (anni)
SLO	Stato Limite di Operatività	81%	30
SLD	Stato Limite di Danno	63%	50
SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	475
SLC	Stato Limite di prevenzione del Colasso	5%	975

Valori sismici Decreto Ministeriale 14-01-2018

	a_g (in g/10)	a_g/g	Fo	Tc*
1. STATO LIMITE DI OPERATIVITA'	0.570	0.057	2.450	0.260
2. STATO LIMITE DEL DANNO	0.725	0.073	2.433	0.270
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	1.861	0.186	2.399	0.306
4. STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLASSO	2.407	0.241	2.413	0.315

Valori applicati	a_g (in g/10)	a_g/g	Fo	TC*
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	1.861	0.186	2.399	0.306

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 1

			TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)		147 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)		141 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)		161 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))		161 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995)		216 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)		214 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)		151 m/sec	D

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec ²	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec ²	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

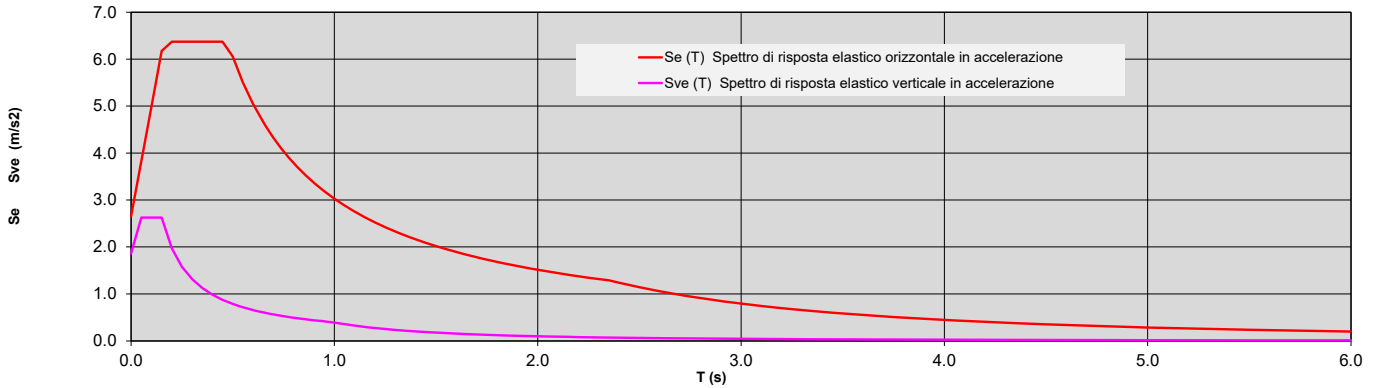
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

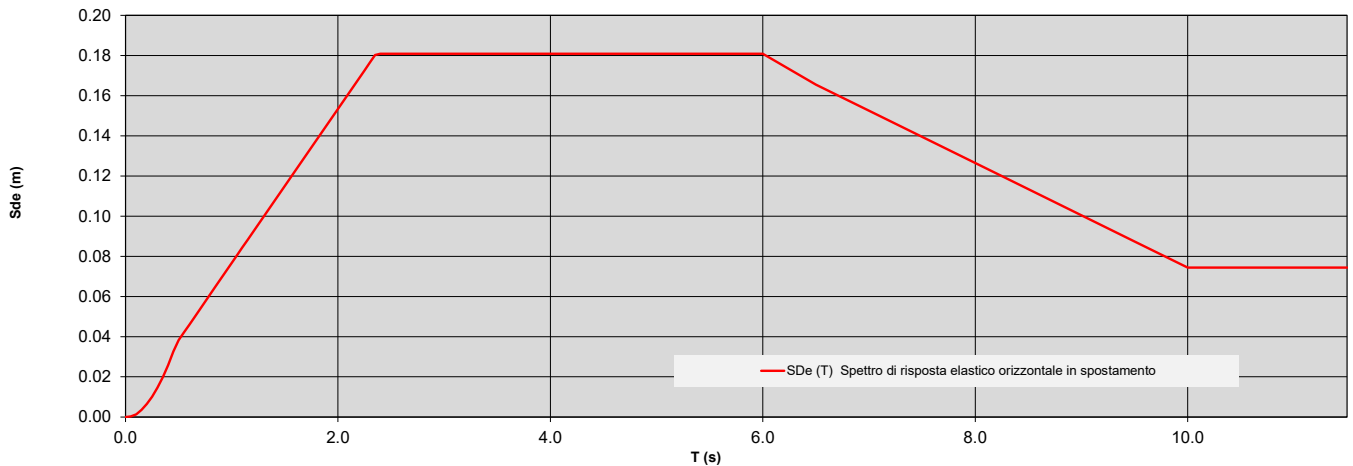
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec ²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Colasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 2

		TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	142 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	137 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)	160 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))	153 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Mayne 1995)	207 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)	207 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)	146 m/sec	D

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec ²	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec ²	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

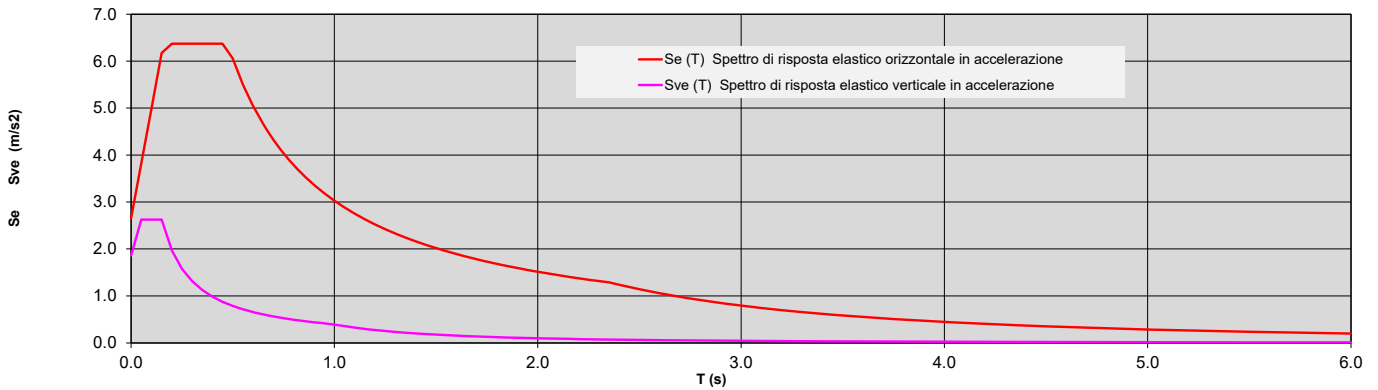
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

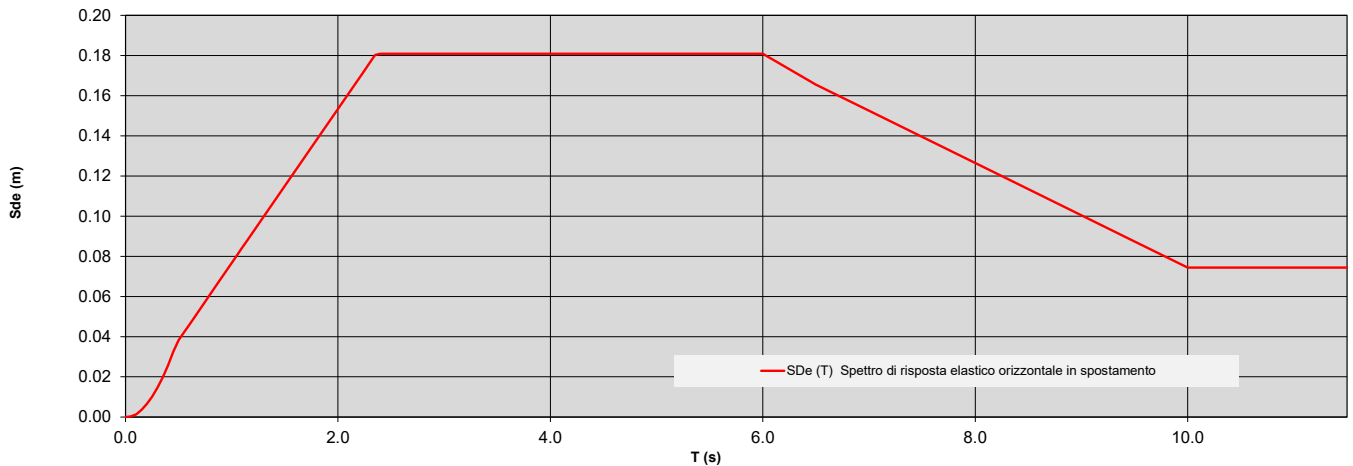
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec ²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Collasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 3

			TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)		156 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)		148 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)		165 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))		169 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995)		215 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)		212 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)		156 m/sec	D

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec ²	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec ²	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

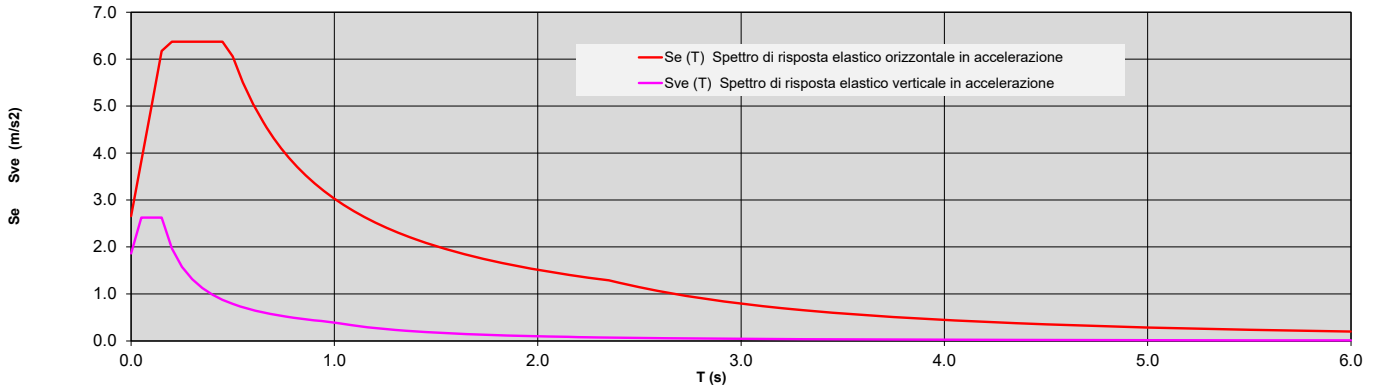
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

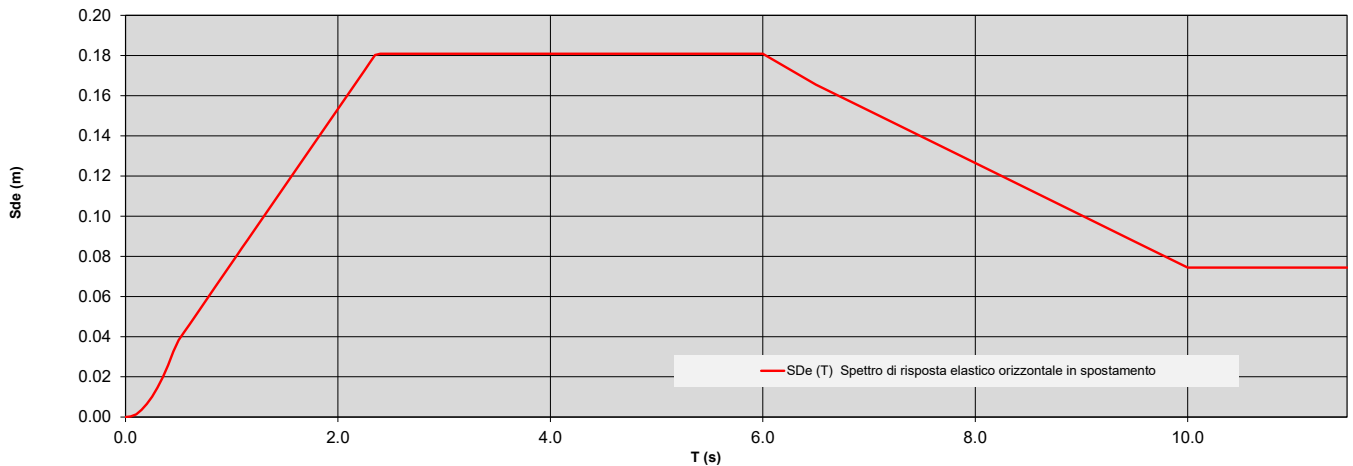
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec ²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Collasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 4

			TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)		145 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)		140 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)		161 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))		157 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995)		214 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)		213 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)		150 m/sec	D

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec ²	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec ²	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

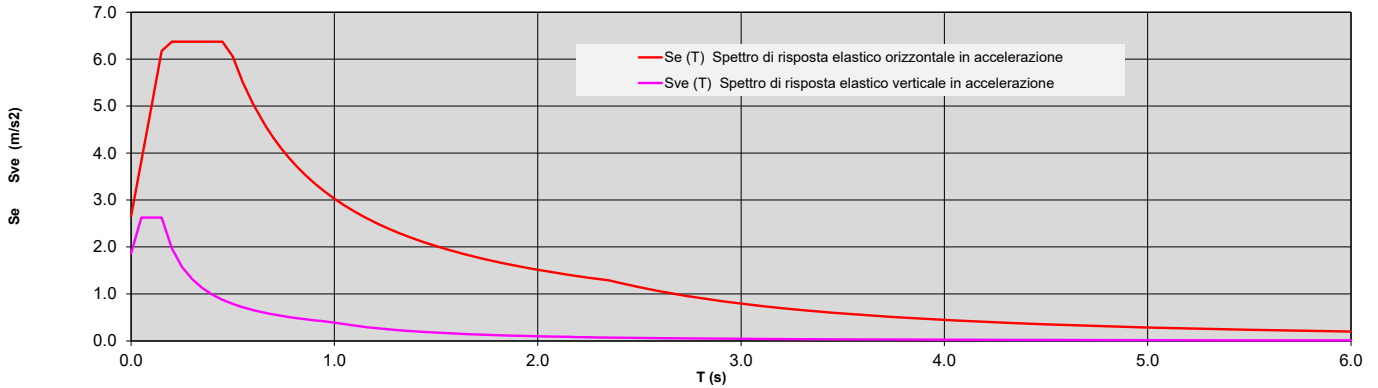
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

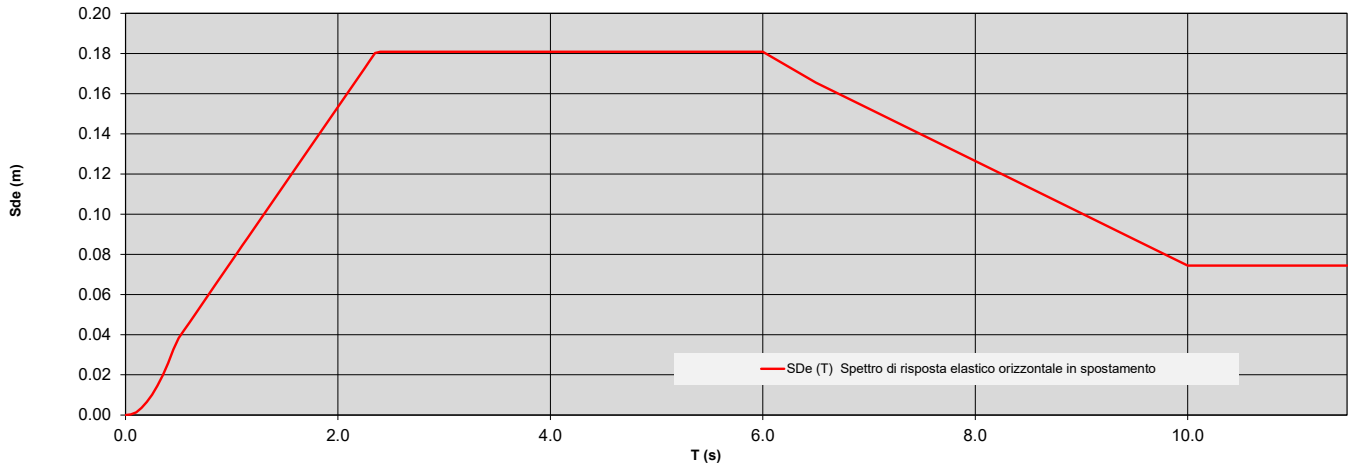
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec ²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	K _h terreno Coefficiente sismico orizzontale	K _v terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Collasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 5

			TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)		149 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)		142 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)		164 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))		165 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995)		219 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)		218 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)		153 m/sec	D

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec ²	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec ²	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

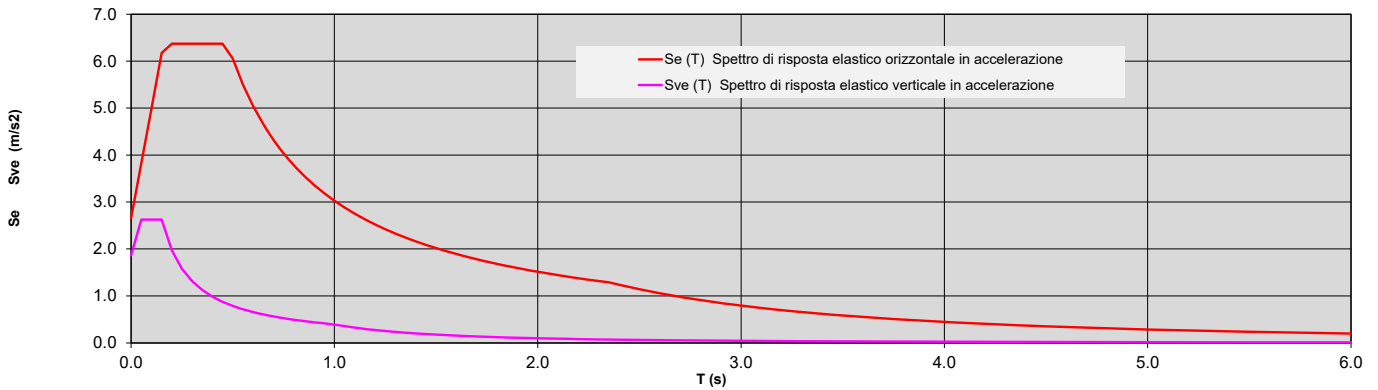
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

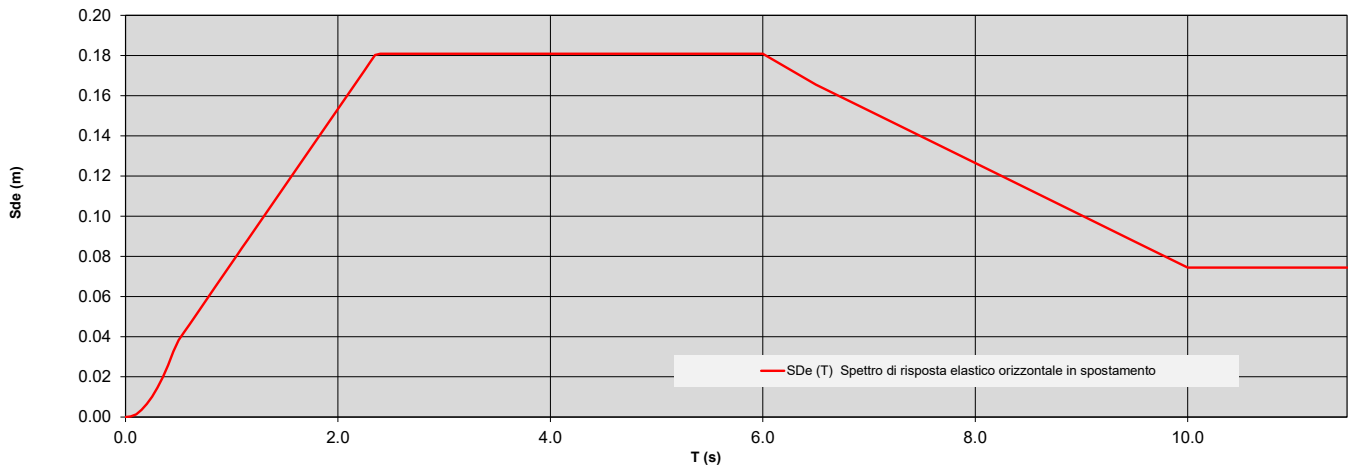
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec ²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Colasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 6

			TIPO DI SUOLO SUGGERITO
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)		150 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)		142 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madiat 2002)		165 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie))		169 m/sec	D
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Rix 1995)		213 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)		210 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)		153 m/sec	D
			TIPO DI SUOLO STIMATO
			C

ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018

3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 475

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	1.861 m/sec2	0.186 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.43	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
S totale		Ss * ST	1.43	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.656 m/sec2	0.266 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

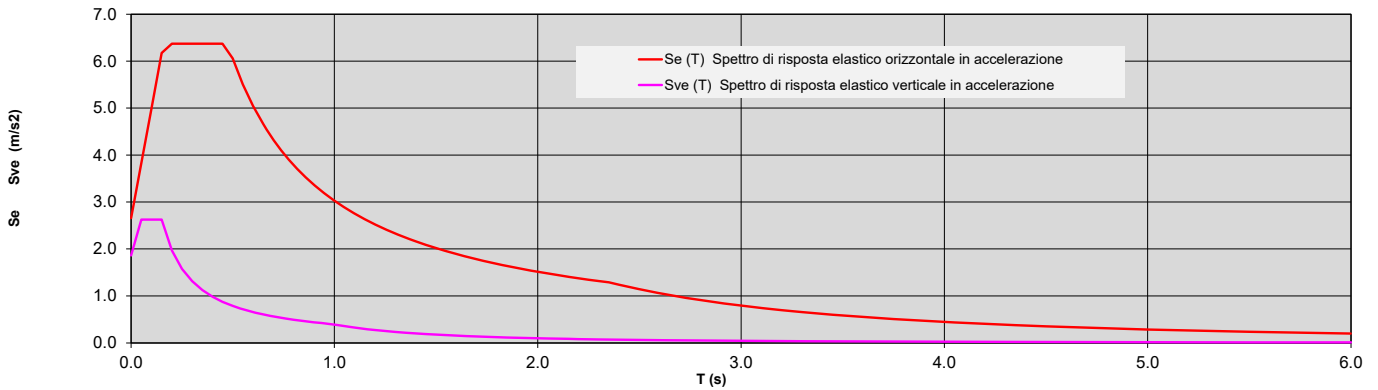
PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO

Tipologia di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.48	0.15
Td		2.36	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

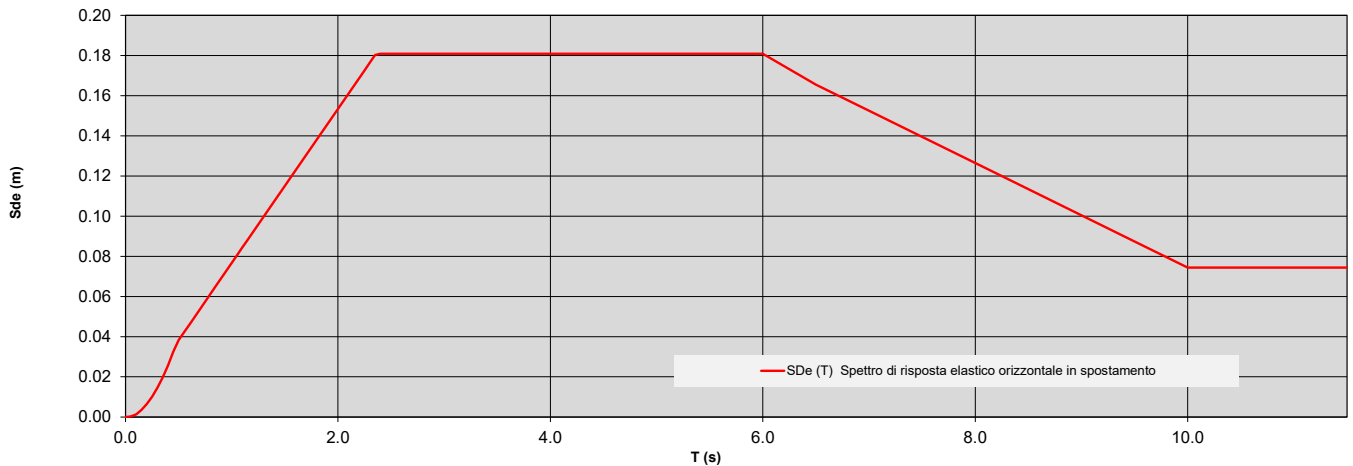
PARAMETRI DI PICCO

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.656 m/sec²
Velocità orizzontale massima	vg	0.20 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dg	0.07 m

Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec²)



Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)



PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kth terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.057	2.450	0.260	1.50	1.00	0.086	0.13	0.39	1.83	6.00	10.00	0.20	0.017	0.009	0.18	0.015	0.008
del Danno	0.073	2.433	0.270	1.50	1.00	0.109	0.15	0.44	1.89	6.00	10.00	0.20	0.022	0.011	0.24	0.026	0.013
Salvaguardia della Vita	0.186	2.399	0.306	1.43	1.00	0.267	0.16	0.48	2.34	6.00	10.00	0.24	0.064	0.032	0.31	0.083	0.041
Prevenzione del Colasso	0.241	2.413	0.315	1.35	1.00	0.325	0.16	0.48	2.56	6.00	10.00	0.28	0.091	0.046	0.31	0.101	0.050

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 1
Falda presunta 1 metri

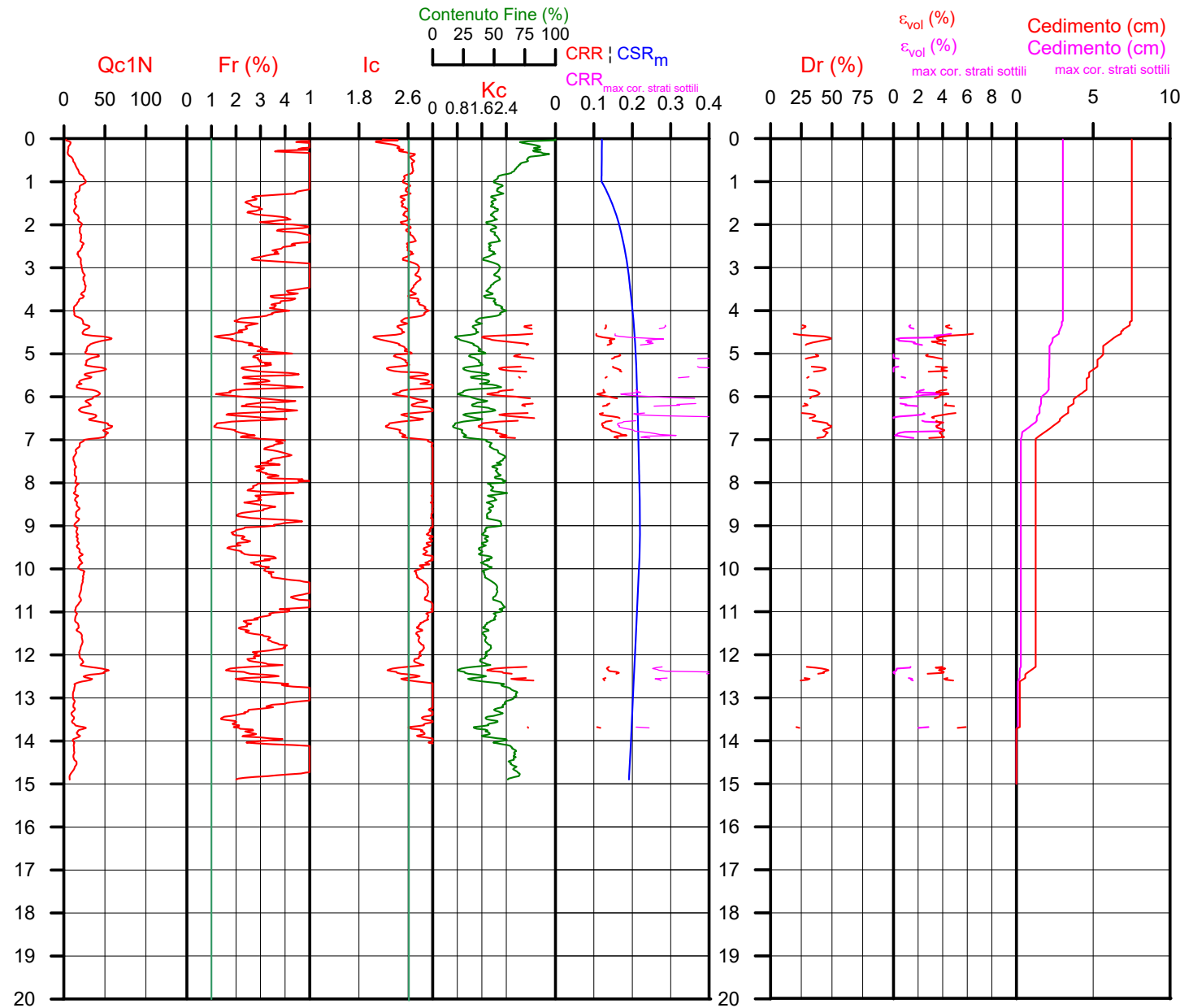
NTC 2018	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861
longitudine 11.797296°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.656
1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
1.000	
	magnitudine 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
Cedimento totale	8	81
Cedimento totale considerando strati sottili	3	29

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
4.2	0.5	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.5	IL <= 2	BASSA
4.2		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
10	4	PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 2
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

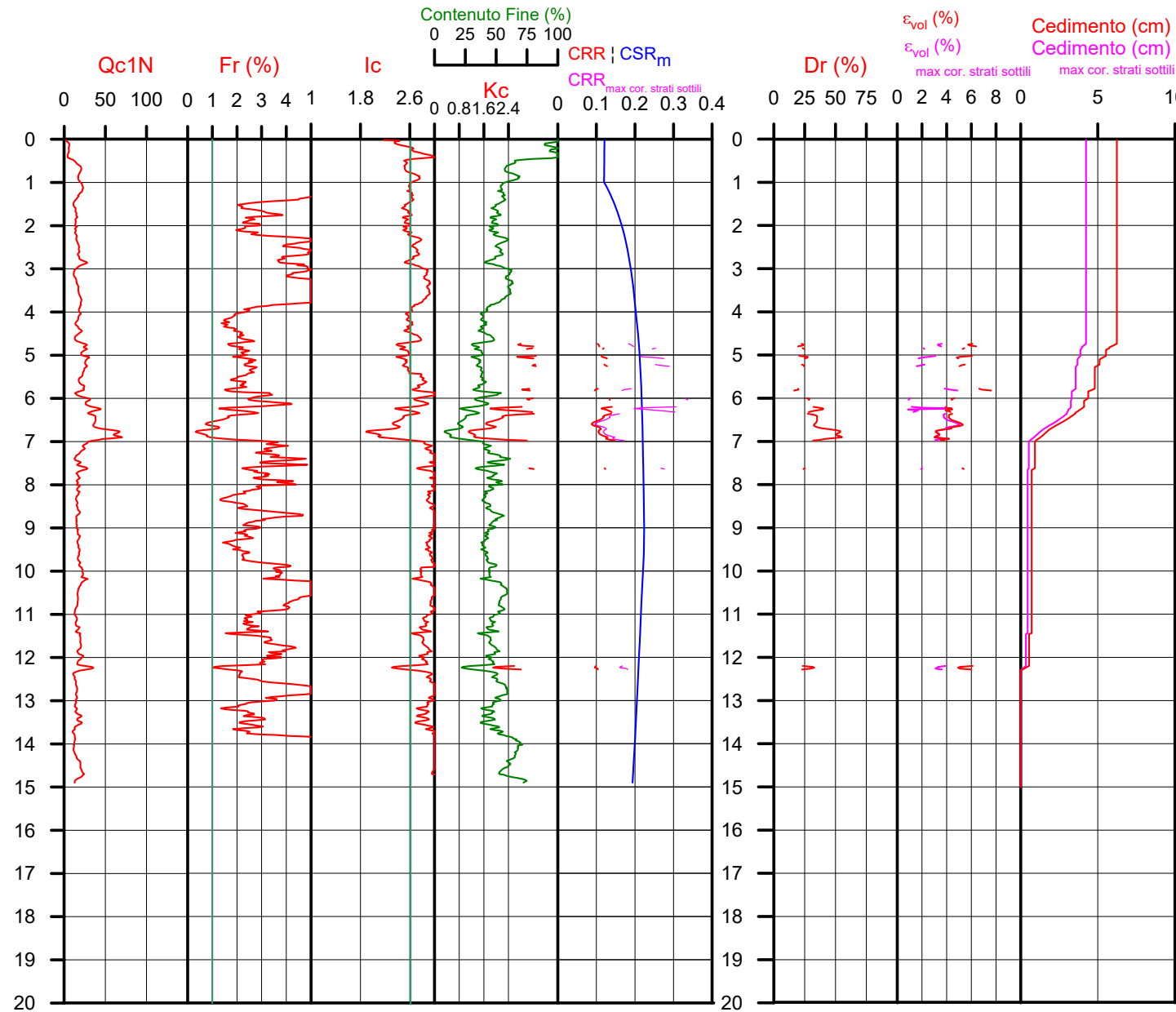
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitudine
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: Fslq = CRR 7.5 / CSR 6.14

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	6	37
Cedimento totale considerando strati sottili	4	33

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 5	BASSO
4.1	2.0	5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
4.1	2.0	5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
		PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
8	6	15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 3
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

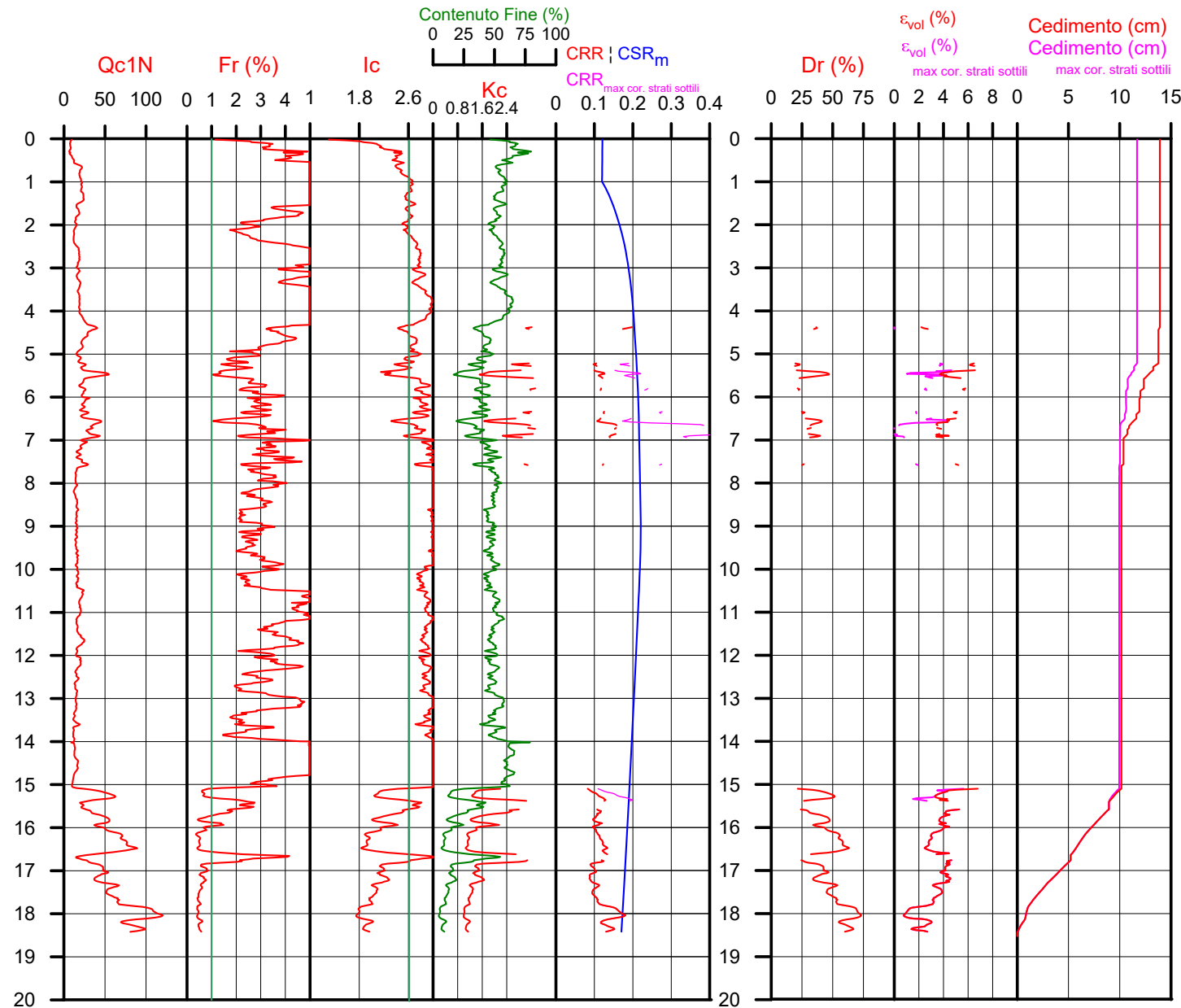
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Planura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitudine
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{liq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	14	222
Cedimento totale considerando strati sottili	12	206

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{liq} e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 5	BASSO
4.1	2.0	5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{liq} e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSA
	2.0	2 < IL <= 5	MODERATA
4.2		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
9	6	PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT
4
Falda presunta 1 metri

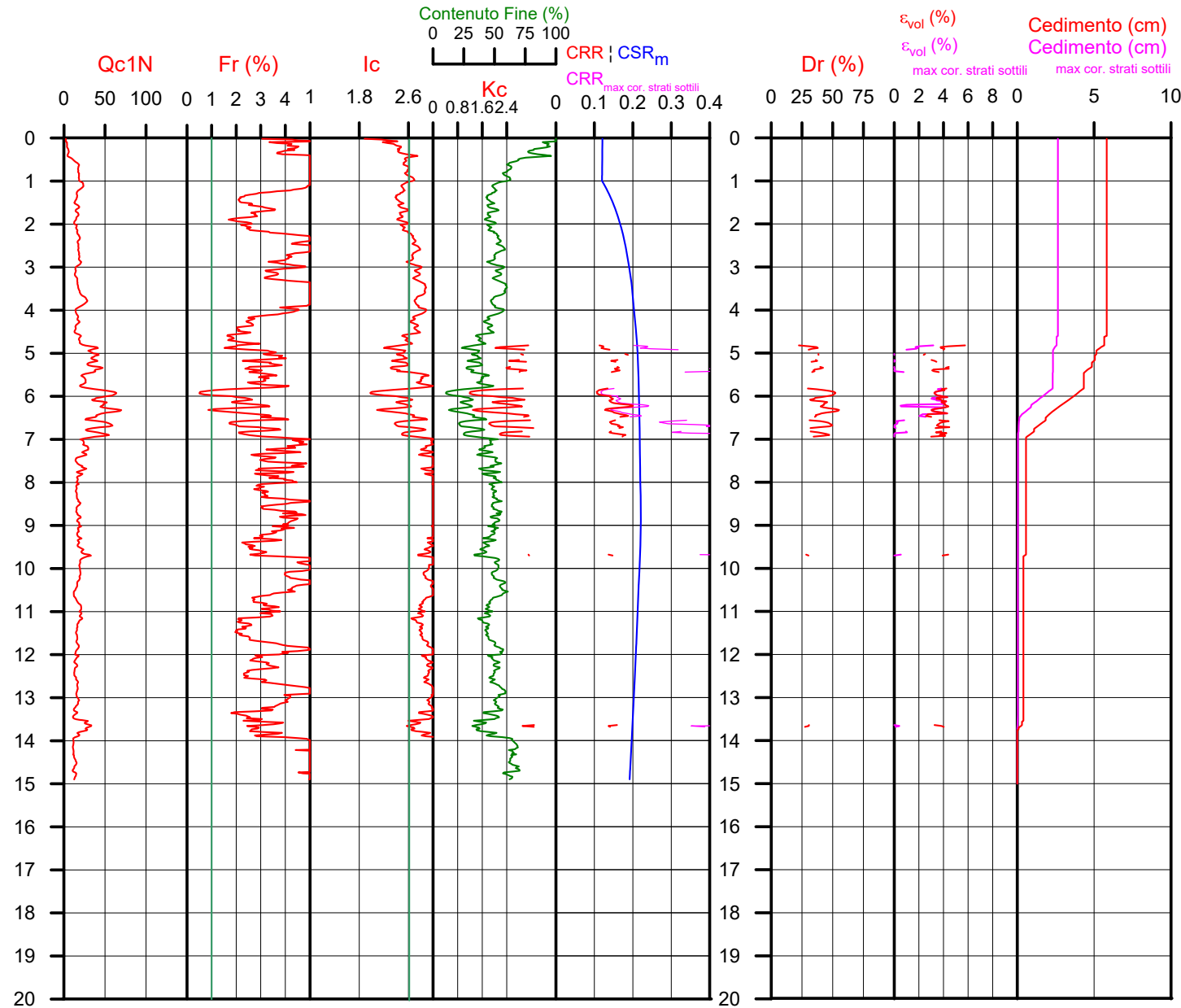
NTC 2018	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Planura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.168
	magnitudine
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
Cedimento totale	6	82
Cedimento totale considerando strati sottili	3	44

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 5	BASSO
3.2	1.2	5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSA
	1.2	2 < IL <= 5	MODERATA
3.2		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
	4	PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
8		15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT
5
Falda presunta 1 metri

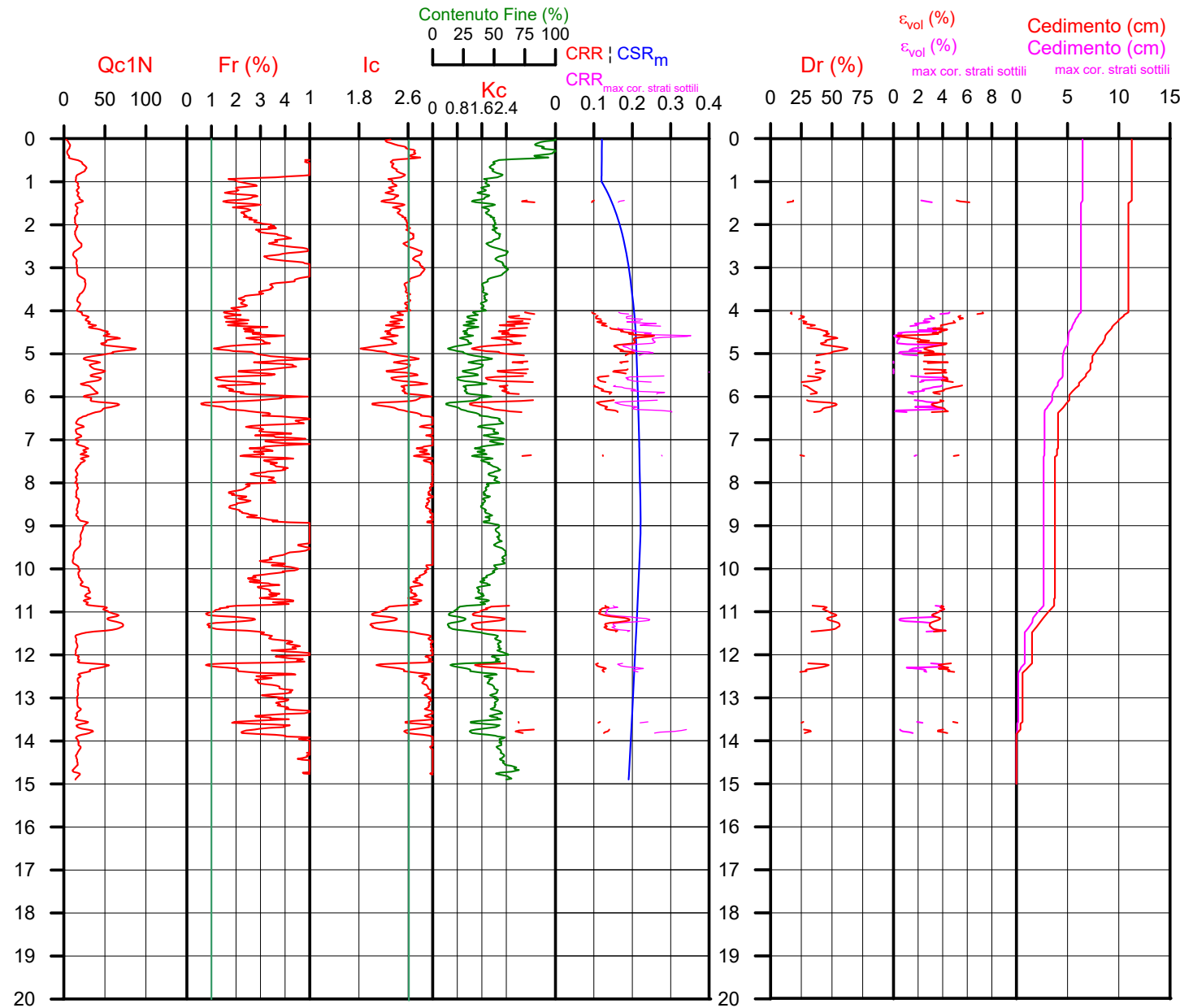
NTC 2018	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Planura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitudine
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl_{liq} = CRR 7.5 / CSR 6.14

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
Cedimento totale	11	138
Cedimento totale considerando strati sottili	6	85

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982)

(Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl_{liq} e la profondità,

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 5	BASSO
5.7		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl_{liq} e la profondità,

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
5.7		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
14	9	PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 6
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

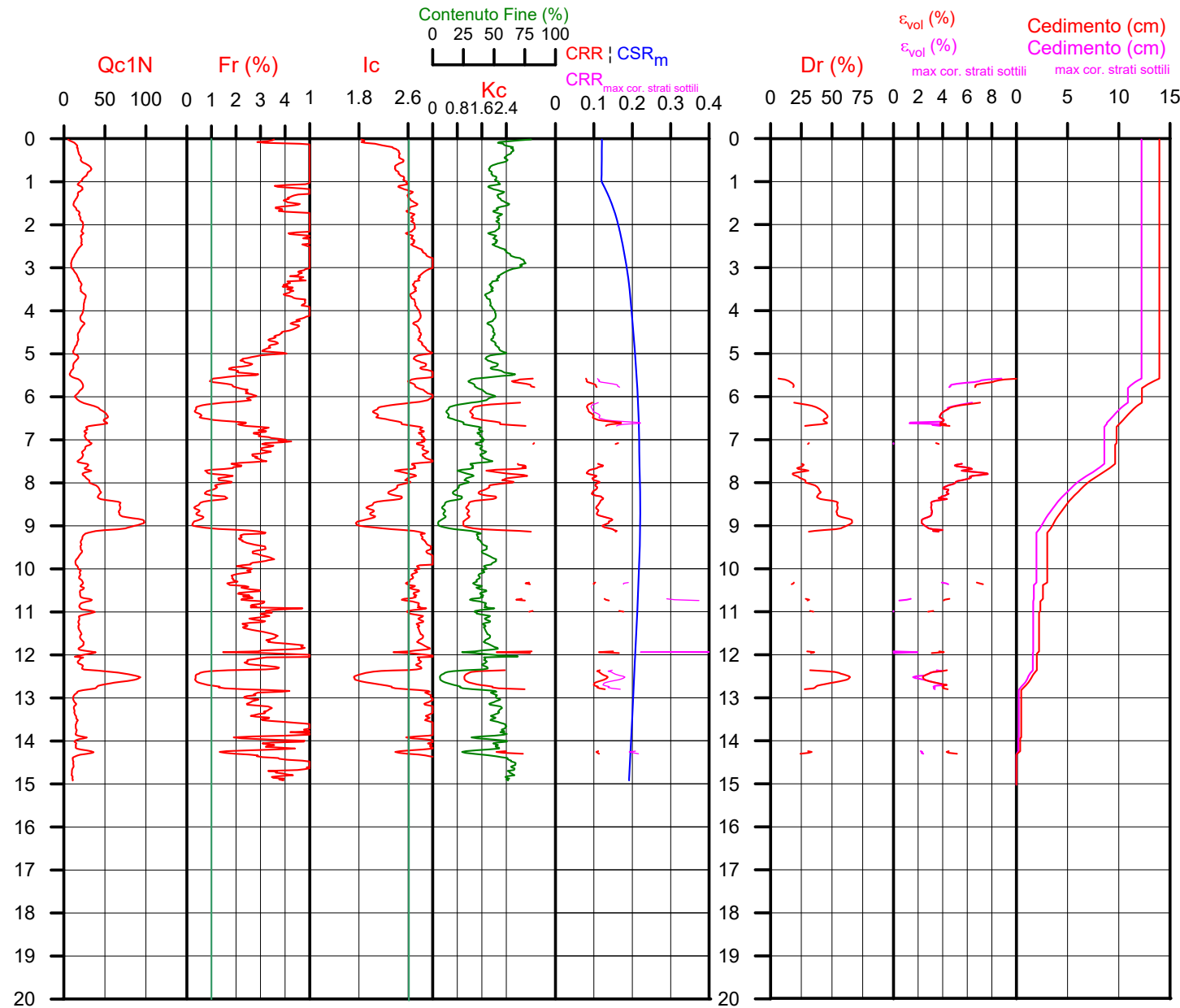
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Planura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitudine
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato con MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl_{liq} = CRR 7.5 / CSR 6.14

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
Cedimento totale	14	153
Cedimento totale considerando strati sottili	12	138

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl_{liq} e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 5	BASSO
8.7	7.2	5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPBI (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl_{liq} e la profondità,

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
8.7	7.2	5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPBI DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)		GUIDIZIO DI PERICOLISITA'	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
	14	PPBI <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
16		15 < PPBI <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPBI <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPBI <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPBI > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

CPT 1
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.861
longitudine 11.797296°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.427
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	2.656
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude	6.140

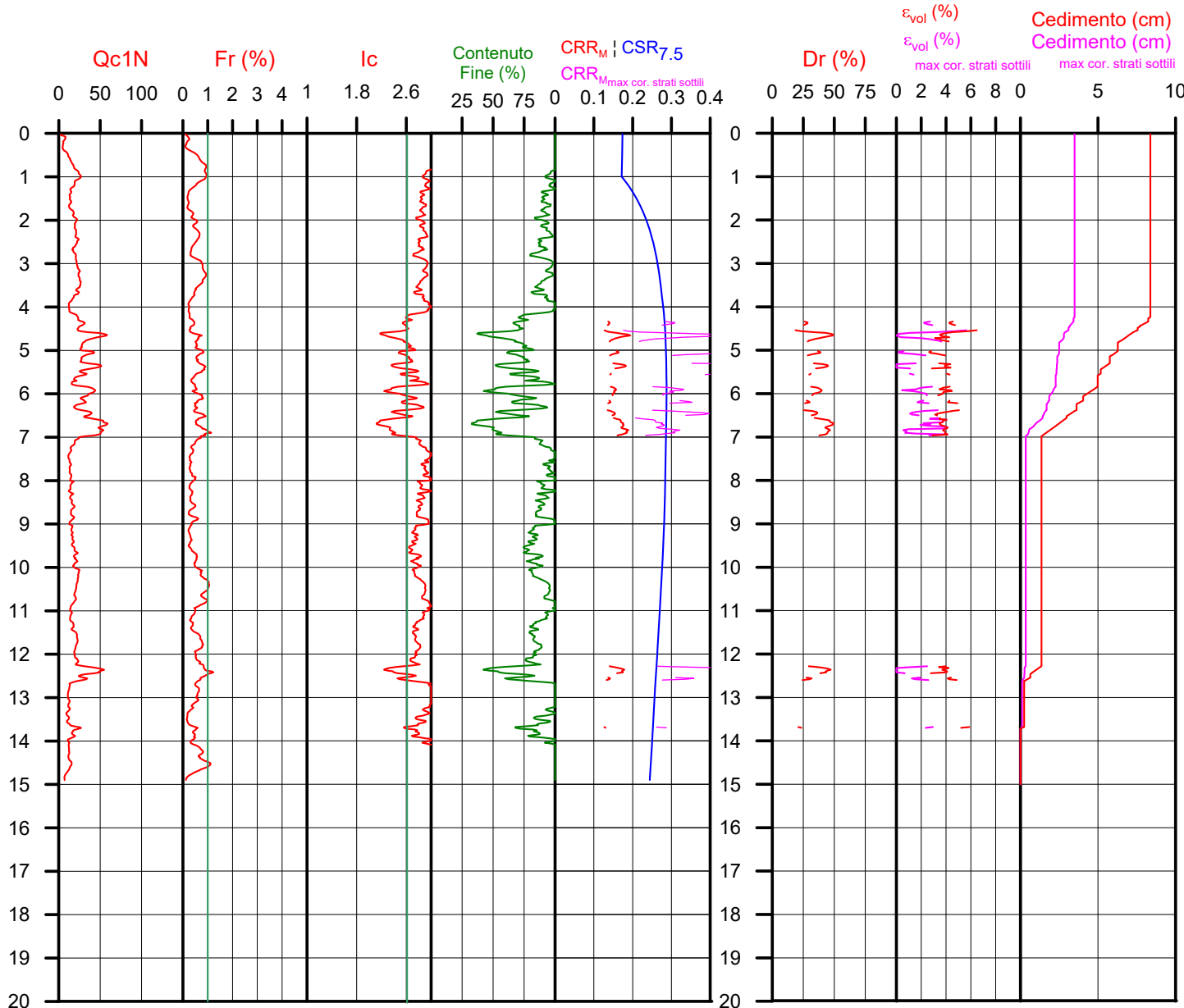
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.862
longitudine 11.797296°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.165
1.000		
	magnitude	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRIS 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	8.4	82
Cedimento totale correzione strati sottili	3.5	18

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.5	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
5.5		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
11	5	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT
2
Falda presunta
1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude
	6.140

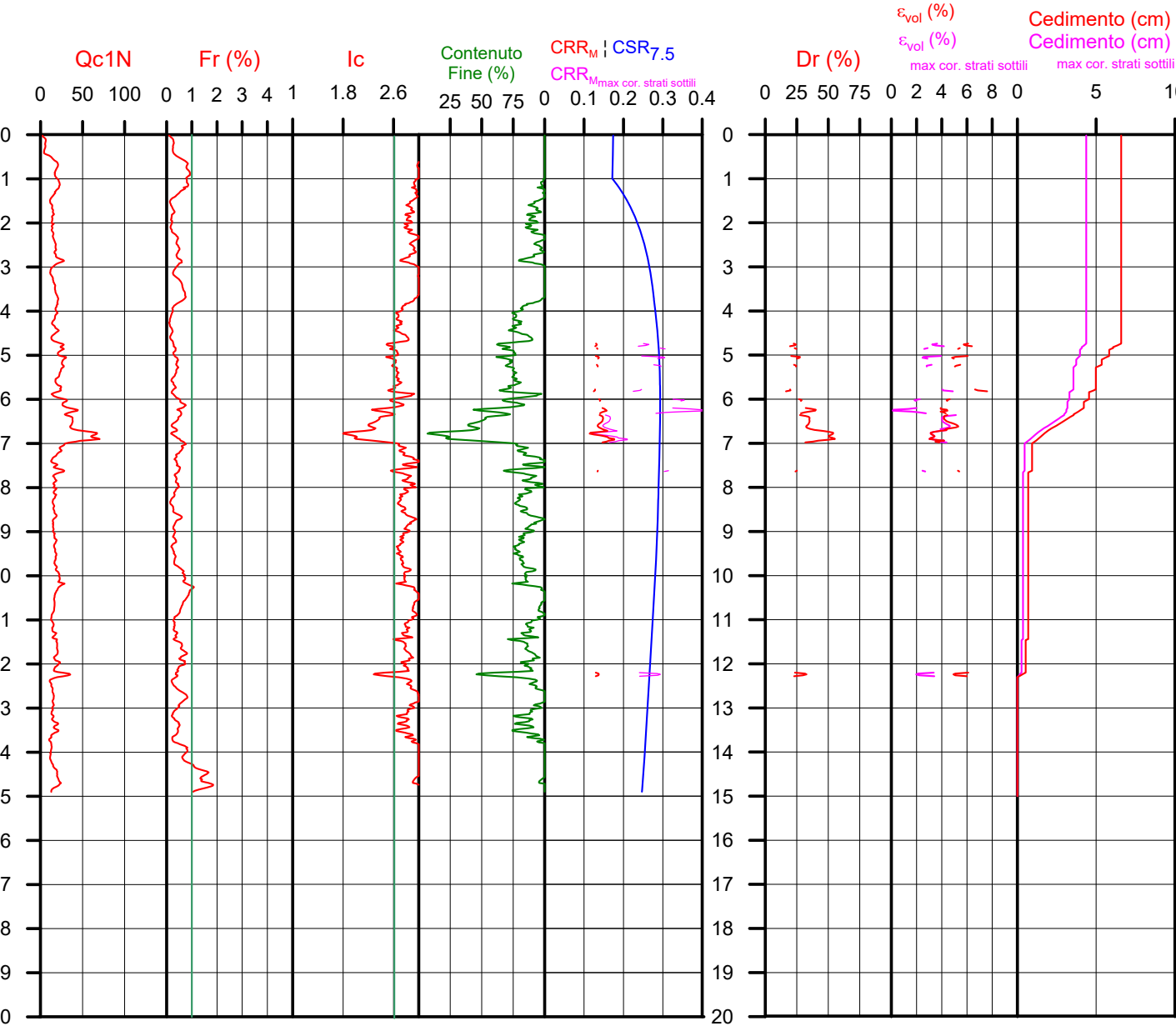
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitude
	6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl_{iq} = CRR_{6.14} * K_σ / CSR_{7.5}

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

- Parametri utilizzati:
- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
 - * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	6.6	37
Cedimento totale correzione strati sottili	4.4	31

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl_{iq} e la profondità,

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL <= 2	BASSA
4.5	2.1	2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
8	6	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

CPT 3
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.861
longitudine 11.797296°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.427
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	2.656
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.862
longitudine 11.797296°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.165
1.000		
	magnitude	6.140

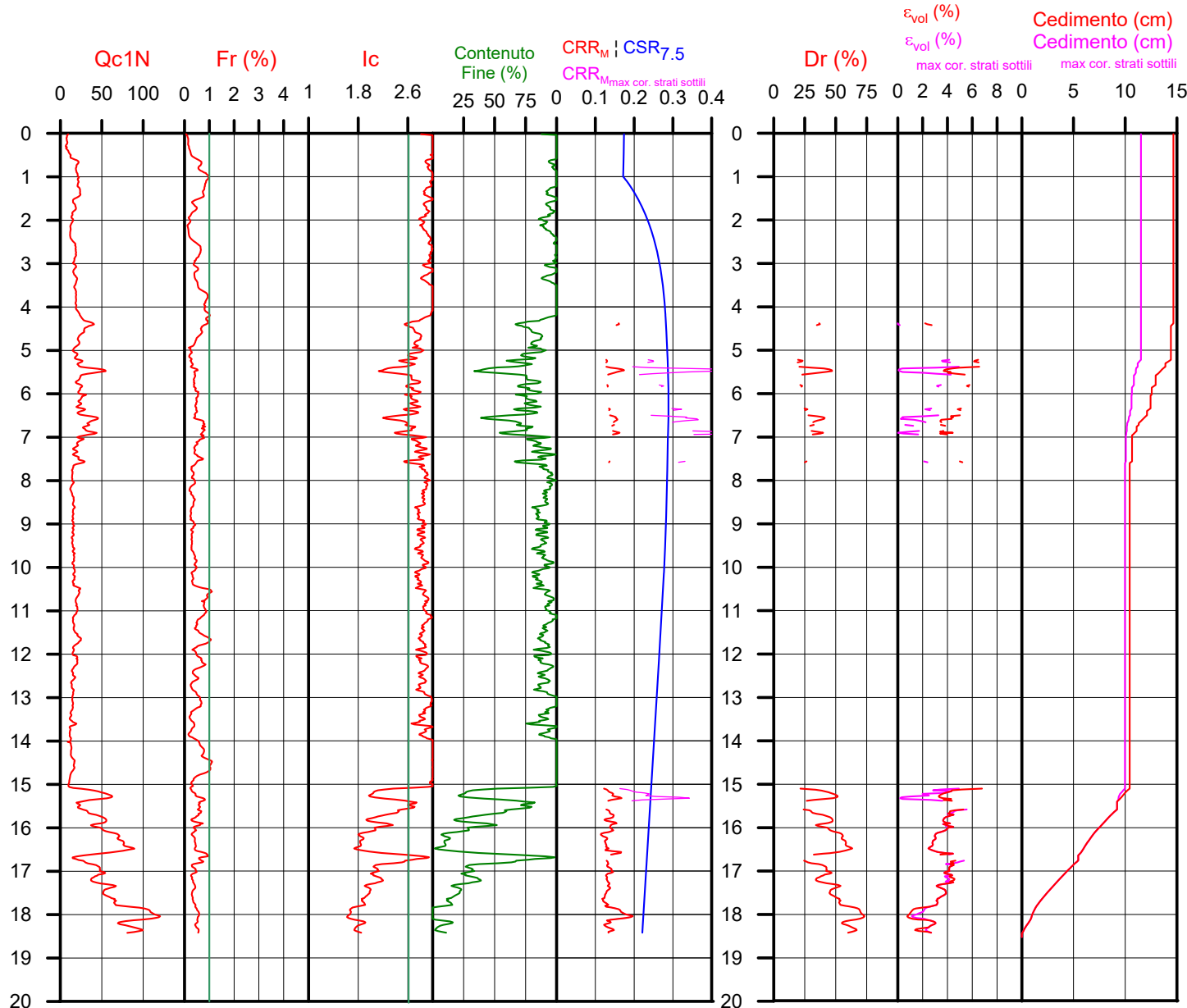


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRIS 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	14.7	243
Cedimento totale correzione strati sottili	11.5	207

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL <= 2	BASSA
4.9	2.0	2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
9	6	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

CPT 4
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.861
tipo di suolo	fattore amplificazione
C	1.427
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.656
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude
	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.797296°	1.862
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	3.165
	magnitude
	6.140

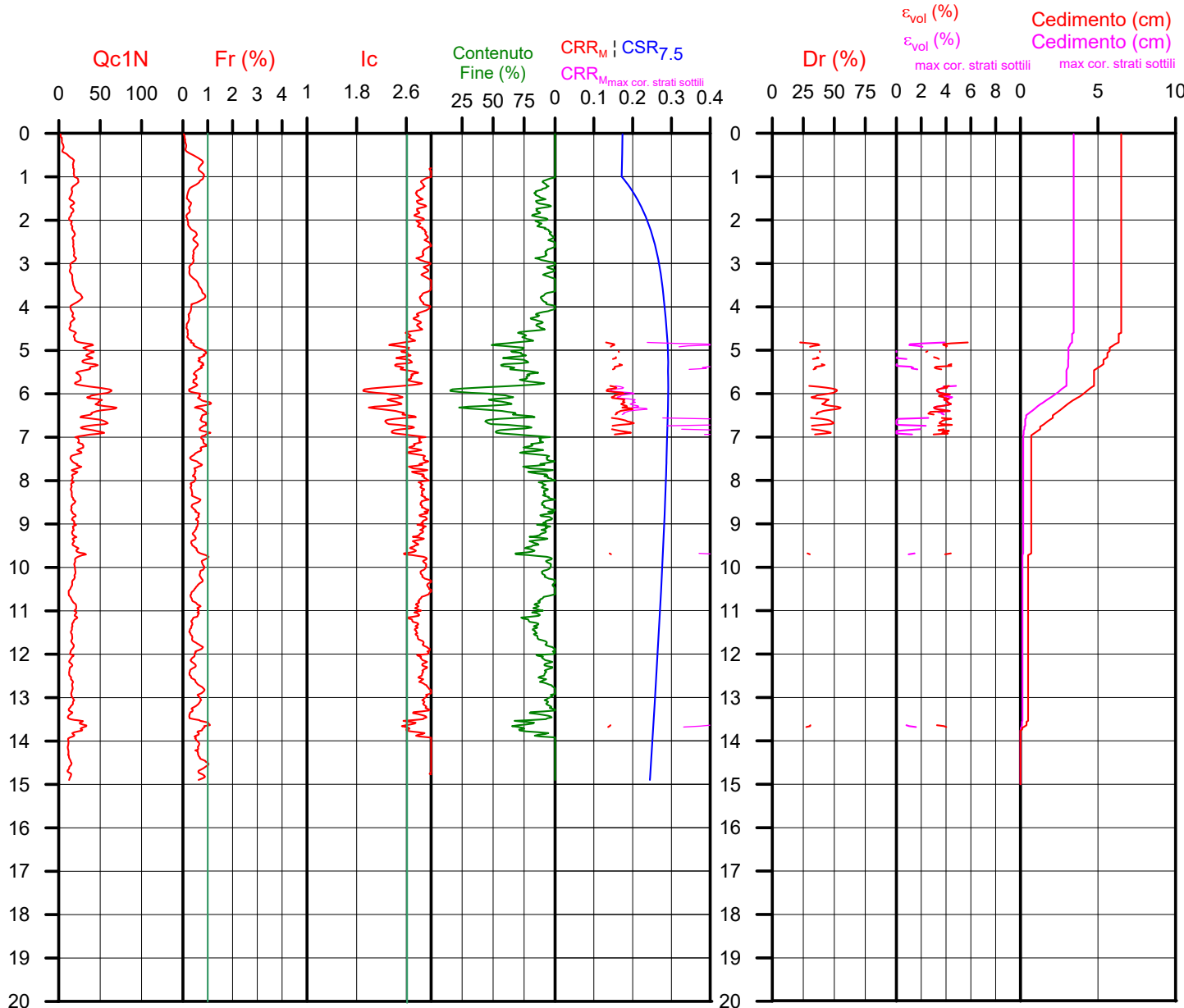


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRIS 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	6.5	83
Cedimento totale correzione strati sottili	3.4	50

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	1.8	IL <= 2	BASSA
4.5		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
9	5	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

CPT 5
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.861
longitudine 11.797296°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.427
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	2.656
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.862
longitudine 11.797296°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.165
1.000		
	magnitude	6.140

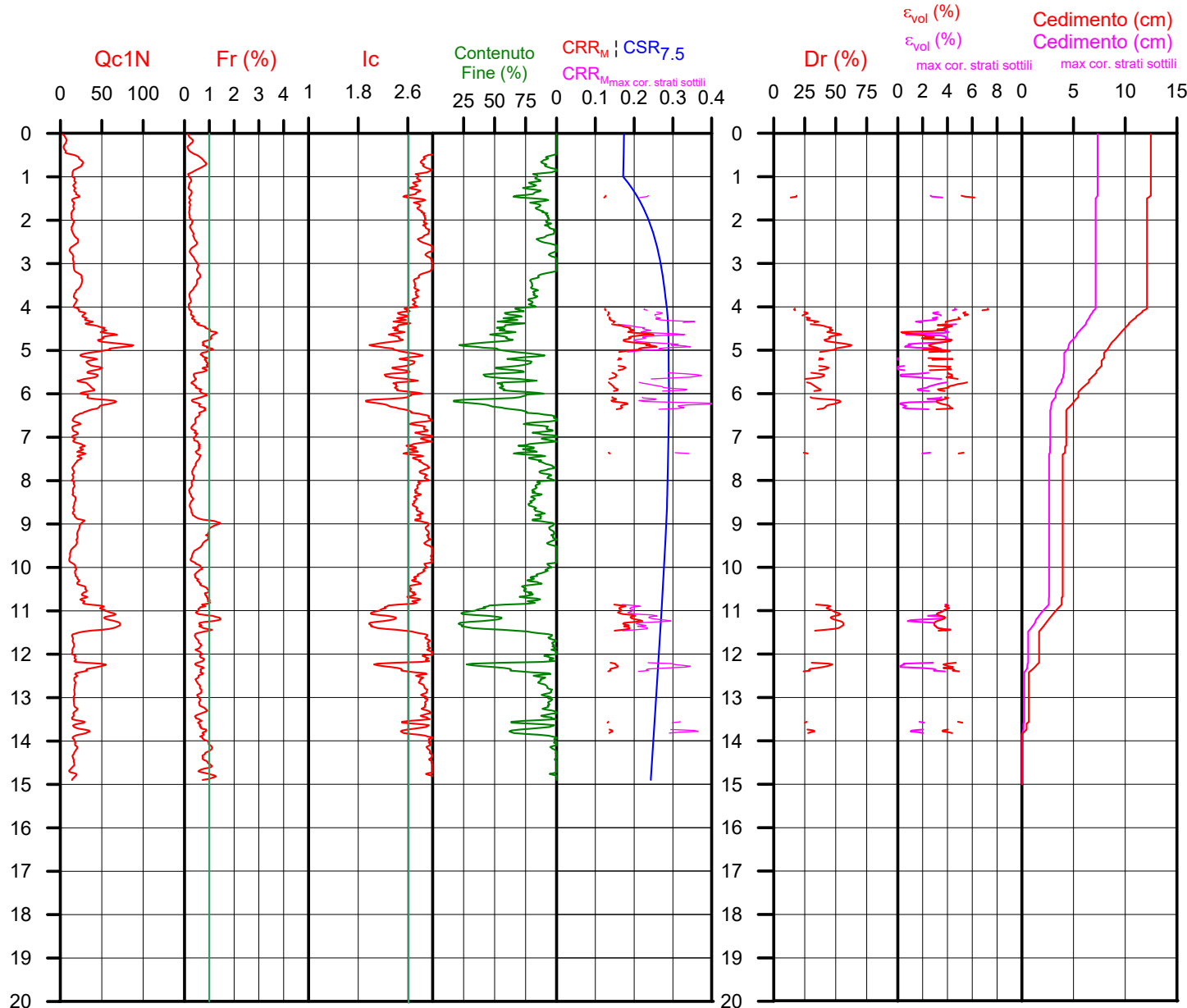


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRIS 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	12.5	166
Cedimento totale correzione strati sottili	7.3	93

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità.

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL <= 2	BASSA
	2.1	2 < IL <= 5	MODERATA
7.6		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIOUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
	10	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
16		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

CPT 6
Falda presunta 1 metri

NTC 2018

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.861
longitudine 11.797296°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.427
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	2.656
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude	6.140

DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2)	1.862
longitudine 11.797296°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.165
1.000		
	magnitude	6.140

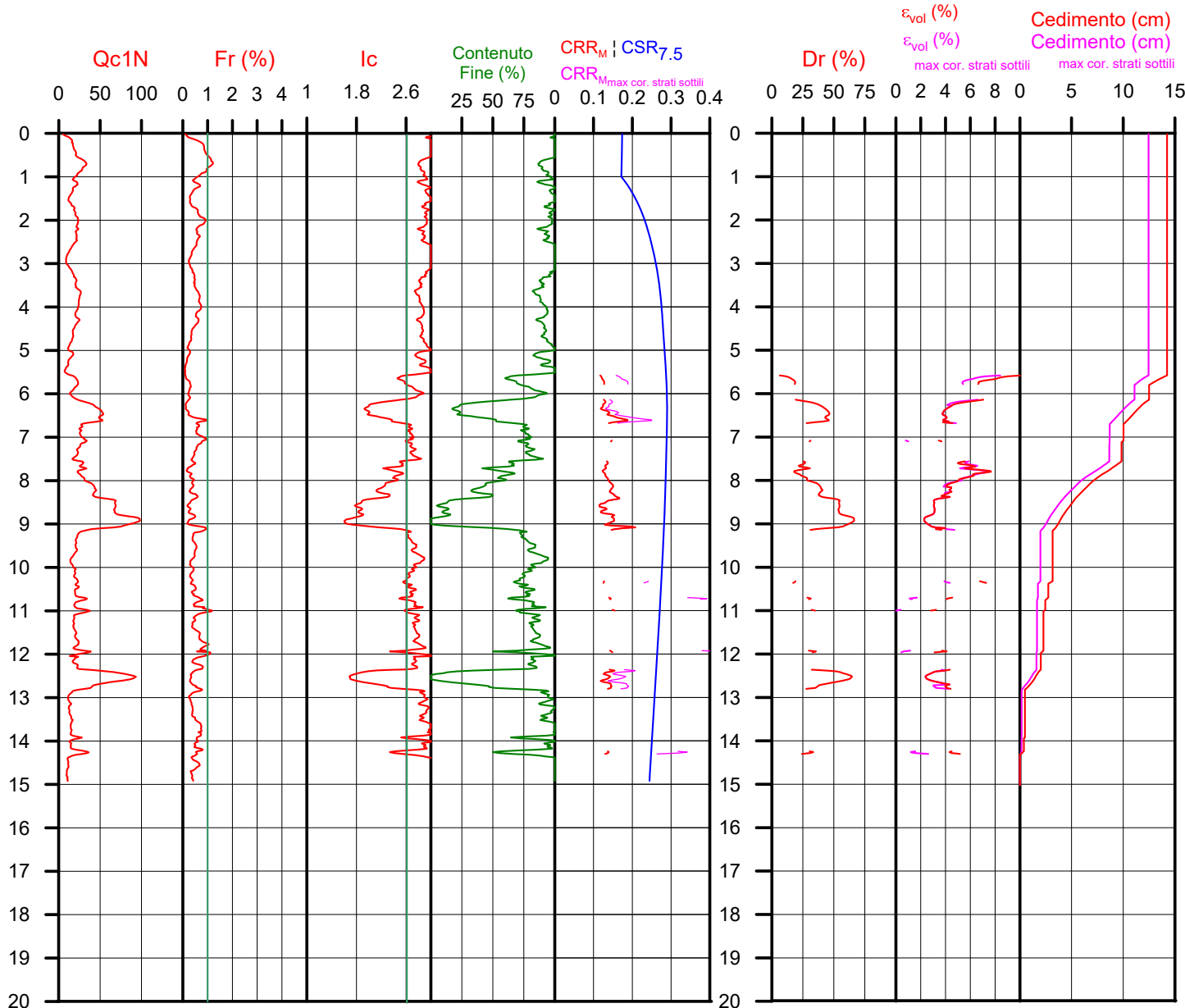


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- * CRR_m (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
 - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
 - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
 - Correzione di Qc1N a Qc1N_s basato su contenuto di fine e Qc1N
 - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_s per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di correzione per tensione efficace K_σ secondo Boulanger & Idriss 2014.
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{liq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	14.2	191
Cedimento totale correzione strati sottili	12.4	182

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{liq} e la profondità.

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
9.1	7.6	5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
	15	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
16		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 1

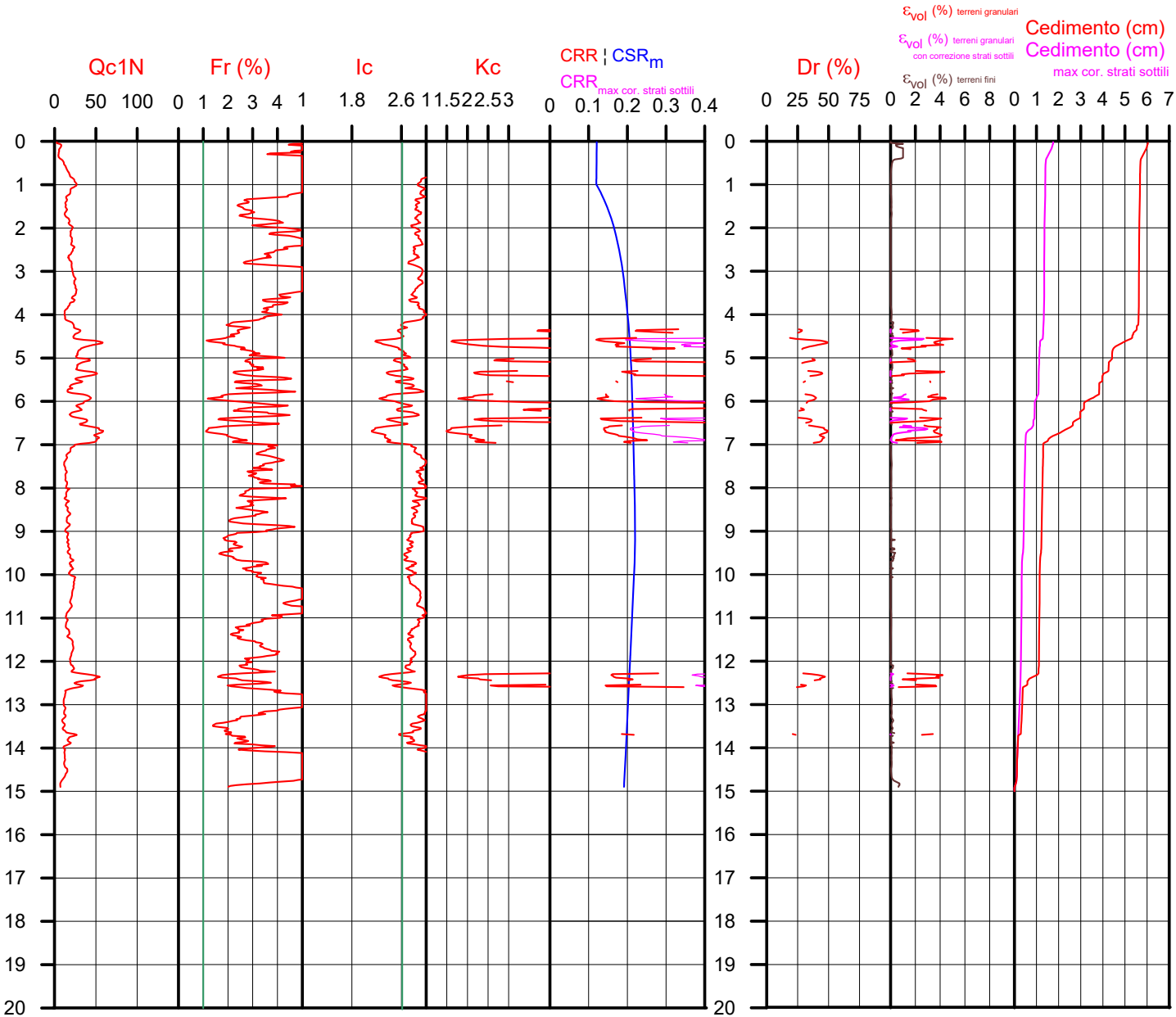
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.666	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
1.000		1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	5	56
Cedimento considerando strati sottili	1	1

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	6
Cedimento considerando strati sottili	1	2

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.0	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
5.9		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 2

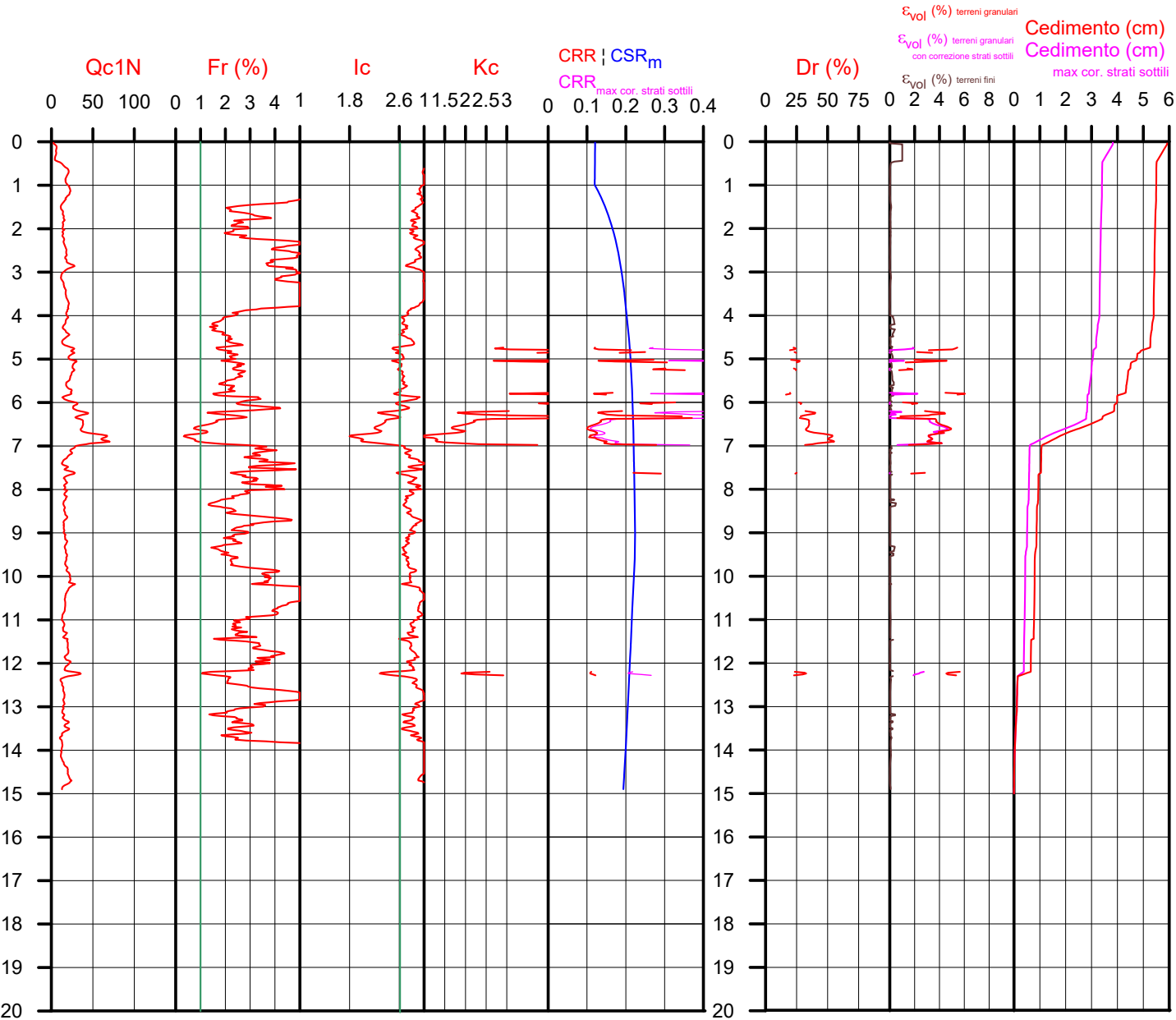
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.666	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	5	35
Cedimento considerando strati sottili	3	27

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	6
Cedimento considerando strati sottili	1	4

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	1.4	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
9.9		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

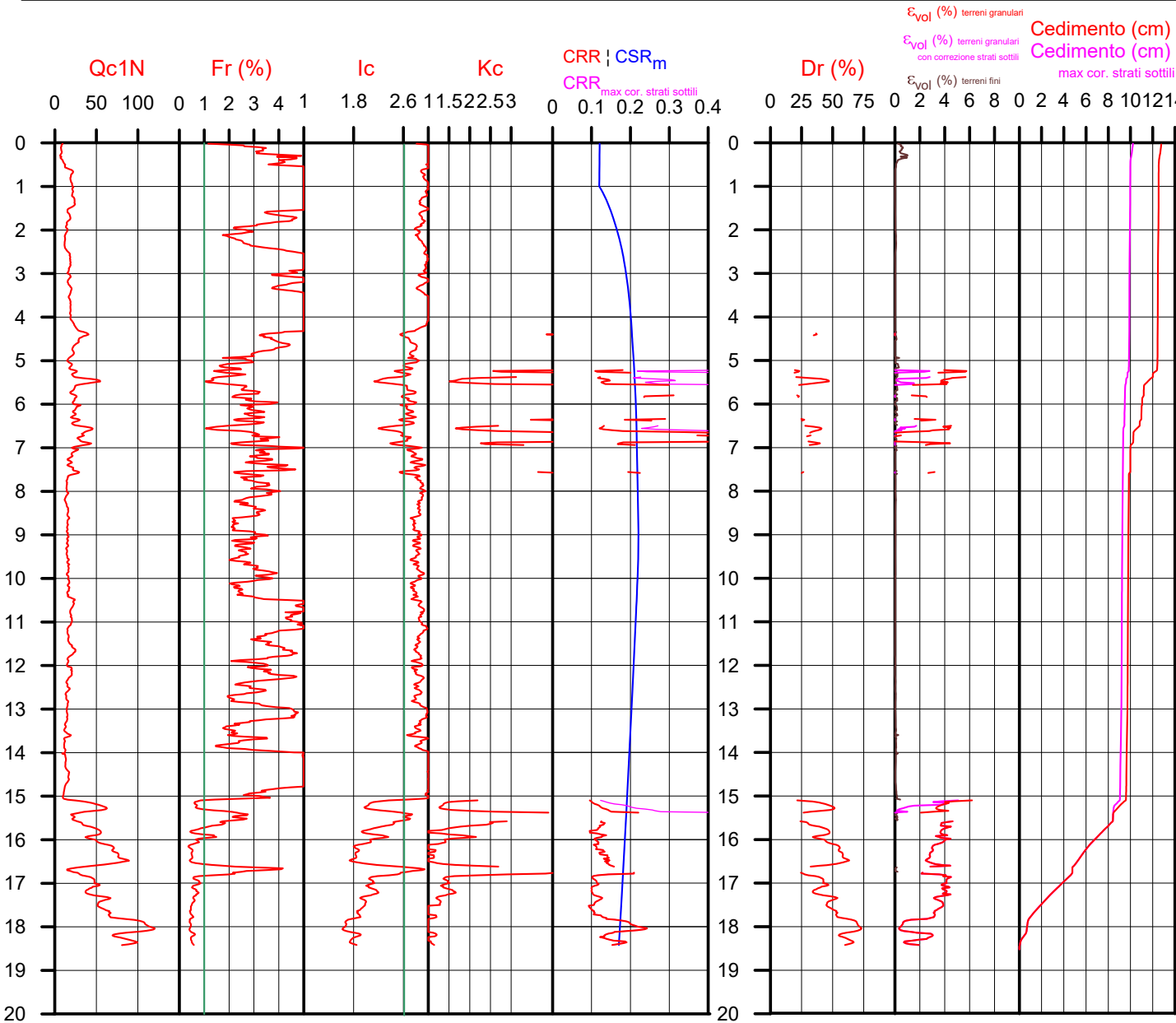
CPT 3
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.656	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR / CSR$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	12	207
Cedimento considerando strati sottili	9	172

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	13
Cedimento considerando strati sottili	1	10

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	1.3	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
6.7		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

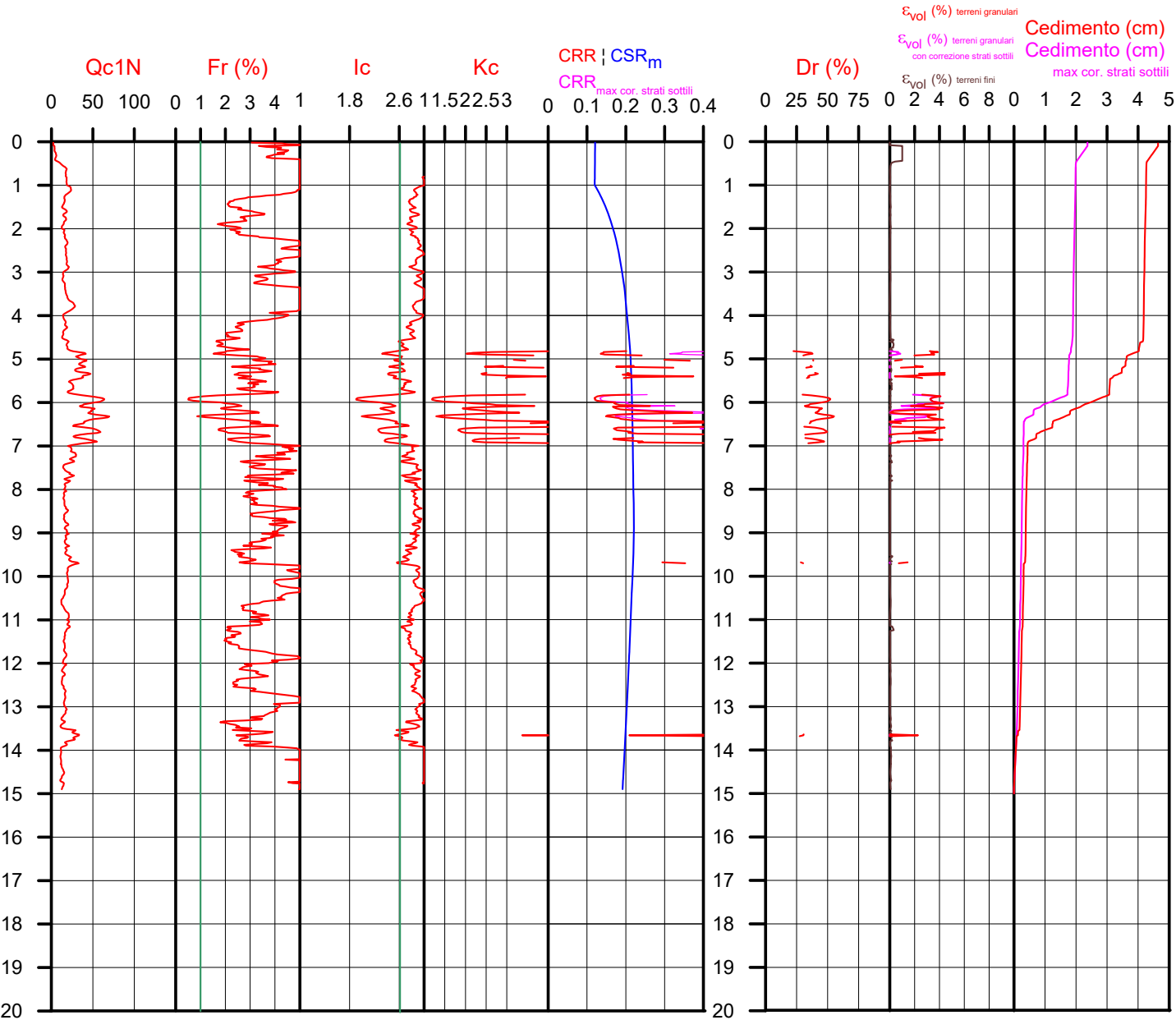
CPT 4
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.656	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	4	54
Cedimento considerando strati sottili	1	23

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	5
Cedimento considerando strati sottili	1	2

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.5	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
5.7		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Massa Lombarda
Via Caduti del Lavoro
Fruges zona industriale
BIENERGY SRL
10-feb-21

CPT 5

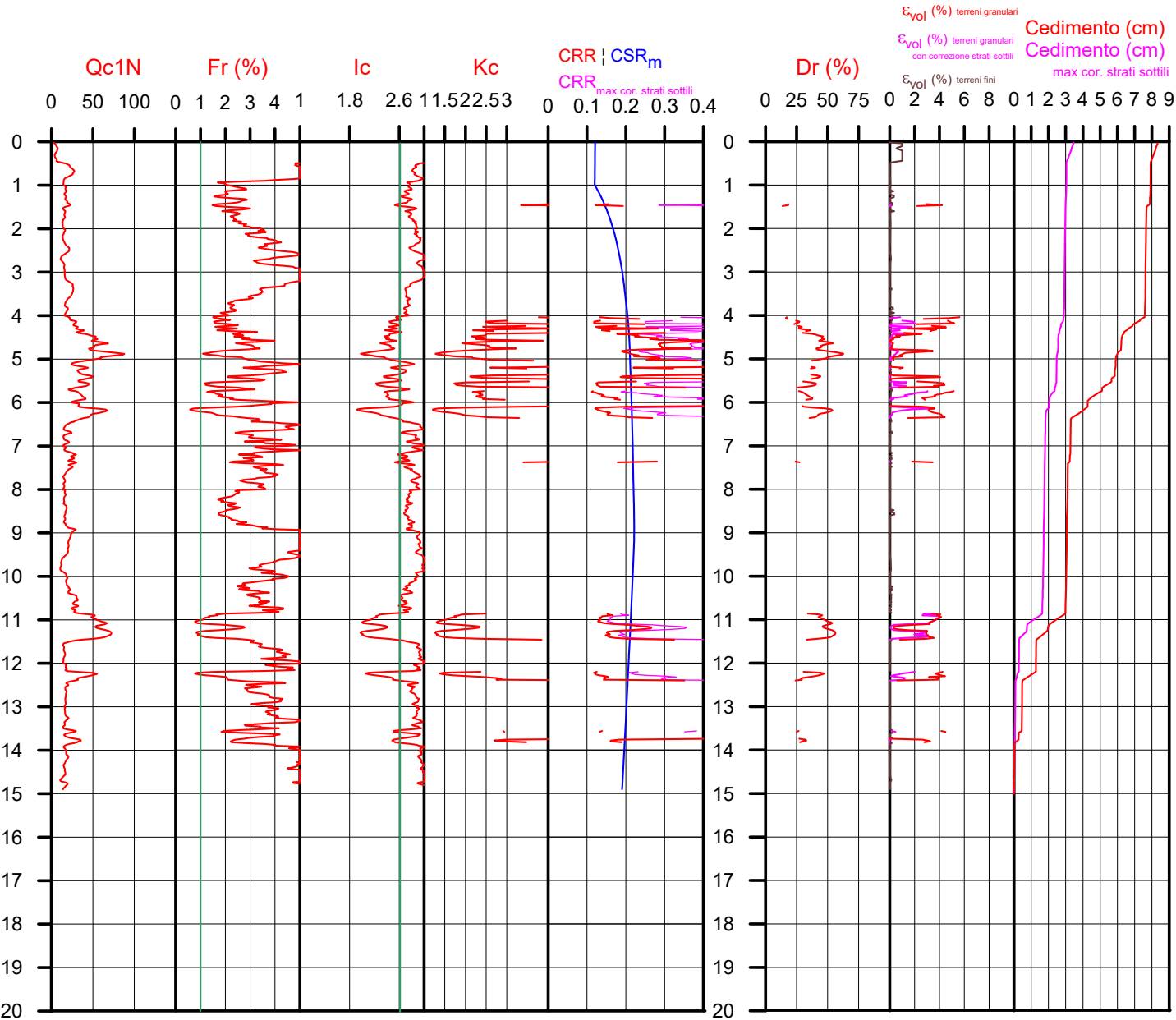
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.656	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
1.000		1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{liq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	7	89
Cedimento considerando strati sottili	3	26

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fin + granulari (cm)
Cedimento	1	8
Cedimento considerando strati sottili	1	3

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{liq} e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.3	$IL \leq 2$	BASSO
		$2 < IL \leq 5$	MODERATO
7.8		$5 < IL \leq 15$	ELEVATO
		$IL > 15$	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10-feb-21

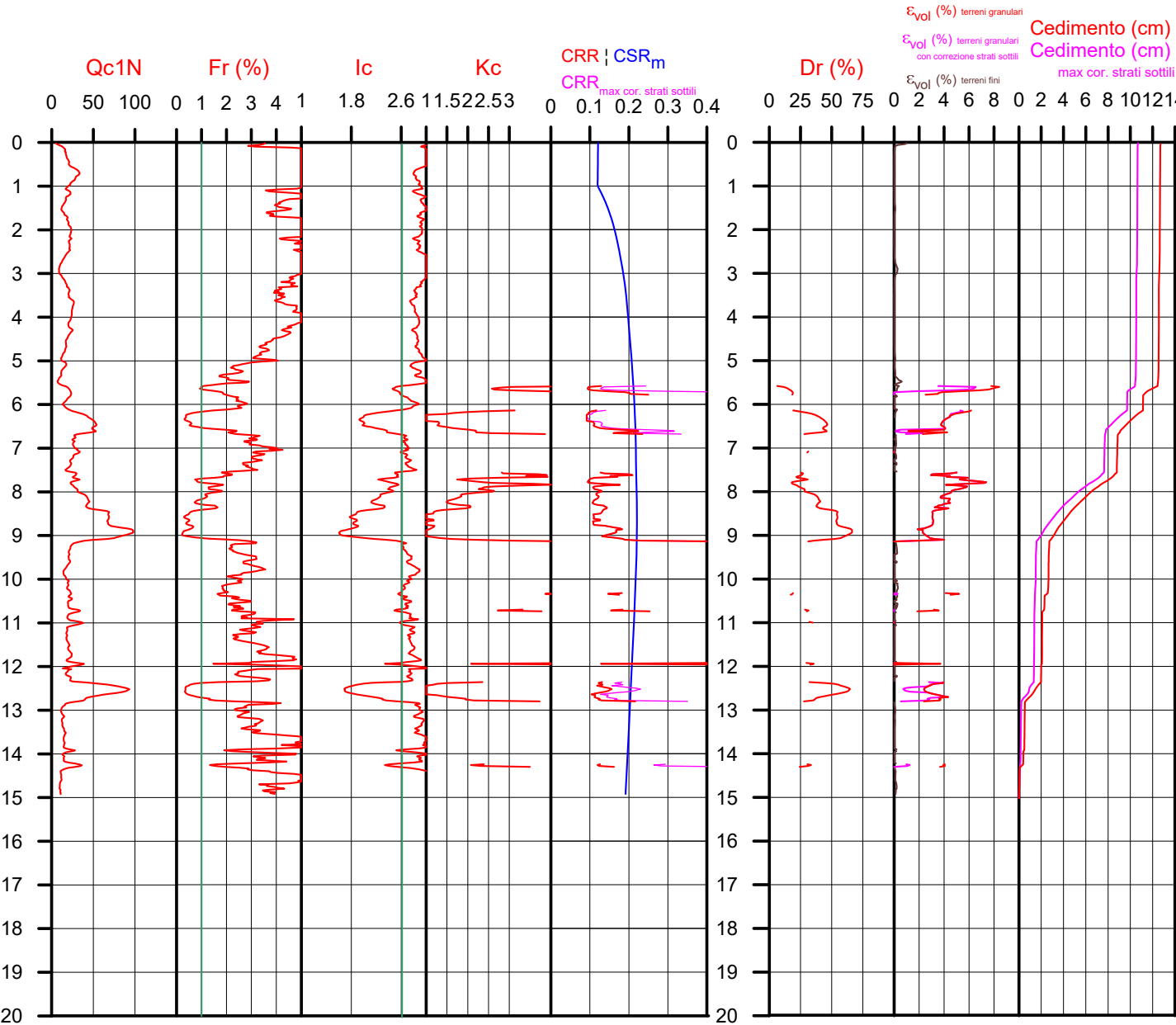
CPT 6
Falda presunta 1 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 630 / 2019	
latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.861	latitudine 44.451183°	amax substrato (m/sec2) 1.862
longitudine 11.797296°		longitudine 11.797296°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.427	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.666	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.165
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude 6.140		magnitude 6.140



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- * amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- * CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1N_{cs} per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	12	161
Cedimento considerando strati sottili	10	146

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- * Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	13
Cedimento considerando strati sottili	1	11

VALUTAZIONE DELL' INDICE I_L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

INDICE I _L DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
11.6	5.5	5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE N_{lim} VERTICALE IN CONDIZIONI SISMICHE IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico limite verticale N_{lim} si applica la formula generale di Brinch-Hansen (1966, 1970) con l'aggiunto di alcuni fattori correttivi da altre autori.									
$N_{lim} =$		$zc * sc * lc * bc * gc * dc * N_c * c_d$ $+ zq * sq * lq * bq * gq * dq * N_q * g_1' * D$ $+ 0.5 * zg * rg * sg * lg * bg * gg * dg * Ng * B * g_2'$		$=$		290 kPa			
#1 CUI:									
Nc	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	5.14			Nc = (Nq -1) * cotan ϕ'			
Nq	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	1.00			Nq = tan ² (45 + $\phi'/2$) * e ^{ϕ'} (pi * tan ϕ')			
Ng	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	0.00			Ng = 1.5 * (Nq -1) * tan ϕ'			
ϕ'_k	angolo di attrito portante caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	0.0 °	=		0.00 radians			
tan(ϕ'_k)	tangente del angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=							
c_d	coesione caratteristica di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	60 kPa	=		0.60 daN/cm ²			
g_1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	=		2.000 ton/mc			
g_2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	10.00 kN/mc	=		1.000 ton/mc			
D	profondita di posa della fondazione	=	0.50 m						
Nk	carico verticale caratteristico (incluso componente verticale dell'azione sismica E)	=	1015 kN	=		10.15 ton			
Tk	carico orizzontale caratteristico (incluso componente orizzontale dell'azione sismica E)	=	203 kN	=		2.03 ton			
M_b	momento nella direzione di B (Componente orizzontale del carico Tk per l'altezza dove agisce: M = Tk * H)	=	840 kN*m	=		8.40 ton*m			
M_l	momento nella direzione di L (Componente orizzontale del carico Tk per l'altezza dove agisce: M = Tk * H)	=	646 kN*m	=		6.46 ton*m			
e_b	eccentricita in larghezza B	=	0.25			$e_b = M_b / N_k$ o $= 0.1 * BR$			
e_l	eccentricita in lunghezza L	=	0.00			$e_l = M_l / N_k$ o $= 0.1 * LR$			
B_R	larghezza della fondazione reale	=	2.50 m						
L_R	lunghezza della fondazione	=	8.00 m						
B	larghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	2.00 m			$B = B_R - 2 * e_b$			Brinch-Hansen, 1970
L	lunghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	8.00 m			$L = L_R - 2 * e_l$			Brinch-Hansen, 1970
sc	fattore di forma della fondazione	=	1.05			$1 + (B/L) * (N_q/N_c)$			Brinch-Hansen, 1970
sq	fattore di forma della fondazione	=	1.00			$1 + (B/L) * \sin(\phi')$			Brinch-Hansen, 1970
sg	fattore di forma della fondazione	=	0.90			$1 - 0.4 * (B/L) >= 0.6$			Brinch-Hansen, 1970
θ	inclinazione del carico	=	9.46 °			atan(Tk/Nk)			
ic	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.80			$(1 - \theta / 90) / 2$			
iq	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.80			= ic			
ig	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.00			$(1 - \theta / \phi) / 2$: 0 se $\phi = 0$ o $\phi < 0$			
ω	angolo di inclinazione della base della fondazione rispetto all'orizzontale	=	0.00 °	=		0.00 radians			
bc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00			$bq - ((1 - bq) / (N_c * \tan \phi'))$			Brinch-Hansen, 1970
bq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00			$\exp(-2 * \omega * \tan \phi')$			Brinch-Hansen, 1970
bg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00			$\exp(-2.7 * \omega * \tan \phi')$			Brinch-Hansen, 1970
β	inclinazione del piano di campagna rispetto all'orizzontale a valle della fondazione	=	0.00 °	=		0.00 radians			
gc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00			$gq - ((1 - gq) / (N_c * \tan \phi'))$			Brinch-Hansen, 1970
gq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00			$(1 - 0.5 * \tan \beta) / 5$			Brinch-Hansen, 1970
gg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00			gq			Brinch-Hansen, 1970
dc	fattore di profondita	=	1.10			per D/B<=1; dc = 1 + 0.4 * (D/B) per D/B > 1; dc = 1 + 0.4 * atan(D/B)			
dq	fattore di profondita	=	1.00			per D/B<=1; dq = 1 + 2 * tanf * (1 - senf) ² * (D/B) per D/B > 1; dq = 1 + 2 * tanf * (1 - senf) ² * (D/B) * atan(D/B)			
dg	fattore di profondita	=	1.00			1.00 per definizione			
rg	fattore correttivo per aumento della larghezza di fondazione	=	1.00			1 - 0.25 * log(B/2) per B>=2			J.E. Bowles, 1988
kh	coefficiente sismico orizzontale per inerzia del terreno	=	0.064			tabella 7.11.1 del D.M. 14-01-2008			
kv	coefficiente sismico verticale per inerzia del terreno	=	0.032			kh / 2			
zc	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	1.00			$\exp(-4.3 * kh * (1 + XX))$			Al-Karni & Budhu, 1993
zq	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	0.79			$(1 - Kv) * \exp(-(5.3 * kh * 1.2) / (1 - Kv))$			Al-Karni & Budhu, 1993
zg	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	0.62			$(1 - 2/3 * Kv) * \exp(-(9 * kh * 1.1) / (1 - Kv))$			Al-Karni & Budhu, 1993
Applicando suddetto formula generale di Brinch-Hanssen assumendo i fattori riduttivi per l'azioni inerziale del terreno in caso di sisma si calcola il carico limite N_{lim} in condizioni sismiche									
$N_{lim} =$				$=$		290 kPa			
In caso di un substrato roccioso il valore del carico N_{lim} va ridotto in funzione del RQD:									
$N_{lim}' = N_{lim} * RQD^2$				$=$		0 kPa			
in RQD	Rock Quality Designation (pezzi > 10cm per metro)			$=$		0%			
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.8 al carico limite N_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto									
$R_d = N_{lim} / 1.8$				$=$		161 kPa		$= 1.61 \text{ daN/cm}^2 = 16.1 \text{ ton/mq}$	

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE T_{lim} ORRIZONTALE IN CONDIZIONI SISMICHE SUL PIANO DI POSA

Per la verifica del carico limite orizzontale T_{lim} si applica la formula generale:									
$T_{lim} = c_{a_d} * mc\% + (N_k * \tan(\delta'_d) * mm\%) / A_{FONDAZIONI}$		=		33 kPa					
in cui:									
c_{a_d}	coesione di progetto fondazione-terreno	=	50 kPa						
$mc\%$	fattore di riduzione per c_{a_d}	=	0.66	J.E. Bowles, 1988					
$N_{k\text{ statico}}$	carico verticale caratteristico statico	=	1015 kN						
δ'_d	angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	0.0	$\phi_k * mm$	J.E. Bowles, 1988				
$\tan(\delta'_d)$	tangente del angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	0.00						
$mm\%$	fattore di riduzione per $\tan(\delta'_d)$	=	67%						
				mm = 0.67 a favore della sicurezza, ma potrebbero essere assunto mm = 1 poiché il calcestruzzo fresco aderisce bene al terreno, quindi di fatto l'attrito avviene tra terreno e terreno					
A_{FOND}	superficie effettiva delle fondazioni	=	16.00 mq	L * B per fondazioni a platea 16					
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.1 al carico limite T_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto									
$R_d = T_{lim} / 1.1$		=		30 kPa		=	0.3 daN/cmq = 3 ton/mq		

VERIFICA DI FROHLICH

Si considera l'equazione di Frohlich che valuta il carico critico (Q _{crit}) per cui appaiono le prime zone plastiche.									
Qcrit = pi.greco * c		=	188 kPa		(condizioni non drenate)				
in cui:									
Nq _{crit}	fattore critico dipendente da φ	=	0.00	Nq crit = π / (cotg (φ) - ((π/2)-φ)))	(Frohlich)				
c	coesione	=	60.00 kPa						
φ _k	angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	0.0 °	=	0.00 radians				
g1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	=	2.000 ton/mc				
D	profondità di posa della fondazione	=	0.50 m						
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1 al carico limite Qcrit si ottiene un carico critico di progetto relativo ai primi fenomeni di plasticizzazione di									
Qcrit_d = Qcrit / 0.8		=	236 kPa		=	2.356 daN/cmq		23.56 ton/mq	

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE N_{lim} VERTICALE IN CONDIZIONI SISMICHE IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico limite verticale N _{lim} si applica la formula generale di Brinch-Hansen (1966, 1970) con l'aggiunto di alcuni fattori correttivi da altre autori.									
N _{lim} =		zc * sc * lc * bc * gc * dc* Nc * c _d							
		+ zq * sq * lq * bq * gq * dq * Nq * g1' * D							
		+ 0.5 * zg * rg * sg * lg *bg * gg *dg * Ng * B* g2'		=		640 kPa			
in cui:									
Nc	fattore di capacità portante dipendente dal φ'	=	15.81		Nc = (Nq -1) * cotanφ'				
Nq	fattore di capacità portante dipendente dal φ'	=	7.07		Nq = tan²(45 + φ/2) * e ^φ (pi * tanφ')				
Ng	fattore di capacità portante dipendente dal φ'	=	3.50		Ng = 1.5 * (Nq -1) * tanφ'				
φ' _k	angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	21.0 °	=	0.37 radians				
tan(φ' _k)	tangente del angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=							
c _d	coesione caratteristica di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	40 kPa	=	0.40 daN/cm ²				
g1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	=	2.000 ton/mc				
g2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	10.00 kN/mc	=	1.000 ton/mc				
D	profondità di posa della fondazione	=	0.50 m						
Nk	carico verticale caratteristico (incluso componente verticale dell'azione sismica E)	=	1015 kN	=	10.15 ton				
Tk	carico orizzontale caratteristico (incluso componente orizzontale dell'azione sismica E)	=	203 kN	=	2.03 ton				
M _b	momento nella direzione di B (Componente orizzontale del carico Tk per l'altezza dove agisce: M = Tk * H)	=	840 kN*m	=	8.40 ton*m				
M _l	momento nella direzione di L (Componente orizzontale del carico Tk per l'altezza dove agisce: M = Tk * H)	=	646 kN*m	=	6.46 ton*m				
e _B	eccentricità in larghezza B	=	0.25		e _B = M _b / N _k o =0.1*BR				
e _L	eccentricità in lunghezza L	=	0.00		e _L = M _l / N _k o =0.1*LR				
B _R	larghezza della fondazione reale	=	2.50 m						
L _R	lunghezza della fondazione	=	8.00 m						
B	larghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricità del carico	=	2.00 m		B = B _R - 2 * e _B				Brinch-Hansen, 1970
L	lunghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricità del carico	=	8.00 m		L = L _R - 2 * e _L				Brinch-Hansen, 1970
sc	fattore di forma della fondazione	=	1.11		1 + (B/L) * (Nq/Nc)				Brinch-Hansen, 1970
sq	fattore di forma della fondazione	=	1.09		1 + (B/L) * sin(φ')				Brinch-Hansen, 1970
sg	fattore di forma della fondazione	=	0.90		1 - 0.4 * (B/L) >= 0.6				Brinch-Hansen, 1970
θ	inclinazione del carico	=	9.46 °		atan(Tk/Nk)				
ic	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.80		(1-θ / 90)/2				
iq	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.80		= ic				
ig	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.30		(1-θ / φ)² : 0 se φ = 0 o φ < 0				
ω	angolo di inclinazione della base della fondazione rispetto all'orizzontale	=	0.00 °	=	0.00 radians				
bc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00		bq - ((1 - bq) / (Nc * tanφ'))				Brinch-Hansen, 1970
bq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00		exp(-2*ω*tanφ')				Brinch-Hansen, 1970
bg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00		exp(-2.7*ω*tanφ')				Brinch-Hansen, 1970
β	inclinazione del piano di campagna rispetto all'orizzontale a valle della fondazione	=	0.00 °	=	0.00 radians				
gc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00		gq - ((1 - gq) / (Nc * tanφ'))				Brinch-Hansen, 1970
gq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00		(1 - 0.5 + tanβ)⁵				Brinch-Hansen, 1970
gg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00		gq				Brinch-Hansen, 1970
dc	fattore di profondità	=	1.10		per D/B<=1; dc = 1 + 0.4 * (D/B) per D/B > 1; dc = 1 + 0.4 * atan(D/B)				
dq	fattore di profondità	=	1.08		per D/B<=1; dq = 1 + 2 * tanf * (1 - senf)² * (D/B) per D/B > 1; dq = 1 + 2 * tanf * (1 - senf)² * (D/B) * atan(D/B)				
dg	fattore di profondità	=	1.00		1.00 per definizione				
rg	fattore correttivo per aumento della larghezza di fondazione	=	1.00		1 - 0.25 * log(B/2) per B>=2				J.E. Bowles, 1988
kh	coefficiente sismico orizzontale per inerzia del terreno	=	0.064		tabella 7.11.1 del D.M. 14-01-2008				
kv	coefficiente sismico verticale per inerzia del terreno	=	0.032		kh / 2				
zc	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	0.94		exp(-4.3*kh*(1+XX))				Al-Karni & Budhu, 1993
zq	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	0.79		(1-Kv)*exp(-(5.3*kh*1.2)/(1-Kv))				Al-Karni & Budhu, 1993
zg	fattore riduttivo per effetto delle azioni inerziali del terreno in caso di sisma	=	0.62		(1-2/3*Kv)*exp(-(9*kh*1.1)/(1-Kv))				Al-Karni & Budhu, 1993
Applicando suddetto formula generale di Brinch-Hanssen assumendo i fattori riduttivi per l'azioni inerziali del terreno in caso di sisma si calcola il carico limite N _{lim} in condizioni sismiche									
N _{lim} =				=		640 kPa			
In caso di un substrato roccioso il valore del carico N _{lim} va ridotto in funzione del RQD:									
N _{lim} ' = N _{lim} * RQD ^{0.2}				=		0 kPa			
in RQD Rock Quality Designation (pezzi > 10cm per metro)				=		0 %			
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.8 al carico limite N _{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto									
Rd = N _{lim} / 1.8				=		356 kPa		= 3.56 daN/cm ² = 35.6 ton/mq	

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE T_{lim} ORRIZONTALE IN CONDIZIONI SISMICHE SUL PIANO DI POSA

Per la verifica del carico limite orizzontale T_{lim} si applica la formula generale:									
$T_{lim} = c_{a_d} * mc\% + (N_k * \tan(\delta'_d) * mm\%) / A_{FONDAZIONI}$				=		35 kPa			
in cui:									
c_{a_d}	coesione di progetto fondazione-terreno			=		40 kPa			
$mc\%$	fattore di riduzione per c_{a_d}			=		0.66		J.E. Bowles, 1988	
$N_{k\text{ statico}}$	carico verticale caratteristico statico			=		1015 kN			
δ'_d	angolo di attrito di progetto terreno-fondazione			=		12.1		$\phi_k * mm$ J.E. Bowles, 1988	
$\tan(\delta'_d)$	tangente del angolo di attrito di progetto terreno-fondazione			=		0.21			
$mm\%$	fattore di riduzione per $\tan(\delta'_d)$			=		67%			
mm = 0.67 a favore della sicurezza, ma potrebbero essere assunto mm = 1 poiché il calcestruzzo fresco aderisce bene al terreno, quindi di fatto l'attrito avviene tra terreno e terreno									
A_{FOND}	superficie effettiva delle fondazioni			=		16.00 mq		L * B per fondazioni a platea 16	
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.1 al carico limite T_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto									
$Rd = T_{lim} / 1.1$				=		32 kPa		= 0.322 daN/cmq = 3.22 ton/mq	

VERIFICA DI FROHLICH

Si considera l'equazione di Frohlich che valuta il carico critico (Q _{crit}) per cui appaiono le prime zone plastiche.									
Qcrit = Nqcrit * (c * cotgφ'k + g1' * D)		=		256 kPa		(condizioni drenate)			
in cui:									
Nq _{crit}	fattore critico dipendente da φ	=	2.24	Nq crit = π / (cotg (φ) - ((π/2)-φ)))					(Frohlich)
c	coesione	=	40.00 kPa						
φ' _k	angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	21.0 °	=	0.37 radians				
g1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	=	2.000 ton/mc				
D	profondità di posa della fondazione	=	0.50 m						
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1 al carico limite Qcrit si ottiene un carico critico di progetto relativo ai primi fenomeni di plasticizzazione di									
Qcrit_d = Qcrit / 0.8		=		320 kPa		=		3.202 daN/cmq = 32.02 ton/mq	

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE N_{lim} VERTICALE IN CONDIZIONI STATICHE IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico limite verticale N_{lim} si applica la formula generale di Brinch-Hansen (1966, 1970) con l'aggiunto di alcuni fattori correttivi da altre autori.

$N_{lim} = sc * ic * bc * gc * dc * N_c * c_d + sq * iq * bq * gq * dq * N_q * g_1' * D + 0.5 * rg * sg * ig * bg * gg * dg * N_g * B * g_2'$		=	896 kPa	
in cui:				
N_c	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	15.81	$N_c = (N_q - 1) * \cotan\phi'$
N_q	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	7.07	$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tan\phi')}$
N_g	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	3.50	$N_g = 1.5 * (N_q - 1) * \tan\phi'$
ϕ'_k	angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	21.0 °	= 0.37 radians
$\tan(\phi')_k$	tangente del angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=		
c_d	coesione caratteristica di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	40 kPa	= 0.40 daN/cm ²
g_1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	= 2.000 ton/mc
g_2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	10.00 kN/mc	= 1.000 ton/mc
D	profondita di posa della fondazione	=	0.50 m	
N_k	carico verticale caratteristico	=	1015 kN	= 10.15 ton
T_k	carico orizzontale caratteristico	=	0 kN	= 0.00 ton
M_b	momento nella direzione di B (Componente orizzontale del carico T_k per l'altezza dove agisce: $M = T_k * H$)	=	0 kN*m	= 0.00 ton*m
e_b	eccentricita in larghezza B	=	0.00	$e_b = M_b / N_k$
e_L	eccentricita in lunghezza L	=	0.00	$e_L = M_L / N_k$
B_R	larghezza della fondazione reale	=	2.50 m	
L_R	lunghezza della fondazione	=	8.00 m	
B	larghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	2.50 m	$B = B_R - 2 * e_b$
L	lunghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	8.00 m	$L = L_R - 2 * e_L$
sc	fattore di forma della fondazione	=	1.11	$1 + (B/L) * (N_q/N_c)$
sq	fattore di forma della fondazione	=	1.09	$1 + (B/L) * \sin(\phi')$
sg	fattore di forma della fondazione	=	0.90	$1 - 0.4 * (B/L) >= 0.6$
θ	inclinazione del carico	=	0.00 °	$\atan(T_k/N_k)$
ic	fattore dell'inclinazione del carico	=	1.00	$(1 - \theta / 90) * 2$
iq	fattore dell'inclinazione del carico	=	1.00	= ic
ig	fattore dell'inclinazione del carico	=	1.00	$(1 - \theta / \phi') * 2 : 0 \text{ se } \phi = 0 \text{ o } \phi < \theta$
ω	angolo di inclinazione della base della fondazione rispetto all'orizzontale	=	0.00 °	= 0.00 radians
bc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$bq - ((1 - bq) / (N_c * \tan\phi'))$
bq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$\exp(-2 * \omega * \tan\phi')$
bg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$\exp(-2.7 * \omega * \tan\phi')$
β	inclinazione del piano di campagna rispetto all'orizzontale a valle della fondazione	=	0.00 °	= 0.00 radians
gc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	$gq - ((1 - gq) / (N_c * \tan\phi'))$
gq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	$(1 - 0.5 * \tan\beta) * 5$
gg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	gq
dc	fattore di profondita	=	1.10	per $D/B <= 1$; $dc = 1 + 0.4 * (D/B)$
dq	fattore di profondita	=	1.08	per $D/B > 1$; $dc = 1 + 0.4 * \atan(D/B)$
dg	fattore di profondita	=	1.00	per $D/B <= 1$; $dq = 1 + 2 * \tan\beta * (1 - \sin\beta) * 2 * (D/B)$
rg	fattore correttivo per aumento della larghezza di fondazione	=	1.00	per $D/B > 1$; $dq = 1 + 2 * \tan\beta * (1 - \sin\beta) * 2 * (D/B) * \atan(D/B)$
				1.00 per definizione
				$1 - 0.25 * \log(B/2)$ per $B >= 2$
In caso di un substrato roccioso il valore del carico N_{lim} va ridotto in funzione del RQD:				
$N_{lim}' = N_{lim} * RQD^2$		=	0 kPa	
in RQD	Rock Quality Designation (pezzi > 10cm per metro)	=	0 %	
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 2.3 al carico limite N_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto				
$R_d = N_{lim} / 2.3$		=	390 kPa	= 3.90 daN/cm ² = 39.0 ton/mq

Controllo della validita dell'eccentricita; e / B o L <= 0.16	
e_b / B	0.00
e_L / L	0.00

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970

J.E. Bowles, 1988

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE T_{lim} ORRIZZONTALE IN CONDIZIONI STATICHE SUL PIANO DI POSA

Per la verifica del carico limite orizzontale T_{lim} si applica la formula generale:

$T_{lim} = ca_d * mc\% + (N_k * \tan(\delta')_d * mm\%) / A_{FONDAZIONI}$		=	26 kPa	
in cui:				
ca_d	coesione di progetto fondazione-terreno	=	40 kPa	
mc%	fattore di riduzione per ca_d	=	0.66	J.E. Bowles, 1988
$N_{k \text{ statico}}$	carico verticale caratteristico statico	=	0 kN	
δ'_d	angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	12.1	$\phi_k * mm$
$\tan(\delta')_d$	tangente del angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	0.21	
mm%	fattore di riduzione per $\tan(\delta'_d)$	=	67%	
A_{FOND}	superficie effettiva delle fondazioni	=	20.00 mq	mm = 0.67 a favore della sicurezza, ma potrebbero essere assunto mm = 1 poichè il calcestruzzo fresco aderisce bene al terreno, quindi di fatto l'attrito avviene tra terreno e terreno
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.1 al carico limite T_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto				
$R_d = T_{lim} / 1.1$		=	24 kPa	= 0.24 daN/cm ² = 2.4 ton/mq

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE N_{lim} VERTICALE IN CONDIZIONI STATICHE IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico limite verticale N_{lim} si applica la formula generale di Brinch-Hansen (1966, 1970) con l'aggiunto di alcuni fattori correttivi da altre autori.

$N_{lim} = sc * ic * bc * gc * dc * N_c * c_d + sq * iq * bq * gq * dq * N_q * g_1' * D + 0.5 * rg * sg * ig * bg * gg * dg * N_g * B * g_2'$		=	366 kPa	
in cui:				
N_c	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	5.14	$N_c = (N_q - 1) * \cotan\phi'$
N_q	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	1.00	$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tan\phi')}$
N_g	fattore di capacita portante dipendente dal ϕ'	=	0.00	$N_g = 1.5 * (N_q - 1) * \tan\phi'$
ϕ'_k	angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	0.0 °	= 0.00 radians
$\tan(\phi')_k$	tangente del angolo di attrito interno caratteristico di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=		
c_d	coesione caratteristica di progetto secondo D.M. 14-01-2008	=	60 kPa	= 0.60 daN/cmq
g_1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	20.00 kN/mc	= 2.000 ton/mc
g_2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	10.00 kN/mc	= 1.000 ton/mc
D	profondita di posa della fondazione	=	0.50 m	
N_k	carico verticale caratteristico	=	1015 kN	= 10.15 ton
T_k	carico orizzontale caratteristico	=	0 kN	= 0.00 ton
M_b	momento nella direzione di B (Componente orizzontale del carico T_k per l'altezza dove agisce: $M = T_k * H$)	=	0 kN*m	= 0.00 ton*m
e_b	eccentricita in larghezza B	=	0.00	$e_b = M_b / N_k$
e_L	eccentricita in lunghezza L	=	0.00	$e_L = M_L / N_k$
B_R	larghezza della fondazione reale	=	2.50 m	
L_R	lunghezza della fondazione	=	8.00 m	
B	larghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	2.50 m	$B = B_R - 2 * e_b$
L	lunghezza equivalente della fondazione che tiene conto dell'eccentricita del carico	=	8.00 m	$L = L_R - 2 * e_L$
sc	fattore di forma della fondazione	=	1.05	$1 + (B/L) * (N_q/N_c)$
sq	fattore di forma della fondazione	=	1.00	$1 + (B/L) * \sin(\phi')$
sg	fattore di forma della fondazione	=	0.90	$1 - 0.4 * (B/L) >= 0.6$
θ	inclinazione del carico	=	0.00 °	$\atan(T_k/N_k)$
ic	fattore dell'inclinazione del carico	=	1.00	$(1 - \theta / 90) * 2$
iq	fattore dell'inclinazione del carico	=	1.00	= ic
ig	fattore dell'inclinazione del carico	=	0.00	$(1 - \theta / \phi) * 2 : 0 \text{ se } \phi = 0 \text{ o } \phi < \theta$
ω	angolo di inclinazione della base della fondazione rispetto all'orizzontale	=	0.00 °	= 0.00 radians
bc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$bq - ((1 - bq) / (N_c * \tan\phi'))$
bq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$\exp(-2 * \omega * \tan\phi')$
bg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base	=	1.00	$\exp(-2.7 * \omega * \tan\phi')$
β	inclinazione del piano di campagna rispetto all'orizzontale a valle della fondazione	=	0.00 °	= 0.00 radians
gc	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	$gq - ((1 - gq) / (N_c * \tan\phi'))$
gq	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	$(1 - 0.5 * \tan\beta) * 5$
gg	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di campagna	=	1.00	gq
dc	fattore di profondita	=	1.10	per $D/B <= 1$; $dc = 1 + 0.4 * (D/B)$
dq	fattore di profondita	=	1.00	per $D/B > 1$; $dc = 1 + 0.4 * \atan(D/B)$
dg	fattore di profondita	=	1.00	per $D/B <= 1$; $dq = 1 + 2 * \tan\phi' * (1 - \sen\beta) * 2 * (D/B)$
rg	fattore correttivo per aumento della larghezza di fondazione	=	1.00	per $D/B > 1$; $dq = 1 + 2 * \tan\phi' * (1 - \sen\beta) * 2 * (D/B) * \atan(D/B)$ 1.00 per definizione
In caso di un substrato roccioso il valore del carico N_{lim} va ridotto in funzione del RQD:				
$N_{lim}' = N_{lim} * RQD^2$		=	0 kPa	
in RQD	Rock Quality Designation (pezzi > 10cm per metro)	=	0 %	
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 2.3 al carico limite N_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto				
$R_d = N_{lim} / 2.3$		=	159 kPa	= 1.59 daN/cmq = 15.9 ton/mq

Controllo della validita dell'eccentricita; e / B o L <= 0.16	
e_b / B	0.00
e_L / L	0.00

Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970

Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970
Brinch-Hansen, 1970

J.E. Bowles, 1988

VALUTAZIONE DEL CARICO LIMITE T_{lim} ORRIZZONTALE IN CONDIZIONI STATICHE SUL PIANO DI POSA

Per la verifica del carico limite orizzontale T_{lim} si applica la formula generale:

$T_{lim} = ca_d * mc\% + (N_k * \tan(\delta')_d * mm\%) / A_{FONDAZIONI}$		=	33 kPa	
in cui:				
ca_d	coesione di progetto fondazione-terreno	=	50 kPa	
mc%	fattore di riduzione per ca_d	=	0.66	J.E. Bowles, 1988
$N_{k \text{ statico}}$	carico verticale caratteristico statico	=	0 kN	
δ'_d	angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	0.0	$\phi_k * mm$
$\tan(\delta')_d$	tangente del angolo di attrito di progetto terreno-fondazione	=	0.00	
mm%	fattore di riduzione per $\tan(\delta'_d)$	=	67%	
A_{FOND}	superficie effettiva delle fondazioni	=	20.00 mq	mm = 0.67 a favore della sicurezza, ma potrebbero essere assunto mm = 1 poichè il calcestruzzo fresco aderisce bene al terreno, quindi di fatto l'attrito avviene tra terreno e terreno
Applicando un fattore di sicurezza uguale a 1.1 al carico limite T_{lim} , come prescritto del D.M. dell' 18-01-2008 per approccio 2, si ottiene un resistenza di progetto				
$R_d = T_{lim} / 1.1$		=	30 kPa	= 0.3 daN/cmq = 3 ton/mq

RIEPILOGO CEDIMENTI (calcolati con M secondo Benassi)

Comune	Massa Lombarda
Localita'	Fruges zona industriale
Committente	Stefano Brusa
Fondazione rettangolare	2.5 X 8 m
Piano di posa	0.5 -- 0.5 m
Carico applicato	0.8 daN/cm2

Distanza fondazione tra (m)	angolo	spigolo corto	spigolo lungo	centro
angolo		1.25	4.00	4.19
spigolo corto	1.25		4.19	4.00
spigolo lungo	4.00	4.19		1.25
centro	4.19	4.00	1.25	

Distanze tra le prove (m) / Distanza ipotizzata della variabilità litotecnica (m)	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4	Prova 5	Prova 6
Prova 1		11	11	11	11	11
Prova 2	11		11	11	11	11
Prova 3	11	11		11	11	11
Prova 4	11	11	11		11	11
Prova 5	11	11	11	11		11
Prova 6	11	11	11	11	11	



Pianta rettangolare rigida	Cedimenti cumulativo in cm		
	Elastici	Edometrici	Totale
Prova 1	1.15	3.39	4.53
Prova 2	1.34	3.99	5.33
Prova 3	1.23	3.61	4.84
Prova 4	1.24	3.64	4.88
Prova 5	1.21	3.56	4.78
Prova 6	1.14	3.40	4.54

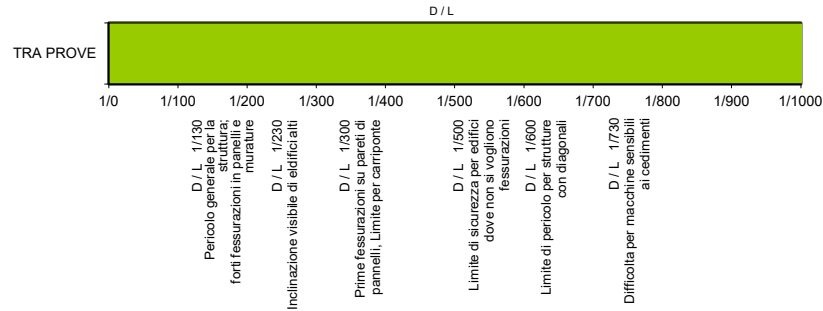
Cedimento differenziali Edometrici (cm)	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4	Prova 5	Prova 6
Prova 1		0.602	0.224	0.258	0.175	0.016
Prova 2	0.602		0.379	0.345	0.427	0.586
Prova 3	0.224	0.379		0.034	0.048	0.207
Prova 4	0.258	0.345	0.034		0.082	0.241
Prova 5	0.175	0.427	0.048	0.082		0.159
Prova 6	0.016	0.586	0.207	0.241	0.159	

Cedimenti differenziali Edometrici massimi		
cm	%	L / Δ
0.60	0.05	1826

Cedimento differenziali Edometrici (%)	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4	Prova 5	Prova 6
Prova 1		0.055	0.020	0.023	0.016	0.001
Prova 2	0.055		0.034	0.031	0.039	0.053
Prova 3	0.020	0.034		0.003	0.004	0.019
Prova 4	0.023	0.031	0.003		0.007	0.022
Prova 5	0.016	0.039	0.004	0.007		0.014
Prova 6	0.001	0.053	0.019	0.022	0.014	

LIMITE DELLE DISTORSIONI ANGOLARI (BJERRUM 1963)

DISTORZIONE MASSIMA TRA PROVE



LIMITI DEI CEDIMENTI E DISTORSIONI ANGOLARI AMMISSIBILE (WILUN & STARZEWSKI 1975)

Classe edificio e struttura	Tipo di edificio e strutture	Cedimento massimo totale ammissibile (cm)	Deformazione angolare massima ammissibile calcolata per tre punti allineati e connessi della fondazioni di una struttura
1	strutture massicce di notevole rigidezza rispetto agli assi orizzontale, con fondazioni massicce in calcestruzzo non armato o fondazioni cellulari o graticci rigidi in calcestruzzo armato.	15 - 20	Le differenze massimi tra i cedimenti dei vari punti della struttura non dovrebbero causare inclinazioni della fondazioni maggiori di 1/100 - 1/200 del rapporto tra la dimensione minore in pianta della fondazione e l'altezza della struttura.
2	strutture isostatiche con giunti e cerniere e strutture in legno.	10 - 15	1/100 - 1/200
3	strutture iperstatiche in acciaio e strutture portanti in laterizio con cordoli in cementi armati ad ogni piano, con fondazioni continue in cemento armato e con pareti trasversali con almeno 25 cm di spessore con interassi minori di 6 m e strutture a telaio in calcestruzzo armato con le colonne ad interassi minori di 6 m, con fondazioni continue o a platea.	8 - 10	1/200 - 1/300
4	strutture della classe 3, ma che non soddisfano una della condizioni imposte e strutture in cemento armato con fondazioni a plinti.	6 - 8	1/300 - 1/500
5	strutture prefabbricate costituite da grandi pareti o elementi a blocchi.	5 - 6	1/500 - 1/700

Comune Massa Lombarda
Via Via Caduti del Lavoro
Localita' Fruges zona industriale
Committente BIENERGY SRL
Data 10/02/2021

VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Modulo Edometrico M secondo Benassi

Modulo Elastico E secondo Autori Vari



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

Profondità Z sotto
piano di posa fondazione

Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 1 (daN/cm²)	Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 2 (daN/cm²)	Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 3 (daN/cm²)	Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 4 (daN/cm²)	Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 5 (daN/cm²)	Modulo Edometrico M Modulo Elastico E CPT 6 (daN/cm²)	Rapporto di tensione λ_p (Steinbrenner 1934) verticale per una pianta rettangolare di 2,5 x 8 m
E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	E Autori Vari M Benassi M Autori Vari M Kulhawy & Maine	angolo pianta flessibile centro pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida

Profondità Z sotto
piano di posa fondazione

Cedimento (cm) CPT 1 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile edometrico pianta rigida (M+E) 4,53 cm totale pianta rigida (M+E) 5,33 cm	Cedimento (cm) CPT 2 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida totale pianta rigida (M+E) 5,33 cm	Cedimento (cm) CPT 3 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida totale pianta rigida (M+E) 4,84 cm	Cedimento (cm) CPT 4 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida totale pianta rigida (M+E) 4,88 cm	Cedimento (cm) CPT 5 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida totale pianta rigida (M+E) 4,76 cm	Cedimento (cm) CPT 6 con carico effettivo di 0,725 daN/cm² elastico pianta rigida angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida totale pianta rigida (M+E) 4,54 cm
1,15 cm 1,42 cm 3,63 cm 3,39 cm	1,34 cm 1,67 cm 4,29 cm 3,98 cm	1,23 cm 1,53 cm 3,88 cm 3,6 cm	1,24 cm 1,56 cm 3,91 cm 3,64 cm	1,21 cm 1,45 cm 3,82 cm 3,56 cm	1,14 cm 1,46 cm 3,67 cm 3,4 cm

CALCOLO DEI CEDIMENTI

Larghezza fondazione (b)	2.50 m
Lunghezza fondazione (l)	8.00 m
Carico applicato	0.800 daN/cm²

PROVA A 1

Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	1.15 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.39 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	4.53 cm

PROVA B 2

Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	1.34 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.99 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	5.33 cm

PROVA C 3

Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	0.80 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.61 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	4.84 cm

PROVA D 4

Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	1.24 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.64 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	4.88 cm

PROVA E 5

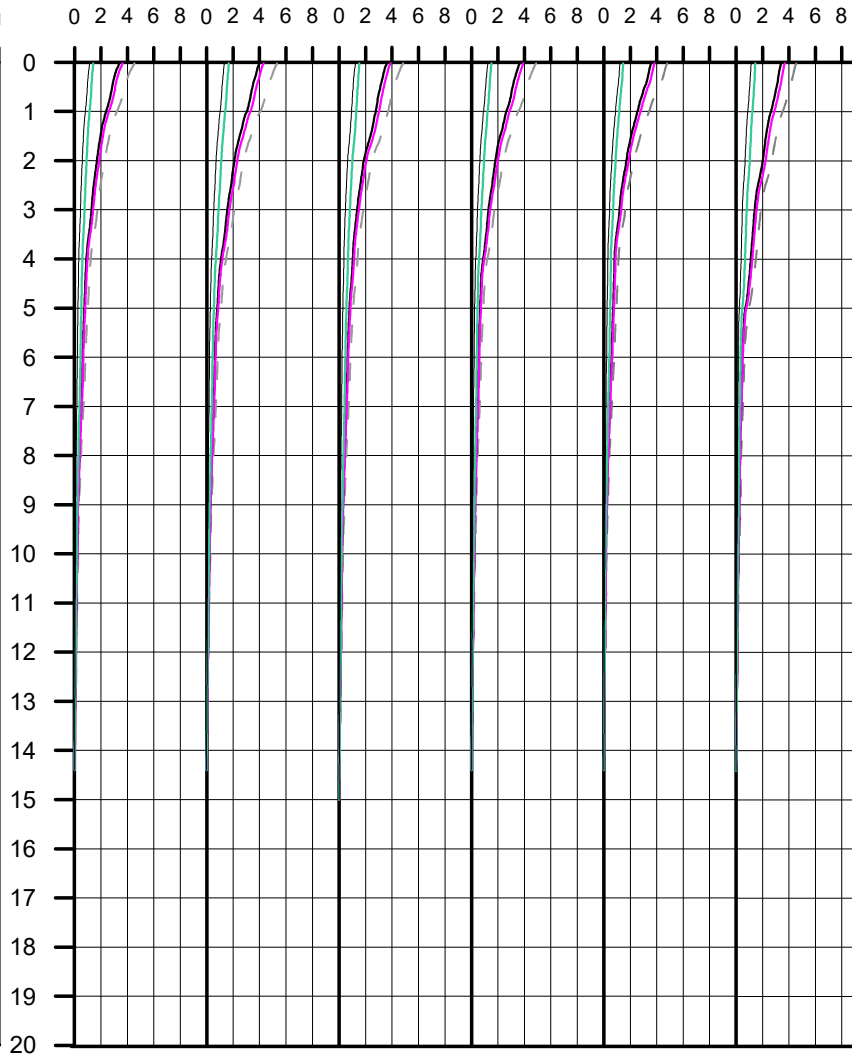
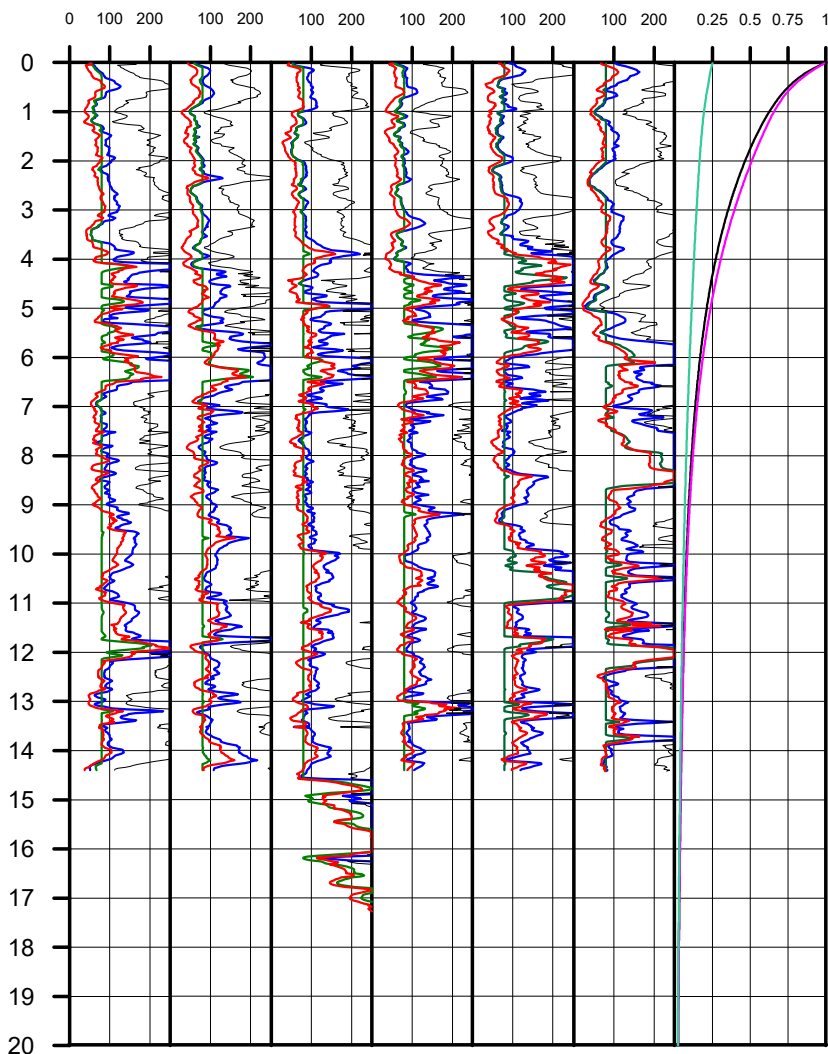
Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	1.21 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.56 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	4.78 cm

PROVA F 6

Profondità fondazione	0.50 m
Densità terreno sopra la fondazione	1500 daN/cm²
Applicare detrazione per terreno asportato	si
Carico effettivo sulle fondazione	0.725 daN/cm²

Cedimenti per pianta rigida Elastici	1.14 cm
Cedimenti per pianta rigida Edometrici	3.40 cm
Cedimenti per pianta rigida Totale	4.54 cm



MASSALOMBARDA FRUGES VIACADUTI DEL LAVORO, BIENERGY SRL T1

Instrument: TEN-0017/01-07

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 10/02/21 15:33:59 End recording: 10/02/21 16:09:39

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h35'36". Analyzed 66% trace (manual window selection)

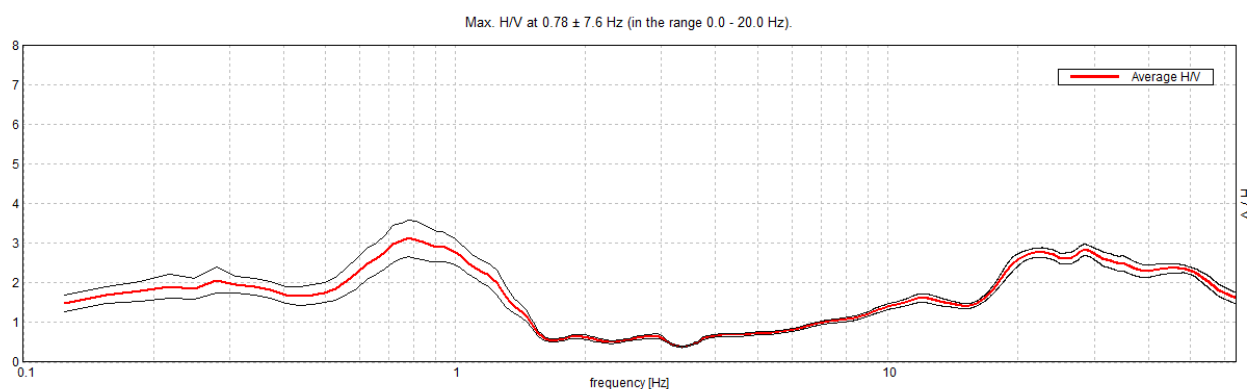
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

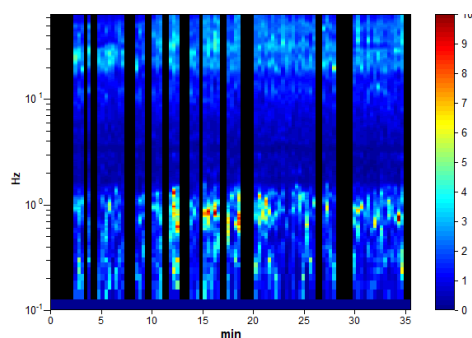
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

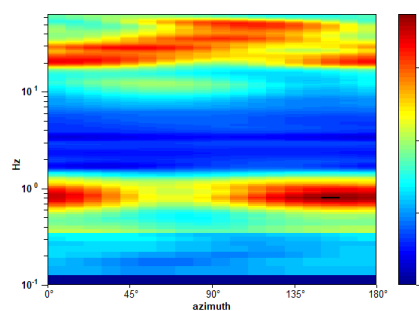
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



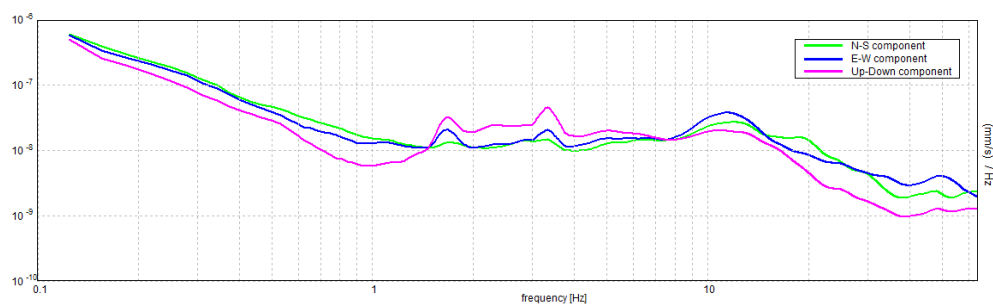
H/V TIME HISTORY



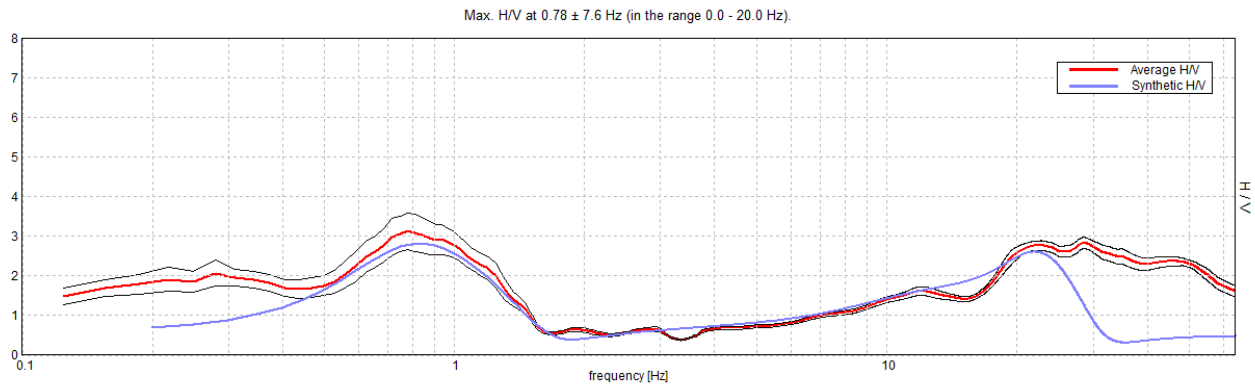
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

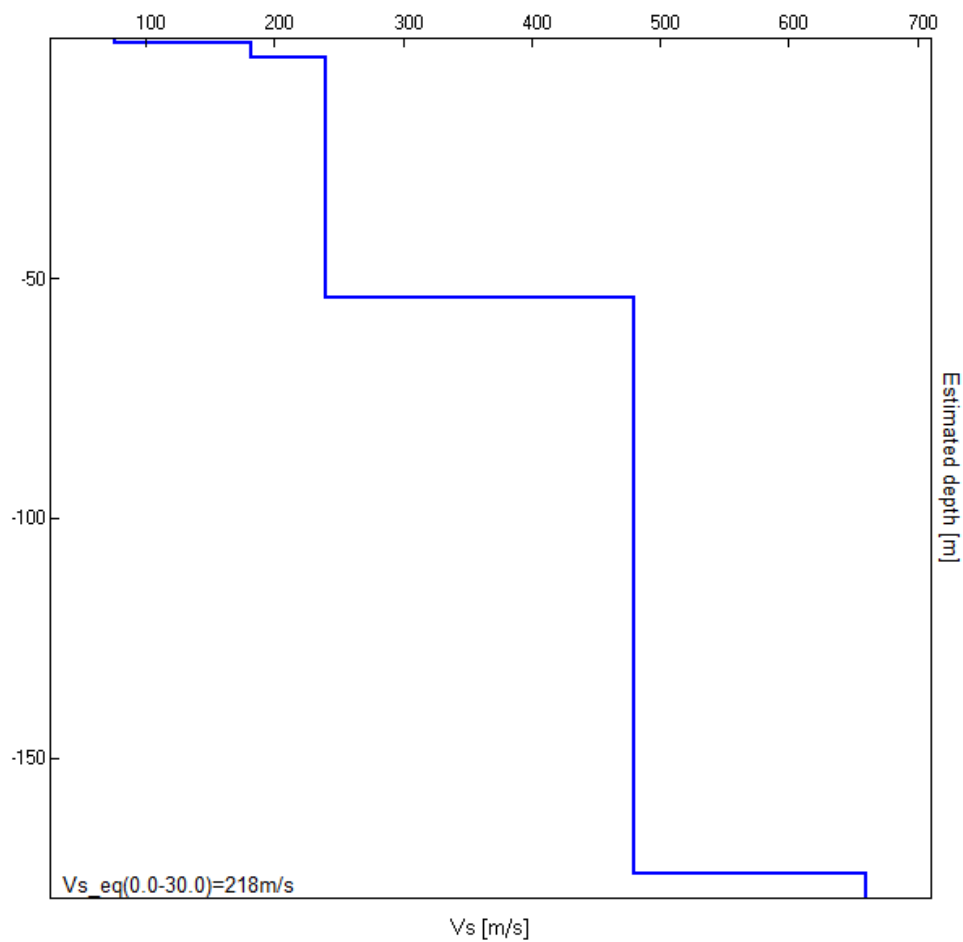


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	76	0.35
4.10	3.20	182	0.40
54.10	50.00	240	0.40
174.10	120.00	480	0.40
inf.	inf.	660	0.40

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=218\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.78 ± 7.6 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1093.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 38 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.12 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 9.72438 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$7.59717 < 0.11719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4631 < 2.0$	OK	

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

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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