



*Discarica per rifiuti non pericolosi di
Finale Emilia (MO)*



Valutazione di impatto ambientale

L.R. 9/99 come integrata ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO
Ottimizzazione dell'area tecnologica esistente con
adeguamento della capacità volumetrica

**INTEGRAZIONI ALLA
RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA**

Approvato	R. Superbi		
Controllato	C. Faraone		
Redatto	Geoprogetti S.r.l.		
Rev.	00	Data	15/06/2016
Cod. Doc.		Scala	



GEOPROGETTI S.r.l.
Via Genova 1/8
41036 MEDOLLA
Tel:0535/47170 -Fax:0535/49364
email:geoprogettisrl@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E SISTEMI DI TUTELA INTEGRANTE IL CAPITOLO 6 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA	2
3. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA SUPERFICIALE E PROFONDA DI DETTAGLIO DEL COMPARTO DI ESPANSIONE SUD INTEGRANTE IL CAPITOLO 9 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA.....	2
3.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed elettrica.....	5
3.1.1. Sequenze stratigrafiche da prove penetrometriche.....	6
3.2. Sondaggi geognostici.....	15
3.2.1. Sequenze stratigrafiche da sondaggi geognostici.....	17
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA COMPARTO SUD E DEFINIZIONE CEDIMENTI INTEGRANTE IL CAPITOLO 17 E 18 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA	56
4.1 Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate	59
4.2 Parametri geotecnici in condizioni drenate	60
4.3 Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate e drenate	60
4.4 Parametri di compressibilità in condizione edometrica	62
5. DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI AREA DI COMPLETAMENTO SUD INTEGRANTE IL CAPITOLO 13 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA	73
5.1. Prove in sito di tipo Lefranc nei fori di sondaggio	73
5.2. Prove di permeabilità in sito di dissipazione delle pressioni interstiziali durante l'esecuzione delle prove CPTU	83
5.3. Prove di permeabilità in laboratorio mediante cella edometrica.....	87
5.4. Analisi risultati prove di permeabilità.....	88
6. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO INTEGRANTE IL CAPITOLO 15 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA	90
6.1. Analisi del sottosuolo in sismica passiva multicanale ESAC e a stazione singola HVSR e mediante sismica attiva multicanale MASW.....	90
6.2. Picco stratigrafico caratteristico.....	91
6.3. Modello sismico del sottosuolo	93
7. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE INTEGRANTE IL CAPITOLO 16 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA.....	96
7.1. Analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello.....	96
7.2. Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito	106
7.3. Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica.....	185
8. CONSIDERAZIONI SULLE VERIFICHE DI STABILITA' ESEGUITE NEL CAPITOLO 19 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA	191
9. CONCLUSIONI	197

1. PREMESSA

La presente relazione integra la relazione geologica e sismica presentata nell'ottobre 2015 e risponde alle richieste ARPAE del 23/03/2016 relativamente agli aspetti geologici – geotecnici e sismici per il progetto di ottimizzazione dell'area tecnologica della discarica esistente, con ampliamento della volumetria, in Comune di Finale Emilia in Via Canaletto –Via Rovere.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E SISTEMI DI TUTELA INTEGRANTE IL CAPITOLO 6 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

Si riporta in allegato Carta Geomorfologica in scala 1:5.000 della zona relativa all'impianto tecnologico e aree adiacenti, con base cartografica CTR 1:5.000 (All. n.13).

Essa va ad integrare la medesima carta inserita nella originaria relazione geologica fornendo un maggiore dettaglio.

3. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA SUPERFICIALE E PROFONDA DI DETTAGLIO DEL COMPARTO DI ESPANSIONE SUD INTEGRANTE IL CAPITOLO 9 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

La relazione geologica geotecnica e sismica presentata nell'ottobre 2015 ha considerato gli aspetti litostratigrafici, geotecnici e sismici dell'attuale area tecnologica esistente e di aree di nuova acquisizione al fine di sfruttare tutta la potenzialità del sito.

Le indagini geognostiche e sismiche sulle quali sono state eseguite le analisi e lo studio sono ubicate nell'impianto esistente e nell'area di ampliamento sita nel settore ovest.

Considerata l'omogeneità litostratigrafica dell'intera zona si è ipotizzata nella relazione dell'ottobre 2015 una continuità litologica della stratigrafia anche nel settore sud.

A verifica di quanto considerato, si è scelto di eseguire, **nell'ottobre 2015**, delle indagini geognostiche in sito e delle prove sismiche nel settore sud per avere conferma delle conclusioni geotecniche e sismiche dello studio e analizzare in dettaglio la situazione litostratigrafica del comparto sud mai indagato.

Le indagini eseguite nel settore sud nell'Ottobre 2015, sono state integrate con ulteriori indagini geognostiche in sito, **nel Maggio 2016**, al fine di ottemperare alle richieste ARPAE del Marzo 2016.

Per caratterizzare in dettaglio la litologia e la stratigrafia superficiale e profonda dei terreni presenti dell'area sud di completamento sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n. 5 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo spinti a – 15 m dal p.c.;
- n. 8 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo spinti a – 10 m dal p.c.;
- n. 4 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU di cui 3 spinte alla profondità di – 20 m dal p.c. e 1 spinta alla quota di – 30 m dal p.c.;
- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT spinte alla quota di – 20 m dal p.c.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite sulla zona di completamento sud e anche l'ubicazione delle indagini considerate nello studio presentato nell'ottobre 2015 per avere un quadro completo di tutte le indagini eseguite nell'area tecnologica oggetto di studio.



Fig.1. Ubicazione indagini eseguite nella zona di completamento Sud

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

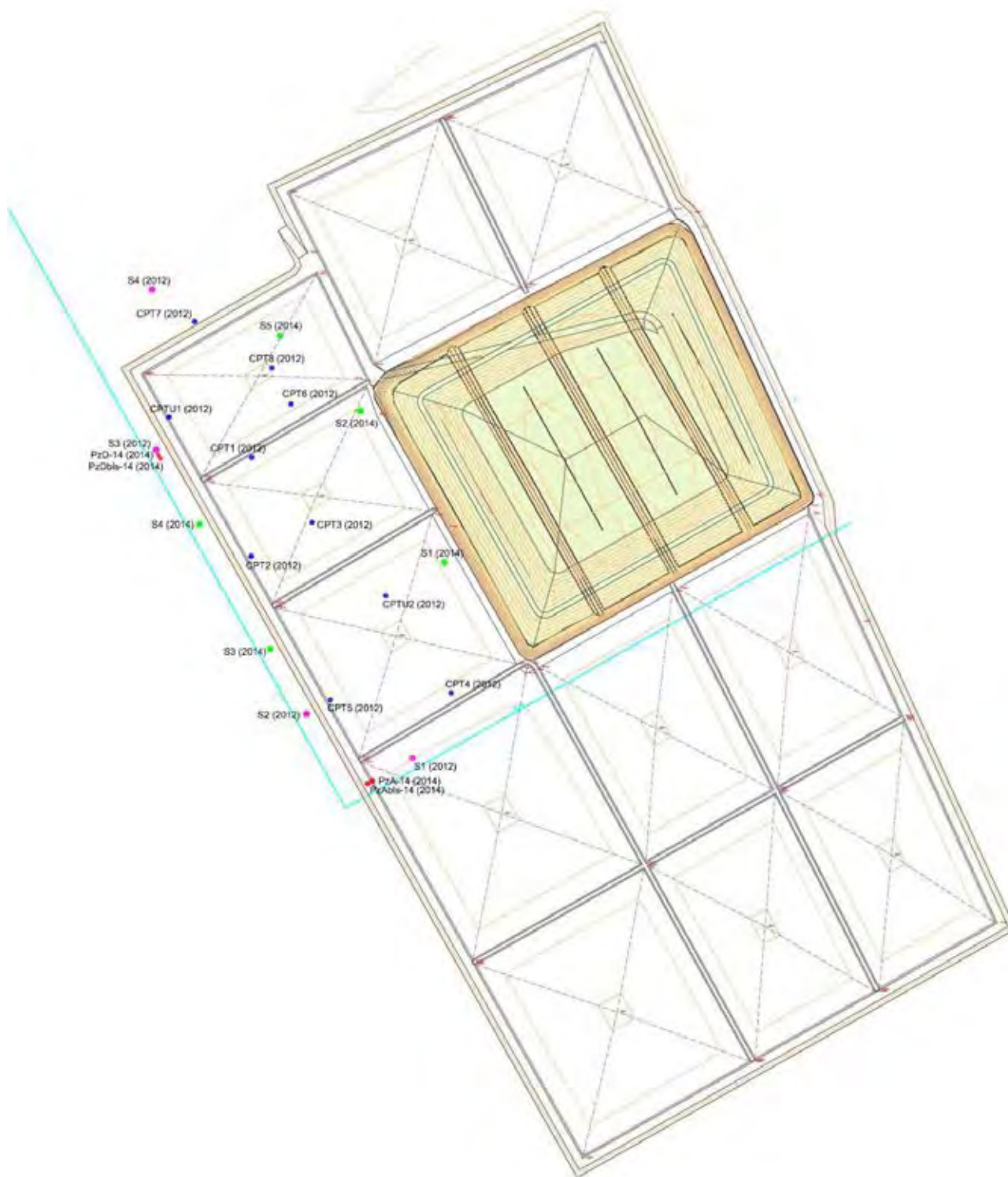


Fig.2. Ubicazione indagini nella zona di completamento Ovest considerate nello studio presentato nell'Ottobre 2015

3.1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed elettrica

Le sei prove penetrometriche statiche sono state realizzate in data 24-26/10/2015 dal Laboratorio Geoprogetti Srl di Medolla. Quattro prove sono penetrometriche statiche elettriche CPTU e due prove sono penetrometriche statiche meccaniche CPT. Tutte le prove sono state spinte a - 20.00 m dal p.c. tranne la CPTU n. 5 che è stata spinta a - 30 m dal p.c.

L'attrezzatura della prova penetrometrica statica elettrica è costituita da un dispositivo di spinta da 30 tonnellate che agisce sulla batteria di aste cave da 36 mm. di diametro e lunghezza 1 m., all'estremità inferiore delle quali è avvitata la punta fissa.

Le punte elettriche hanno la caratteristica di contenere le celle di carico che misurano separatamente la resistenza alla punta, q_c e l'attrito laterale locale f_s .

I sensori sono estensimetri (strain-gauge) incollati.

La punta è munita di elemento poroso per la misura delle pressioni neutre nel corso della prova.

Sopra la punta ed il manicotto è installato un inclinometro per il rilievo continuo dell'inclinazione rispetto alla verticale.

L'attrezzatura per C.P.T.U. è installata su penetrometro statico autocarrato Fiat Iveco 80/16, trazione 4 x 4; con potenza di spinta pari a 30 Tonnellate (26 T. alla penetrazione, 30 T. in fase di estrazione).

La cella del piezocono viene saturata ad ogni prova mediante una soluzione di grasso, non necessita di prefiori per raggiungere la falda, in quanto la punta non si desatura attraversando terreni non sotto falda.

Ad ogni prova viene effettuato l'azzeramento iniziale ed automatico delle celle pressiometriche connesse alle letture di punta, friction e pressione atmosferica (Zero ch1 - ch2 - ch3) e finali a termine prova; ciò consente di valutare il perfetto funzionamento di tutte le apparecchiature connesse alla punta e della punta stessa.

Ogni 2 cm. di infissione vengono rilevati i valori di q_c resistenza alla punta, f_s attrito laterale e della pp pressione interstiziale e il valore di deviazione dalla verticale.

Nei grafici MEMOCONE allegati in calce alla relazione vengono evidenziati:

q_c = il valore della resistenza alla punta in Mpa,

f_s = il valore dell'attrito laterale f_s in Mpa,

ratio = il rapporto ($f_s/q_c \times 100$) (numero puro)

p.p. = la pressione interstiziale dei pori in Mpa, lo zero è posto a 0.1 Mpa (pressione atmosferica), con una linea viene indicato l'aumento della pressione dell'acqua con la profondità

degr = la deviazione dalla verticale in gradi.

Le prove con punta meccanica sono state realizzate con un penetrometro statico da 300 KN dotato di punta meccanica " jacket friction cone " in cui l'avanzamento automatico è regolato da centraline elettroniche.

La prova penetrometrica statica consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta.

L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di ± 5 mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

punta conica meccanica $\phi = 35.7$ mm - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10$ cm²

manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7$ mm. – h = 133 mm. – sup.lat. $A_m = 150$ cm²

le aste sono doppie: una cava $\phi = 36$ mm. e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

la resistenza alla punta q_c in MPa

la resistenza laterale locale f_s in MPa

la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).

In allegato (All. n.2) vengono riportati i diagrammi delle prove CPTU e CPT.

3.1.1. Sequenze stratigrafiche da prove penetrometriche

La sequenza litologica corrispondente alla **CPTU n. 1** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.40 m: argilla compatta sovraconsolidata ;

Da – 1.40 a – 2.00 m: argilla limosa mediamente compatta;

Da – 2.00 a – 4.60 m: argilla soffice con resti organici, livelli di argilla fortemente organica tra – 2.40 e – 3.40 m;

Da – 4.60 a – 6.00 m: argilla limosa mediamente consistente;

Da – 6.00 a – 7.00 m: limo argilloso compatto;

Da – 7.00 a – 9.00: sabbia limosa da sciolta a poco addensata;

Da – 9.00 a – 16.40 m: sabbia media – fine mediamente addensata;

Da – 16.40 a – 20.00 m sabbia media – grossa addensata.

.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

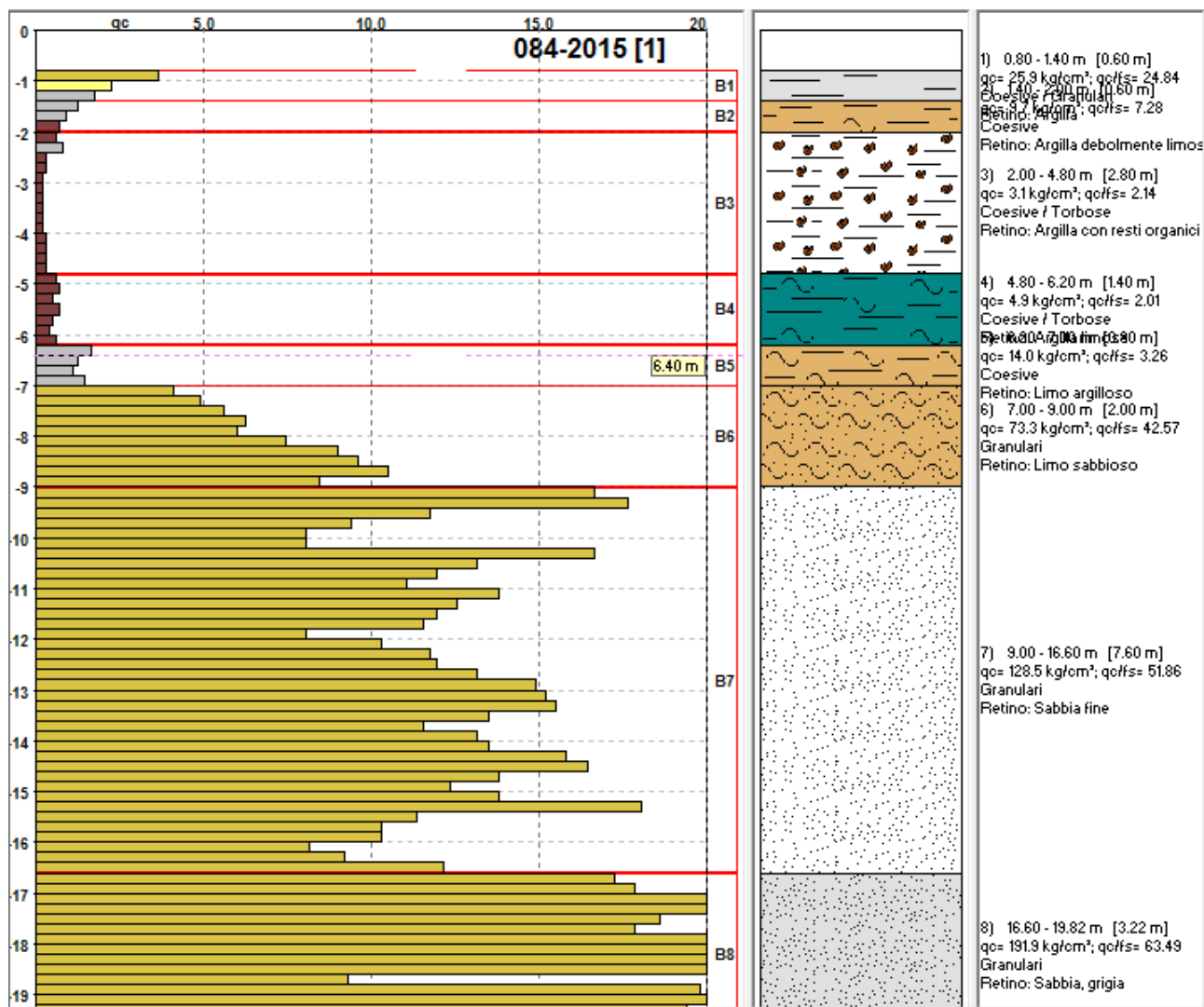


Fig.3. Sequenza stratigrafica CPTU n. 1.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

La sequenza litologica corrispondente alla **CPTU n. 2** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.40 m: argilla compatta sovraconsolidata;

Da – 1.40 a – 2.40 m: argilla debolmente limosa compatta;

Da – 2.40 a – 4.20 m: argilla soffice con resti organici;

Da – 4.20 a – 5.80 m: argilla limosa mediamente consistente;

Da – 5.80 a – 6.60 m: limo sabbioso-argilloso sciolto;

Da – 6.60 a – 7.60: sabbia limosa sciolta;

Da – 7.60 a – 13.40 m: sabbia media – fine mediamente addensata;

Da – 13.40 a – 20.00 m sabbia media – grossa addensata.

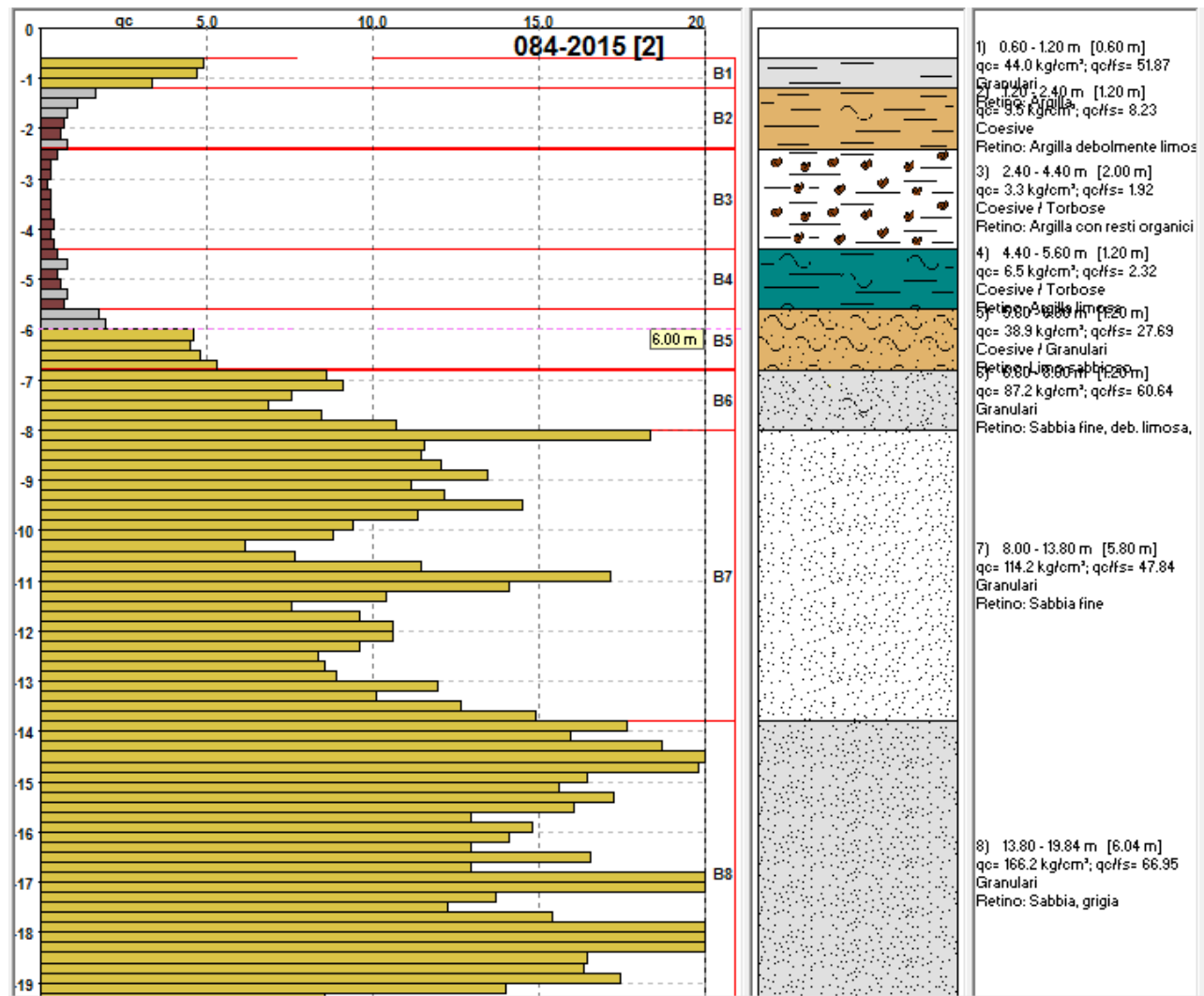


Fig.4. Sequenza stratigrafica CPTU n. 2.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

La sequenza litologica corrispondente alla **CPT n. 3** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.20 m: argilla compatta sovraconsolidata;

Da – 1.20 a – 2.40 m: argilla debolmente limosa compatta;

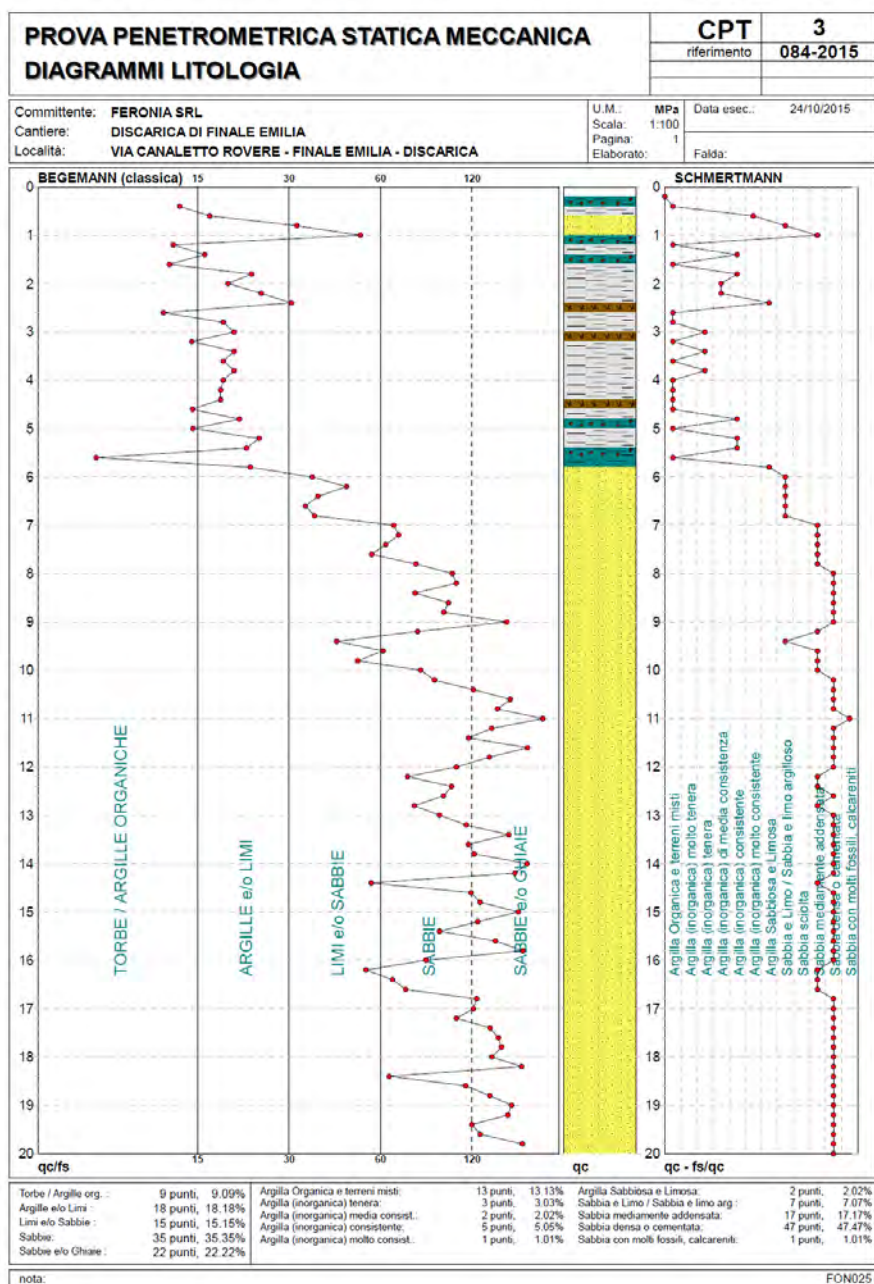
Da – 2.40 a – 4.20 m: argilla soffice con resti organici, livello di argilla fortemente organica tra – 2.80 e – 3.80 m;

Da – 4.20 a – 5.40 m: argilla limosa consistente;

Da – 5.40 a – 8.40 m: sabbia limosa sciolta;

Da – 8.40 a – 18.00 m: sabbia media – fine mediamente addensata;

Da – 18.00 a – 20.00 m sabbia media – grossa addensata.



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

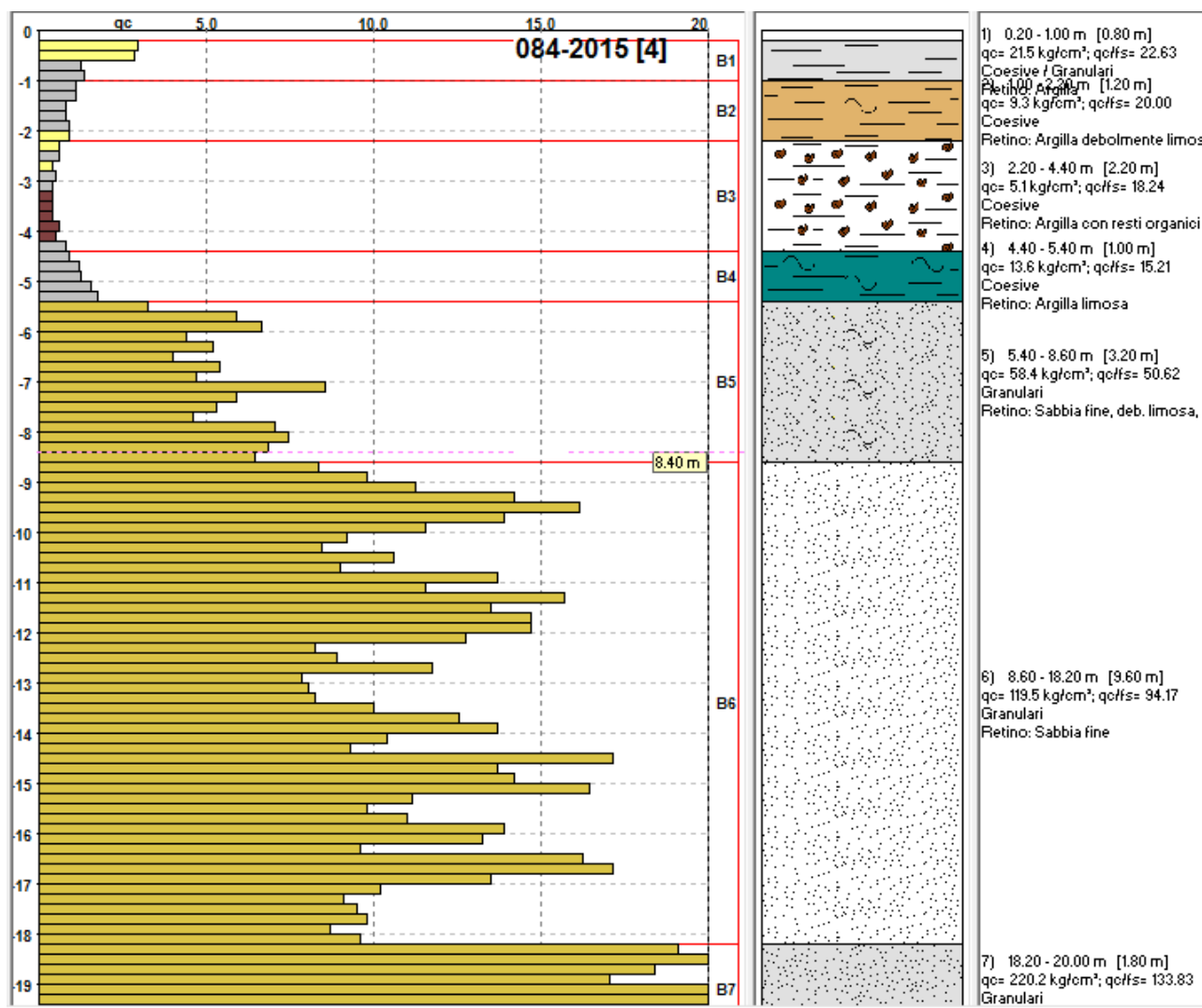


Fig.5. Sequenza stratigrafica CPT n. 3.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

La sequenza litologica corrispondente alla **CPT n. 4** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.20 m: argilla compatta sovraconsolidata;

Da – 1.20 a – 2.20 m: argilla debolmente limosa compatta;

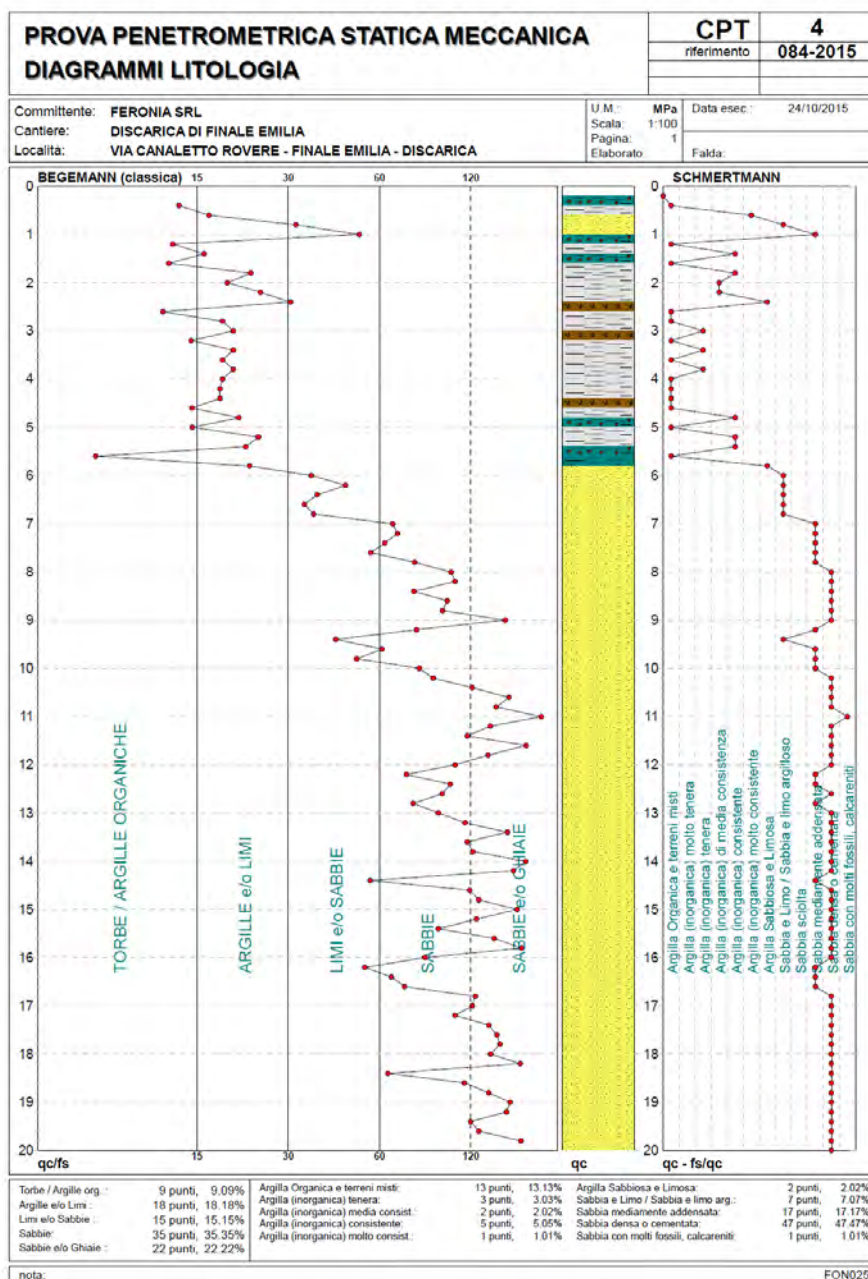
Da – 2.20 a – 4.40 m: argilla soffice con resti organici, livello di argilla fortemente organica tra – 2.80 e – 3.80 m;

Da – 4.40 a – 5.60 m: argilla limosa consistente;

Da – 5.60 a – 7.80 m: sabbia limosa sciolta;

Da – 7.80 a – 16.80 m: sabbia media – fine mediamente addensata;

Da – 16.80 a – 20.00 m sabbia media – grossa addensata.



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

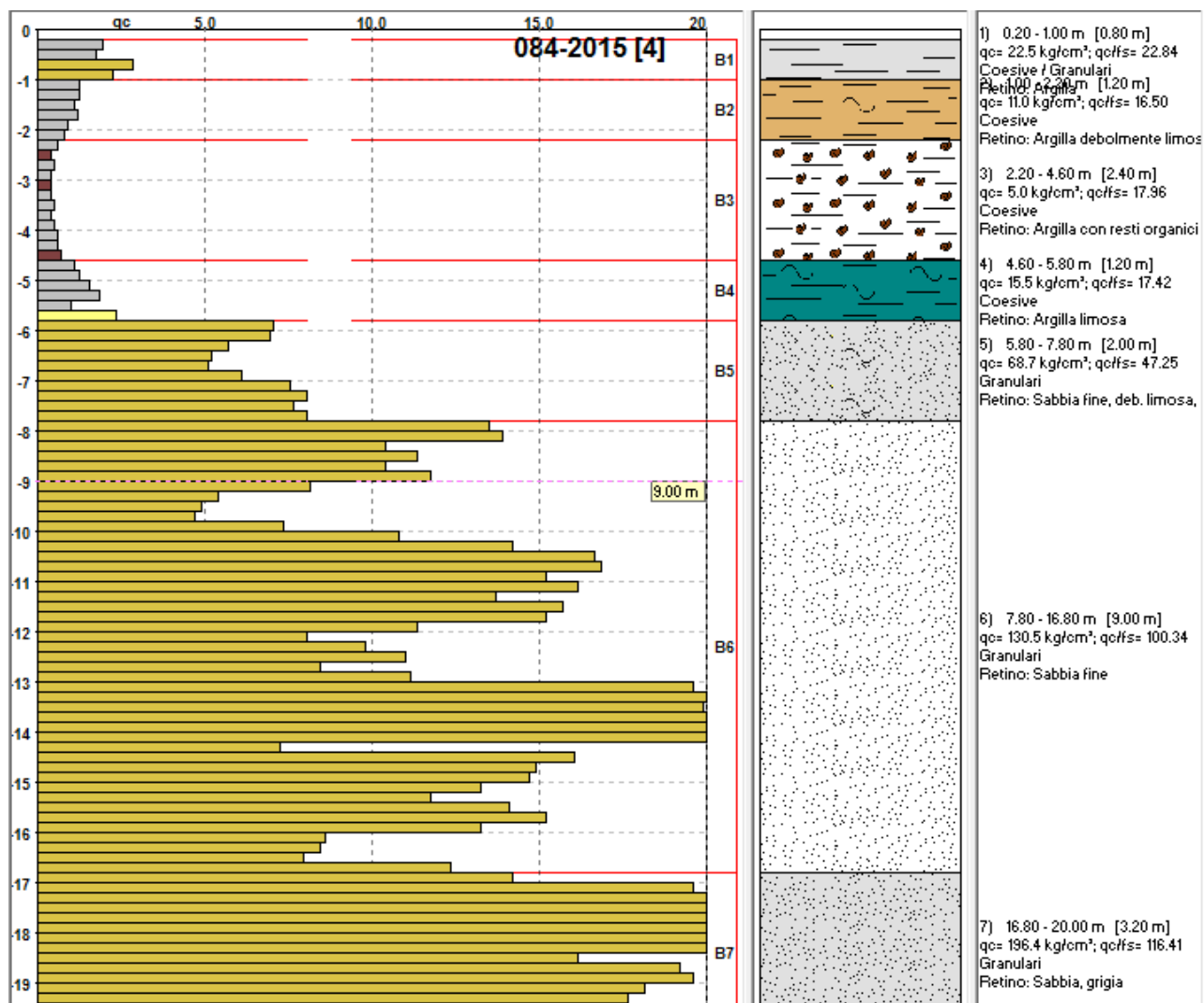


Fig.6. Sequenza stratigrafica CPT n. 4.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

La sequenza litologica corrispondente alla **CPTU n. 5** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.80 m: argilla compatta sovraconsolidata;

Da – 1.80 a – 3.20 m: argilla limosa mediamente consistente;

Da – 3.20 a – 5.20 m: argilla soffice con resti organici, livello di argilla fortemente organica tra – 3.20 e – 4.20 m;

Da – 5.20 a – 6.00 m: argilla limosa poco consistente;

Da – 6.00 a – 8.00 m: limo argilloso compatto;

Da – 8.00 a – 9.00 m: sabbia limosa sciolta;

Da – 9.00 a – 13.80 m: sabbia media – fine mediamente addensata;

Da – 13.80 a – 30.00 m sabbia media – grossa addensata.

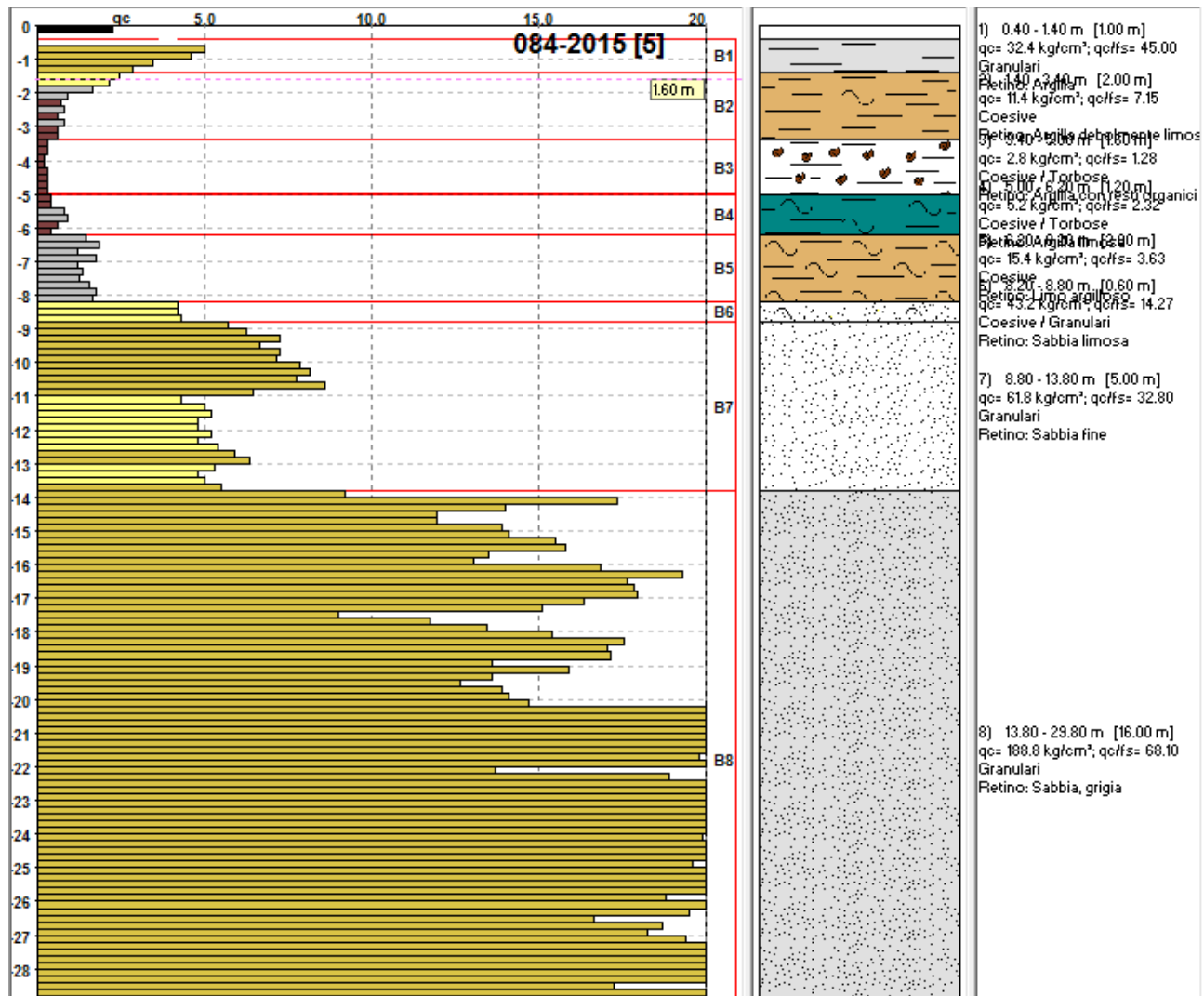


Fig.7. Sequenza stratigrafica CPTU n. 5.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

La sequenza litologica corrispondente alla **CPTU n. 6** evidenzia.

Da 0.00 a – 1.80 m: argilla compatta sovraconsolidata;

Da – 1.80 a – 2.60 m: argilla limosa mediamente compatta;

Da – 2.60 a – 4.60 m argilla soffice con resti organici, livello di argilla fortemente organica tra – 2.60 e – 3.00 m;

Da – 4.60 a – 5.60 m: argilla mediamente consistente;

Da – 5.60 a – 8.00 m: limo argilloso compatto;

Da – 8.00 a – 9.40 m: sabbia limosa sciolta;

Da – 9.40 a – 13.60 m sabbia fine - media da poco a mediamente addensata;

Da – 13.60 a – 20.00 m sabbia media – grossa addensata.

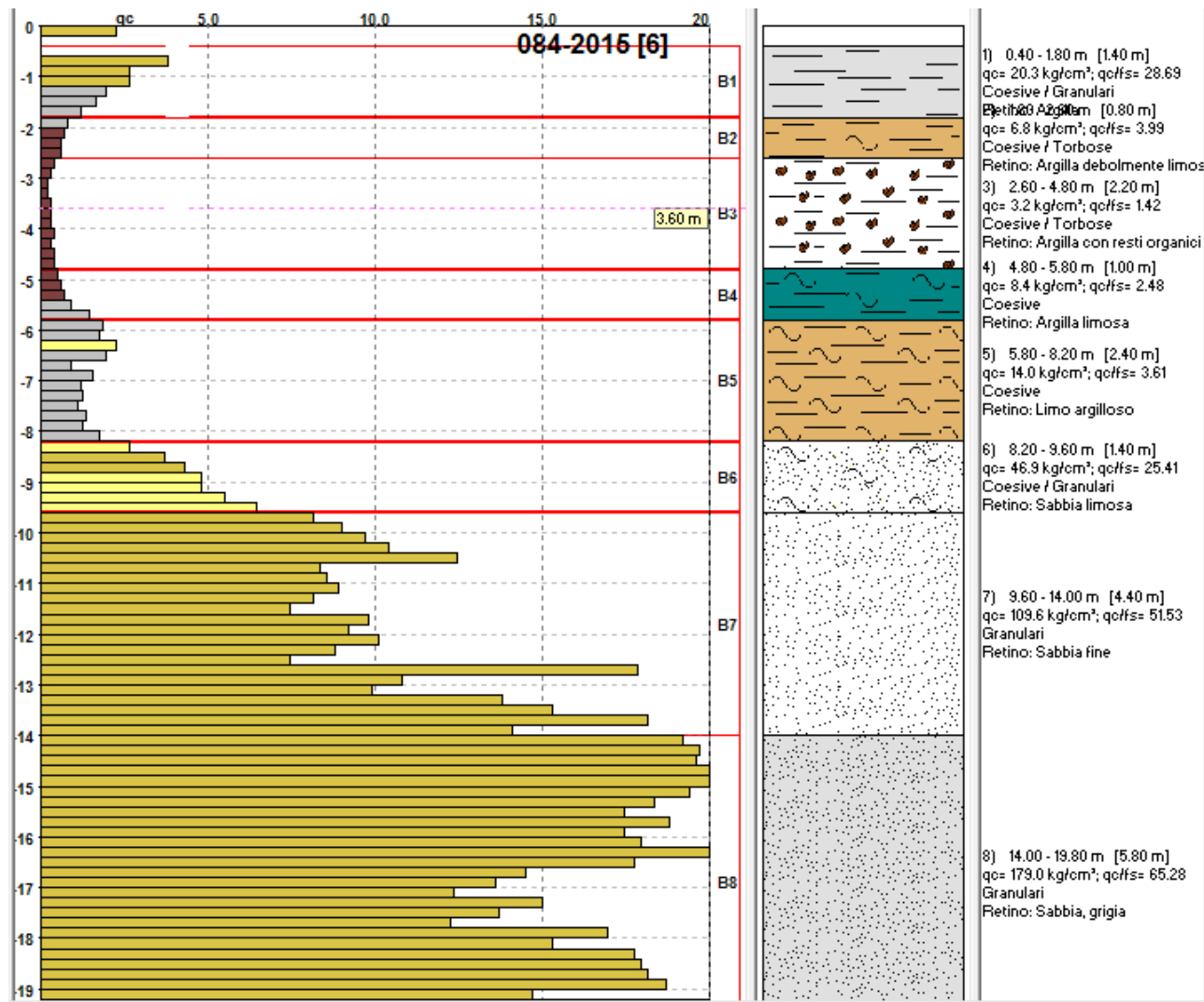


Fig.8. Sequenza stratigrafica CPTU n. 6.

3.2. Sondaggi geognostici

I 13 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio eseguiti per dettagliare la litologia superficiale e profonda del sito di ampliamento sud e prelevare campioni indisturbati e rimaneggiati da analizzare in laboratorio per caratterizzare le terre, sono stati realizzati in data 16-17/11/2015 e dal 23/05/2016 al 31/05/2016 dal Laboratorio Geoprogetti Srl di Medolla.

I sondaggi n. 3-6-8-11 e 13 hanno raggiunto la profondità di - 15.00 m. gli altri 8 sono stati spinti alla profondità di - 10.00 m dal p.c.

Tutti i sondaggi sono stati eseguiti con sonda cingolata tipo TECNOTUNELL TS 80 (di larghezza pari a 1.650 m e lunghezza pari a 2.230 m) azionata da motore diesel da 86 Kw con gruppo morsa doppio a trasmissione idraulica e argano di servizio da 1.000 Kg.

La perforazione è stata realizzata a rotazione e carotaggio continuo con carotieri semplici del diametro $\phi = 101$ mm. e rivestimento del diametro $\phi = 113$ mm.

Durante l'esecuzione della perforazione è stato necessario assicurare la stabilità delle pareti e del fondo del foro mediante tubi di rivestimento provvisorio che seguono l'avanzamento dell'utensile di perforazione.

Perforazioni poco profonde al di sopra del livello della falda, in terre coerenti o in rocce possono essere stabili senza ricorso a particolare cautela; in tutti gli altri casi è indispensabile ricorrere ad adeguati metodi di stabilizzazione.

Le carote, una volta estratte sono state posizionate in cassette catalogatrici in PVC divise per metri e dotate di coperchio di protezione.

Le cassette sono e rimarranno in giacenza presso il Laboratorio Geoprogetti Srl, in Comune di Medolla in via Duca D'Este n. 6, per un periodo di 6 mesi per eventuali controlli da parte della Committenza.

Sui bordi e sul coperchio di chiusura delle cassette sono stati indicati mediante apposita targhetta il committente, il cantiere, la data d'esecuzione sondaggio e i metri campionati.

Nei rapporti di prova allegati alla relazione (All. n. 3) vengono indicati tutti i dati necessari per una esatta catalogazione e un riconoscimento immediato del cantiere di esecuzione prove:

- Committente,
- Cantiere,
- Data di accettazione prove,
- Periodo di esecuzione,
- N. sondaggio,
- Quota piano di inizio perforazione,
- Attrezzatura utilizzata,
- Metodo di perforazione,
- Percentuale di carotaggio e dati descrittivi dell'attrezzatura in foro.

Nella scheda tecnica viene indicata:

- La profondità raggiunta dalla perforazione e dal rivestimento,
- I diametri e il tipo di carotiere e di rivestimento.

La descrizione stratigrafica delle litologie riscontrate è conforme a quanto richiesto dalle normative A.G.I.

In base alla profondità di perforazione vengono riportate in simbologia i disegni litologici, i valori ottenuti dalle misure speditive di resistenza, eseguite con il pocket penetrometer e con lo scissometro tascabile torvane.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.9. Sonda Tecnotunell TS80 utilizzata per i sondaggi geognostici

3.2.1. Sequenze stratigrafiche da sondaggi geognostici

Dall'analisi stratigrafica dei terreni carotati si riscontra la presenza dei seguenti litotipi:
SONDAGGIO n.1

Da m 0.00 a m – 2.20: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA.

Da m – 2.20 a m – 4.40: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI TORBOSI

Da m – 4.40 a m – 6.00: ARGILLA POCO CONSISTENTE.

Da m – 6.00 a m – 7.70: ARGILLA LIMOSA POCO COMPATTA CON RARI LIVELLI LIMO-SABBIOSI

Da m – 7.70 a m – 10.00: SABBIA DA LIMOSA A DEBOLMENTE LIMOSA FINE.

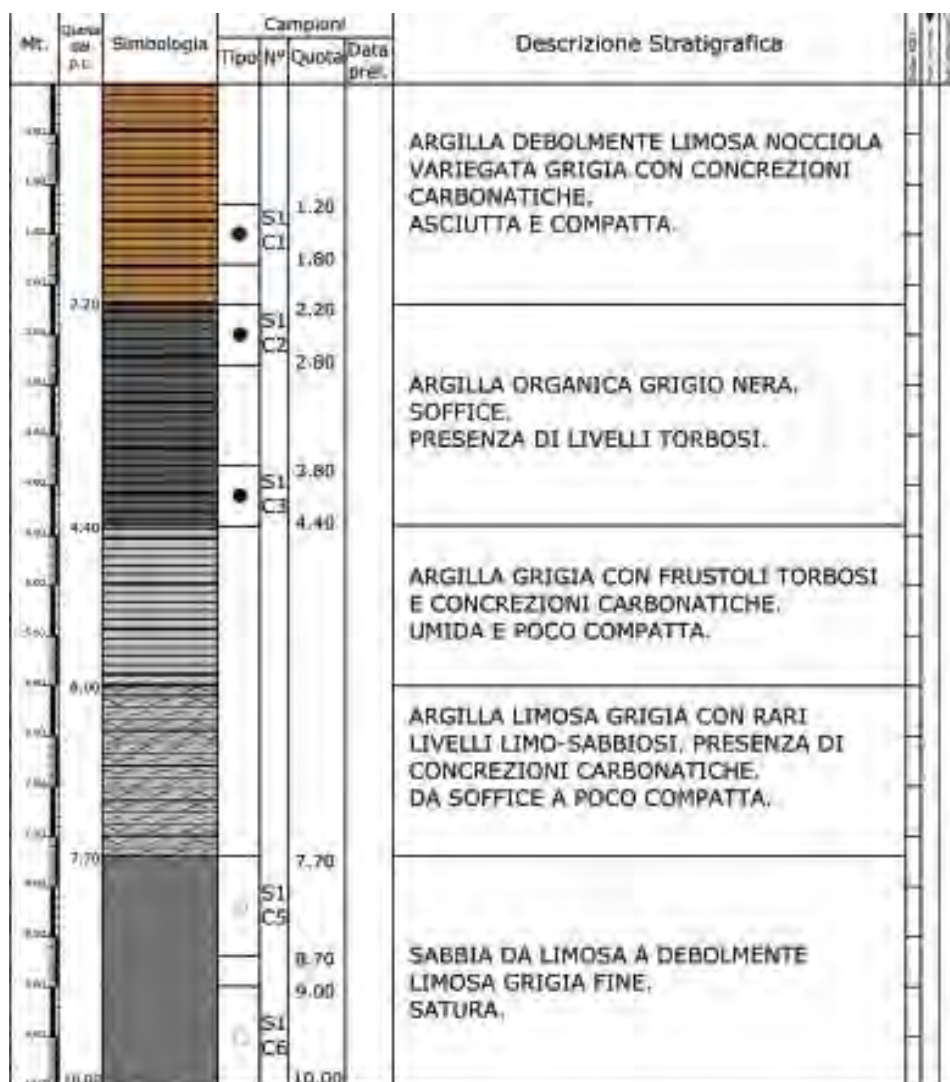


Fig.10. Sequenza stratigrafica S1



Fig.11. S1 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.12. S1 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.2

Da m 0.00 a m – 1.80: ARGILLA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m – 1.80 a m – 3.20: ARGILLA SENSIBILMENTE ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI TORBOSI DA – 2.10 A – 2.20 m DA – 2.50 m A – 2.60 m E DA – 3.00 m A – 3.20 m.

Da m – 3.20 a m – 5.50: ARGILLA GRIGIA CON FRUSTOLI TORBOSI POCO COMPATTA, LIMOSA NELLA PARTE TERMINALE.

Da m – 5.50 a m – 7.20: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA , SCIOLTA E SATURA,

Da m – 7.20 a m – 8.40: LIMO ARGILLOSO GRIGIO CON LIVELLI LIMO SABBIOSI SCIOLTI DA SOFFICE A POCO COMPATTO, UMIDO,

Da m – 8.40 a m – 9.80: SABBIA LIMOSA FINE UMIDA

Da m - 9.80 a m –10.00: SABBIA MEDIO-FINE SCIOLTA

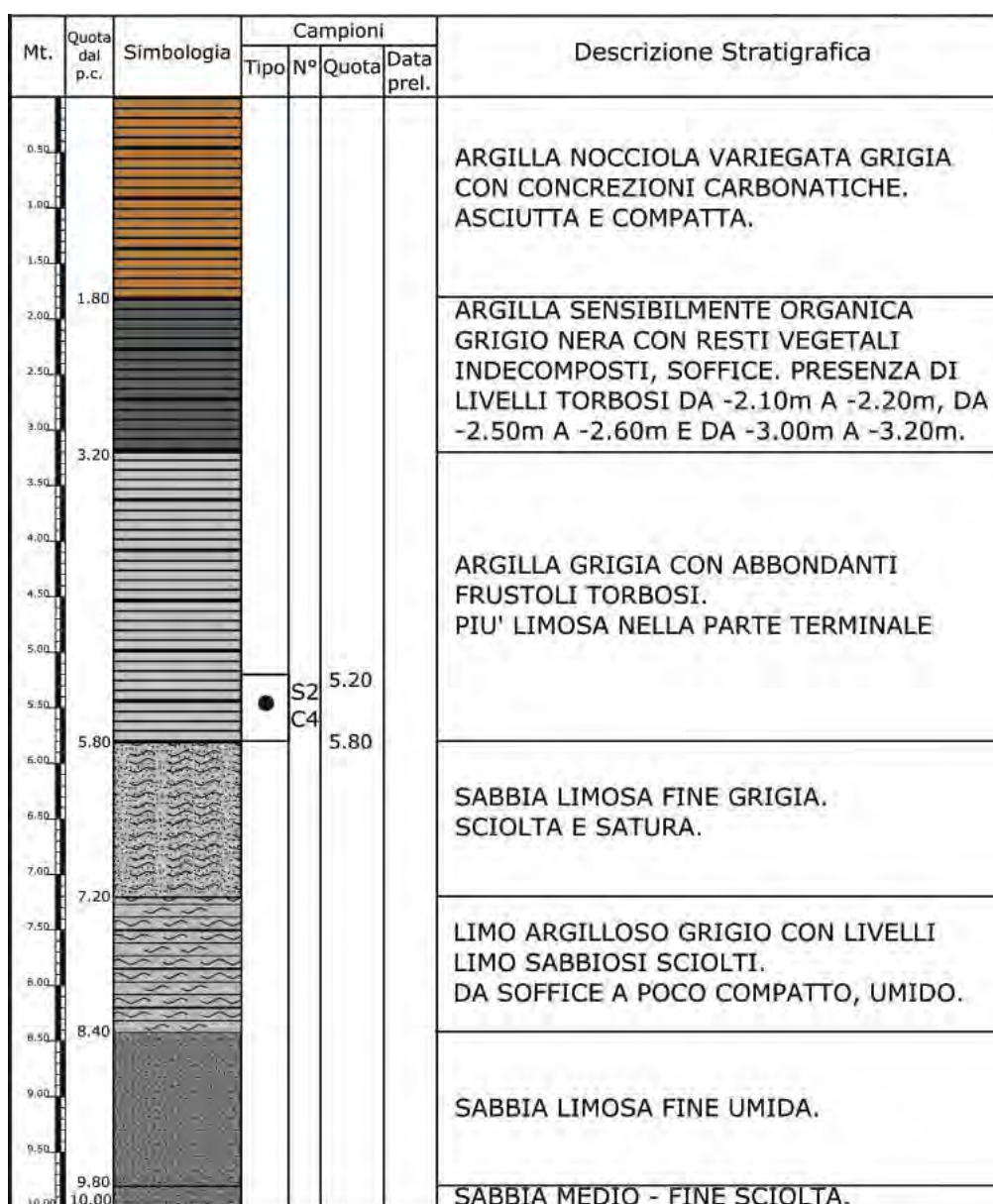


Fig.13. Sequenza stratigrafica S2

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.14. S2 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.15. S2 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.3

Da m 0.00 a m - 2.00: ARGILLA NOCCIOLA-GRIGIA DEBOLMENTE LIMOSA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.00 a m - 3.50: ARGILLA SENSIBILMENTE ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI TORBOSI DA - 2.70 A - 2.90 m

Da m - 3.50 a m - 8.70: ARGILLA GRIGIA CON RARI FRUSTOLI TORBOSI DA POCO A MEDIAMENTE COMPATTA.

Da m - 8.70 a m - 9.80: LIMO SABBIOSO E ARGILLOSO GRIGIO UMIDO E PLASTICO ,

Da m - 9.80 a m - 10.00: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA,

Da m - 10.00 a m -15.00: SABBIA MEDIO-FINE SCIOLTA

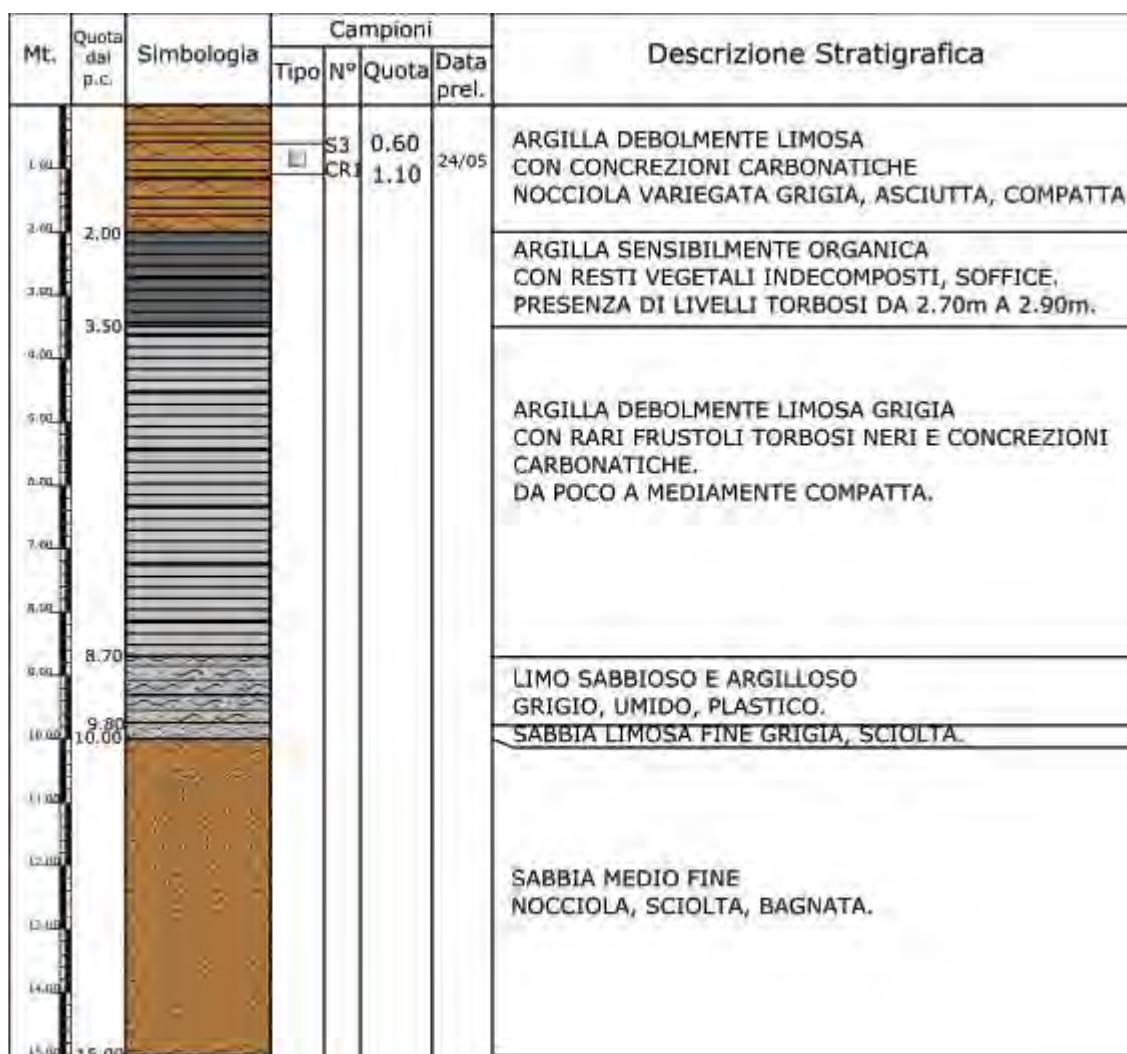


Fig.16. Sequenza stratigrafica S3

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.17. S3 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.18. S3 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.



Fig.19. S3 Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.4

Da m 0.00 a m - 2.20: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.20 a m - 3.80: ARGILLA SENSIBILMENTE ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI TORBOSI DA - 2.50 A - 2.70 m DA m - 2.80 a m - 3.00, DA -3.30 A -3.50 m e DA -3.60 A -3.80 m.

Da m - 3.80 a m -10.00: ARGILLA GRIGIA CON RARI FRUSTOLI TORBOSI NELLA PARTE ALTA DA SOFFICE A COMPATTA.

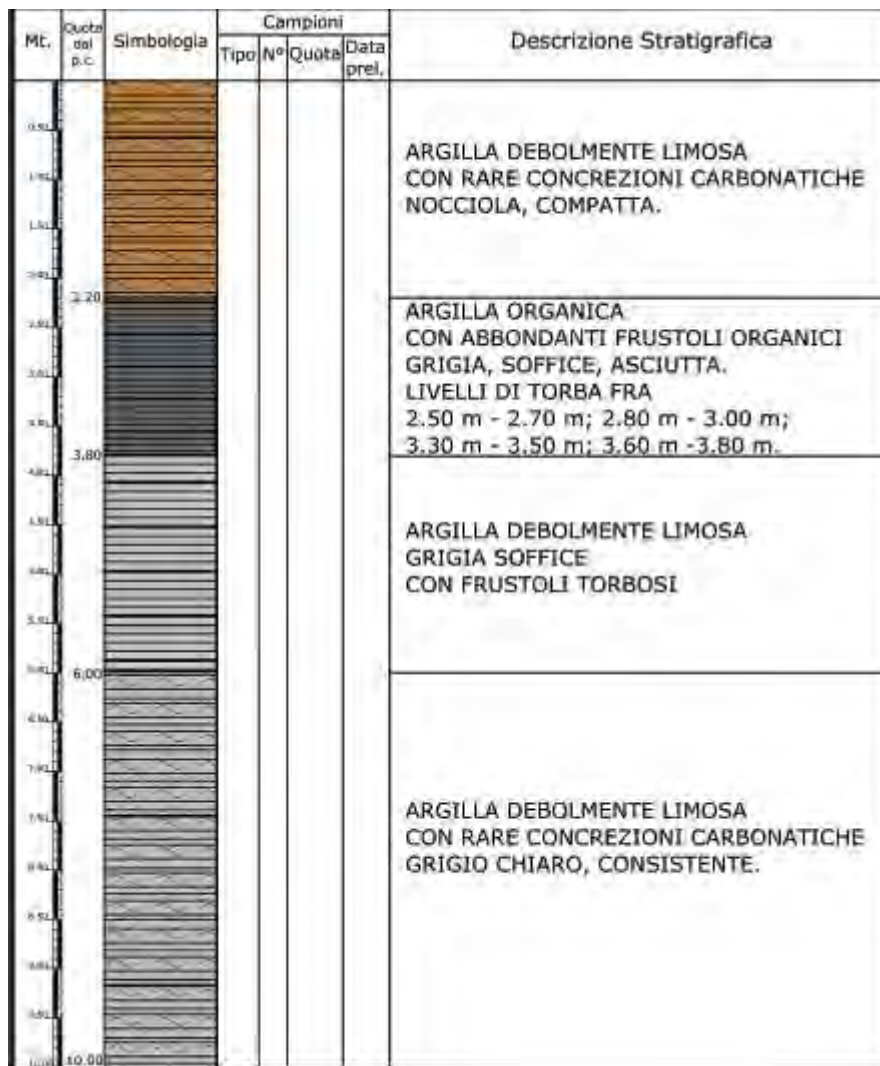


Fig.20. Sequenza stratigrafica S4

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.21. S4 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.22. S4 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.5

Da m 0.00 a m - 2.00: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.00 a m - 3.90: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE.

Da m - 3.90 a m - 9.40: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA CON RARI FRUSTOLI TORBOSI NELLA PARTE ALTA DA SOFFICE A COMPATTA.

Da m - 9.40 a m - 10.00: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA .

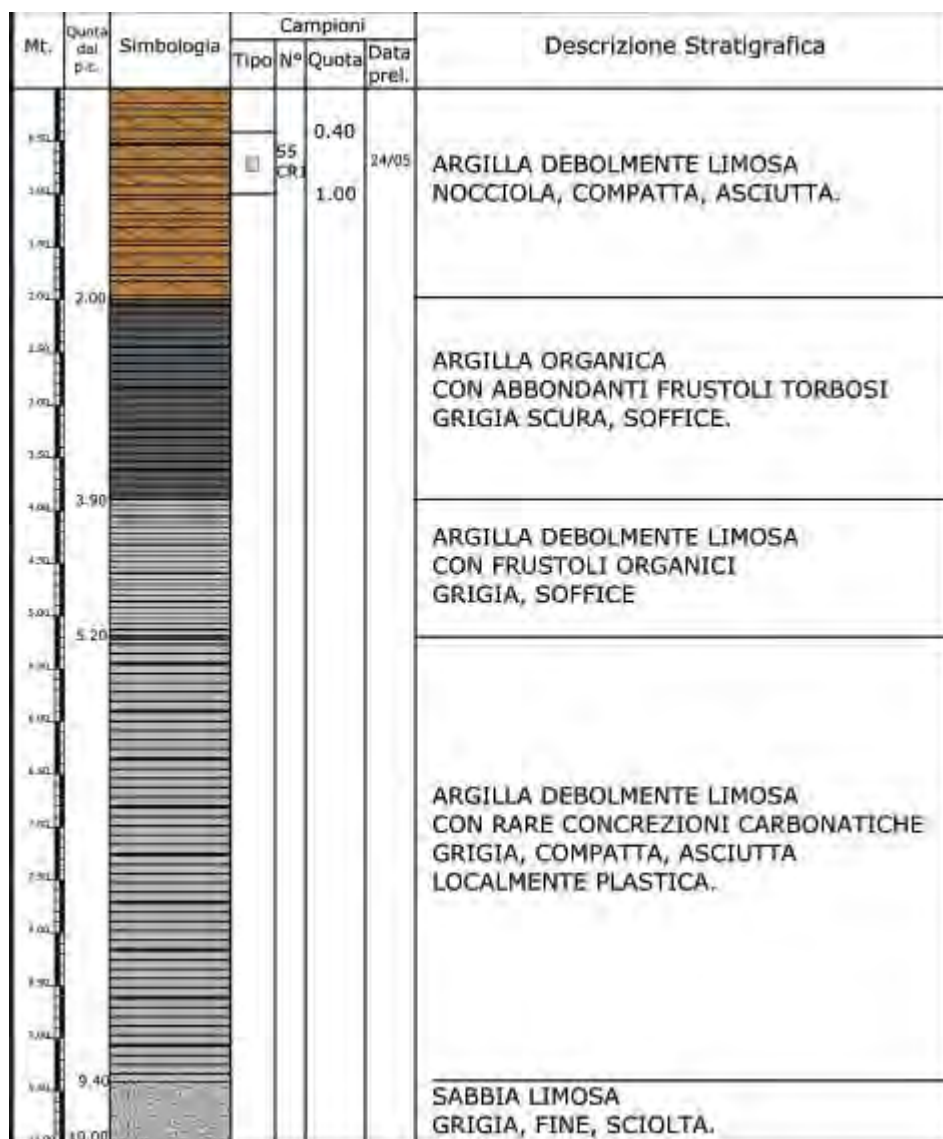


Fig.23. Sequenza stratigrafica S5

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.24. S5 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.25. S5 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.6

Da m 0.00 a m - 1.80: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 1.80 a m - 4.00: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da - 1.80 A -2.00 m E DA - 2.50 A - 2.70 m.

Da m - 4.00 a m - 8.90: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA CON RARI FRUSTOLI TORBOSI NELLA PARTE ALTA DA SOFFICE A MEDIAMENTE COMPATTA.

Da m - 8.90 a m - 9.30: LIMO SABBIOSO SCIOLTO GRIGIO .

Da m - 9.30 a m -11.30: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA .

Da m - 11.30 a m -15.00: SABBIA FINE-MEDIA MEDIAMENTE ADDENSATE GRIGIA .

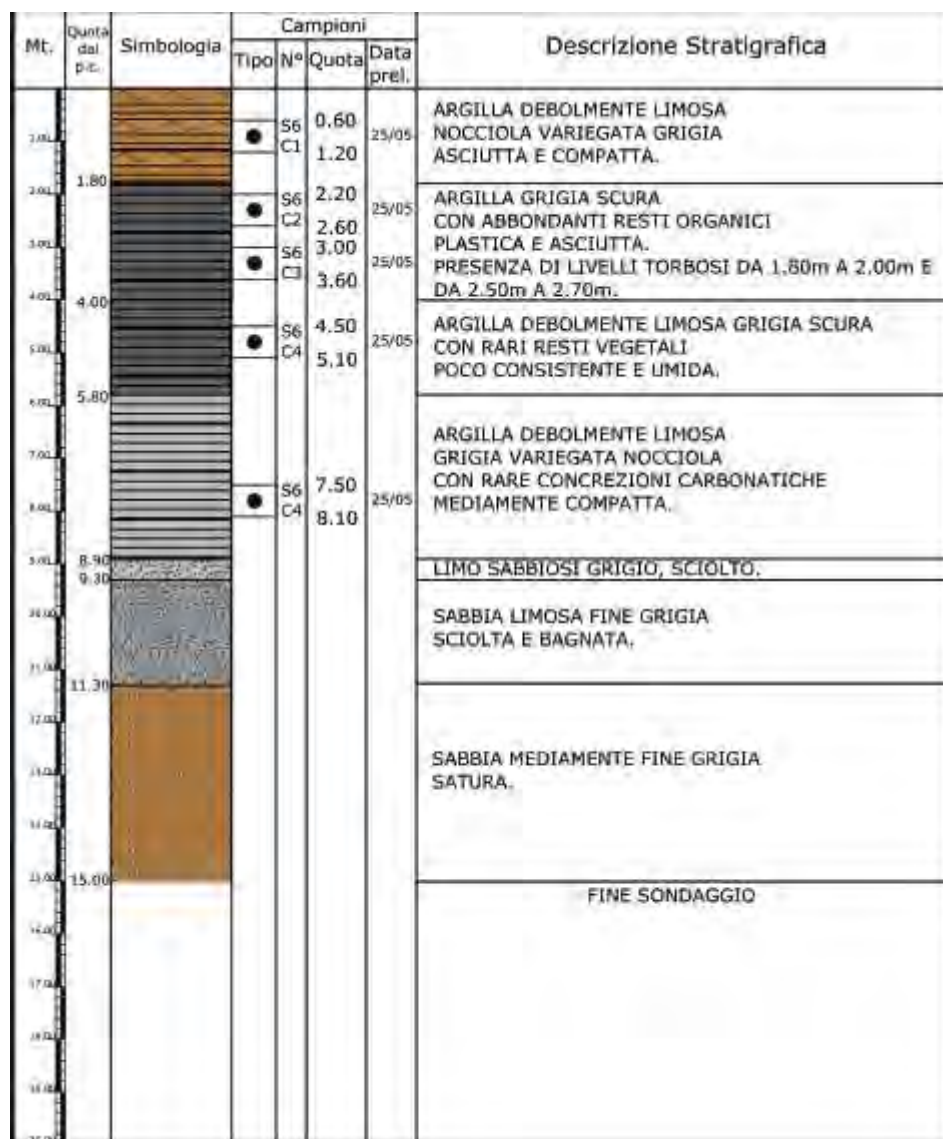


Fig.26. Sequenza stratigrafica S6

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.27. S6 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.28. S6 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.



Fig.29. S6 Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.7

Da m 0.00 a m - 2.00: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.00 a m - 4.00: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da - 3.60 A -3.80 m

Da m - 4.00 a m - 7.00: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA PASSANTE AD ARGILLA GRIGIA CON RARI FRUSTOLI TORBOSI NELLA PARTE ALTA DA SOFFICE A MEDIAMENTE COMPATTA.

Da m - 7.00 a m -9.20: SABBIA LIMOSA FINE CON LIVELLI DI LIMO SABBIOSO SCIOLTO GRIGIO .

Da m - 9.20 a m -10.00: SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA .

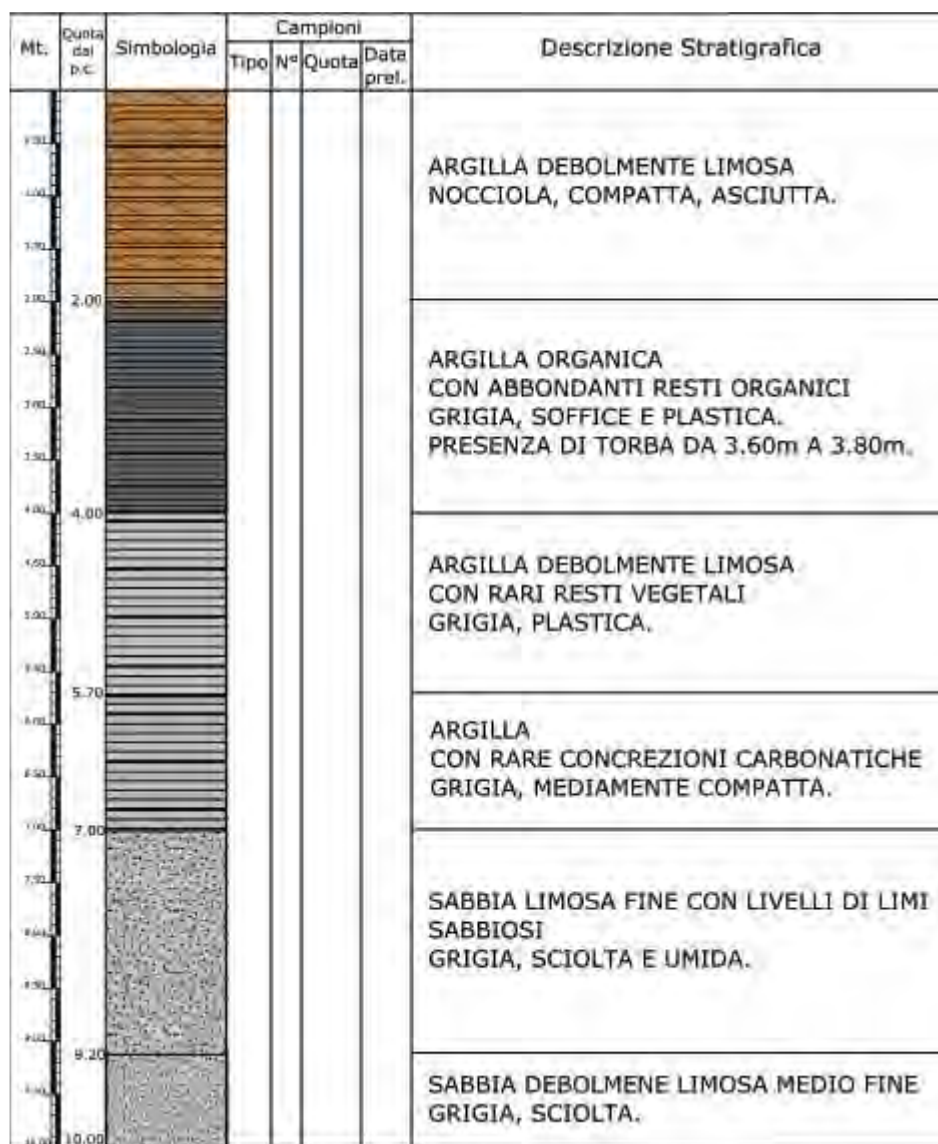


Fig.30. Sequenza stratigrafica S7



Fig.31. S7 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.32. S7 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.8

Da m 0.00 a m - 2.00: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.00 a m - 4.50: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, PLASTICA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da - 3.50 A -4.10 m E DA 4.20 A - 4.50 m

Da m - 4.50 a m - 8.90: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA VARIEGATA IN NOCCIOLA PASSANTE AD ARGILLA GRIGIA CON RARI LIVELLI LIMOSI MEDIAMENTE COMPATTA

Da m - 8.90 a m - 10.0: SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA FINE SCIOLTA E SATURA

Da m - 10.00 a m -15.00: SABBIA MEDIO- FINE CRIGIA SCIOLTA E SATURA.

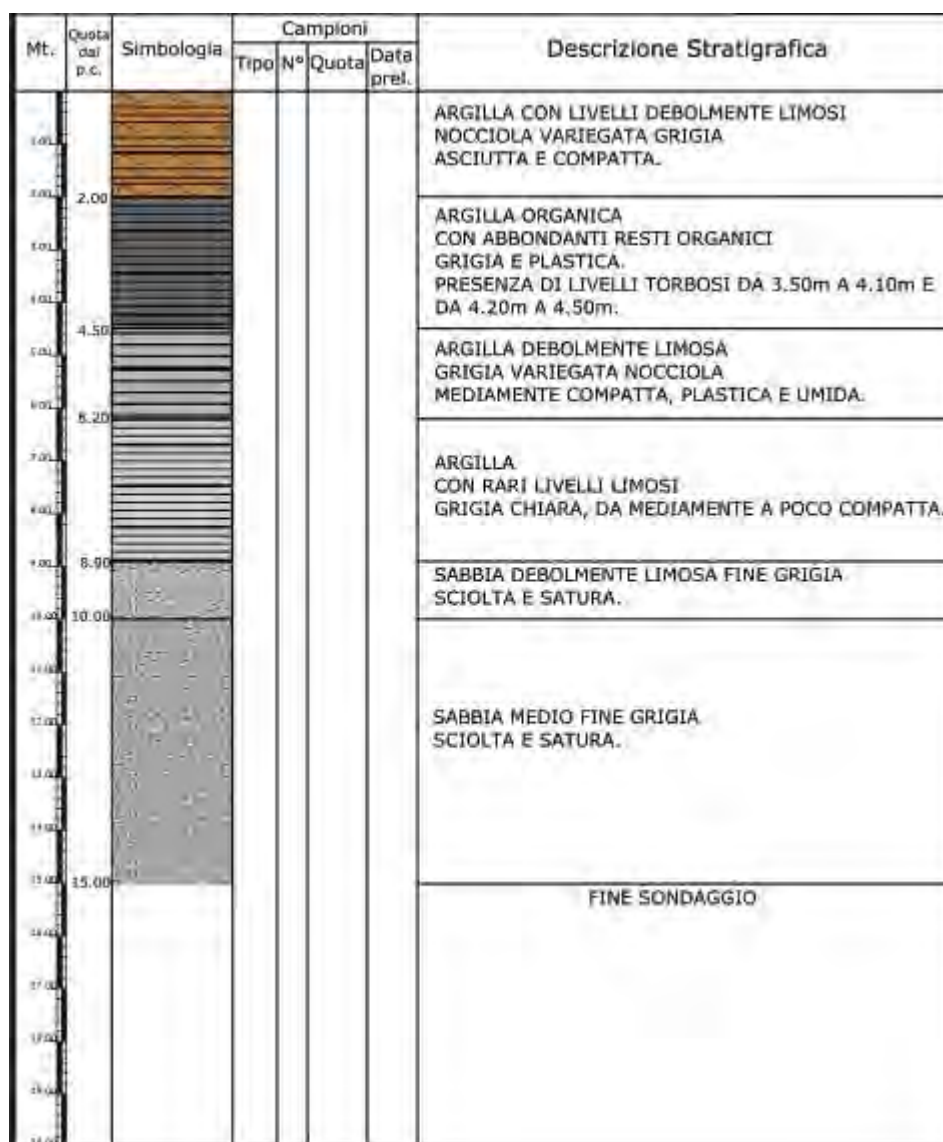


Fig.33. Sequenza stratigrafica S8



Fig.34. S8 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.35. S8 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.



Fig.36. S8 Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.9

Da m 0.00 a m – 1.90: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA COMPATTA E ASCIUTTA
 Da m – 1.90 a m – 4.20: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE E UMIDA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da – 2.40 A -2.90 m
 Da m – 4.20 a m – 8.10: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA SOFFICIE PASSANTE AD ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA MEDIAMENTE COMPATTA. PRESENZA DI RARI FRUSTOLI ORGANICI NELLA PARTE ALTA
 Da m – 8.10 a m - 10.0: LIMI SABBIOSI SCIOLTI ALTERNATI A LIVELLI DI LIMI ARGILLOSI, GRIGI E SATURI

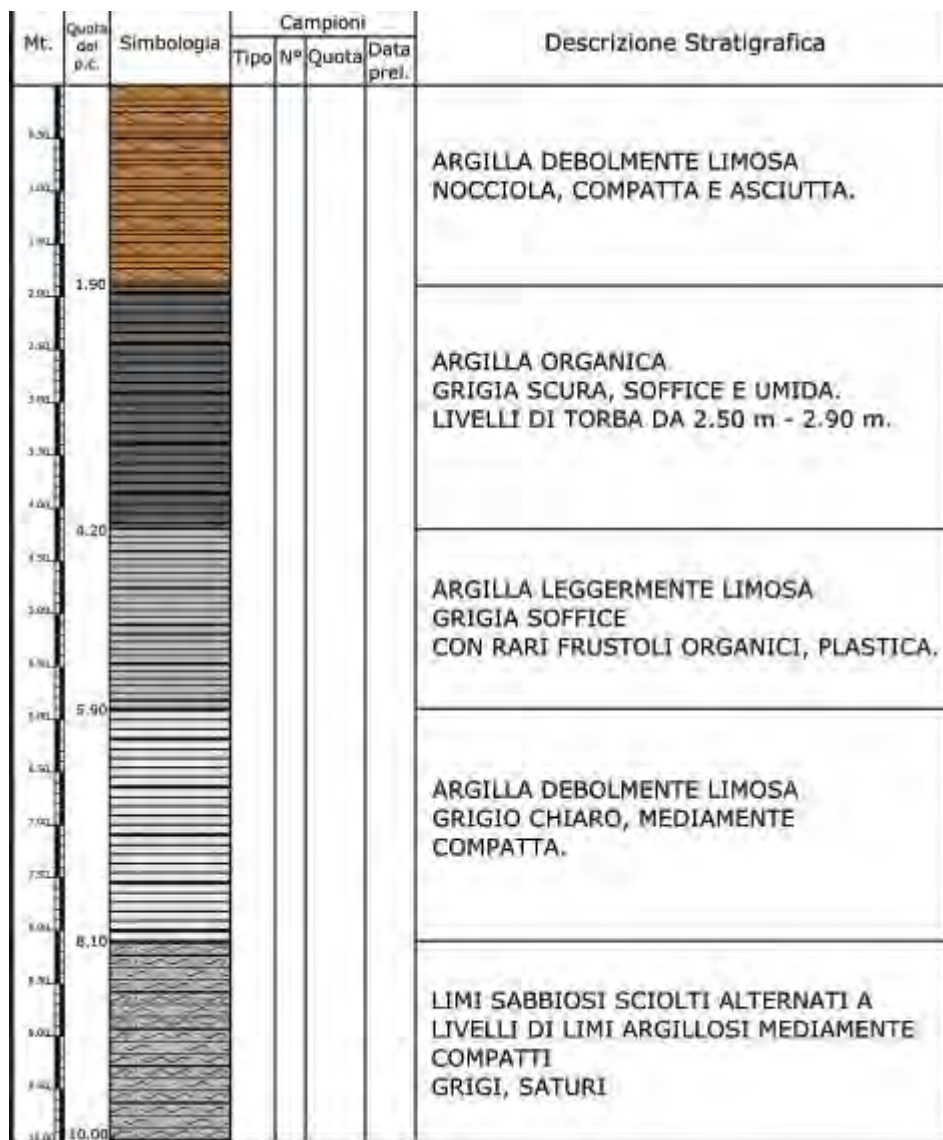


Fig.37. Sequenza stratigrafica S9



Fig.38. S9 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.39. S9 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.10

Da m 0.00 a m – 1.90: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA COMPATTA E ASCIUTTA

Da m – 1.90 a m – 4.00: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE E UMIDA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da – 2.40 A -2.80 m

Da m – 4.00 a m – 7.60: ARGILLA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA GRIGIA DA SOFFICIE A MEDIAMENTE COMPATTA. PRESENZA DI RARI FRUSTOLI ORGANICI NELLA PARTE ALTA

Da m – 7.60 a m – 9.80: LIMI SABBIOSI SCIOLTI ALTERNATI A LIVELLI DI LIMI ARGILLOSI, GRIGI E UMIDI

Da m – 9.80 a m – 10.00: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA SATURA

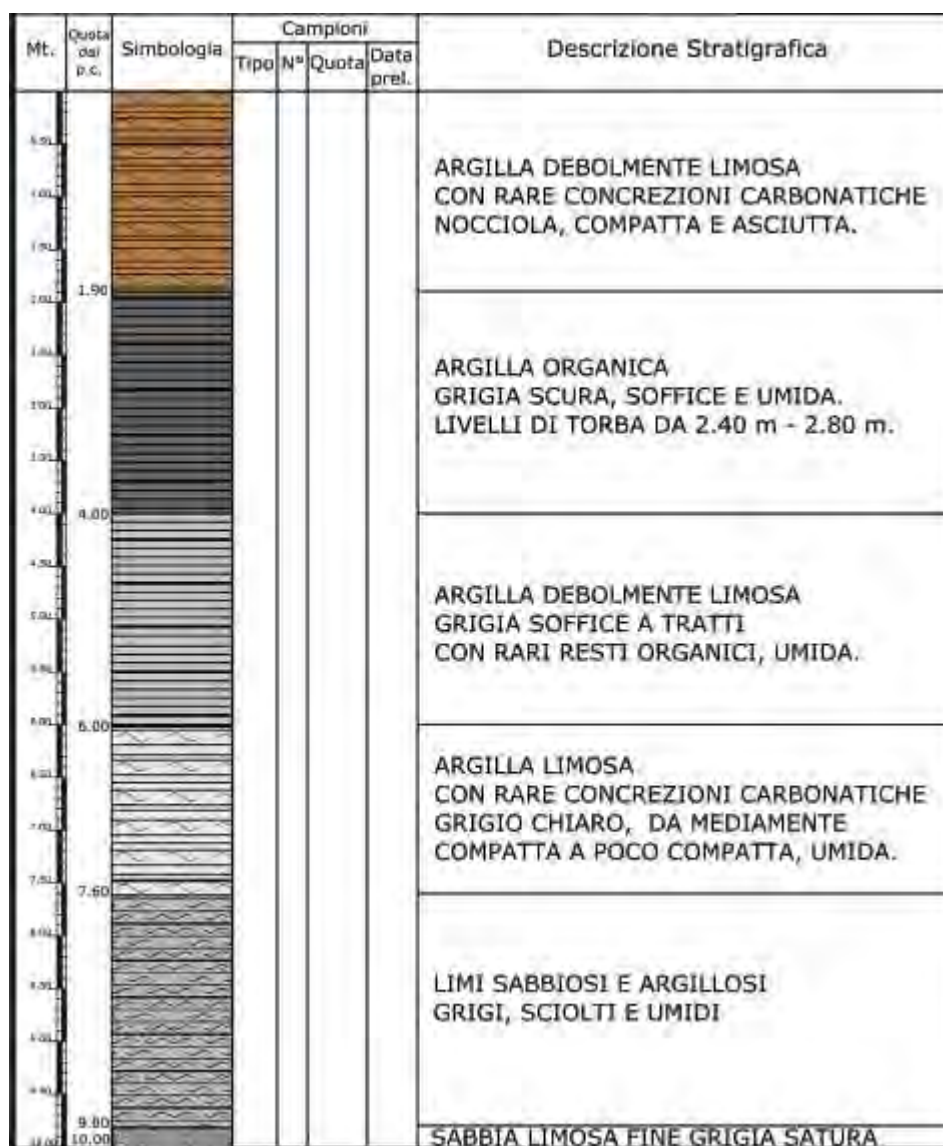


Fig.40. Sequenza stratigrafica S10

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.41. S10 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.42. S10 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.11

Da m 0.00 a m – 2.20: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA VARIEGATA IN GRIGIO COMPATTA E ASCIUTTA

Da m – 1.90 a m – 4.50: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE E UMIDA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da – 2.50 A -2.70 m

Da m – 4.50 a m – 8.00: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA DA SOFFICIE A MEDIAMENTE COMPATTA. PRESENZA DI RARI FRUSTOLI ORGANICI NELLA PARTE ALTA

Da m – 8.00 a m – 8.40: LIMI SABBIOSI SCIOLTI GRIGI E SATURI

Da m – 8.40 a m – 10.20: SABBIA FINE LIMOSA FINE GRIGIA SCIOLTA SATURA

Da m – 10.20 a m – 15.00: SABBIA DA FINE A MEDIA GRIGIA SCIOLTA SATURA

Mt.	Quota dal p.c.	Simbologia	Campioni				Descrizione Stratigrafica
			Tipo	N°	Quota	Data prel.	
1.00							ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA VARIEGATA GRIGIA ASCIUTTA E COMPATTA.
2.00	2.20						
3.00							ARGILLA ORGANICA GRIGIA SCURA, SOFFICE E BAGNATA. PRESENZA DI LIVELLI TORBOSI DA 2.50m A 2.70m.
4.00	4.50						
5.00							ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA PRESENZA DI RARI RESTI ORGANICI GRIGIA, SOFFICE, PLASTICA E BAGNATA.
6.00	6.00						
7.00							ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA GRIGIA CHIARA, DA MEDIAMENTE A POCO COMPATTA.
8.00	8.00						
8.40	8.40						LIMI SABBIOSI SCIOLTI GRIGI E SATURI.
9.00							SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA, SCIOLTA E SATURA.
10.00	10.20						
11.00							SABBIA FINE A TRATTI LIMOSA GRIGIA, SCIOLTA E SATURA.
12.00	12.50						
13.00							SABBIA DA FINE A MEDIA GRIGIA, SCIOLTA E SATURA.
14.00	15.00						
15.00							FINE SONDAGGIO
16.00							
17.00							
18.00							
19.00							
20.00							

Fig.43. Sequenza stratigrafica S11



Fig.44. S11 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.45. S11 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.



Fig.46. S11 Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.12

Da m 0.00 a m - 2.30: ARGILLA LIMOSA NOCCIOLA VARIEGATA IN GRIGIO COMPATTA E ASCIUTTA

Da m - 2.30 a m - 3.80: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE E UMIDA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da - 2.30 A -2.60 m

Da m - 3.80 a m - 7.00: ARGILLA CON RARI LIVELLI DI TORBA GRIGIA SOFFICIE PASSANTE A ARGILLA LIMOSA COMPATTA A TRATTI PLASTICA Da m - 8.00 a m - 8.40: LIMI SABBIOSI SCIOLTI GRIGI E SATURI

Da m - 7.00 a m - 8.00: LIMO SABBIOSO GRIGIO SCIOLTO

Da m - 8.00 a m - 10.00: SABBIA FINE GRIGIA SCIOLTA SATURA

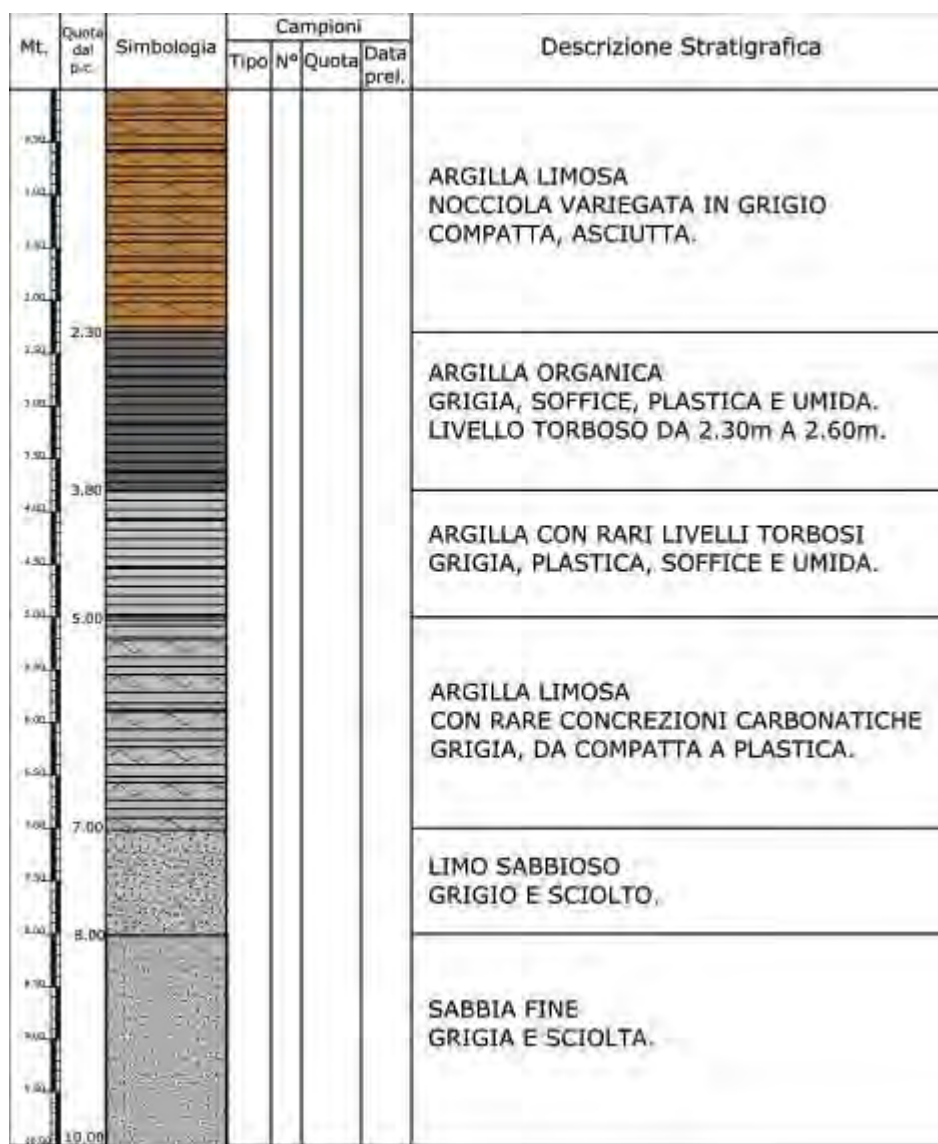


Fig.47. Sequenza stratigrafica S12

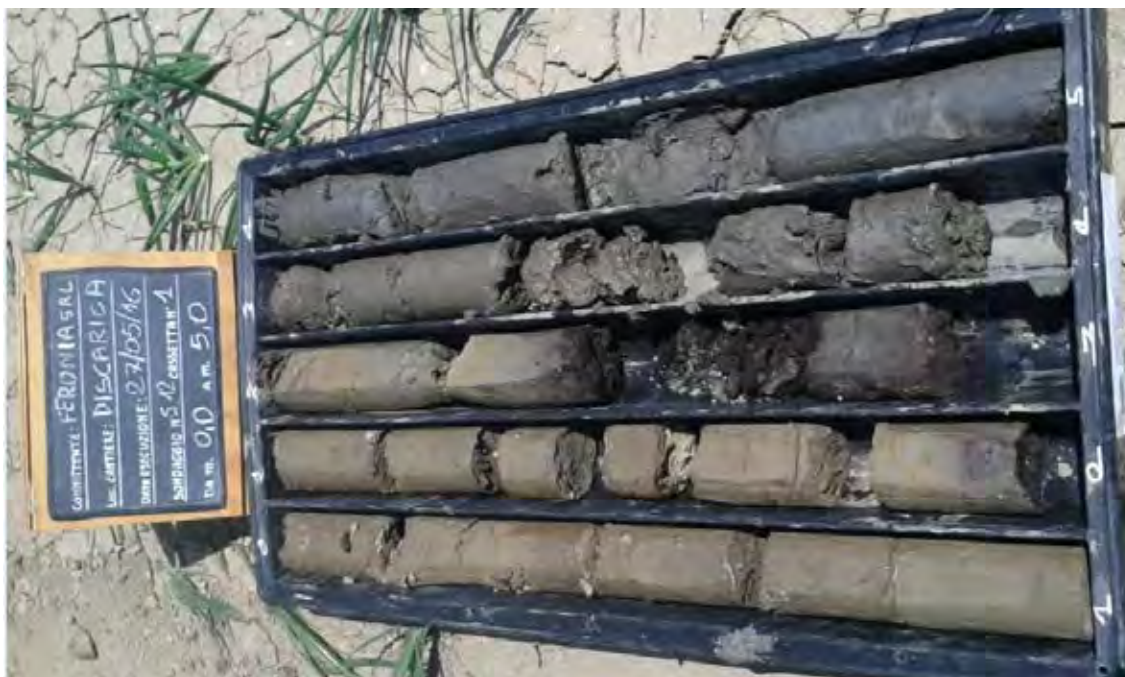


Fig.48. S12 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.49. S12 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

SONDAGGIO n.13

Da m 0.00 a m – 2.10: ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA NOCCIOLA VARIEGATA IN GRIGIO COMPATTA

Da m – 2.10 a m – 4.40: ARGILLA ORGANICA GRIGIO-NERA CON RESTI VEGETALI INDECOMPOSTI, SOFFICE E UMIDA. PRESENZA DI LIVELLI DI TORBA da – 2.10 A -2.30 m E DA 2.80 A 3.00 m

Da m – 4.40 a m – 7.90: ARGILLA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA GRIGIA DA POCO A MEDIAMENTE COMPATTA. PRESENZA DI RARI FRUSTOLI ORGANICI NELLA PARTE ALTA

Da m – 7.90 a m – 9.20: LIMI SABBIOSI SCIOLTI GRIGI E SATURI

Da m – 9.20 a m – 10.00: SABBIA LIMOSA FINE GRIGIA SATURA

Da m – 10.00 a m – 15.00: SABBIA FINE GRIGIA SCIOLTA SATURA

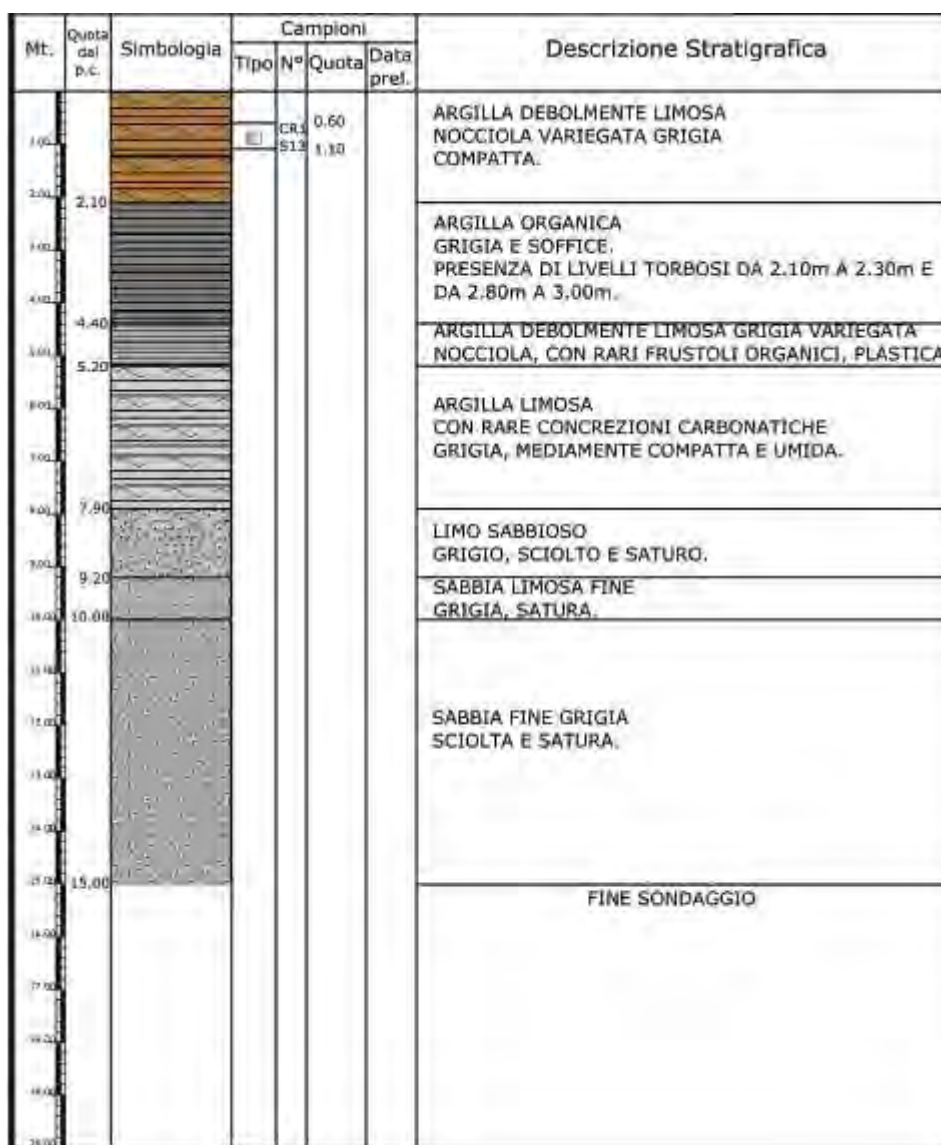


Fig.50. Sequenza stratigrafica S13



Fig.51. S13 Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 m.



Fig.52. S13 Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 m.



Fig.53. S13 Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 m.

In allegato vengono riportate le schede stratigrafiche di dettaglio dei sondaggi eseguiti. (All. n.3)

Sulla base delle indagini eseguite sulla zona di completamento sud sono state realizzate 3 sezioni stratigrafiche Est - Ovest, e 2 sezioni Nord – Sud ubicate come da planimetria riportata di seguito.

E' stata inoltre eseguita una sezione Nord –Sud su tutta l'area di completamento che comprende il settore nord-ovest e sud (sezione n. 6).

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.54. ubicazione 6 sezioni analizzate.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

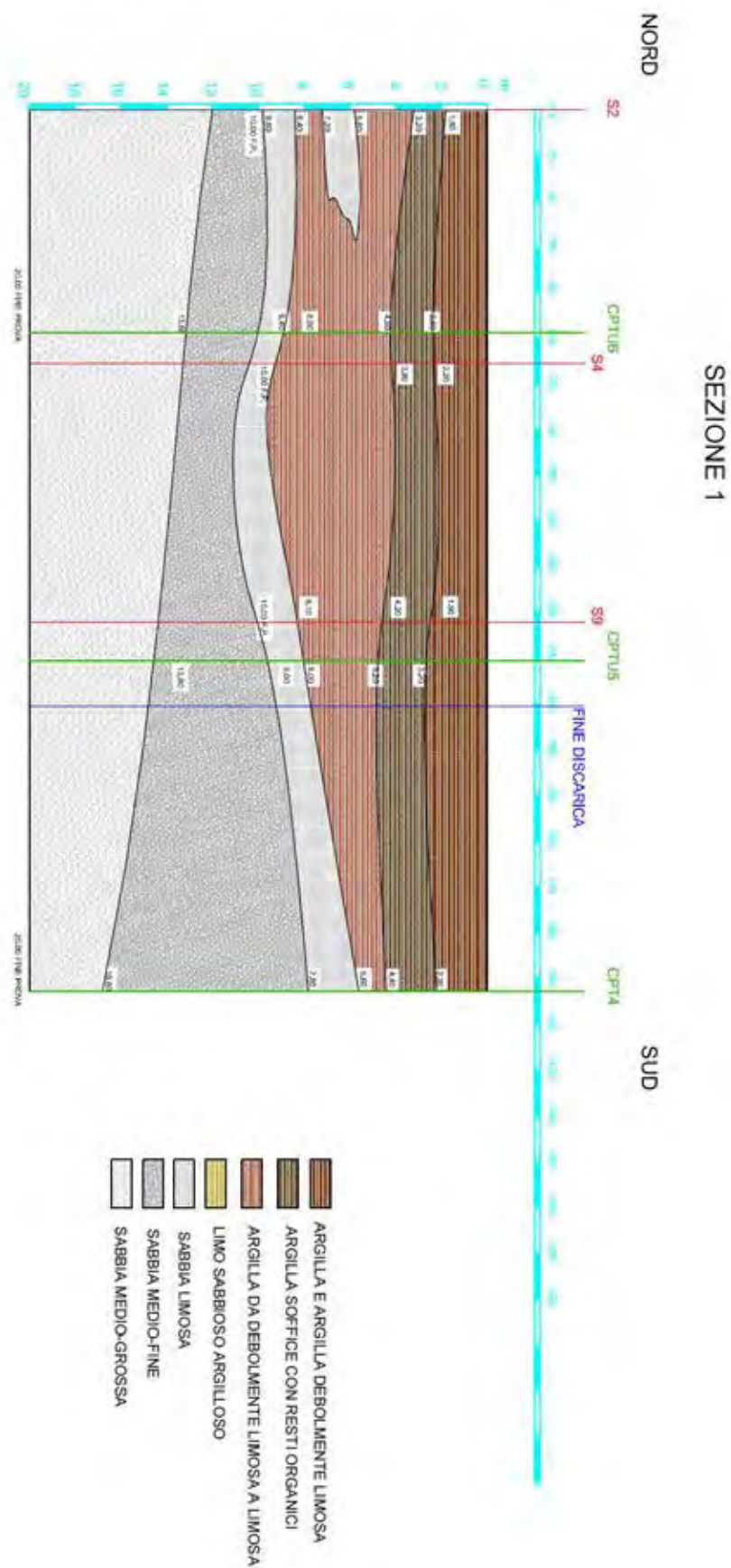


Fig.55. sezione 1.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

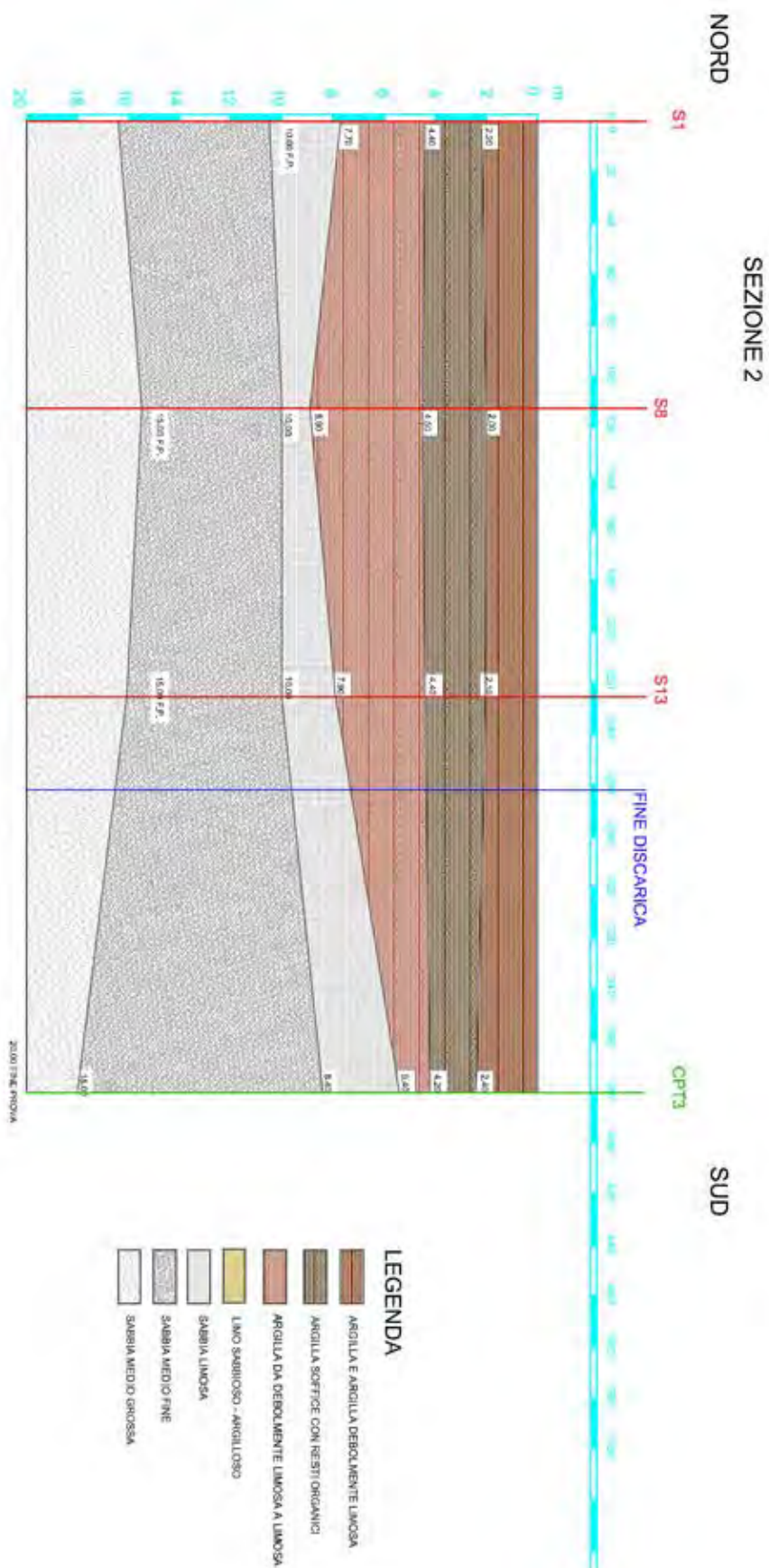


Fig.56. sezione 2.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

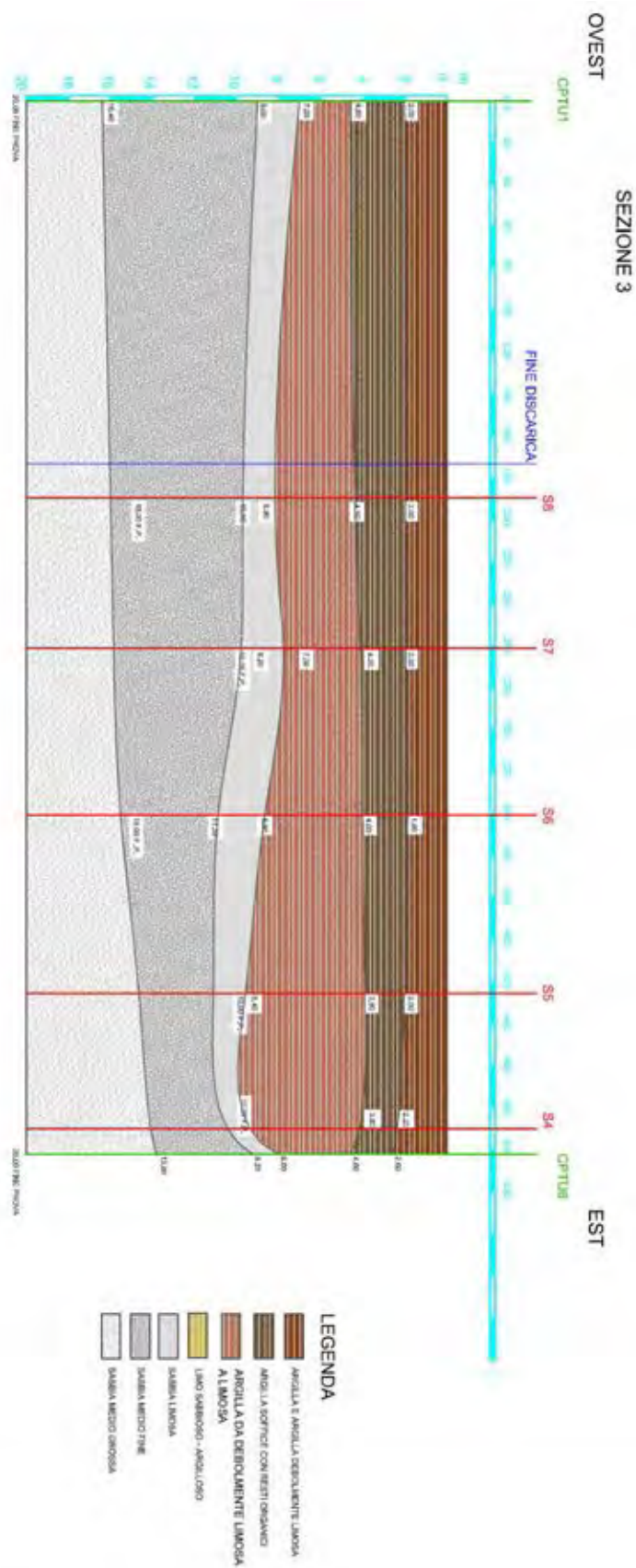


Fig.57. sezione 3.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

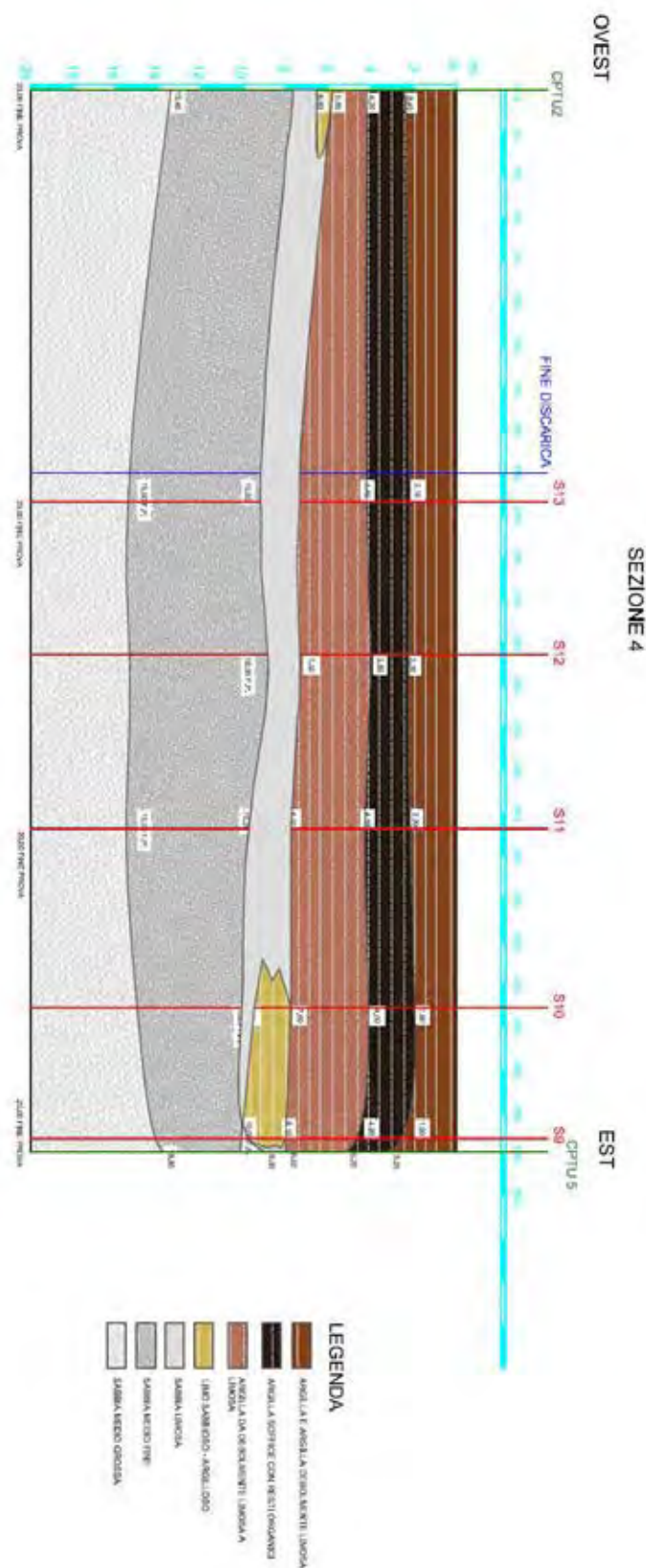


Fig.58. sezione 4.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

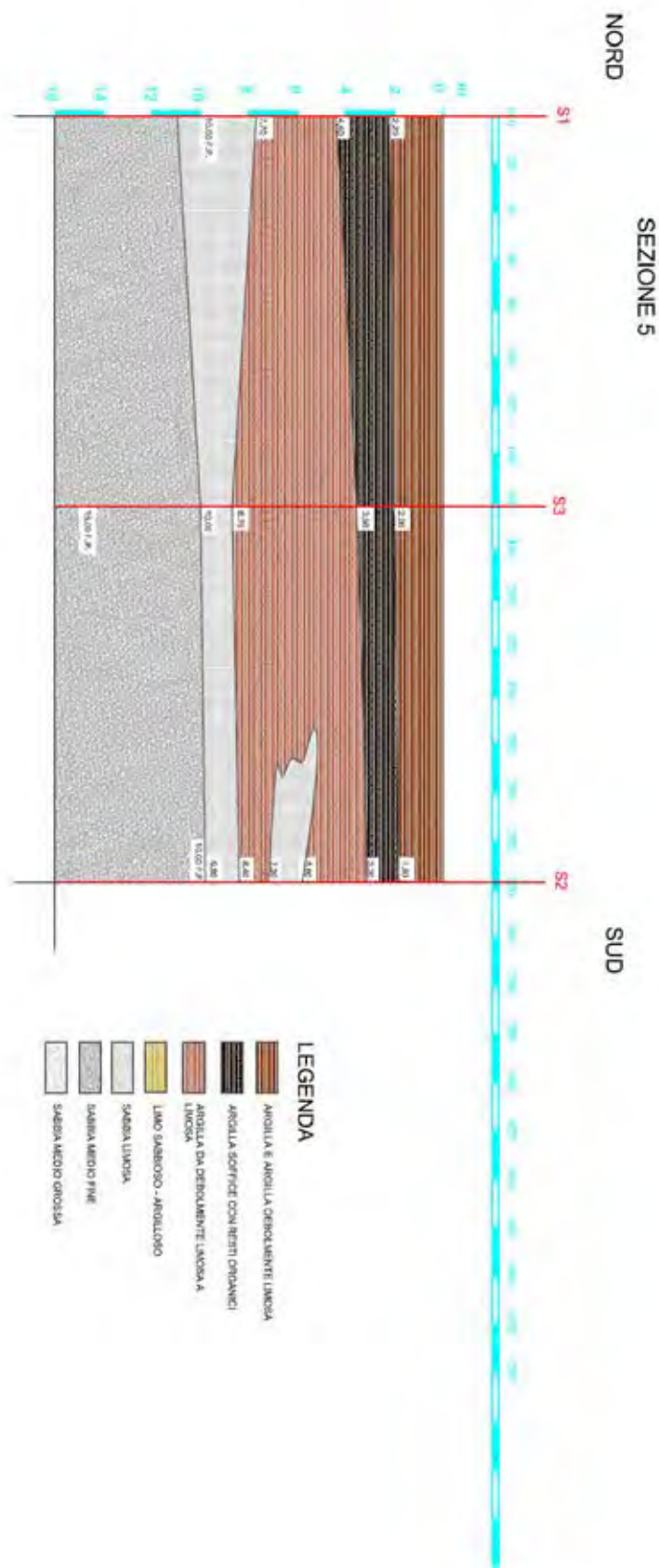
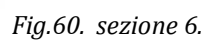


Fig.59. sezione 5.



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Sostanzialmente la stratigrafica superficiale e profonda riscontrata nella zona di completamento lato sud è omogenea e paragonabile a quella riscontrata sul lato ovest. Si caratterizzano gli **stessi 5 strati** presenti in tutte le prove con spessori che si discostano poco da quelli riscontrati nel settore ovest. Si riportano, per confronto, le stratigrafie medie riscontrate sul lato ovest e nel settore sud.

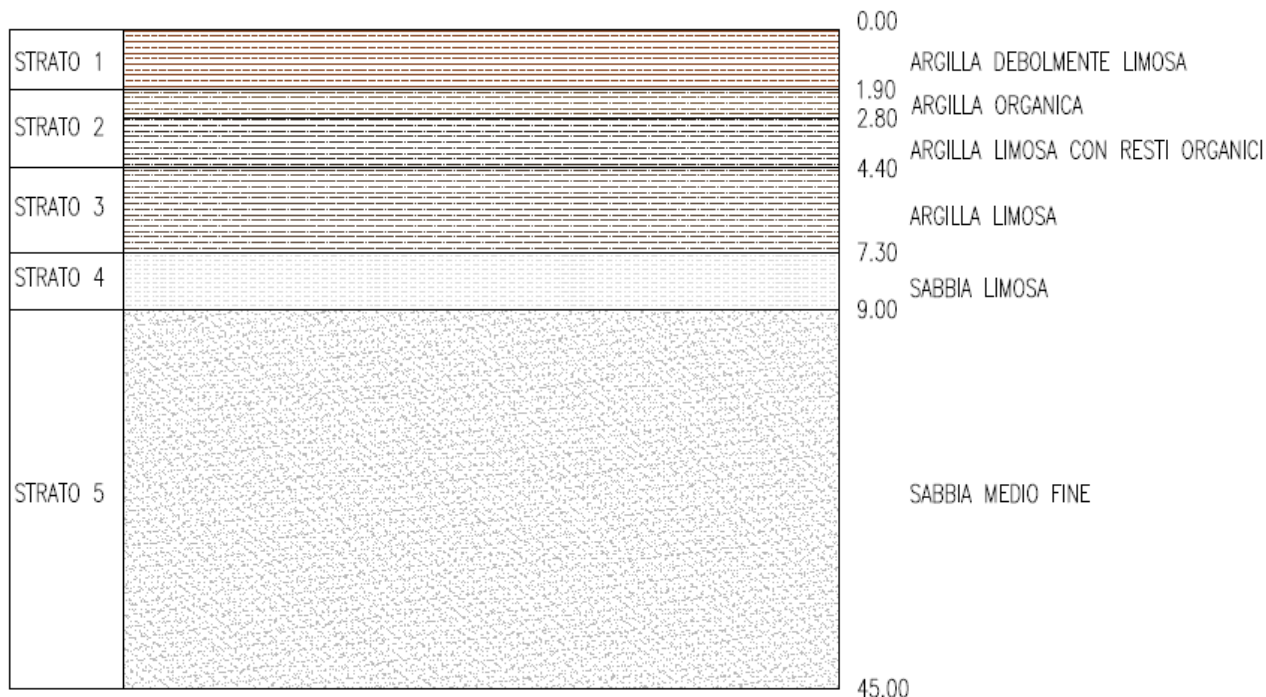


Fig.61. Stratigrafia media lato ovest

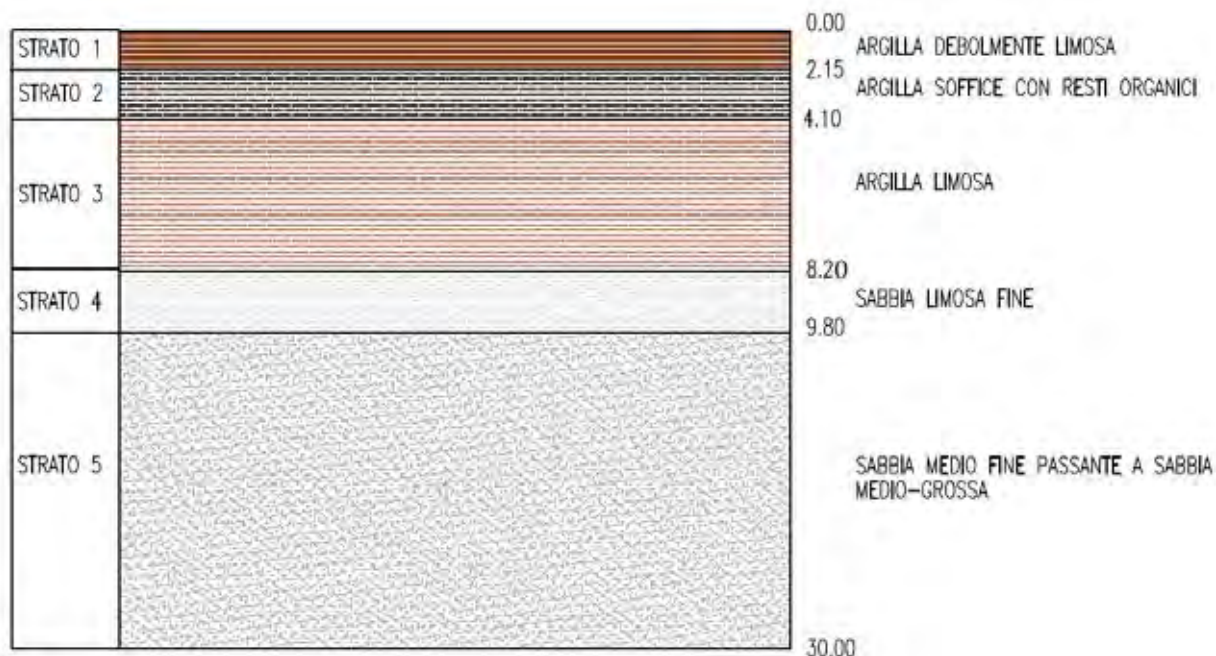


Fig.62. Stratigrafia media lato sud

Dall'analisi delle due stratigrafie medie riscontrate si nota che le litologie sono comparabili e omogenee. Sul lato sud si evidenzia uno spessore leggermente maggiore del primo strato di argilla debolmente limosa di circa 25 cm, lo strato di argille soffici fortemente organiche sottostante ha uno spessore inferiore rispetto alla stratigrafia media riscontrata nella zona ovest di circa 50 cm.

La quota media di inizio delle sabbie limose si posiziona a - 8.20 m dal pc. anziché a - 7.30 m e le sabbie fini pulite sciolte sottostanti iniziano alla quota di - 9.80 m anziché - 9.00 m. dal p.c.

Sulla base delle considerazioni e delle analisi eseguite, considerando che variazioni di spessore modeste (inferiori al metro) fanno parte di un normale processo di sedimentazione laminare differenziato che ha generato i depositi alluvionali dove si trova la zona di completamento, si ritiene che **il modello stratigrafico definito nella relazione geologica e geotecnica presentata a Ottobre 2015 sia corretto e compatibile anche per l'ampliamento sud.**

L'area di completamento della discarica di Finale Emilia sud- ovest e nord si evidenzia omogenea e conforme alla stratigrafia media presentata nella relazione geologica geotecnica e sismica dell'Ottobre 2015.

In allegato (All. n. 5) sono riportate tutte le sezioni analizzate in questa integrazione.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA COMPARTO SUD E **DEFINIZIONE CEDIMENTI INTEGRANTE IL CAPITOLO 17 E 18** **DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA**

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici S1 e S2 sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati a mezzo fustella campionatrice tipo Shelby.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici S3, S5 ed S13 sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice.

Sui campioni indisturbati sono state eseguite diverse analisi di laboratorio per una caratterizzazione di dettaglio dei parametri geotecnici dei terreni superficiali e profondi presenti nel sito di completamento settore sud.

Su tutti i campioni prelevati, sia rimaneggiati che indisturbati, per una classificazione relativa alla granulometria è stata eseguita un'analisi granulometrica completa (vagliatura meccanica e sedimentazione) per determinazione del fuso granulometrico.

Per definire la plasticità e la compressibilità dei terreni riscontrati in sito, in tutti i campioni rimaneggiati e indisturbati prelevati, sono stati determinati i limiti di Atterberg in associazione con i valori di contenuto in acqua e della massa volumica naturale che permettono di definire, in base al contenuto d'acqua, lo stato fisico del terreno in termini di stato fluido, plastico e solido.

Le analisi di laboratorio sono allegati in calce alla relazione (All. n. 6).

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Campione	QUOTA	Analisi granulometrica	Contenuto in acqua w %	Peso di volume (Mg/m ³)	Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice Plastico (%)	Class. Carta di Plasticità di Casagrande
S1 C1	1.20 + 1.80	% ghiaia = 0	38.48	1.8	78	37	41	OH: ARGILLA POCO ORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 1						
		% limo =46.50						
		% argilla =52.50						
S1 C2	2.20 + 2.80	% ghiaia = 1.8	48.98	1.77	73	35	38	OH: ARGILLA ORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 1.2						
		% limo =31.10						
		% argilla =65.80						
S1 C3	3.80 + 4.40	% ghiaia = 0.3	56.06	1.72	72	33	39	CH: ARGILLA INORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 1.0						
		% limo =25.70						
		% argilla =73.0						
S2 C4	5.20 + 5.80	% ghiaia = 0.4	74.98	1.56	71	36	35	OH: ARGILLA POCO ORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 2.1						
		% limo =31.90						
		% argilla =65.60						
		% ghiaia = 2.5	22.60	1.54	63	36	27	MH: LIMO ARGILLOSO AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 10.20						
		% limo =52.50						
		% argilla =34.70						
S3CR1	0.60÷1.10	% ghiaia = 0	31.44	1.90	51	21	30	CH: ARGILLA INORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia = 0.3						
		% limo =39.4						
		% argilla =60.3						
S5CR1	0.40÷1.00	% ghiaia =0	29.80	1.87	51	21	30	CH: ARGILLA INORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia =0.5						
		% limo =21.7						
		% argilla =77.80						
S13CR1	0.60÷1.10	% ghiaia =0	26.87	1.97	50	20	30	CH: ARGILLA INORGANICA AD ALTA PLASTICITA'
		% sabbia =0.5						
		% limo =29.1						
		% argilla =70.40						

Tab.1: Classificazione e parametri di definizione litologica

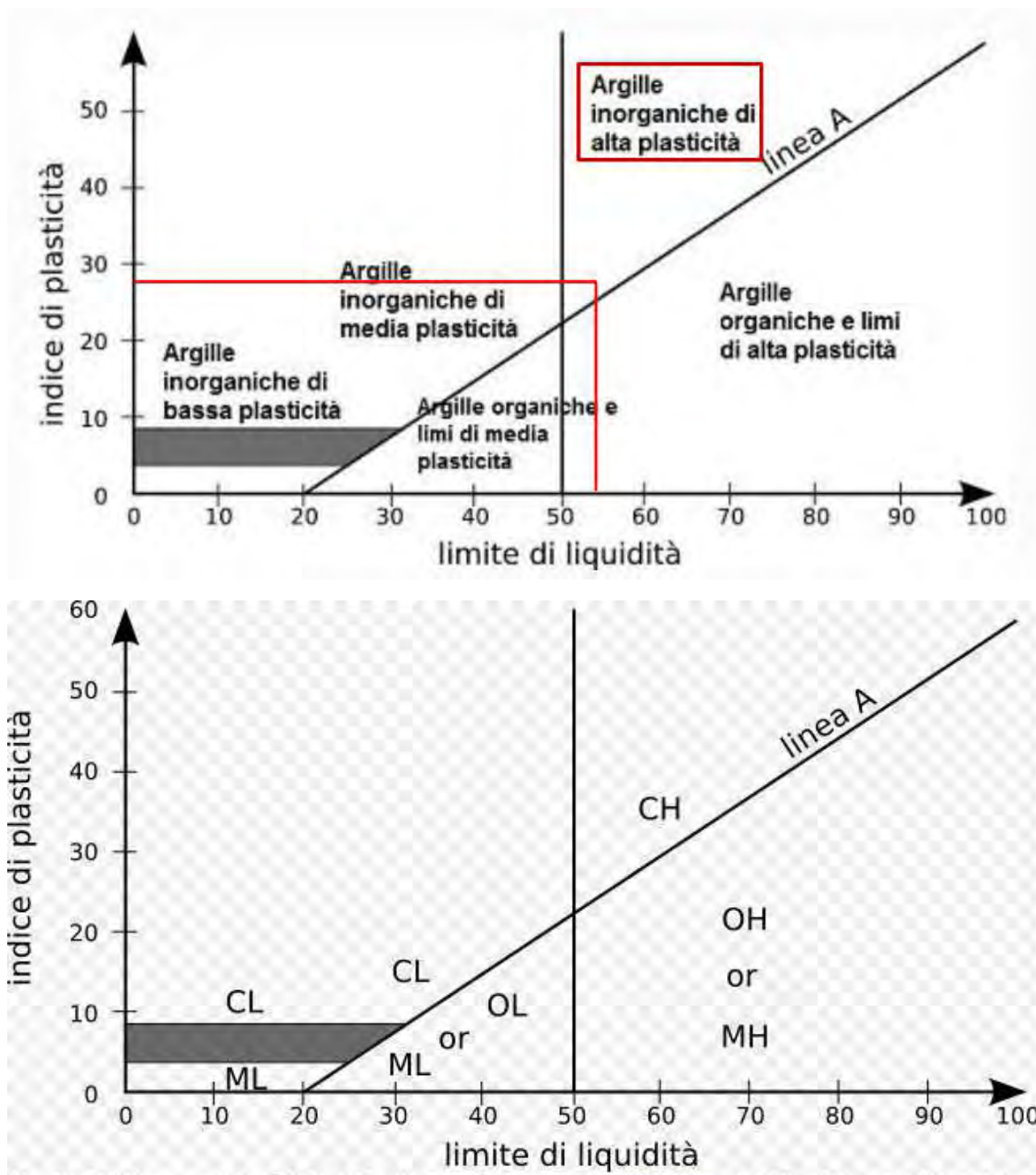


Fig.63. Carta di plasticità di Casagrande

4.1 Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, con il DM 2008 si ragiona in termini non più di valori deterministici, ma in termini di variabili aleatorie, cioè le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media), deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico c_u** ; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti** studiati per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico ϕ** .

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (c_u) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico ϕ per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (c_u) è :

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico (ϕ) è :

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ_{cu} derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

In sintesi i **PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI in condizioni non drenate c_{uk} e ϕ_k** caratterizzati per l'area sud sono:

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	c_{uk} (kPa)	ϕ_{uk} (°)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	47.00	8
Secondo strato	- da - 1.90/2.15 a - 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	23.00	5
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.20m	Argille limosa mediamente consistente	55	10
Quarto strato	da - 7.30/8.20 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	26
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	32

Tab.2: Parametri geotecnici in condizioni non drenate

4.2 Parametri geotecnici in condizioni drenate

Su quattro campioni indisturbati prelevati è stata eseguita una prova triassiale consolidata e non drenata con saturazione preliminare e misura delle pressioni interstiziali che ha permesso di determinare i parametri geotecnici in condizioni drenate sintetizzati nella tabella di seguito riportata. Le analisi di laboratorio sono allegati in calce alla relazione (All. n.6).

CAMPIONI	QUOTA PRELIEVO(m)	C' (kPa)	ϕ' (°)
S1C1	1.20 ÷ 1.80	17.30	18.70
S1C2	2.20÷2.80	7.6	19.3
S1C3	3.80÷4.40	13.8	21.4
S2C4	5.20÷5.80	13.5	16.0

Tab.3: Parametri geotecnici in condizioni drenate

4.3 Parametri geotecnici caratteristici in condizioni non drenate e drenate

Sintetizzando nella tabella di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate e non drenate per i singoli strati riscontrati nelle sezioni litologiche desunte da tutte le prove in sito e in laboratorio realizzate.

I parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate sono stati determinati considerando i parametri c' e ϕ' definiti con le prove di laboratorio che sono precise ma forniscono pochi dati.

Quando ci troviamo in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV, espressa anche in termini percentuali.

Baecher and Christian (2003) raccomandano un valore compreso fra 25 e 30 per la coesione. Cautelativamente si è utilizzato per c' un COV = 30 %

Phoon e Kulhawy (1999) raccomandano per litologie coesive, un valore di COV per l'angolo di attrito $\Phi=13$ %.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa)	ϕ_{uk} (°)	γ'_d (kN/m³)	γ'_w (kN/m³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	47	8	18	19	10	15
Secondo strato	- da - 1.90/2.15 a - 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	23	5	17	18	4.5	15
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	55	10	17	19	10	16
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/		20	21	/	26
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a - 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/		20	22	/	32

Tab.4: Parametri geotecnici in condizioni drenate e non drenate

Nella tabella di seguito si confrontano i parametri geotecnici caratteristici utilizzati per le verifiche di stabilità e per il calcolo dei cedimenti per l'ampliamento dell'intera area tecnologica (relazione geologica e sismica OTTOBRE 2015).

I parametri sono comparabili testimonianza che la litologia degli strati superficiali e profondi presenti nell'intera area tecnologica in adeguamento sono omogenei e le caratteristiche geomeccaniche presentano lievi differenze (nell'area sud il parametro c'_k e ϕ'_k del terzo strato è più alto) non significative per il calcoli geotecnici.

Si ritiene quindi che i risultati presentati nella relazione geologica e sismica riguardanti le verifiche di stabilità che riguardano l'intera area tecnologica compresa l'area sud siano da considerarsi adeguate ed esatte.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa) AREA NORD- OVEST	C_{uk} (kPa) AREA SUD	ϕ_{uk} (°) AREA NORD- OVEST	ϕ_{uk} (°) AREA SUD	γ'_d (kN/m³)	γ'_w (kN/m³)	c'_k (kPa) AREA NORD- OVEST	c'_k (kPa) AREA SUD	ϕ'_k (°) AREA NORD- OVEST	ϕ'_k (°) AREA SUD
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	46.40	47	9	8	18	19	7	10	15	20
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	22.80	23	6.5	6	17	18	1.5	4.5	15	15.5
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	47	55	15	12	17	19	2	10	16	25
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/			20	21	/	/	26	29
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a - 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/			20	22	/	/	32	32

Tab.5: Confronto parametri geotecnici fra i dati area sud e area nord-ovest

4.4 Parametri di compressibilità in condizione edometrica

Sui campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio S1 e S2 sono state eseguite quattro prove di compressibilità edometrica per la definizione dei parametri di compressibilità e quattro prove triassiali consolidata e non drenata con saturazione preliminare e misura delle pressioni interstiziali.

Le prove di laboratorio eseguite determinano i parametri di compressibilità da confrontare con i parametri utilizzati per il calcolo dei cedimenti nella relazione geologica presentata nell'Ottobre 2015 e relativa all'area di completamento ovest e nord.

I parametri ottenuti dalle analisi sono sintetizzati nella tabella 6 mentre i certificati delle prove eseguite sono allegati in calce alla relazione (All. n.6).

Il modulo di deformazione (E) non è una proprietà intrinseca del terreno. Dipende dallo stato tensionale iniziale, dal livello di deformazione indotto e dal tasso d'incremento dei carichi esterni. In generale maggiore è il grado di deformazione del terreno minore è il valore di E.

Il modulo E da utilizzare assume valori intermedi fra i due estremi.

Per definire il valore caratteristico si è utilizzata la distribuzione della media utilizzando il metodo approssimativo di Angus secondo la seguente formula:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

Dove:

\bar{Y} è il valore medio del dataset con distribuzione lognormale

z è la distribuzione normale standardizzata

t è il valore della distribuzione di student ad $n-1$ gradi di libertà

S è la deviazione standard del campione

n il numero di dati.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella di seguito mentre i certificati delle prove eseguite sono allegati in calce alla relazione (All. n.6).

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s)	Modulo edometrico (E) (kPa)	Modulo edometrico (E) caratteristico (kPa)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	1.07*10 ⁻³	14000 24200	3383
Secondo strato	- da - 1.90/2.15 a - 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	9.52*10 ⁻⁴ 5.75*10 ⁻⁴	6300 12560 5400 12600	5400
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	6.16*10 ⁻⁵	5.494 12300 11480	4600
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/	/
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/	/

Tab.6:Parametri di deformabilità

Sui campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio S1 e S2 sono state eseguite quattro prove di compressibilità edometrica per la definizione dei parametri di compressibilità e quattro prove triassiali consolidata e non drenata con saturazione preliminare e misura delle pressioni interstiziali.

I valori così ottenuti vengono di seguito confrontati con quelli utilizzati nel calcolo dei cedimenti definiti nella relazione geologica e sismica presentata nell'Ottobre 2015.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s) AREA NORD - OVEST	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s) AREA SUD	Modulo edometrico (E) AREA NORD - OVEST (kPa)	Modulo edometrico (E) AREA SUD (kPa)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	3.24*10 ⁻⁴	1.07*10 ⁻³	2600	3383
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	1.47*10 ⁻⁴	9.52*10 ⁻⁴ 5.75*10 ⁻⁴	2000	5400
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	8.50*10 ⁻⁵	6.16*10 ⁻⁵	2900	4600
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/	/	/
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/	/	/

Tab.7: Confronto modulo edometrico area nord-ovest con modulo edometrico area sud

Il modulo edometrico definito nell'area sud per i vari strati evidenzia valori leggermente superiori rispetto a quelli utilizzati per il calcolo dei cedimenti relativi a tutto l'intervento di progetto.

Considerando che il modulo di deformazione (E) non è una proprietà intrinseca del terreno ma dipende dallo stato tensionale iniziale, dal livello di deformazione indotto e dal tasso d'incremento dei carichi esterni e che è tanto minore quanto maggiore è il grado di deformazione del terreno, la differenza riscontrata è da attribuire alla maggiore deformazione dei terreni presenti nell'area tecnologica già esistente.

I terreni dell'ampliamento sud utilizzati a solo uso agricolo fino ad oggi, hanno subito meno deformazioni rispetto ai terreni presenti nell'area tecnologica già esistente.

Per un principio di cautela si ritiene corretto calcolare i cedimenti dell'intero nuovo progetto utilizzando i parametri più bassi definiti dalle prove.

I cedimenti quindi calcolati nello studio presentato nell'Ottobre 2015 per la sezione EST-OVEST e NORD-SUD che vengono di seguito riproposti si ritengono cautelativamente esatti.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

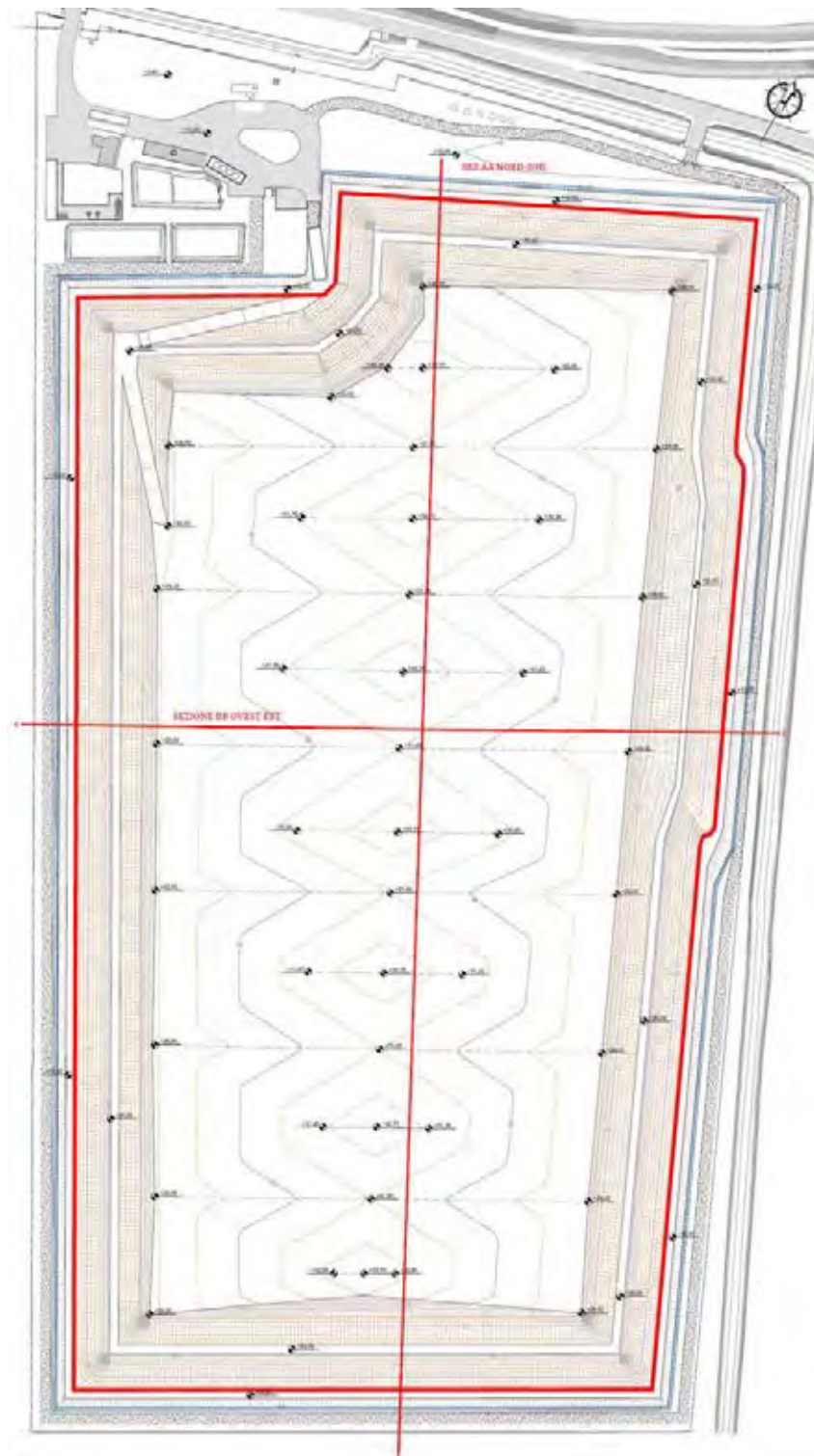


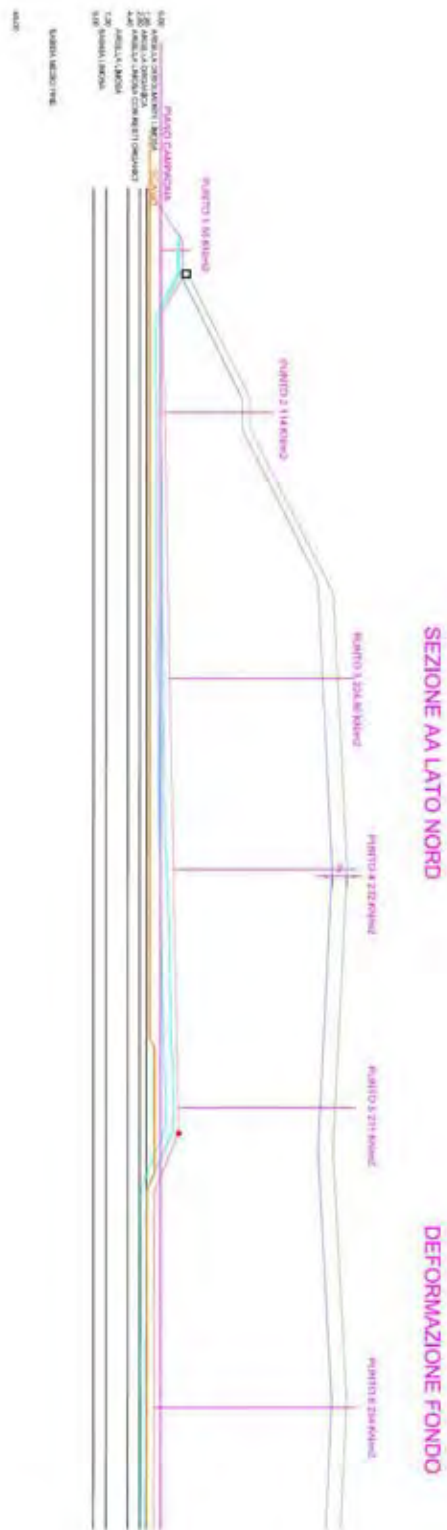
Fig.64. Ubicazione sezione AA NORD-SUD e sezione BB EST-OVEST prese in considerazione nel calcolo dei cedimenti

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Si sintetizzano nella tabella di seguito e nelle figura 65-66-67 i cedimenti dopo un tempo di 5 anni e di 50 anni per il profilo della discarica AA NORD-SUD.

SEZIONE AA NORD SUD					
PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m2)	SCAVO da p.c. (m)	RIEMPIMENTO da fondo scavo (m)	CEDIMENTI DOPO 5 anni (m)	CEDIMENTI DOPO 50 anni (m)
1	57	- 1.50	4.50	0.337 a + 3.00 m da p.c.	0.650 a + 3.00 m da p.c.
2	114	-1.50	2.00	0.532 a + 0.50 m da p.c.	1.081 a + 0.50 m da p.c.
3	224.5	-1.50	2.70	0.9 a + 1.20 m dal p.c.	1.637 a + 1.20 m da p.c.
4	232	-1.50	3.20	0.852 a + 1.70 m da p.c.	1.695 a + 1.70 m da p.c.
5	211	-0.80	3.15	0.618 a +2.35 m da p.c.	1.665 a +2.35 m da p.c.
6	254	-1.90	1.00	1.03 a – 0.90 m da p.c.	1.681 a – 0.90 m da p.c.
7	249	-1.40	1.00	1.02 a – 0.40 m da p.c.	1.717 a – 0.40 m da p.c.
8	222	-0.40	2.70	0.853 a +2.30 da p.c.	1.73 a + 2.30 m da p.c.
9	239	-0.30	1.00	1.0 a +0.70 m da p.c.	1.785 a +0.70 m da p.c.
10	222	-0.30	4.30	0.81 a +4.00 m da p.c.	1.048 a +4.00 m da p.c.
11	238	-0.30	2.30	0.921 a + 2.00 m da p.c.	1.795 a + 2.00 m da p.c.
12	111.50	-0.30	1.20	0.57 a +0.90 m da p.c.	1.123 a +0.90 m da p.c.
13	57	-0.30	3.30	0.328 a +3.00 m da p.c.	0.679 a +3.00 m da p.c.

Tab.8:Cedimenti sezione AA NORD-SUD calcolati dopo 5 e 50 anni



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

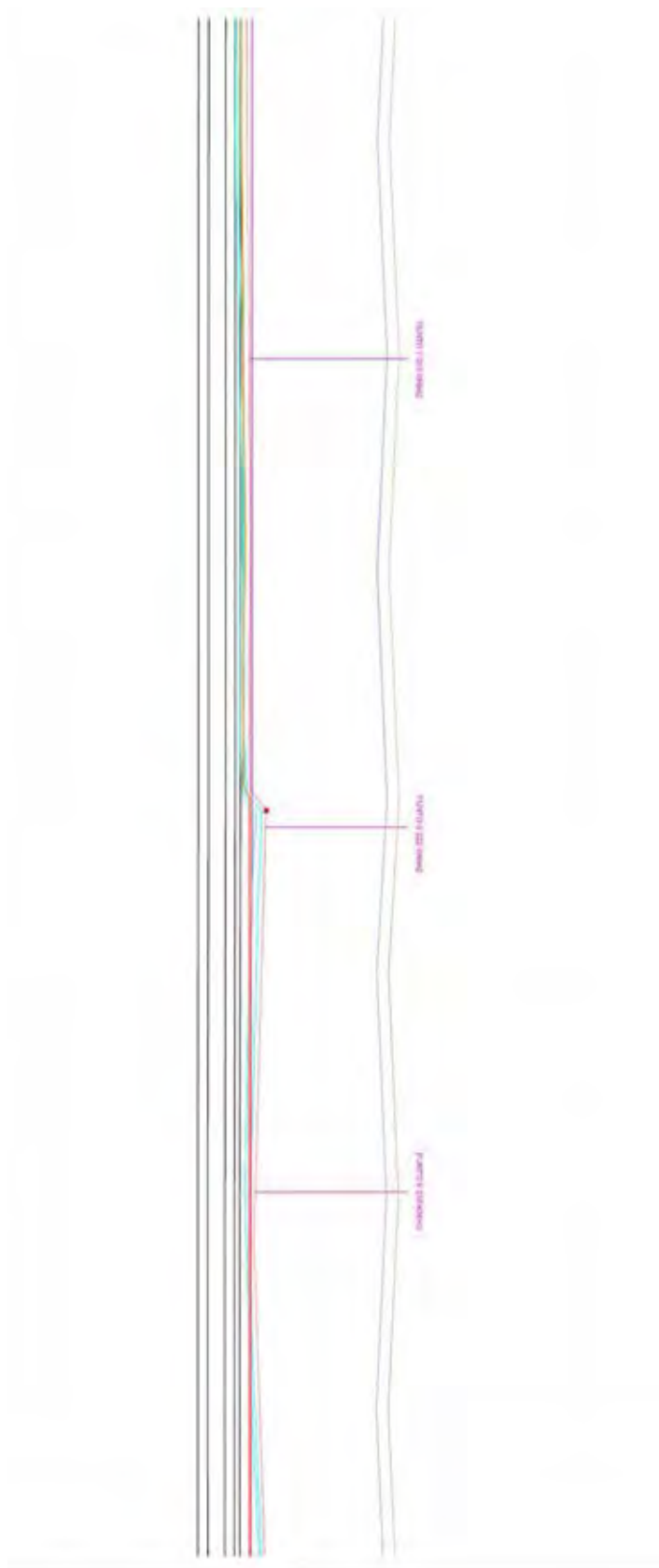


Fig.66. sezione AA deformabilità del fondo parte centrale corpo rifiuti – CEDIMENTI DOPO 5 e 50 ANNI

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

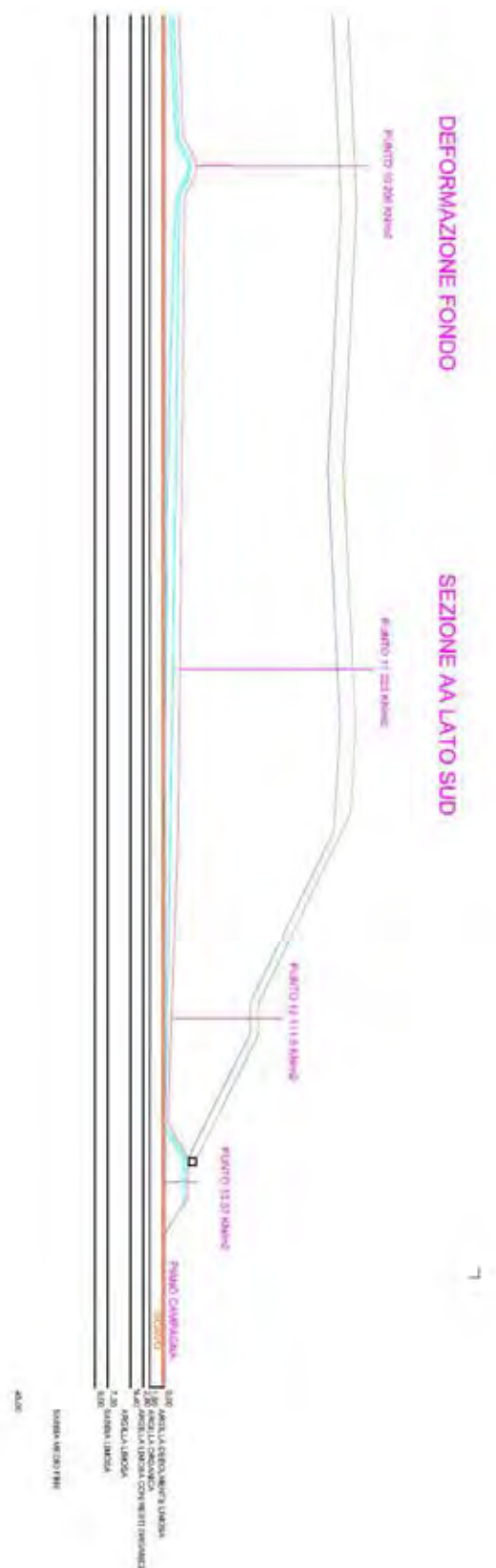


Fig.67. sezione AA deformabilità del fondo lato SUD – CEDIMENTI DOPO 5 E 50 ANNI

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Si sintetizzano nella tabella di seguito e nelle figure 68-69-70 i cedimenti calcolati dopo un tempo di 5 anni e di 50 anni per la sezione BB OVEST-EST.

SEZIONE BB OVEST EST					
PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m2)	SCAVO da p.c. (m)	RIEMPIMENTO Da fondo scavo (m)	CEDIMENTI DOPO 5 anni (m)	CEDIMENTI DOPO 50 anni(m)
1	72	0.90	4.70	0.459 a + 3.80 m da p.c.	0.825 a + 3.80 m da p.c.
2	112	0.90	2.50	0.507 a +1.60 m da p.c.	1.087 a +1.60 m da p.c.
3	196	0.90	3.40	0.774 a +2.50 m da p.c.	1.59 a +2.50 m da p.c.
4	205	0	2.35	0.837 a +2.35 m da p.c.	1.689 a +2.35 m da p.c.
5	263	2.10	1.00	1.037 a -1.10 m da p.c.	1.655 a -1.10 m da p.c.
6	232	2.00	1.00	0.947 a – 1.00 m da p.c.	1.558 a – 1.00 m da p.c.
7	222	2.00	1.00	0.914 a – 1.00 m da p.c.	1.516 a – 1.00 m da p.c.
8	126	2.40	1.00	0.619 a – 1.40 m da p.c.	1.104 a – 1.40 m da p.c.
9	40	0.30	2.45	0.30 a + 2.15 m da p.c.	0.524 a + 2.15 m da p.c.

Tab.9:Cedimenti sezione BB OVEST-EST calcolati dopo 5 e 50 anni

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

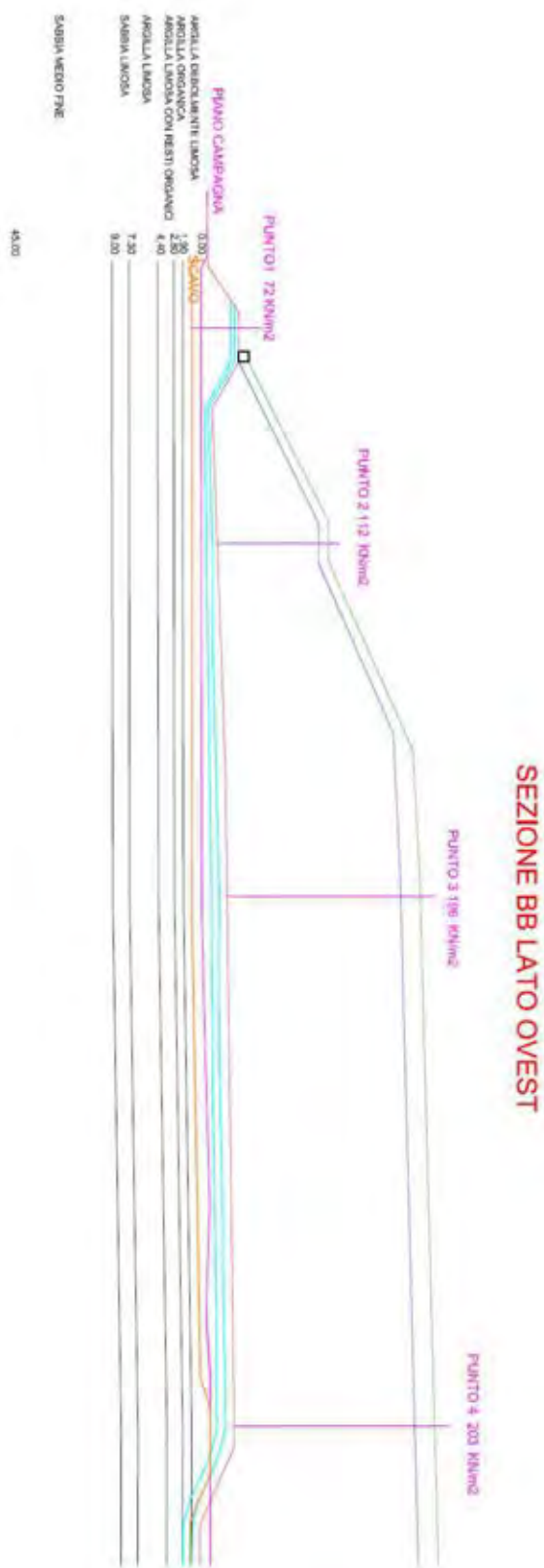


Fig.68. sezione BB deformabilità del fondo lato OVEST - CEDIMENTI DOPO 5 E 50 ANNI

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

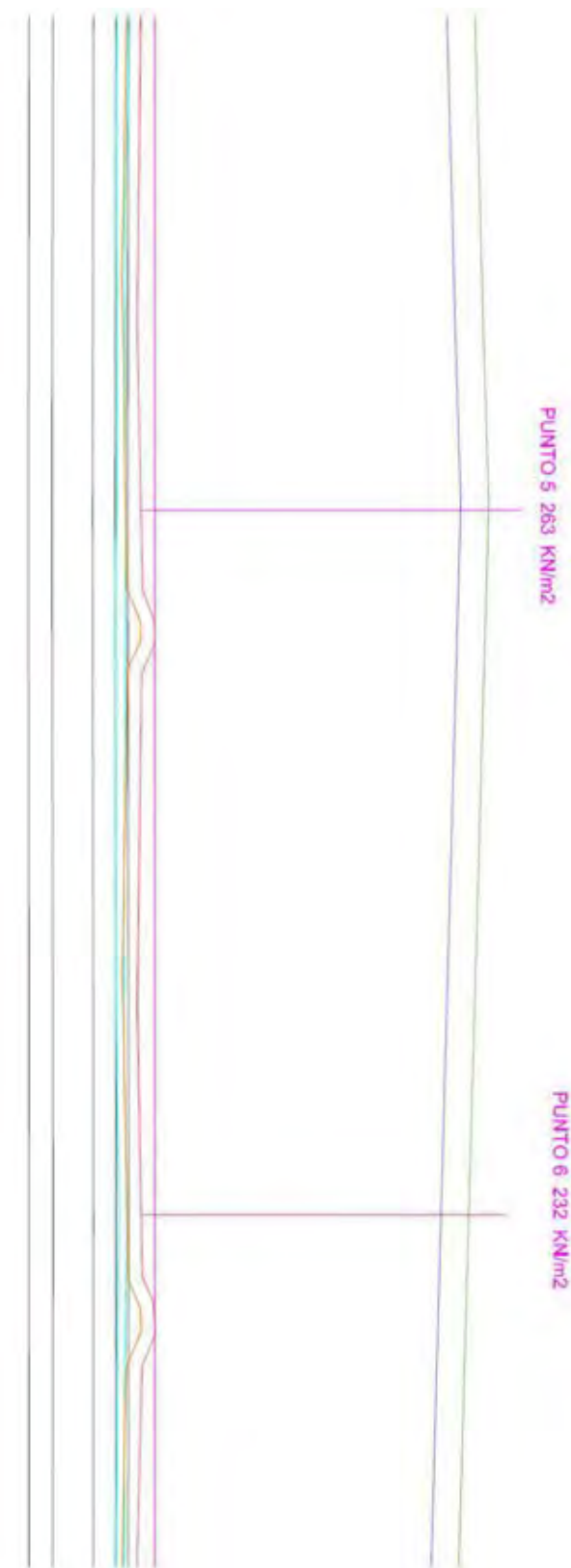


Fig.69. sezione BB deformabilità del fondo PARTE CENTRALE - CEDIMENTI DOPO 5 E 50 ANNI

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

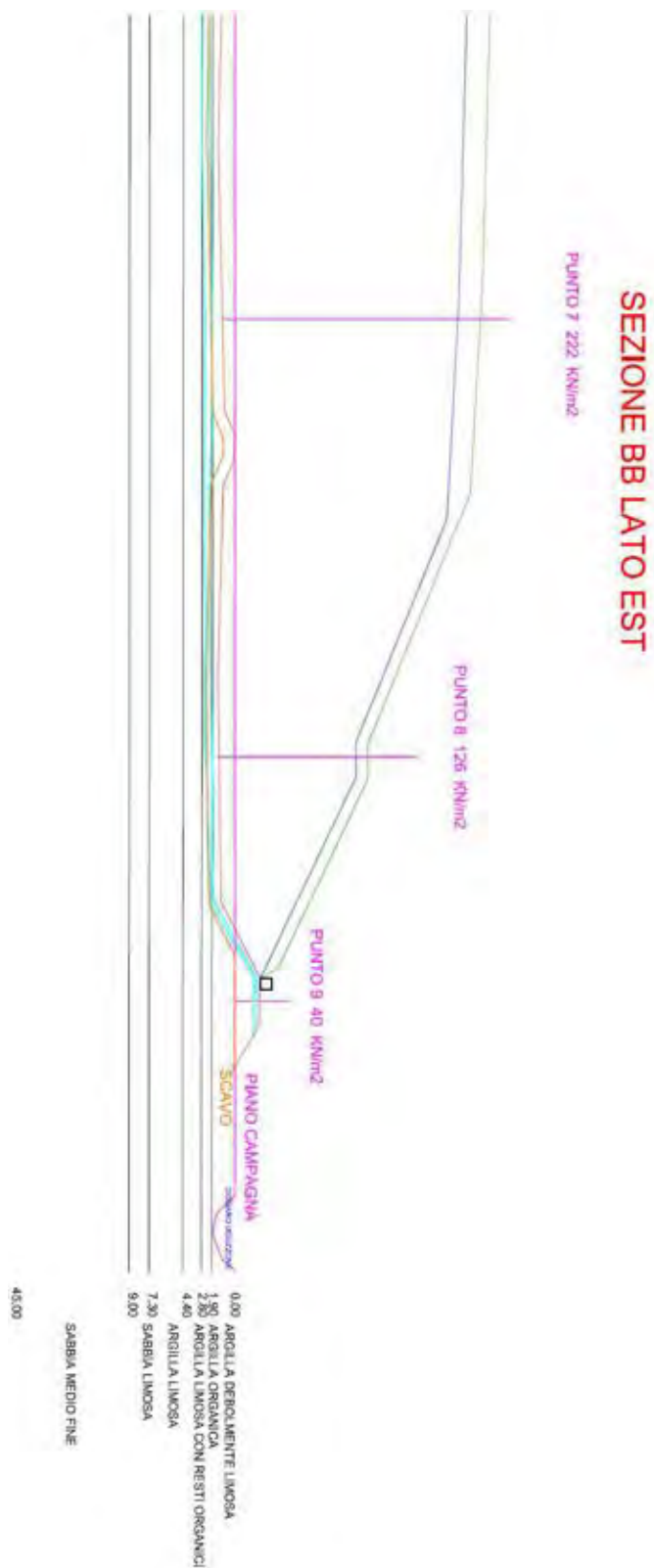


Fig.70. sezione BB deformabilità del fondo lato EST - CEDIMENTI DOPO 5 e 50 ANNI

5. DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI AREA DI COMPLETAMENTO SUD INTEGRANTE IL CAPITOLO 13 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

A seguito delle indicazioni del D. Lgs n. 36 che richiede la verifica delle caratteristiche di permeabilità K dei terreni che costituiscono la barriera geologica naturale mediante diverse metodologie di analisi, la conducibilità idraulica degli strati argillosi e argillo-limosi dei terreni in sito è stata misurata con diverse prove in sito e in laboratorio eseguite a ottobre – novembre 2015.

In sito sono state eseguite:

- n.8 prove tipo Lefranc durante l'esecuzione del sondaggio geognostico n. 2 (1 prova per ogni strato coesivo da indagare) per la definizione della permeabilità sia verticale che orizzontale;
- n.6 prove in sito di dissipazione delle pressioni interstiziali durante l'esecuzione delle prove CPTU per la determinazione della permeabilità orizzontale (1 prova per ogni strato coesivo da indagare e 2 prove in sabbia);

In laboratorio si sono realizzate:

- n.5 prove di permeabilità in cella edometrica che calcolano la conducibilità idraulica verticale.

5.1. Prove in sito di tipo Lefranc nei fori di sondaggio

Le prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc permettono di valutare il coefficiente di permeabilità dell'acquifero.

La prova viene svolta durante l'avanzamento della perforazione di un sondaggio meccanico ed interessa una tasca isolata. Ad una determinata profondità si arresta la perforazione alla quota di fondo foro raggiunta in quel momento, la quale coinciderà con il limite inferiore della tasca che si andrà a creare. Si pone in opera la colonna di rivestimento del foro di sondaggio, senza utilizzare fluidi di circolazione che potrebbero influenzare la prova stessa, e poi si procede con l'inserimento di ghiaietto calibrato.

Si ritrae la colonna di rivestimento per un tratto pari all'altezza della tasca che si vuole creare, si misura il livello statico nel foro di sondaggio e si procede con la prova vera e propria.

Le prove sono state eseguite con il metodo a carico variabile : si immette acqua pulita nel foro di sondaggio fino a inizio rivestimento; si misura ad intervalli regolari l'abbassamento del livello dinamico indotto.

Si valuta quindi il tempo impiegato dall'acquifero a ristabilire le condizioni iniziali a seguito di un'alterazione indotta.

Le prove sono state eseguite sia durante la fase di trivellazione del foro a diverse profondità, nella tasca creata, necessaria per ottenere la permeabilità orizzontale (kh), sia alla fine della trivellazione nel tratto terminale per calcolare la permeabilità verticale (kv), come in figura 71.

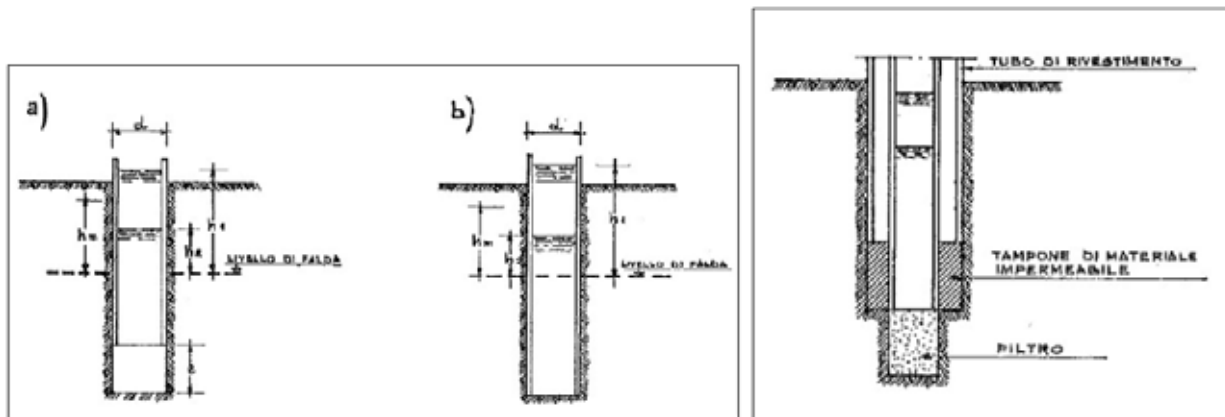


Fig.71. Schema di prova di immissione in fori di sondaggio. Tratto da AGI – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$K = \frac{A}{C_L(T_2 - T_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad \text{m/s}$$

Dove

K (m/s) = coefficiente di permeabilità;

A (m²) = area di base del foro di sondaggio;

h_1 e h_2 (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t_1 e t_2 ;

t_1 e t_2 = tempi ai quali si misurano h_1 e h_2 ;

C_L (m) = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente C_L sono suggeriti i seguenti valori:

- prova su un tratto di foro

$$l \gg d \quad C = l \quad \text{m}$$

$$l \leq d \quad C = 2\pi d + l \quad \text{m}$$

Nel caso di calcolo della permeabilità verticale, considerato che l è molto inferiore a d

$$C_L = 2\pi d + l = 67 \text{ cm.}$$

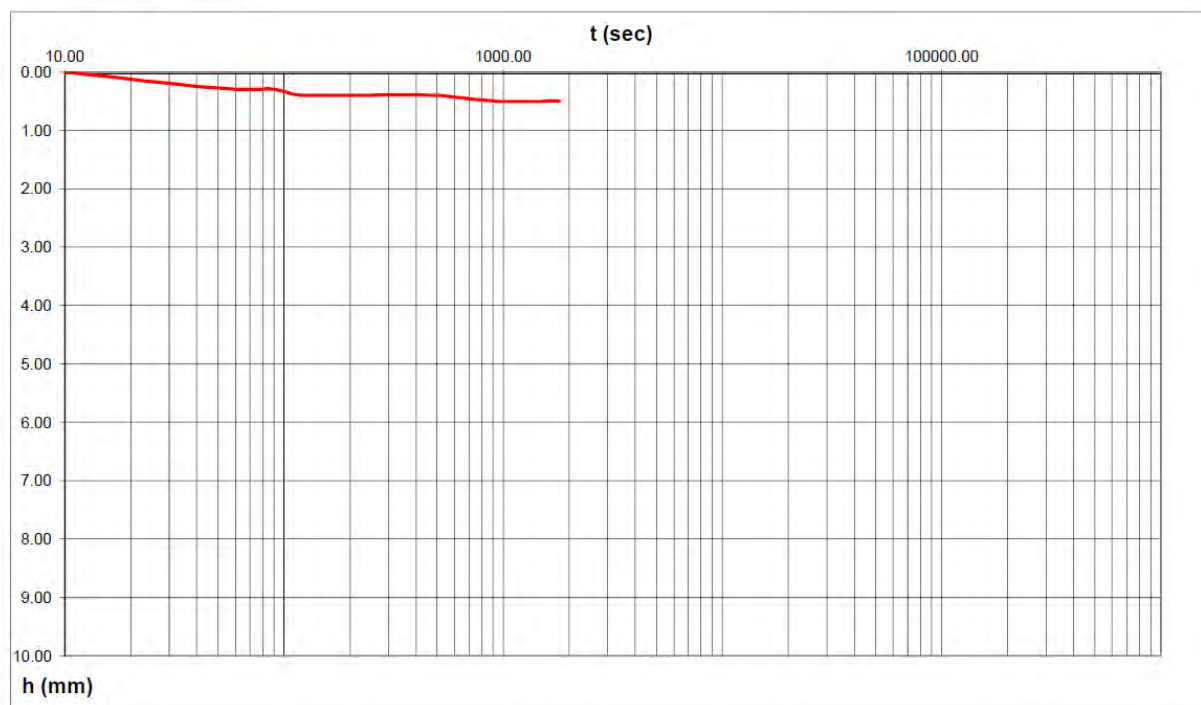
Nel caso di calcolo della permeabilità orizzontale, $C_L = l = 50 \text{ cm.}$

Prova di permeabilità Kv n. 1 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di – 1.70 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
0.2	30.00
0.3	60.00
0.3	90.00
0.4	120.00
0.4	240.00
0.4	480.00
0.5	900.00
0.5	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.30 m da p.c.
P - Profondità foro	- 1.70 m da p.c.
F - Profondità falda	" -1.90
L - lungh. tratto prova	0.00
Q - Prof. Rivestimento	-1.70 m dal p.c

$$K_v = (A/C_L(T_2-T_1)) \ln (h_1/h_2) = 1.69 \times 10^{-7} \text{ cm/s} = 1.69 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$



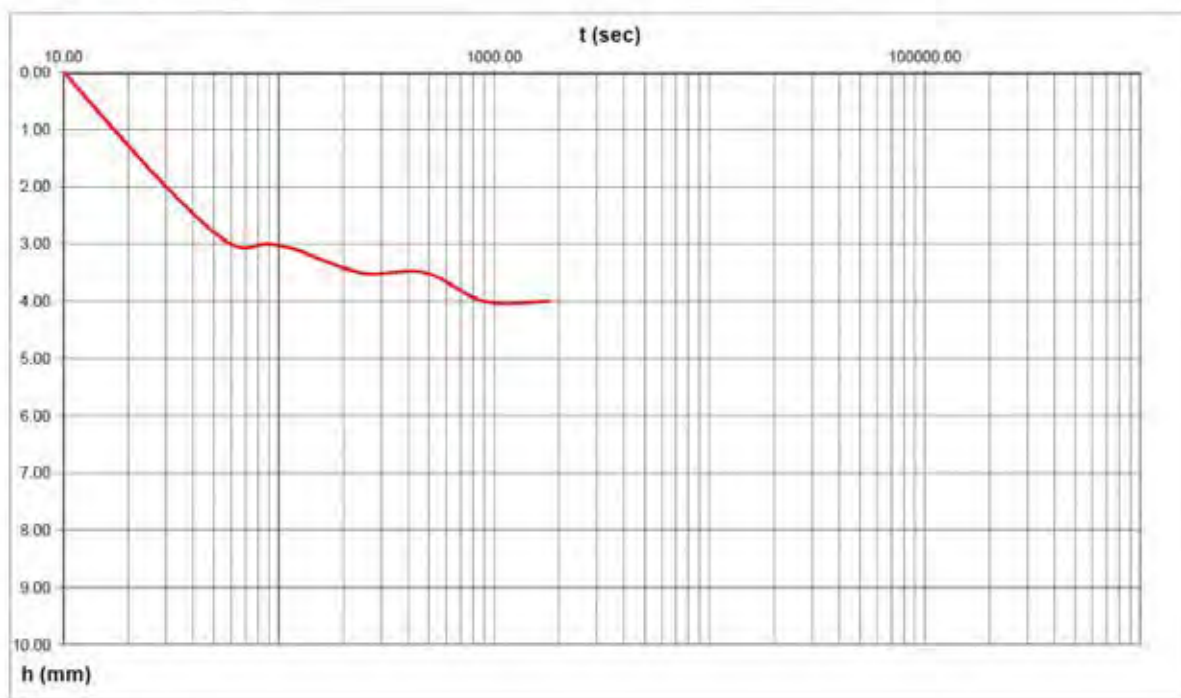
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 1 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 1.70 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
2	30.00
3	60.00
3	90.00
3.1	120.00
3.5	240.00
3.5	480.00
4	900.00
4	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.80 m da p.c.
P - Profondità foro	- 1.70 m da p.c.
F - Profondità falda	- 1.90
L - lungh. tratto prova	0.50
Q - Prof. Rivestimento	-1.20 m dal p.c.

$$K_h = (A/C_L(T_2 - T_1)) \ln(h_1/h_2) = 1.48 \times 10^{-6} \text{ cm/s} = 1.48 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$



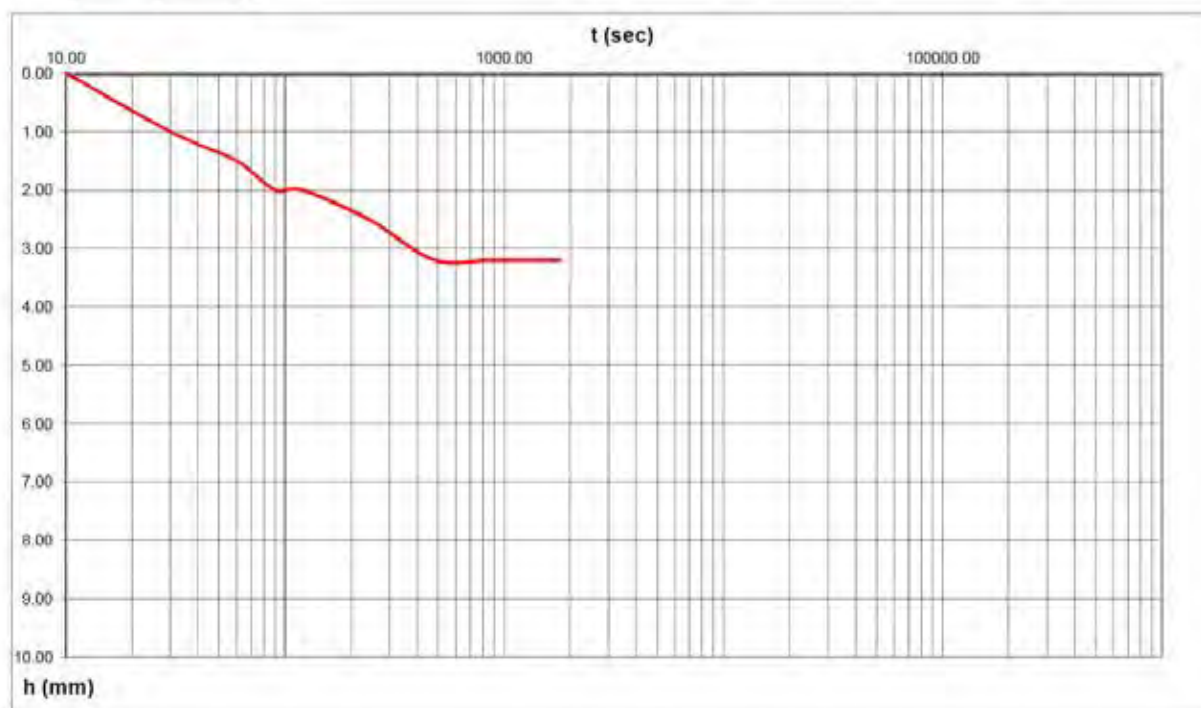
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità Kv n. 2 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 2.80 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
1	30.00
1.5	60.00
2	90.00
2	120.00
2.5	240.00
3.2	480.00
3.2	900.00
3.2	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.30 m da p.c.
P - Profondità foro	- 2.80 m da p.c.
F - Profondità falda	" -1.90
L - lungh. tratto prova	0.00
Q - Prof. Rivestimento	-1.70 m dal p.c.

$$K_v = (A/C_L(T_2-T_1)) \ln (h_1/h_2) = 6.78 \times 10^{-7} \text{ cm/s} = 6.78 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 2 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 2.80 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
1	30.00
1.5	60.00
1.5	90.00
2	120.00
2.2	240.00
2.3	480.00
2.5	900.00
2.5	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.80 m da p.c.
P - Profondità foro	- 2.80 m da p.c.
F - Profondità falda	- 1.90
L - lungh. tratto prova	0.50
Q - Prof. Rivestimento	- 2.30 m dal p.c.

$$K_h = (A/C_L(T_2 - T_1)) \ln(h_1/h_2) = 9.25 \times 10^{-7} \text{ cm/s} = 9.25 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$



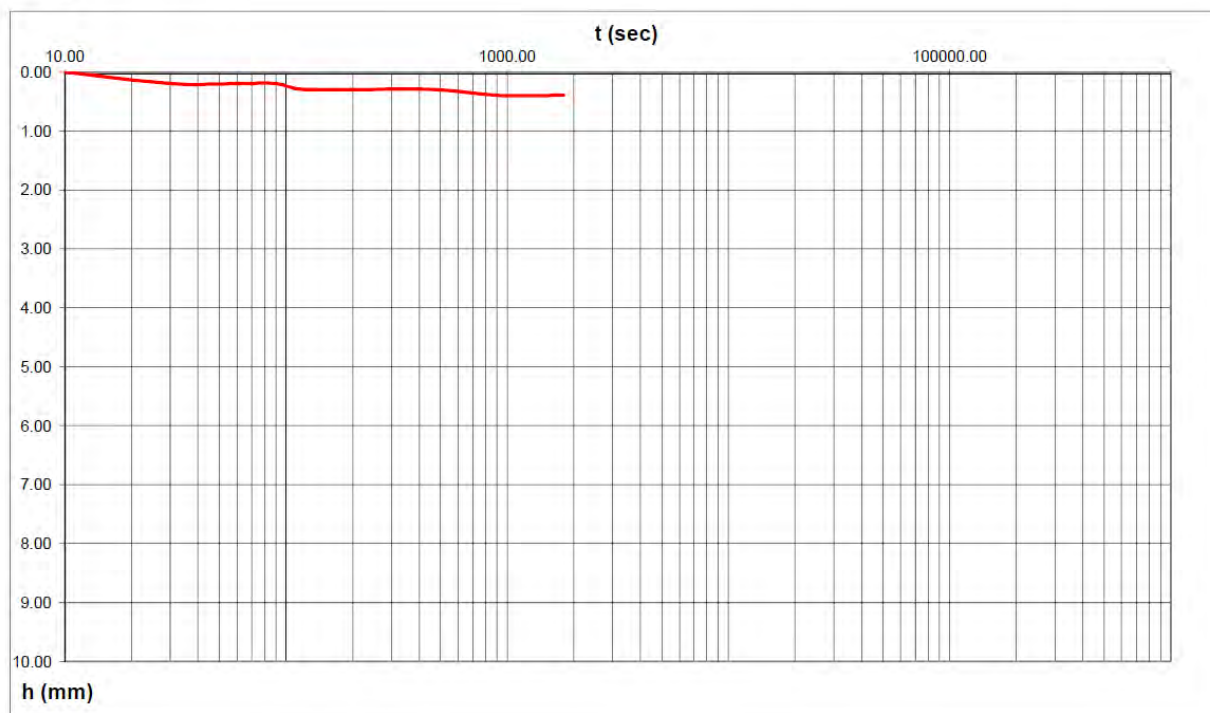
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_v n. 3 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 5.10 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
0.2	30.00
0.2	60.00
0.2	90.00
0.3	120.00
0.3	240.00
0.3	480.00
0.4	900.00
0.4	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.10 m da p.c.
P - Profondità foro	- 5.10 m da p.c.
F - Profondità falda	" -1.90
L - lungh. tratto prova	0.00
Q - Prof. Rivestimento	-5.10 m dal p.c.

$$K_v = (A/C_L(T_2-T_1)) \ln (h_1/h_2) = 1.49 \times 10^{-7} \text{ cm/s} = 1.49 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$



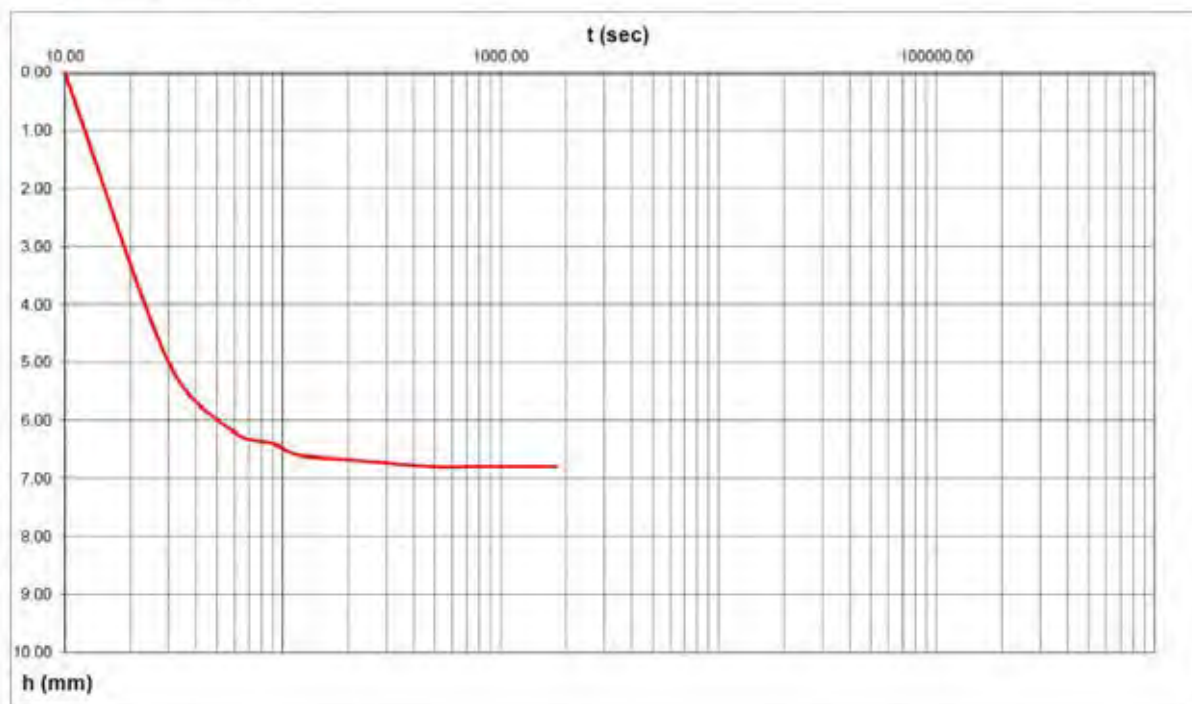
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 3 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 5.10 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
5	30.00
6.2	60.00
6.4	90.00
6.6	120.00
6.7	240.00
6.8	480.00
6.8	900.00
6.8	1800.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.00 m da p.c.
P - Profondità foro	- 5.10 m da p.c.
F - Profondità falda	- 1.90
L - lungh. tratto prova	0.50
Q - Prof. Rivestimento	-4.60 m dal p.c.

$$Kh = (A/C_L(T_2-T_1)) \ln (h_1/h_2) = 2.72 \times 10^{-6} \text{ cm/s} = 2.72 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$



Prova di permeabilità K_v n. 4 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 7.20 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
22.5	30.00
60	60.00
130	90.00
205	120.00
370	240.00
565	480.00
920	960.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.0 m
P - Profondità foro	- 7.20 m
F - Profondità falda	* -1.90
L - lunghezza tratto prova	0.00
Q - Prof. Rivestimento	-7.20 m
	dal p.c

$$K_v = (A/C_t(T_2 - T_1)) \ln(h_1/h_2) = 9.87 \times 10^{-4} \text{ cm/s} = 9.87 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$



Prova di permeabilità K_h n. 4 eseguita sul sondaggio 2 alla quota di - 7.20 m dal p.c.

LIVELLI (mm)	TEMPI (sec)
0	10.00
150	30.00
205	60.00
460	90.00
660	120.00
940	240.00
1240	480.00
1702	900.00

CARATTERISTICHE DELLA PROVA:	
D - Diametro rivestimento interno	0.107 m
R - Quota rif. misure	+ 0.50 m da p.c.
P - Profondità foro	- 7.20 m da p.c.
F - Profondità falda	" - 1.90
L - lungh. tratto prova	0.50
Q - Prof. Rivestimento	- 6.70 m dal p.c.

$$Kh = (A/C_L(T_2 - T_1)) \ln(h_1/h_2) = 2.46 \times 10^{-3} \text{ cm/s} = 2.46 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$



In allegato (All. n.7) vengono riportati i rapporti di prova delle prove Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

5.2. Prove di permeabilità in sito di dissipazione delle pressioni interstiziali durante l'esecuzione delle prove CPTU

Studi ed esperienze (SORANZO M.) condotti utilizzando la punta piezometrica (C.P.T.U.) permettono di determinare in sito il coefficiente di permeabilità orizzontale K_h ; il metodo consiste nell'infissione nel terreno di un filtro in metallo poroso che, a mezzo di trasduttori elettronici di pressioni neutrali a strain-gauge, misura nel tempo l'andamento delle sovrappressioni neutre generate dal contatto con il terreno.

La permeabilità orizzontale del terreno è valutabile con una relazione del tipo :

$$K_h = M_v \times Y_w \times C_h$$

cioè dal prodotto del coefficiente di compressibilità del volume M_v , per il peso unitario dell'acqua Y_w , per il coefficiente di consolidazione orizzontale C_h .

Secondo Mitchell (1978), il modulo di deformazione edometrica nei terreni coesivi può essere espresso con la relazione:

$1/M_v = E = \alpha Q_c$ con α variabile sulla base delle caratteristiche del terreno analizzato secondo la tabella seguente:

$M = \frac{1}{m_v} = \frac{2.3 \cdot (1+e) \cdot \sigma_v'}{C_c} = \alpha \cdot q_c$		
Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 5$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
Torbe e argille organiche (Pt, OH)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	
	$50 < w^* < 100$	$1,5 < \alpha < 4$
	$100 < w < 200$	$1 < \alpha < 1,5$
	$w > 200$	$0,4 < \alpha < 1$

*w = contenuto in acqua (%)

dove Q_c è la resistenza unitaria di punta del penetrometro statico alla quota considerata.

La determinazione di $C_h(OC)$ costituisce la parte originale della prova di dissipazione C.P.T.U., eseguita con penetrometro dotato di piezocono, sviluppata contemporaneamente da Torstensson (1975) e da Wissa (1975).

Il coefficiente di consolidazione si ottiene con la relazione del tipo :

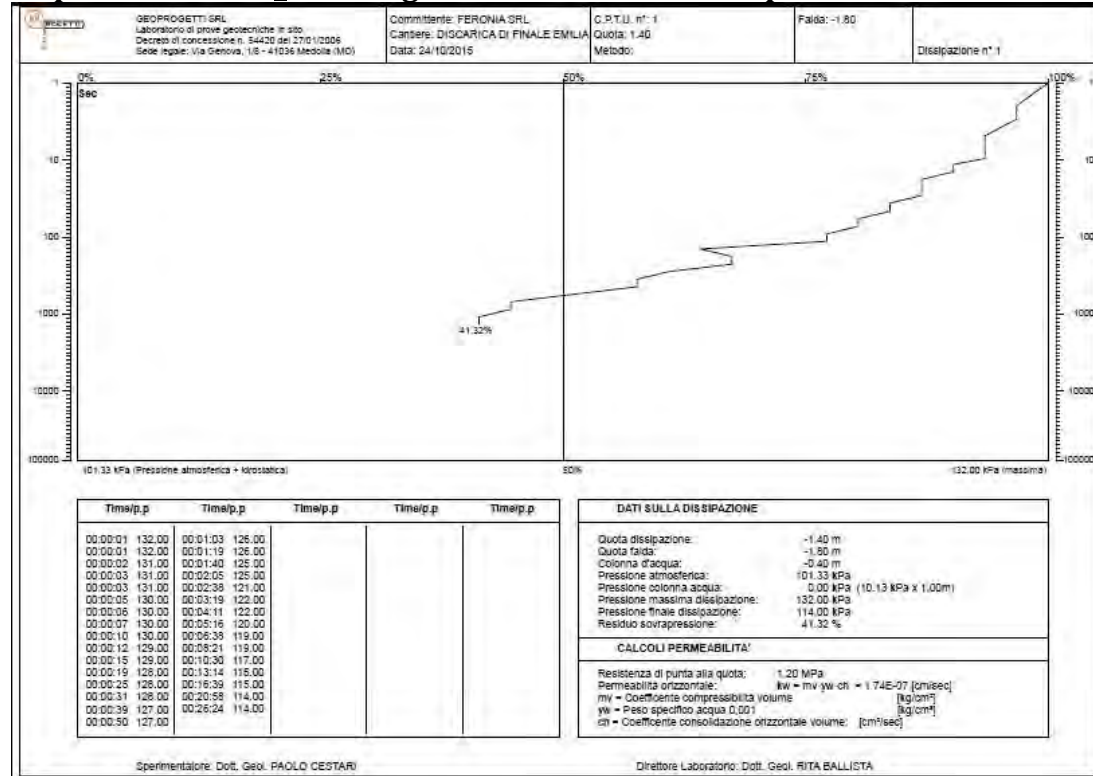
$$C_h = T/t \times R^2$$

dove T è un fattore di tempo corrispondente al grado di consolidazione considerato, ricavabile da diagrammi standard di riferimento, t è il tempo necessario per produrre la consolidazione considerata, che si ottiene dal grafico relativo alla prova di dissipazione ed R è il raggio del penetrometro.

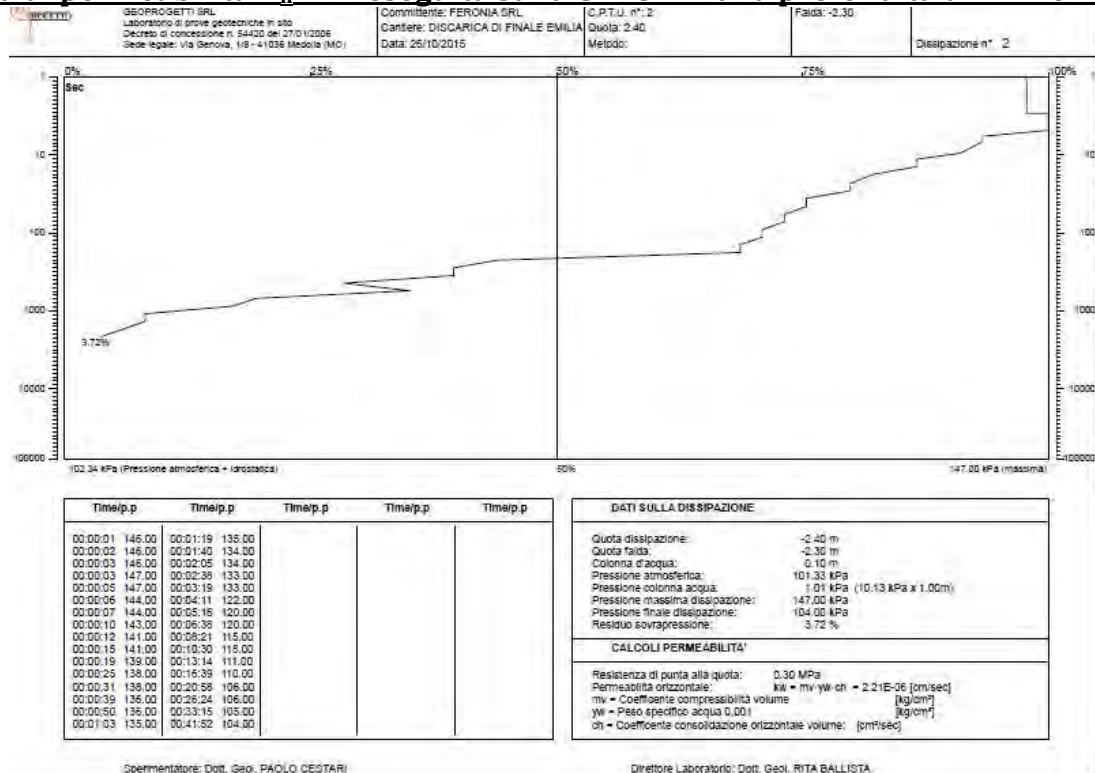
In allegato (All. n.8) vengono riportati i rapporti di prova delle prove di dissipazione eseguite.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 1 eseguita sulla CPTU N.1 alla profondità di - 1.40 metri

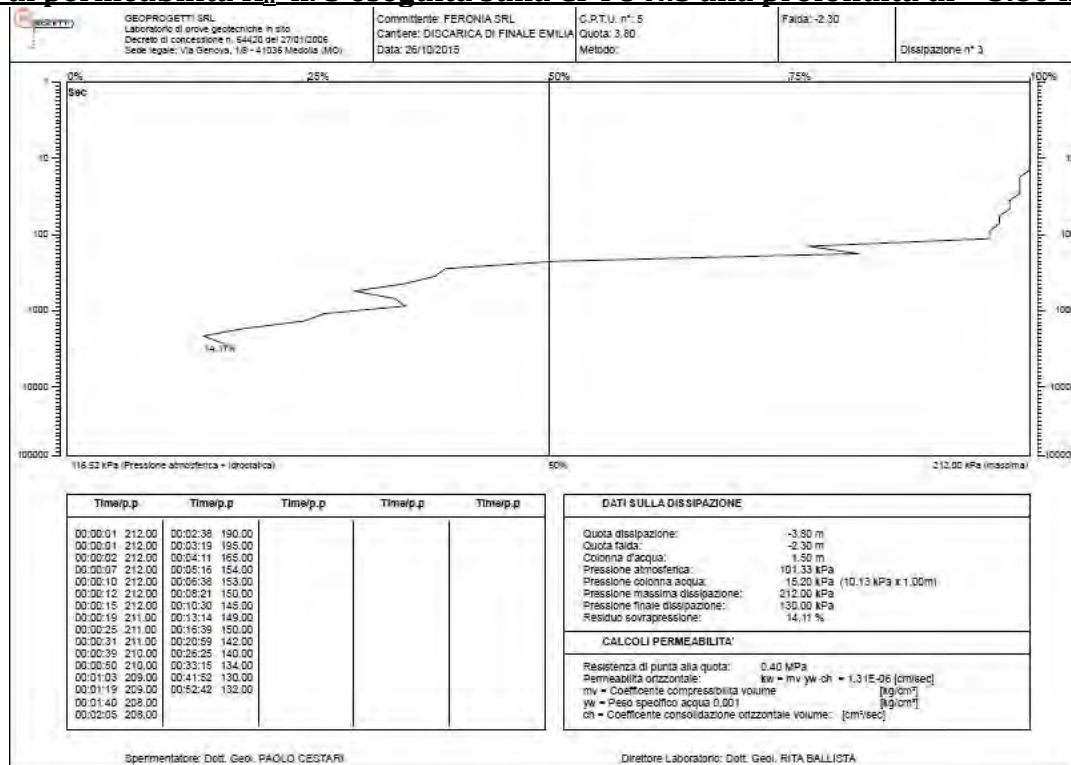


Prova di permeabilità K_h n. 2 eseguita sulla CPTU N.2 alla profondità di - 2.40 metri

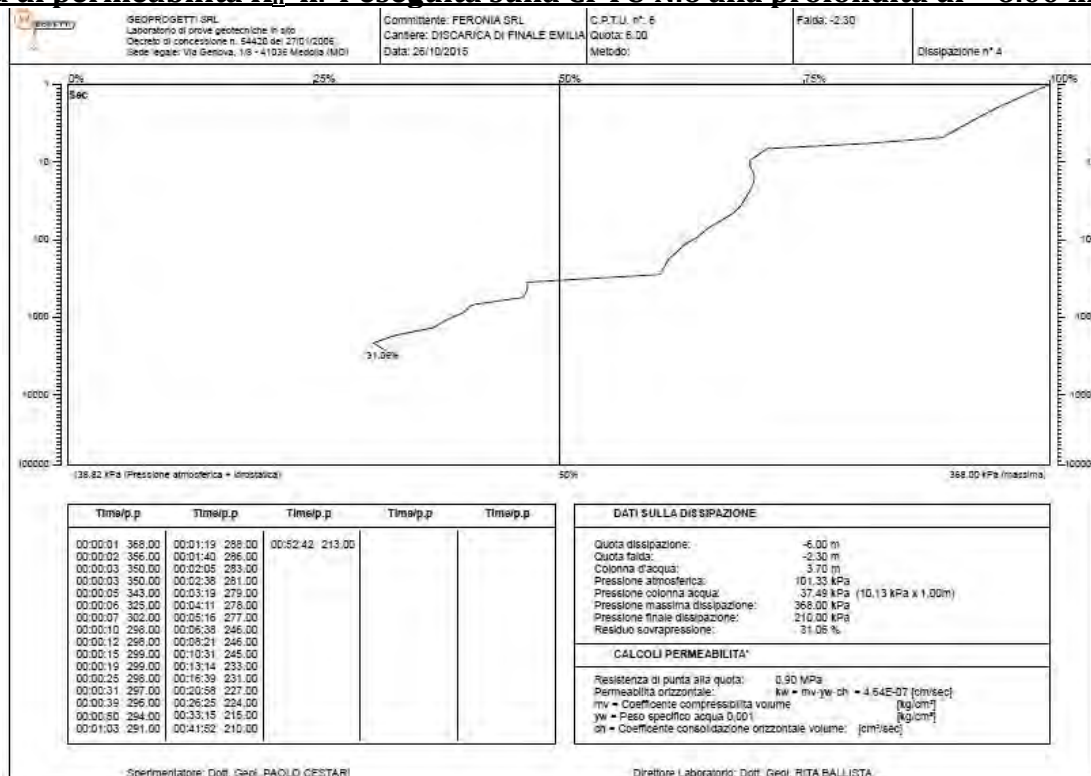


INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 3 eseguita sulla CPTU N.5 alla profondità di - 3.80 metri

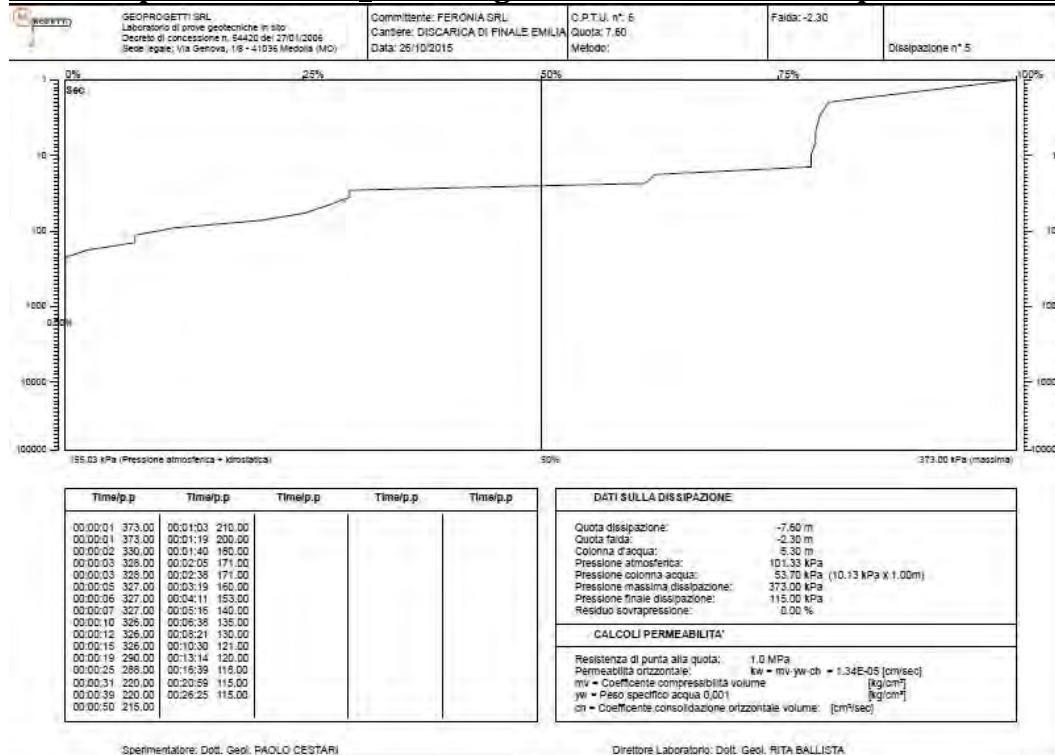


Prova di permeabilità K_h n. 4 eseguita sulla CPTU N.6 alla profondità di - 6.00 metri

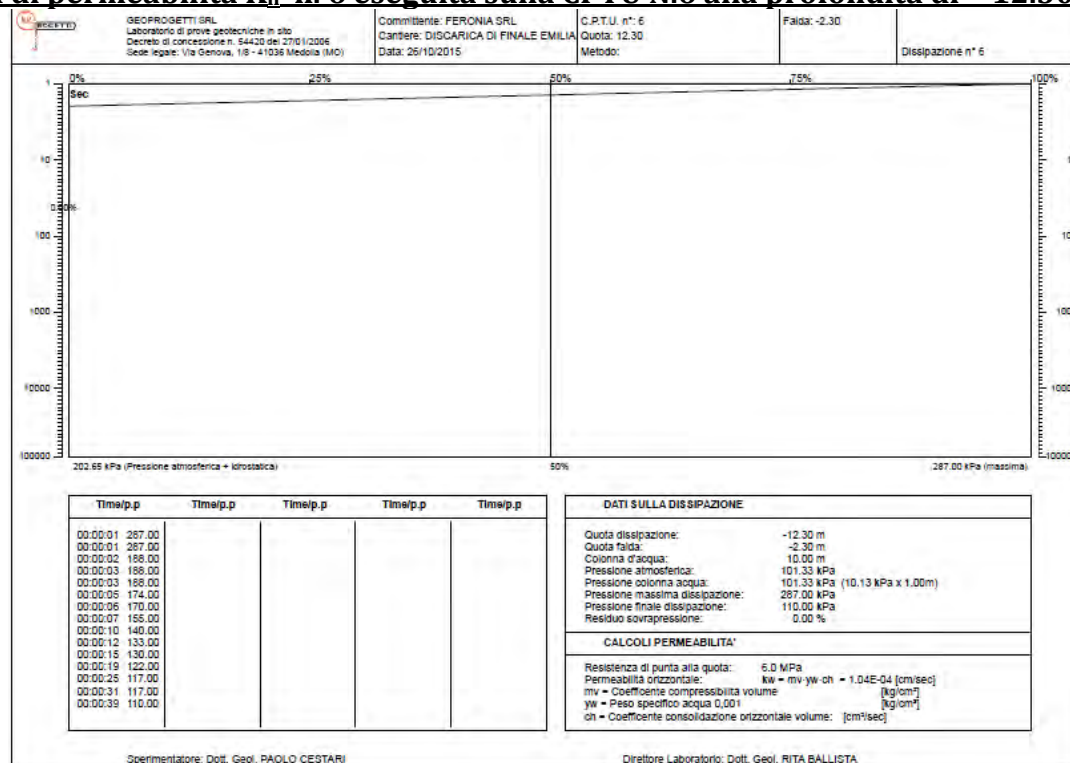


INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Prova di permeabilità K_h n. 5 eseguita sulla CPTU N.6 alla profondità di - 7.60 metri



Prova di permeabilità K_h n. 6 eseguita sulla CPTU N.6 alla profondità di - 12.30 metri



5.3. Prove di permeabilità in laboratorio mediante cella edometrica

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati mediante fustella campionatrice tipo Shelby in corrispondenza dei 3 strati superficiali coesivi con caratteristiche litologiche diverse.

Sui campioni è stata effettuata la prova edometrica per la determinazione della permeabilità verticale presso il laboratorio CGG S.r.l. di Montale (PC), autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture con D.M. 52490 per prove geotecniche sui terreni.

Le prove edometriche realizzate sono 5 in quanto il campione S2 C5 si presentava eterogeneo e quindi si è deciso di eseguire due prove edometriche nelle due porzioni di terreno disomogeneo.

Le permeabilità ottenute sono:

CAMPIONE 1 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 1.20 a - 1.80

$K_v = 7.41 \times 10^{-9}$ cm/s (step IV secondo ciclo di carico)

$K_v = 1.33 \times 10^{-9}$ cm/s (step V terzo ciclo di carico)

CAMPIONE 2 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 2.20 a - 2.80

$K_v = 1.50 \times 10^{-8}$ cm/s (step IV secondo ciclo di carico)

$K_v = 1.86 \times 10^{-9}$ cm/s (step V terzo ciclo di carico)

CAMPIONE 3 SONDAGGIO 1 PROFONDITA' PROVINO m: da - 3.80 a - 4.40

$K_v = 1.06 \times 10^{-9}$ cm/s (step IV secondo ciclo di carico)

$K_v = 4.04 \times 10^{-10}$ cm/s (step V terzo ciclo di carico)

CAMPIONE 4 SONDAGGIO 2 PROFONDITA' PROVINO m: da - 5.20 a - 5.80

$K_v = 1.12 \times 10^{-9}$ cm/s (step IV secondo ciclo di carico)

$K_v = 3.67 \times 10^{-10}$ cm/s (step V terzo ciclo di carico)

$K_v = 1.01 \times 10^{-8}$ cm/s (step IV secondo ciclo di carico)

$K_v = 3.22 \times 10^{-8}$ cm/s (step V terzo ciclo di carico)

I certificati di prova sono riportati in allegato (All. N.9)

5.4. Analisi risultati prove di permeabilità

I risultati per ogni strato delle permeabilità ottenute con i vari metodi sono riassunte nelle seguenti tabelle.

PRIMO STRATO DA 0 A -1.90/2.15 M ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA				
TIPO DI PROVA	SONDAGGIO/ PROVA	Quota prova (m)	K_v (m/s)	K_h (m/s)
LEFRANC	S2	- 1.70 - 1.20÷-1.70	1.69×10^{-9}	1.48×10^{-8}
DISSIPAZIONE	CPTU1	- 1.40		1.74×10^{-9}
EDOMETRO	S1	- 1.20÷-1.80	7.41×10^{-11} 1.33×10^{-11}	
MEDIA			5.92×10^{-10}	8.27×10^{-9}

SECONDO STRATO DA - 1.90/2.15 A -4.10/4.40 M ARGILLA ORGANICA				
TIPO DI PROVA	SONDAGGIO/ PROVA	Quota prova (m)	K_v (m/s)	K_h (m/s)
LEFRANC	S2	- 2.80 - 2.30÷-2.80	6.78×10^{-9}	9.25×10^{-9}
DISSIPAZIONE	CPTU2	- 2.40		2.21×10^{-8}
DISSIPAZIONE	CPTU5	- 3.80		1.31×10^{-8}
EDOMETRO	S1	- 2.20÷-2.80	1.50×10^{-10} 1.86×10^{-11}	
EDOMETRO	S1	- 3.80÷-4.40	1.06×10^{-11} 4.04×10^{-12}	
MEDIA			1.39×10^{-9}	1.48×10^{-8}

TERZO STRATO DA -4.10/4.40 M A - 7.30/8.20 M ARGILLA LIMOSA				
TIPO DI PROVA	SONDAGGIO/ PROVA	Quota prova (m)	K_v (m/s)	K_h (m/s)
LEFRANC	S2	- 5.10 - 4.60÷-5.10	1.49×10^{-9}	2.72×10^{-8}
DISSIPAZIONE	CPTU6	- 6.00		4.64×10^{-9}
EDOMETRO	S2	- 5.20÷-5.80	1.12×10^{-11} 3.67×10^{-12}	
EDOMETRO	S2	-5.20 ÷-5.80	1.01×10^{-10} 3.22×10^{-10}	
MEDIA			3.86×10^{-10}	1.59×10^{-8}

QUARTO STRATO DA - 7.30/8.20 M A - 9.00/9.80 M SABBIA LIMOSA				
TIPO DI PROVA	SONDAGGIO/ PROVA	Quota prova (m)	K_v (m/s)	K_h (m/s)
LEFRANC	S2	- 7.20 - 6.70÷-7.20	9.87×10^{-6}	2.46×10^{-5}
DISSIPAZIONE	CPTU6	- 7.60		1.34×10^{-5}
MEDIA			9.87×10^{-6}	1.9×10^{-5}

Tab.10: Permeabilità dei quattro strati coesivi ottenuti con diversi metodi

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

I dati delle permeabilità sia verticali che orizzontali definiti dalle medie dei risultati ottenuti dalle varie prove eseguite nel settore sud dell'ampliamento di progetto, sono comparabili ai risultati ottenuti nelle indagini precedenti e adottati nello studio geologico e geotecnico presentato a Ottobre 2015 e di seguito riportati.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Permeabilità K verticale AREA NORD-OVEST (m/s)	Permeabilità K verticale AREA SUD (m/s)	Permeabilità K orizzontale AREA NORD-OVEST (m/s)	Permeabilità K orizzontale AREA SUD (m/s)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	1.80*10-10	5.92*10-10	5.62*10-9	8.27*10-9
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a - 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	1.0*10-10	1.39*10-9	4.58*10-8	1.48*10-8
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.20m	Argille limosa mediamente consistente	2.80*10-11	3.86*10-10	9.09*10-8	1.59*10-8
Quarto strato	da - 7.30/8.20 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	9.87*10-6	/	1.9*10-5

Tab.11: Confronto permeabilità area ovest di completamento con permeabilità calcolate nell'area sud

I risultati sui valori di permeabilità riscontrati nel settore sud dell'ampliamento come sul tutta l'area tecnologica oggetto di studio individuando una **barriera naturale caratterizzata da significativi orizzonti argillosi da impermeabili a bassa permeabilità** se si fa riferimento alla classificazione dei terreni in base alla conducibilità idraulica K definita da Civita (2005) di seguito riproposta.

Tabella 1. Permeabilità dei terreni.

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Chiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie	Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee compatte					

Tab.12: Tabella valori di permeabilità (Civita 2005)

Considerando una locale variabilità legata alla percentuale di limo o di materia organica nei vari strati, la barriera naturale è da ritenersi continua e affidabile, **capace di garantire la separazione dell'acquifero confinato dalla frangia freatica**.

6. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO INTEGRANTE IL CAPITOLO 15 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

6.1. Analisi del sottosuolo in sismica passiva multicanale ESAC e a stazione singola HVSR e mediante sismica attiva multicanale MASW

Al fine di confermare e verificare il modello geologico del sottosuolo, il profilo di V_{s30} , la profondità del bedrock utilizzati per l'analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello, presentata nella relazione geologica dell'Ottobre 2015 e derivanti da analisi sismiche in sito eseguite nell'area ovest, sono state realizzate il 26/10/2015 delle indagini sismiche in sito ubicate nel settore sud di completamento.

La campagna di prospezione geofisica che permette di definire la vulnerabilità naturale degli strati superficiali e profondi in caso di moto sismico è stata eseguita mediante sismica attiva multicanale (MASW), passiva multicanale (ESAC) e a stazione singola (HVSR) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{s30} .

Le indagini sismiche sono state realizzate nel settore sud dell'area tecnologica in adeguamento, ubicate come da figura 72 .

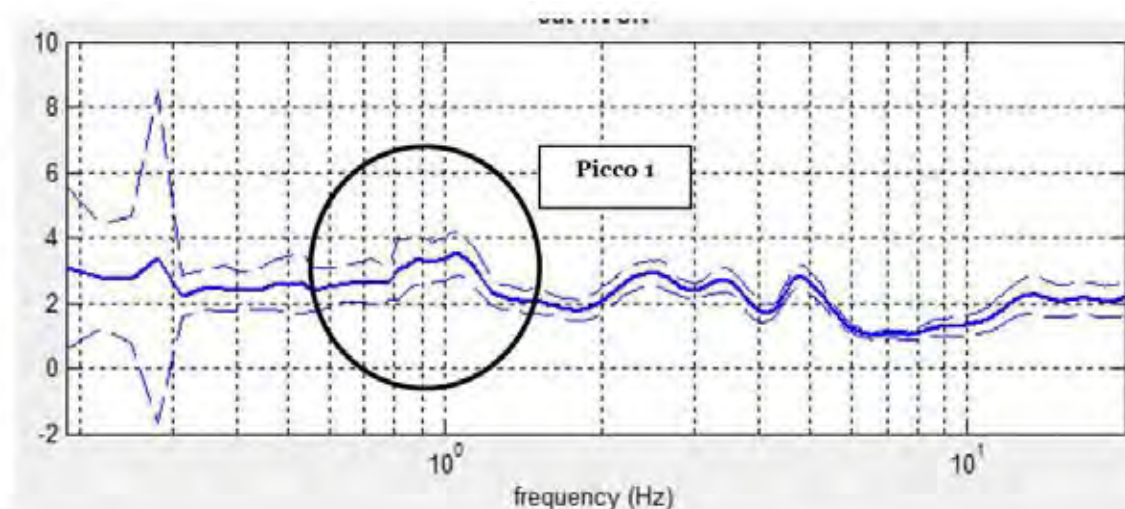
In allegato si riporta relazione di analisi sismica di dettaglio (All. n.10)



Fig.72. Ubicazione prove sismiche eseguite.

6.2. Picco stratigrafico caratteristico

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo riscontrato un picco stratigrafico caratteristico alla **frequenza fondamentale di 1/1.1 Hz e periodo caratteristico di 1/0.9 s** che indica un contrasto di impedenza significativo alla quota di 130/150 m di profondità.



Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 3-5	~ 1.0/1.1

Il picco stratigrafico riscontrato caratteristico a 1 Hz coincide con il picco stratigrafico caratteristico, a 0.9 Hz, definito nelle indagini precedenti.

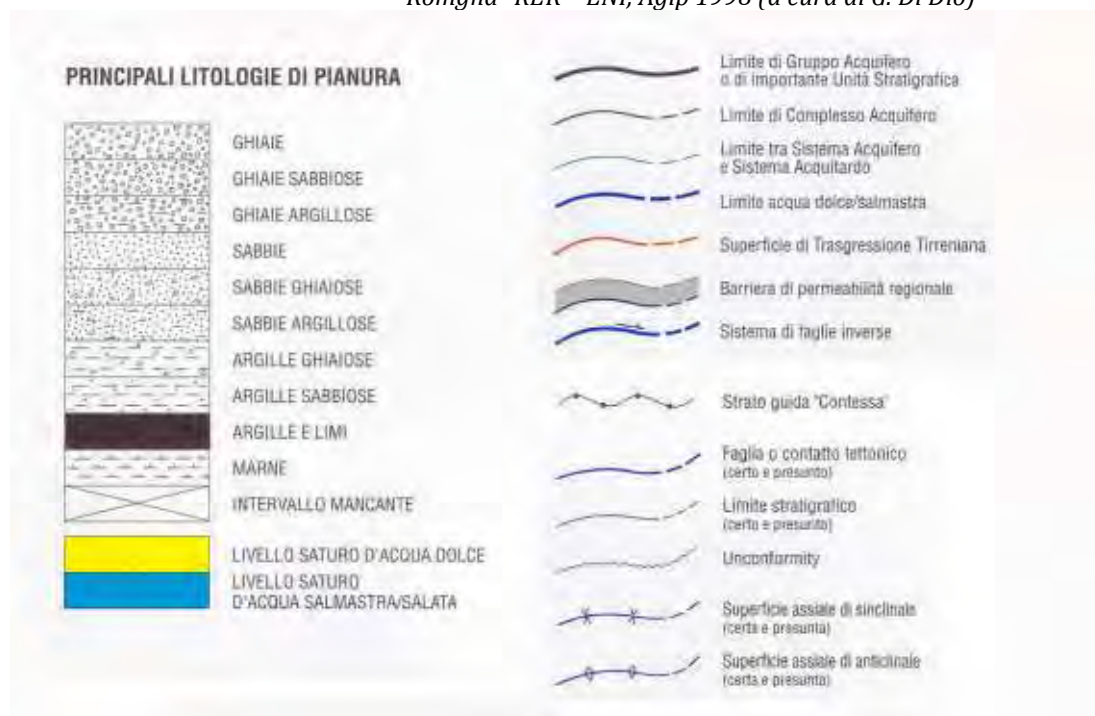
Nelle indagini precedenti si evidenziava anche un altro debole contrasto litostratigrafico alla frequenza compresa fra 1.5/1.9 che non viene segnalato in quest'indagine.

Il contrasto di impedenza principale riscontrato ritorna con i dati pubblicati nello studio "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio) in particolare nella sez. 4 della Tavola 7 riportata in figura 73 in cui si evidenzia che la base della AES6 si trova a circa 100 m dal p.c. e la base della AES si ubica a circa 130 m dal p.c.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Fig.73. Ubicazione sezione esaminata da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)"



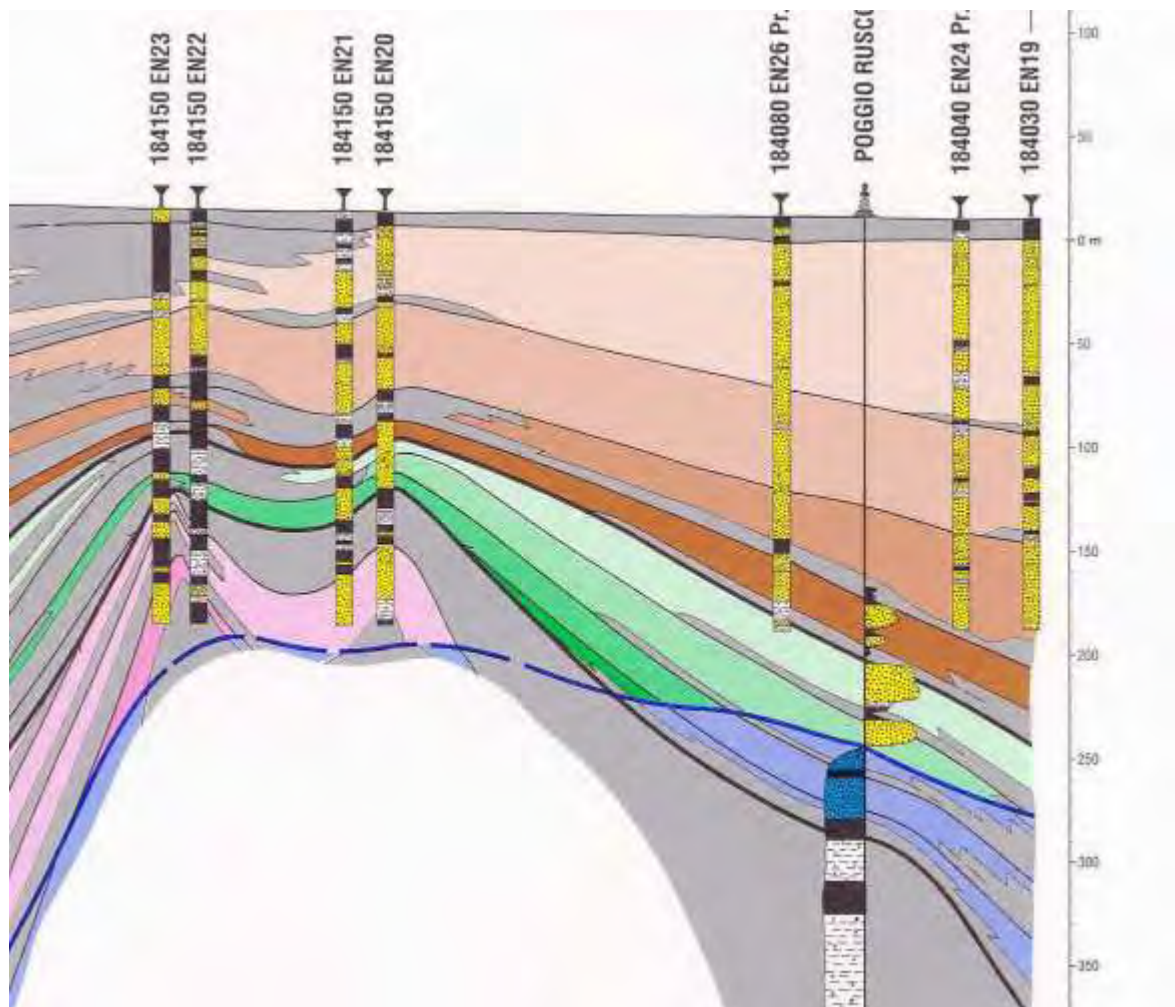


Fig.74. Sezione 4 pozzo 184150EN20 da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)"

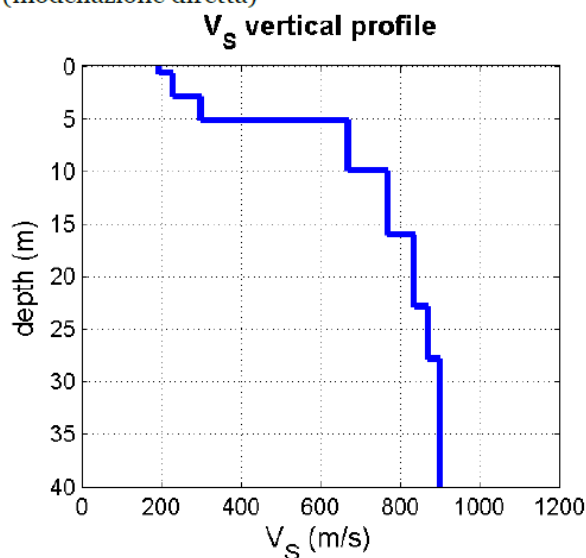
6.3. Modello sismico del sottosuolo

Attraverso l'analisi MASW delle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC e mediante analisi congiunta dei dati, considerando la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V, si è arrivati alla definizione del profilo di V_{S30} .

In allegato (All.10) si trovano tutti gli spettri e i dati analitici.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

- MASW + ESAC + HVSR (modellazione diretta)

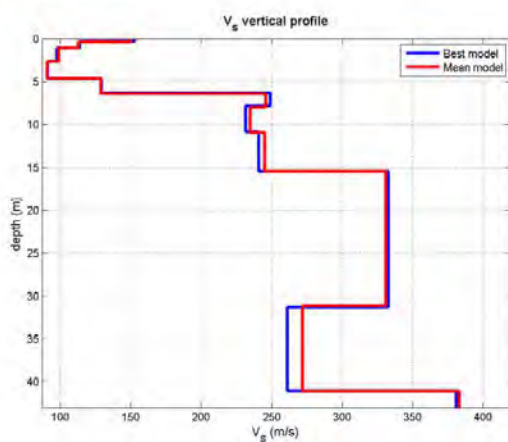


Mean model

V_s (m/s): 195 230 300 670 770 835 870 900 950 1000 1200

Thickness (m): 0.7 2.2 2.2 4.8 6.1 6.9 4.9 35.0 12.0 15.0

- MASW (modellazione automatica)



Best model

V_s (m/s): 153, 114, 98, 91, 129, 249, 232, 241, 333, 261, 381, 337

Thickness (m): 0.3, 0.8, 1.6, 2.0, 1.7, 1.5, 3.0, 4.6, 15.8, 9.8, 13.1

Mean model

V_s (m/s): 150, 113, 99, 91, 129, 246, 235, 245, 331, 272, 383, 352

V_s standard deviations (m/s): 5, 2, 3, 2, 9, 16, 11, 9, 6, 34, 7, 62

Thickness (m): 0.4, 0.7, 1.6, 2.0, 1.8, 1.6, 2.9, 4.5, 15.7, 10.0, 13.1

V_s (0-30): 212 (categoria di sottosuolo "C")

Nella relazione geologica geotecnica e sismica presentata a Ottobre 2015, si è eseguita una Analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello con definizione dei parametri spettrali, per definire meglio la pericolosità sismica di base del sito, il coefficiente di amplificazione e l'accelerazione attesa in superficie da utilizzare nelle verifiche di suscettibilità a processi di liquefazione dei terreni presenti in sito e nelle verifiche di stabilità. La costruzione della colonna di sottosuolo di riferimento, utilizzata nell'analisi, rappresentata da strati a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs) deriva, per i primi 30 metri, dalle prove dirette ed indirette geofisiche eseguite in sito nel settore ovest dell'area tecnologica.

Per ciò che concerne l'intervallo più profondo delle conoscenze dirette (> 30 m), la stratigrafia viene estrapolata dalla combinazione di vari dati con le prove di microtremori, che consentono una stima delle velocità ed una verifica della continuità geografica delle discontinuità rilevate.

Per quanto riguarda l'attribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) ai differenti layer costituenti la colonna litologica schematica, nell'intervallo superiore a 30 m vengono utilizzati i risultati derivanti dalle indagini geofisiche eseguite e per arrivare alla profondità del bedrock (130/140 metri) ci si è avvalsi della possibilità data dalla normativa per cui qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il bedrock, il profilo di Vs può essere estrapolato in profondità fino a valori di Vs = 800 m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale.

Si confronta nella figura 75 il profilo definito e utilizzato per l'analisi RSL e quello definito in questa sede.

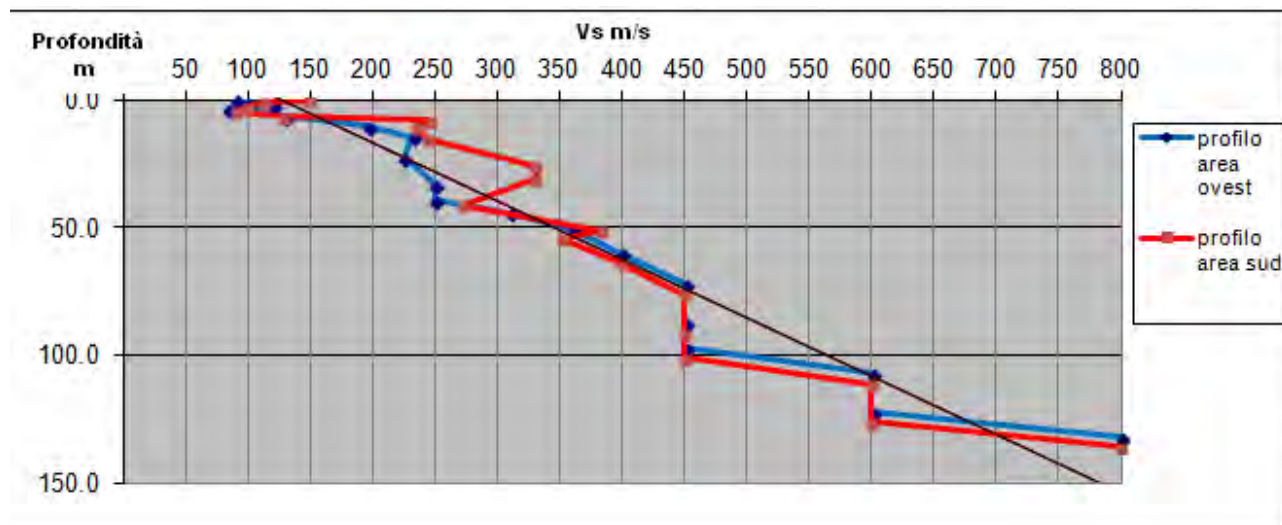


Fig.75. Confronto fra Profilo di Vs area ovest e profilo di Vs area sud

I due profili sostanzialmente si sovrappongono, l'unica differenza è alla profondità compresa fra - 10.00 e - 40.00 m dove, nel profilo area sud si evidenziano velocità di propagazione delle onde sismiche maggiori (320 m/sec) rispetto alle velocità registrate alle stesse profondità nel profilo area ovest (250 m/s).

Nonostante la similarità dei due profili si è rivalutata l'Analisi di risposta sismica locale già eseguita e presentata nello studio dell'ottobre 2015 inserendo il modello sismico del sottosuolo definito con le nuove indagini in sito realizzate nell'area sud di ampliamento.

7. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE INTEGRANTE IL CAPITOLO 16 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

7.1. Analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello

Il calcolo delle risposta sismica locale **nelle analisi di terzo livello** è eseguito sulla base di segnali di riferimento assegnati ad ogni comune.

Tali segnali sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento, quest'ultimo inteso come la superficie al di sotto della quale si può assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) superiore o uguale a 800 m/s.

La profondità approssimativa di 100 m da p.c. segna una variazione litostratigrafica che separa terreni caratterizzati da una media di valori di V_s intorno ai 270/300 m/s da terreni che hanno una v_s di 550/600 m/s, la quota di 130 m segna il passaggio a da corpi con $V_s \geq 800$ m/s.

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido viene considerato uguale a 0.17 e deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il Comune di Finale Emilia, scalato per un coefficiente d'uso 1.5 che corrisponde ad una classe d'uso III (L.R. 30/10/2009 n.19 All.B le discariche sono classificate come B.2.3.2 : strutture con attività pericolose per l'ambiente), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

La modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 712 anni e smorzamento $\xi = 5\%$.

Si definiscono così i fattori amplificativi espressi come rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (PGA/PGA_0) e si definiscono i fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS .

Per poter effettuare tali analisi, è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 08) selezionato da banche accelerometriche digitali (ITACA 2008), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 08.

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è la compatibilità con i vincoli sismo tettonici del contesto geologico regionale ed, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale e i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito.

Tale informazione può essere ottenuta dall'analisi di disaggregazione della pericolosità. I risultati della disaggregazione dello studio di pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

Per il sito in esame si forniscono un valore medio di magnitudo $M=6.18$ e distanza epicentrale $d= 17.37$ km.

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica IESD attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

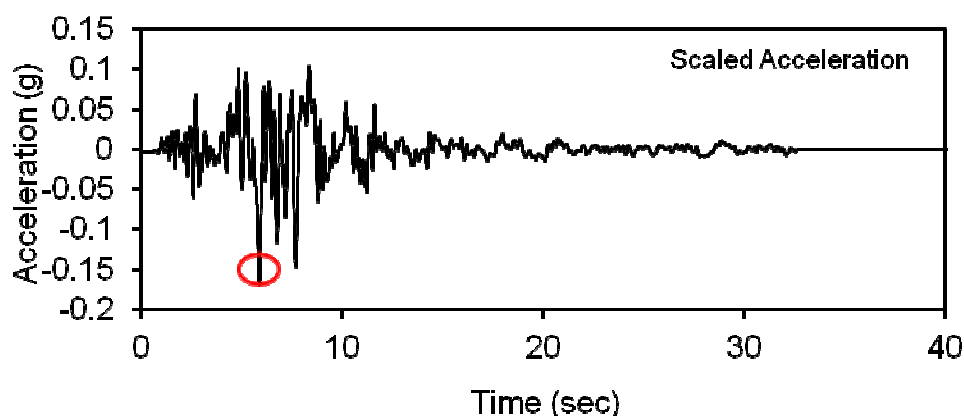
isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ITACA.

I dati degli accelerogrammi spettro-compatibili selezionati sono di seguito riportati:

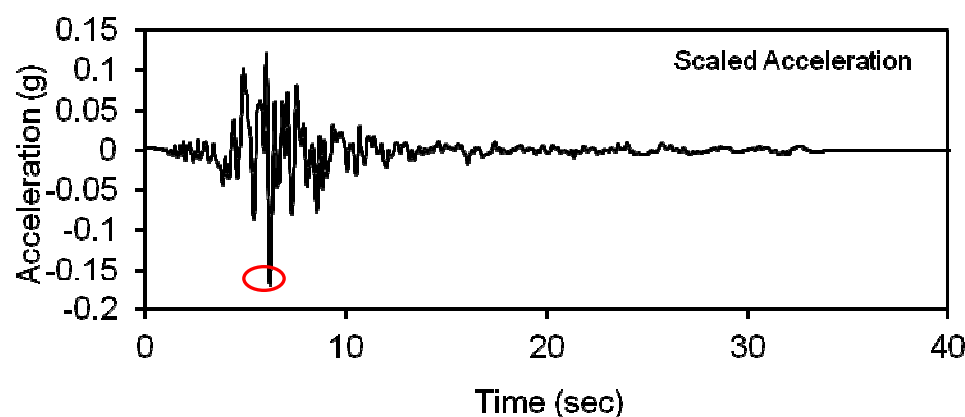
Waveform	Earthquake Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mec	Epicentral	PGA_X [m]	PGA_Y [m]	PGV_X [m]	PGV_Y [m]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
103	28 SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 4TH SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	164,207	12,852	2,449	0.10752	0.20528	42,894	31,488	0.65334	0.55895	A
103	28 SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 4TH SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	164,207	12,852	2,449	0.10752	0.20528	42,894	31,488	0.65334	0.55895	A
260	70 ATN	VAL COMINO EARTHQUAKE	07/05/1984	5.9	Normal	102,931	0.98389	1,096	0.037825	0.036177	104,497	83,311	0.6331	0.49249	A
813	178 MTR	L'Aquila Mainshock		6.3	Normal	223,479	0.61371	0.42922	0.028864	0.035396	204,661	137,792	0.72241	0.96436	A
164	47 ALT	IRPINIA EARTHQUAKE	23/11/1980	6.9	Normal	237,807	0.54875	0.56399	0.050589	0.062836	13,859	131,752	0.70845	11,284	A
164	47 ALT	IRPINIA EARTHQUAKE	23/11/1980	6.9	Normal	237,807	0.54875	0.56399	0.050589	0.062836	13,859	131,752	0.70845	11,284	A
285	71 VLB	VAL COMINO EARTHQUAKE	11/05/1984	5.5	Normal	85,659	13,433	19,685	0.066143	0.084965	80,295	49,469	10,617	0.79446	A
mean:				6.185714		17.37281	0.944096	1.35995	0.06415	0.098966	10.74887	8.529314	0.734403	0.803711	

Questi 7 segnali vengono “scalati” rispetto al comune a cui si riferiscono.

EARTHQUAKE IT0103xa

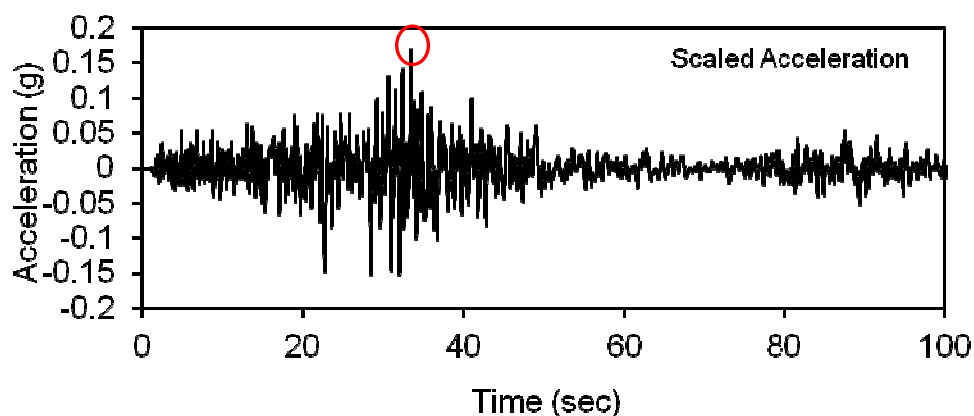


EARTHQUAKE IT0103ya

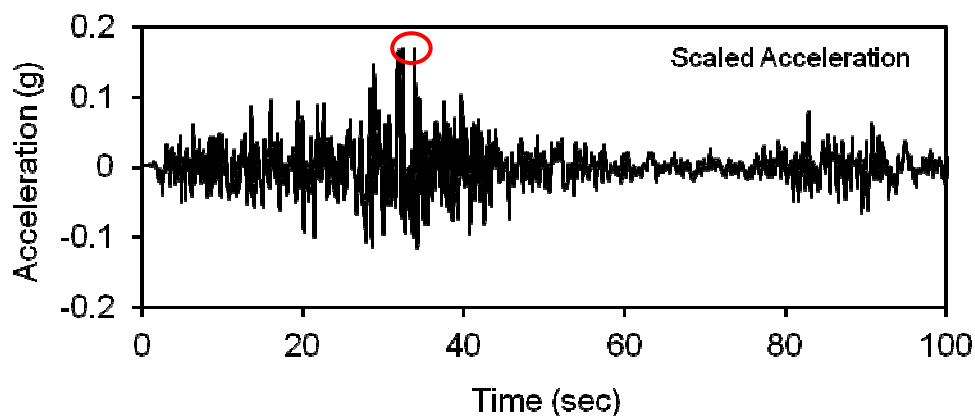


INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

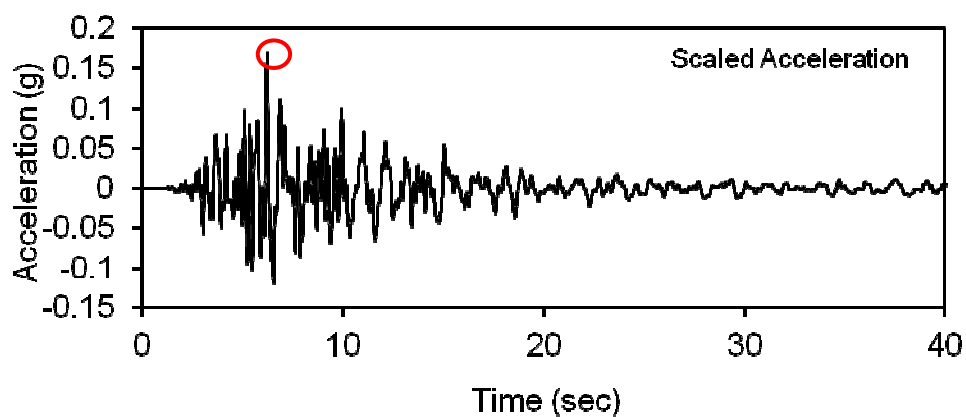
EARTHQUAKE IT0164xa



EARTHQUAKE IT0164ya



EARTHQUAKE IT0260xa



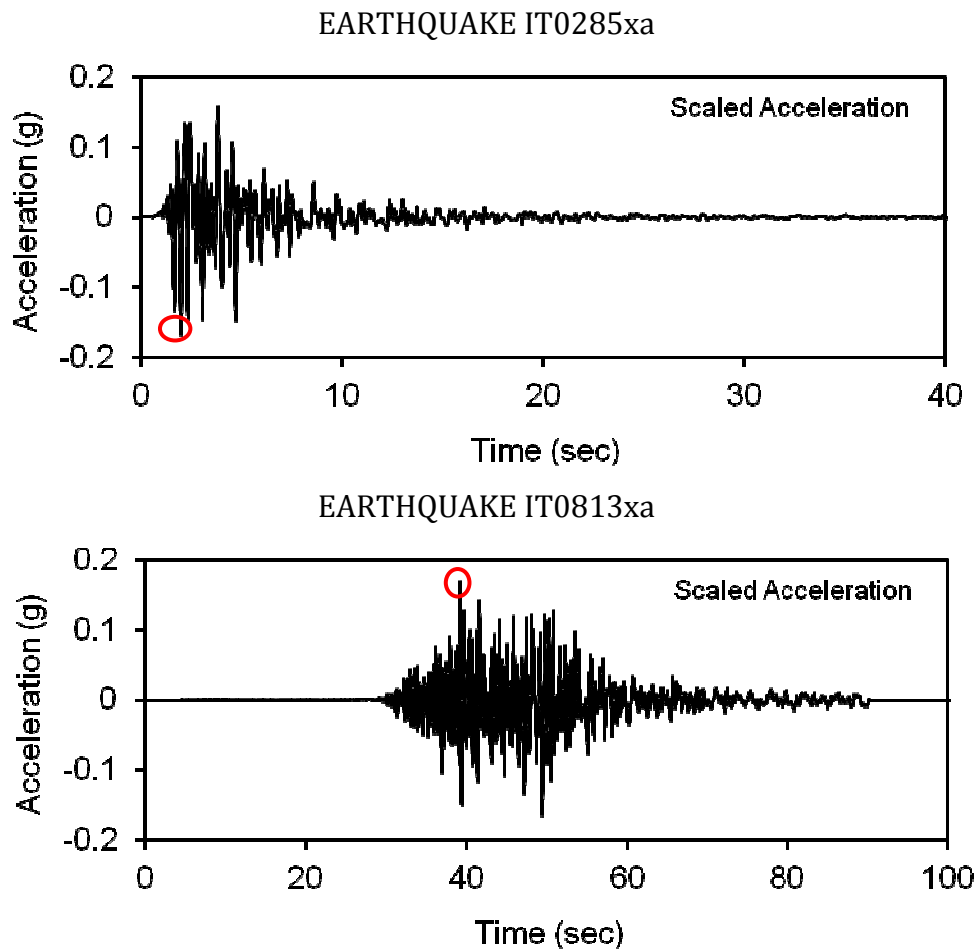


Fig.76. : Accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) per il sito di studio.

Nel cerchio, in ogni accelerogramma è indicata la PGA_0 Rdi 0.17g cioè la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido così come indicato nel reticolo di riferimento per tempo di ritorno di 712 anni .

Definiti gli input, la costruzione della colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (*layer*) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (V_s) deriva per i primi 30 m da prove dirette ed indirette, prove penetrometriche e geofisiche eseguite in sito nell'ottobre 2015 e per arrivare alla profondità del bedrock (130/140 metri) ci si è avvalsi della possibilità data dalla normativa (DGR N.2193) per cui qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il bedrock, il profilo di V_s può essere estrapolato in profondità fino a valori di $V_s = 800$ m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale.

I dati ottenuti e immessi nel programma sono elencati nella tabella di seguito.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

discarica finale emilia

Fundamental period (s) = 1.24
Average shear wave velocity (m/sec) = 406.83
Total number of sublayers = 20

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	0.4	43.58		19.00	150			0.2	3.80
	2	1	0.7	24.73		19.00	113		W	0.8	14.25
	3	11	1.6	17.98		18.00	99			1.9	27.45
	4	11	2.0	15.19		18.00	91			3.7	42.19
	5	1	1.8	32.23		19.00	129			5.6	58.65
	6	2	1.6	123.38		20.00	246			7.3	75.08
	7	2	2.9	112.59		20.00	235			9.6	98.01
	8	2	4.5	122.38		20.00	245			13.3	135.71
	9	2	10.7	223.37		20.00	331			20.9	213.15
	10	2	5.0	223.37		20.00	331			28.7	293.14
	11	2	10.0	150.8338318		20.00	272			36.2	369.56897
	12	2	10.0	314.0131226		21.00	383			46.2	476.468964
	13	2	3.0	265.237915		21.00	352			52.7	549.203979
	14	2	10.0	342.5076294		21.00	400			59.2	621.938965
	15	2	12.0	433.4862061		21.00	450			70.2	745.028931
	16	2	15.0	433.4862061		21.00	450			83.7	896.093933
	17	2	10.0	433.4862061		21.00	450			96.2	1035.96887
	18	3	10.0	807.3394165		22.00	600			106.2	1152.8689
	19	3	15.0	807.3394165		22.00	600			118.7	1305.2439
Bedrock	20	0	10.0	1500.509644		23.00	800	Outcrop		126.2	1396.66895

Tab.13: Tabella dati di input per analisi di riposta sismica locale

La modellazione numerica dei dati ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software EERAM (**E**quivalent-linear **E**arthquake site **R**esponse **A**nalyses), che è un software di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali che, eseguendo una sequenza di analisi lineari complete, è in grado raggiungere valori di rigidezza G e di smorzamento D compatibili con le caratteristiche delle colonne litologiche oggetto di studio.

In particolare le curve di smorzamento per alluvioni argillosi e alluvioni sabbiose e roccia utilizzate sono rappresentate in figura 77-78-79-80.

Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990)

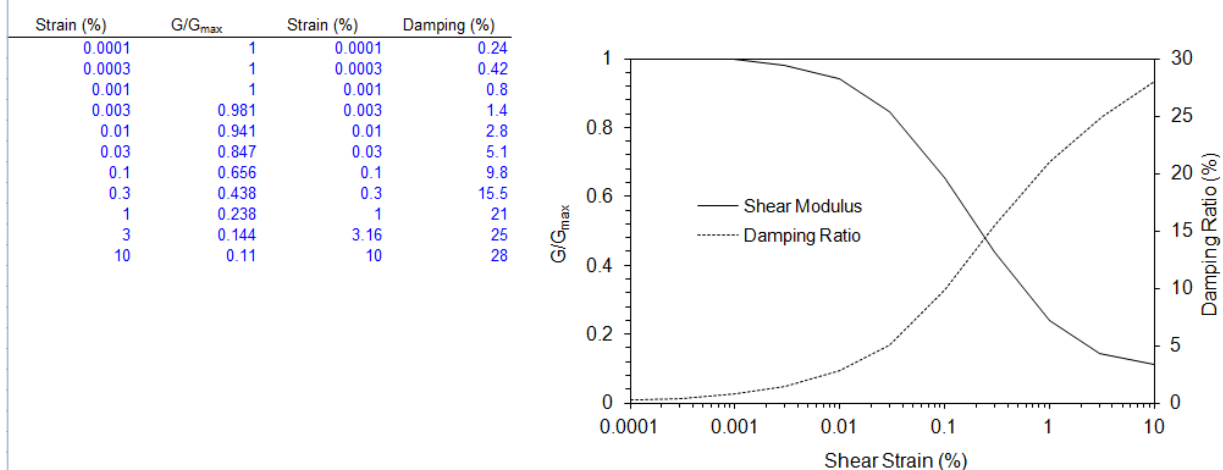


Fig.77. Curva di decadimento alluvioni argillose (Seed and Sun, 1989) (Idriss 1990)

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

curve Vucetic & Dobry (1991), IP=50, modificate

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	3
0.0003	1	0.001	3
0.0005	1	0.003	3.2
0.0008	1	0.005	3.5
0.001	1	0.008	3.7
0.002	1	0.01	4
0.003	1	0.02	4.7
0.005	0.985	0.03	5.3
0.008	0.965	0.05	6
0.01	0.95	0.08	6.7
0.02	0.89	0.1	7.1
0.03	0.85	0.2	8.8
0.05	0.78	0.3	10.1
0.08	0.71	0.5	11.8
0.1	0.67	1	14.6
0.2	0.55		
0.3	0.47		
0.5	0.39		
0.8	0.3		
1.0	0.25		

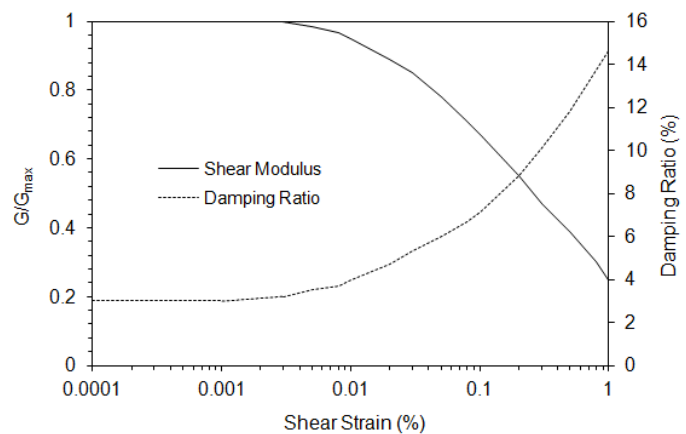


Fig.78. Curva di decadimento alluvioni argillose soffici (Seed and Sun, 1989) (Idriss 1990)

Modulus for sand (Seed & Idriss 1970) - Upper Range and damping for sand (Idriss 1990) - (about LRng from SI 1970)

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1.00	0.0001	0.5
0.0003	1.00	0.0003	0.6
0.0010	0.99	0.0010	0.8
0.0032	0.94	0.0032	1.4
0.0100	0.84	0.0100	2.8
0.0316	0.65	0.0316	5.3
0.1000	0.36	0.1000	10
0.3160	0.19	0.3160	15.8
1.0000	0.08	1.0000	21.5

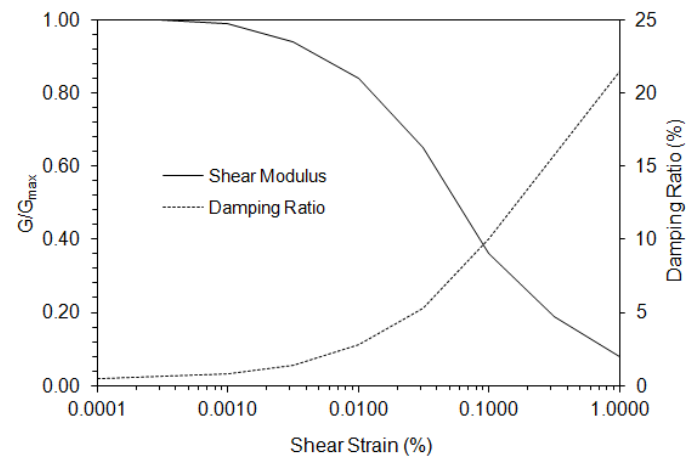


Fig.79. Curva di decadimento alluvioni sabbiose

Attenuation of rock average and damping in rock

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.4
0.0003	1	0.001	0.8
0.001	0.9875	0.01	1.5
0.003	0.9525	0.1	3
0.01	0.9	1	4.6
0.03	0.81		
0.1	0.725		
1	0.55		

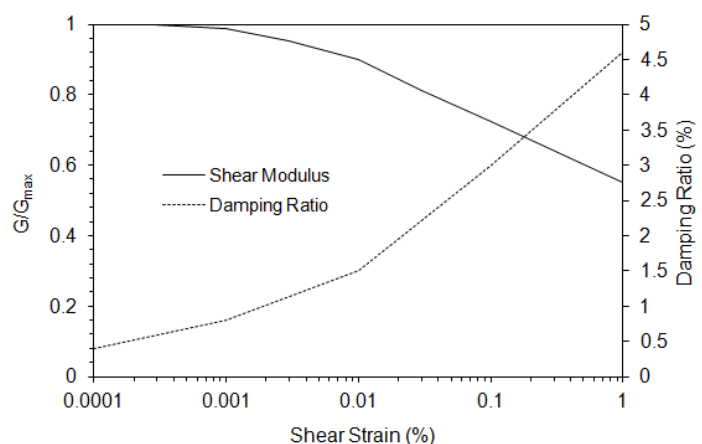


Fig.80. Curva di decadimento roccia

Gli spettri attesi con periodo di ritorno di 712 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio sono indicati nella figura 81. Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C e D (classe d'uso III e vita nominale 50 anni) e viene definito uno spettro di risposta medio.

I parametri spettrali per i sette sismi di riferimento e i parametri spettrali dello spettro medio vengono riportati di seguito in forma numerica.

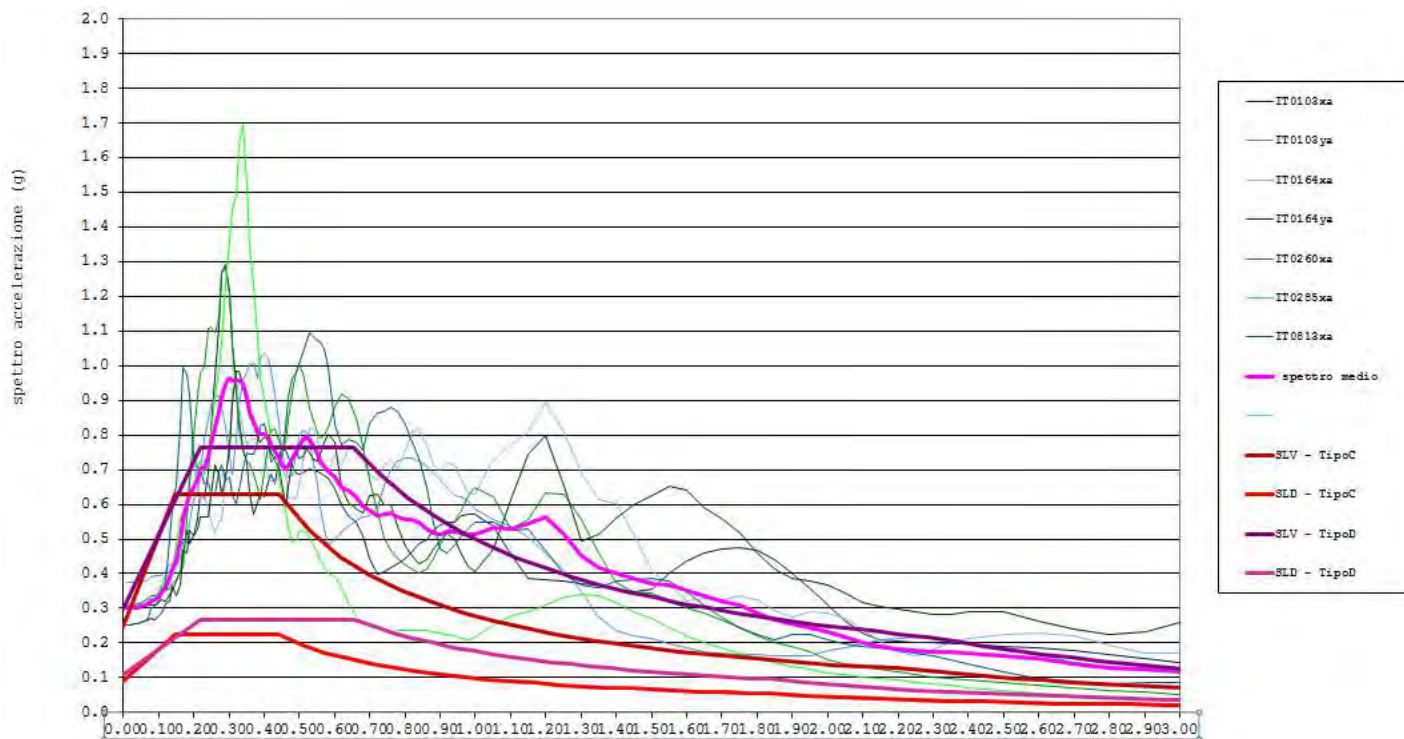


Fig.81. Gli spettri attesi con periodo di ritorno di 712 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C e D (classe d'uso III e vita nominale 50 anni) e spettro di risposta medio.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	spettro medio
Period	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	media
sec	g	g	g	g	g	g	g	g
0.01	0.25	0.37	0.31	0.30	0.31	0.30	0.25	0.3000
0.02	0.25	0.37	0.31	0.30	0.31	0.30	0.25	0.30
0.03	0.25	0.37	0.31	0.30	0.31	0.30	0.25	0.30
0.04	0.26	0.38	0.31	0.30	0.31	0.30	0.26	0.30
0.05	0.26	0.38	0.32	0.31	0.31	0.31	0.26	0.31
0.06	0.26	0.38	0.32	0.31	0.32	0.31	0.26	0.31
0.07	0.27	0.38	0.32	0.31	0.33	0.31	0.27	0.31
0.08	0.27	0.39	0.33	0.31	0.33	0.32	0.30	0.32
0.09	0.27	0.39	0.33	0.31	0.34	0.32	0.30	0.32
0.10	0.28	0.39	0.35	0.32	0.34	0.34	0.32	0.33
0.11	0.29	0.39	0.36	0.32	0.36	0.37	0.34	0.35
0.12	0.31	0.41	0.35	0.32	0.35	0.39	0.38	0.36

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

0.13	0.32	0.43	0.37	0.34	0.36	0.41	0.50	0.39
0.14	0.36	0.43	0.39	0.35	0.37	0.41	0.59	0.41
0.15	0.33	0.42	0.42	0.38	0.38	0.48	0.65	0.44
0.16	0.37	0.45	0.49	0.40	0.41	0.56	0.82	0.50
0.17	0.45	0.49	0.51	0.47	0.42	0.58	1.00	0.56
0.18	0.53	0.49	0.60	0.46	0.56	0.61	0.98	0.60
0.19	0.49	0.55	0.70	0.53	0.66	0.61	0.91	0.63
0.20	0.51	0.61	0.72	0.51	0.80	0.65	0.73	0.65
0.21	0.56	0.63	0.65	0.53	0.91	0.71	0.71	0.67
0.22	0.63	0.69	0.62	0.56	0.98	0.73	0.70	0.70
0.23	0.62	0.79	0.63	0.57	1.00	0.69	0.66	0.71
0.24	0.69	0.84	0.58	0.56	1.11	0.72	0.66	0.74
0.25	0.82	0.88	0.55	0.63	1.11	0.80	0.63	0.78
0.26	0.97	0.91	0.52	0.71	1.10	0.91	0.63	0.82
0.27	1.11	0.91	0.55	0.69	1.13	1.00	0.70	0.87
0.28	1.27	0.88	0.55	0.63	1.27	1.07	0.71	0.91
0.29	1.29	0.82	0.68	0.68	1.28	1.23	0.67	0.95
0.30	1.21	0.74	0.79	0.77	1.20	1.36	0.68	0.96
0.31	1.07	0.69	0.93	0.89	1.06	1.45	0.62	0.96
0.32	0.95	0.79	0.96	0.99	0.92	1.49	0.60	0.96
0.33	0.85	0.89	0.88	0.99	0.83	1.64	0.64	0.96
0.34	0.76	0.96	0.82	0.95	0.75	1.70	0.70	0.95
0.35	0.72	0.98	0.77	0.89	0.73	1.52	0.75	0.91
0.36	0.63	1.00	0.78	0.85	0.72	1.35	0.74	0.87
0.37	0.57	1.01	0.79	0.83	0.69	1.23	0.75	0.84
0.38	0.61	0.97	0.79	0.80	0.65	1.08	0.78	0.81
0.39	0.63	1.02	0.78	0.78	0.62	0.96	0.82	0.80
0.40	0.62	1.04	0.75	0.79	0.69	0.90	0.84	0.80
0.41	0.66	1.02	0.67	0.78	0.77	0.84	0.79	0.79
0.42	0.69	0.99	0.67	0.75	0.82	0.79	0.72	0.77
0.43	0.66	0.92	0.66	0.73	0.82	0.74	0.74	0.75
0.44	0.73	0.84	0.68	0.71	0.78	0.68	0.73	0.74
0.45	0.76	0.75	0.70	0.66	0.76	0.63	0.73	0.71
0.46	0.76	0.70	0.68	0.59	0.78	0.58	0.82	0.70
0.47	0.74	0.68	0.62	0.65	0.84	0.53	0.91	0.71
0.48	0.71	0.68	0.62	0.72	0.92	0.49	0.97	0.73
0.49	0.69	0.75	0.61	0.75	0.98	0.50	0.98	0.75
0.50	0.69	0.79	0.65	0.73	1.00	0.52	1.00	0.77
0.51	0.69	0.82	0.73	0.74	0.98	0.53	1.04	0.79
0.52	0.70	0.81	0.79	0.76	0.92	0.52	1.07	0.80
0.53	0.70	0.77	0.82	0.75	0.88	0.50	1.09	0.79
0.54	0.70	0.72	0.82	0.73	0.84	0.48	1.08	0.77
0.55	0.69	0.66	0.79	0.72	0.81	0.46	1.07	0.74
0.56	0.69	0.59	0.74	0.74	0.79	0.44	1.07	0.72
0.57	0.68	0.53	0.71	0.78	0.80	0.42	1.05	0.71
0.58	0.68	0.48	0.69	0.80	0.82	0.40	1.00	0.70
0.60	0.64	0.50	0.74	0.78	0.89	0.39	0.83	0.68
0.62	0.60	0.52	0.71	0.65	0.92	0.36	0.77	0.65
0.64	0.57	0.54	0.76	0.61	0.91	0.32	0.79	0.64
0.66	0.55	0.55	0.76	0.59	0.85	0.28	0.78	0.62

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

0.68	0.51	0.56	0.73	0.57	0.77	0.26	0.76	0.59
0.70	0.44	0.57	0.69	0.62	0.67	0.25	0.83	0.58
0.72	0.40	0.59	0.67	0.63	0.58	0.24	0.87	0.57
0.74	0.41	0.66	0.71	0.60	0.50	0.24	0.87	0.57
0.76	0.42	0.70	0.73	0.60	0.47	0.23	0.88	0.57
0.78	0.43	0.72	0.70	0.54	0.44	0.24	0.87	0.56
0.80	0.44	0.73	0.76	0.48	0.42	0.24	0.83	0.56
0.82	0.46	0.73	0.81	0.45	0.41	0.24	0.78	0.56
0.84	0.49	0.72	0.82	0.43	0.40	0.24	0.73	0.55
0.86	0.50	0.71	0.77	0.44	0.41	0.23	0.65	0.53
0.88	0.52	0.69	0.71	0.47	0.44	0.23	0.55	0.52
0.90	0.54	0.67	0.70	0.49	0.48	0.23	0.47	0.51
0.92	0.55	0.65	0.72	0.52	0.52	0.22	0.46	0.52
0.94	0.55	0.63	0.71	0.50	0.55	0.22	0.48	0.52
0.96	0.57	0.62	0.67	0.46	0.58	0.21	0.51	0.52
0.98	0.57	0.61	0.63	0.42	0.63	0.21	0.53	0.51
1.00	0.57	0.59	0.63	0.40	0.65	0.22	0.55	0.51
1.05	0.54	0.56	0.73	0.47	0.62	0.25	0.55	0.53
1.10	0.46	0.54	0.77	0.62	0.53	0.28	0.53	0.53
1.15	0.39	0.50	0.81	0.74	0.55	0.29	0.53	0.55
1.20	0.38	0.46	0.89	0.80	0.63	0.31	0.47	0.56
1.25	0.38	0.41	0.80	0.65	0.63	0.33	0.40	0.51
1.30	0.37	0.35	0.69	0.49	0.56	0.34	0.37	0.45
1.35	0.37	0.28	0.61	0.51	0.46	0.33	0.36	0.42
1.40	0.36	0.23	0.60	0.56	0.37	0.32	0.38	0.40
1.45	0.35	0.22	0.51	0.60	0.35	0.29	0.38	0.39
1.50	0.35	0.21	0.41	0.63	0.34	0.27	0.39	0.37
1.55	0.40	0.20	0.37	0.65	0.32	0.25	0.38	0.37
1.60	0.44	0.18	0.32	0.64	0.30	0.22	0.35	0.35
1.65	0.46	0.17	0.33	0.59	0.29	0.20	0.31	0.34
1.70	0.47	0.17	0.32	0.56	0.27	0.19	0.27	0.32
1.75	0.47	0.17	0.34	0.52	0.24	0.17	0.24	0.31
1.80	0.47	0.17	0.32	0.46	0.22	0.15	0.22	0.29
1.85	0.44	0.16	0.29	0.42	0.20	0.14	0.21	0.27
1.90	0.40	0.16	0.27	0.39	0.19	0.13	0.22	0.25
1.95	0.36	0.16	0.29	0.38	0.17	0.12	0.23	0.24
2.00	0.31	0.18	0.29	0.37	0.15	0.11	0.21	0.23
2.05	0.26	0.19	0.27	0.34	0.14	0.11	0.20	0.22
2.10	0.23	0.20	0.24	0.32	0.13	0.10	0.19	0.20
2.15	0.21	0.21	0.21	0.30	0.13	0.10	0.19	0.19
2.20	0.21	0.21	0.18	0.30	0.12	0.09	0.18	0.18
2.25	0.20	0.22	0.16	0.29	0.11	0.09	0.17	0.18
2.30	0.20	0.21	0.18	0.28	0.10	0.08	0.16	0.18
2.35	0.20	0.21	0.20	0.28	0.10	0.08	0.15	0.17
2.40	0.20	0.20	0.21	0.29	0.09	0.07	0.14	0.17
2.50	0.19	0.18	0.22	0.29	0.09	0.06	0.12	0.16
2.60	0.19	0.17	0.23	0.26	0.08	0.06	0.10	0.15
2.70	0.18	0.14	0.22	0.24	0.07	0.05	0.09	0.14
2.80	0.17	0.13	0.19	0.22	0.06	0.04	0.08	0.13
2.90	0.16	0.12	0.17	0.23	0.06	0.04	0.09	0.12

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

3.00	0.14	0.11	0.17	0.26	0.05	0.03	0.08	0.12
3.10	0.15	0.10	0.14	0.27	0.05	0.03	0.08	0.12
3.20	0.14	0.10	0.13	0.26	0.04	0.03	0.07	0.11
3.30	0.14	0.09	0.12	0.23	0.04	0.03	0.06	0.10
3.40	0.15	0.08	0.11	0.20	0.04	0.03	0.06	0.09
3.50	0.14	0.07	0.11	0.17	0.03	0.02	0.07	0.09
3.60	0.14	0.07	0.12	0.14	0.03	0.02	0.08	0.09
3.70	0.14	0.07	0.12	0.11	0.03	0.02	0.08	0.08
3.80	0.13	0.07	0.12	0.10	0.03	0.02	0.07	0.08
3.90	0.12	0.07	0.12	0.09	0.02	0.02	0.07	0.07
4.00	0.12	0.07	0.11	0.08	0.02	0.02	0.06	0.07
4.10	0.11	0.07	0.11	0.08	0.02	0.02	0.06	0.07
4.20	0.10	0.06	0.11	0.07	0.02	0.02	0.06	0.06
4.30	0.09	0.06	0.10	0.07	0.02	0.01	0.05	0.06
4.40	0.09	0.06	0.10	0.07	0.02	0.01	0.06	0.06
4.50	0.08	0.06	0.09	0.06	0.02	0.01	0.06	0.05
4.60	0.07	0.06	0.08	0.06	0.02	0.01	0.06	0.05
4.70	0.07	0.06	0.08	0.05	0.02	0.01	0.05	0.05
4.80	0.06	0.05	0.08	0.05	0.02	0.01	0.05	0.05
4.90	0.06	0.05	0.08	0.05	0.02	0.01	0.04	0.04
5.00	0.05	0.05	0.07	0.05	0.01	0.01	0.04	0.04
5.10	0.05	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.04	0.04
5.20	0.05	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.03	0.04
5.40	0.05	0.04	0.05	0.06	0.01	0.01	0.03	0.04
5.60	0.04	0.04	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
5.80	0.04	0.04	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
6.00	0.04	0.03	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
6.20	0.04	0.03	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
6.40	0.03	0.03	0.04	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
6.60	0.03	0.02	0.04	0.06	0.01	0.01	0.02	0.03
6.80	0.03	0.02	0.04	0.07	0.01	0.01	0.02	0.03
7.00	0.03	0.02	0.04	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03
7.20	0.03	0.02	0.04	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03
7.40	0.02	0.02	0.04	0.07	0.01	0.00	0.01	0.02
7.60	0.02	0.02	0.04	0.06	0.01	0.00	0.01	0.02
7.80	0.02	0.02	0.04	0.06	0.01	0.00	0.01	0.02
8.00	0.02	0.02	0.04	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02
8.50	0.02	0.01	0.04	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02
9.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
9.50	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
10.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01

Tab.14: Parametri spettrali 7 sismi di riferimento e parametri spettrali medi

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	Media
ag max	0.25	0.37	0.31	0.3	0.31	0.3	0.25	0.2986

Tab.15: accelerazioni massime attese in superficie per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) vengono confrontate con quelle ottenute dall'analisi di risposta sismica locale presentata nell'ottobre 2015 e si osserva che il valore medio è praticamente lo stesso.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	Media
ag max	0.26	0.39	0.31	0.29	0.29	0.25	0.27	0.2943

Tab.16: accelerazioni massime attese in superficie per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media ottenute nell'analisi di risposta sismica locale presentata nella relazione geologica e sismica dell'Ottobre 2015

Si riportano nella tabella di seguito, secondo quanto indicato nella DGR n.2193 il fattore di amplificazione PGA/PGA₀ (rapporti di accelerazione massima orizzontale calcolati in riferimento al valore massimo di PGA desunto dall'accelerogramma calcolato per ognuno dei 7 sismogrammi normalizzati e il valore di PGA₀ pari a 0.170g) in relazione alla modellazione di suolo adottata e anche i fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS per 0.1-0.5 s, 0.5-1 s, 0.2-2s.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	Media
Fattore di amplificazione PGA/PGA₀	2.27	1.49	1.83	1.78	1.81	1.77	1.49	1.78
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,1 - 0,5 s	2.10	1.88	1.76	1.63	2.12	1.85	1.87	1.89
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,5 - 1 s	2.15	1.83	1.87	1.60	2.10	2.02	1.93	1.93
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,2 - 2 s	2.05	1.92	1.97	1.81	2.13	2.00	1.95	1.98

Tab.17: fattore di amplificazione e fattori dell'Intensità spettrale di Housner IS per 0.1-0.5 s, 0.5-1 s, 0.2-2s.

Fig.82.

Il fattore di amplificazione PGA/PGA₀ è praticamente lo stesso di quello definito nell'analisi di risposta sismica locale presentata a ottobre 2015 (1.73 e 1.78).

7.2 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

La liquefazione si verifica in depositi sabbiosi saturi, infatti se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \phi$$

è evidente che la grandezza τ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

$$c = 0$$

$$(\sigma_{vo} - u) = 0.$$

La prima condizione vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La seconda condizione si verifica quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{vo} - u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può verificare in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

In conclusione si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 20%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15/20 metri).

L'altra variabile che provoca fenomeni di liquefazione è il sisma.

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per ridurre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

I maggiori terremoti storici, nella regione Emilia Romagna si sono verificati in Romagna e dopo la recente crisi sismica del Maggio 2012, nella parte nord della provincia di Modena e Ferrara con magnitudo stimata pari a 5.9. In queste zone quindi si possono verificare terremoti a energia media.

In sintesi la stratigrafia media del sito si presenta con terreni di natura coesiva argillosa e limo-argillosa fino alla profondità media di 8.20 a cui seguono sabbie limose passanti a sabbie pulite da fini a medie mediamente addensate.

In ottemperanza a quanto indicato al punto A2.2 della DGR 2193 del 21/12/2015 che detta *"Metodo basato sui risultati di prove CPTe/CPTu (Boulanger e Idriss, 2014) " "Tutti i metodi semplificati di stima del rischio liquefazione che utilizzano i risultati di prove penetrometriche statiche sono calibrati sull'apparecchiatura a punta elettrica..."*, le verifiche alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati" è stata eseguita sulle verticali delle 4 prove CPTU nell'area di ampliamento sud, di cui 3 spinte alla profondità di - 20 m dal p.c. e 1 spinta alla quota di - 30 m dal p.c. ed ubicate come da fig 83.



Fig.83. Ubicazione prove CPTU settore sud utilizzate per l'analisi rischio liquefazione

La stima del potenziale di liquefazione è stato effettuato in condizioni di “free field” con i metodi semplificati per ogni verticale di prova CPTU .

L'accelerazione utilizzata nelle verifiche è il picco di accelerazione massima definita dall'analisi della risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento $a_{max} = 0.2986g = 0.30g$ (allegato 3 DGR 2193).

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula seguente

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

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0.5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m)

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

$IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;

$0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;

$2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;

$5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;

$IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

La magnetudo attesa considerata è quella della zona sismogenetica $M_w = 6.14$ (M_w max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS).

La profondità della falda freatica considerata è quella più superficiale fra quelle misurate nei sondaggi geognostici eseguiti a novembre 2015 a maggio 2016, nei fori di prova eseguite nell'Ottobre 2015 e da come indicato nella punto A della DGR 2193, è stata considerata la condizione più gravosa fra tutti i valori rilevati nelle varie campagne piezometriche eseguite per il controllo freaticometrico e piezometrico nella rete di controllo della discarica.

Il livello di falda freatica considerato è pari a - 0.70 m dal p.c.

Le verifiche sulle prove CPTU sono state effettuate, con due metodi con il software Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software

I metodi di analisi utilizzati sono:

Idriss e Boulanger (2008) indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014 come “quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012

Idriss e Boulanger (2014) consigliato nell'allegato 3 della DGR

Metodo di Idriss e Boulanger (2008)

Nel metodo proposto da **Idriss e Boulanger** l'indice di comportamento **I_C** per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[\left(\log_{10} Q - 3,47 \right)^2 + \left(\log_{10} R_f + 1,22 \right)^2 \right]^{0,5} \quad (6.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (6.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (6.0c)$$

dove

- **q_c** è la resistenza alla punta misurata;
- **Pa** è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo} ;
- **f_s** è l'attrito del manicotto;
- **n** è un'esponente che dipende dal tipo di suolo, variabile tra 0,5 e 1.

Calcolato **I_C**, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata **q_c** mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_Q \cdot \left(\frac{q_c}{Pa} \right) \quad (6.1)$$

$$C_Q = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \leq 1,7 \quad (6.2)$$

dove **n** si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1,338 - 0,249 \cdot q_{c1N}^{0,264} \quad (6.3)$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (6.4a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \left(5,4 + \frac{q_{c1N}}{16} \right) \cdot \exp \left[1,63 + \frac{9,7}{FC + 0,01} - \left(\frac{15,7}{FC + 0,01} \right)^2 \right] \quad (6.4b)$$

Dove la frazione di fine **FC(%)** viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 2,8 \cdot (I_c)^{2,60} \quad (6.5)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR**_{7,5}) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{540} + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{67} \right)^2 - \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{114} \right)^4 - 3 \right] \quad (6.6)$$

Per $z_w > z$, con z_w profondità della falda, e per $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$ il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d \quad (6.7)$$

Dove per il coefficiente di riduzione delle tensioni **r_d** si utilizza la formula, con M si indica la magnitudo:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (6.8a)$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \quad (6.8b)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \quad (6.8c)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (6.9)$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo **MSF**, la formula di **Idriss & Boulanger** utilizza l'espressione:

$$MSF = 6,9 \cdot \exp \left(-\frac{M}{4} \right) - 0,058 \leq 1,8 \quad (6.10)$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento **K_σ** è dato da:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) \leq 1 \quad (6.11a)$$

$$C_\sigma = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3 \quad (6.11b)$$

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Nel metodo proposto da **Idriss e Boulanger** l'indice di comportamento **I_c** per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[(\log_{10} Q - 3,47)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (6.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (6.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (6.0c)$$

dove

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo, variabile tra 0,5 e 1.

Calcolato **I_c**, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata **q_c** mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_Q \cdot \left(\frac{q_c}{Pa} \right) \quad (6.1)$$

$$C_Q = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \leq 1,7 \quad (6.2)$$

dove **n** si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1,338 - 0,249 \cdot q_{c1N}^{0,264} \quad (6.3)$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (6.4a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \left(11,9 + \frac{q_{c1N}}{14,6} \right) \cdot \exp \left[1,63 - \frac{9,7}{FC + 2} - \left(\frac{15,7}{FC + 2} \right)^2 \right] \quad (6.4b)$$

Dove la frazione di fine **FC(%)** viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 2,8 \cdot (I_c)^{2,60} \quad (6.5)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{113} + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right)^2 - \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{140} \right)^3 + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{137} \right)^4 - 2,80 \right] \quad (6.6)$$

Per $z_w > z$, con z_w profondità della falda, e per $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$ il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d \quad (6.7)$$

Dove per il coefficiente di riduzione delle tensioni r_d si utilizza la formula, con M si indica la magnitudo:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (6.8a)$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \quad (6.8b)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \quad (6.8c)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (6.9)$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo **MSF**, la formula di **Idriss & Boulanger** utilizza l'espressione:

$$MSF = 1 + (MSF_{\max} - 1) \cdot 8.64 \cdot \exp \left(-\frac{M}{4} \right) - 1.325 \leq 1,8 \quad (6.10)$$

$$MSF_{\max} = 1.09 + \left(\frac{qc_{1ncs}}{180} \right)^3 \leq 2.2$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento K_σ è dato da:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) \leq 1 \quad (6.11a)$$

$$C_\sigma = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3 \quad (6.11b)$$

Per ogni verifica viene riportato il fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione e l'indice di liquefazione alle varie profondità fino alla profondità di - 20.00 m .

PROVA CPTU1

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: DISCARICA DI FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA CANALETTO - FINALE EMILIA

Data 24/10/2015

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.00

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.56

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Distanza epicentro 20 Km
Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unìà volume (KN/mc)	Peso unìà volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	argilla	0	0.8	17	19	0	0	3750	20	200
2	argilla	0.8	1.05	17	19	0	0	2170	32	180
3	Argilla	1.05	1.4	17	19	0	0	1380	50	200
4	Limo argilloso	1.4	2.2	17	19	0	0	790	26	70
5	Argilla organica	2.2	4.5	16	18	0	0	250	8	40
6	Limo argilloso	4.5	5.8	17	19	0	0	570	14	60
7	Limo sabbioso	5.8	6.8	17	19.5	0	0	1350	37	130
8	Sabbia limosa	6.8	7.7	18	20	0	0	5320	23	220
9	Sabbia limosa	7.7	8	18	20	0	0	7220	35	260
10	Sabbia	8	8.7	18	20	0	0	9180	36	280
11	Sabbia	8.7	9.3	18	20	0	0	15650	75	320
12	Sabbia	9.3	10	18	20	0	0	8810	37	280
13	Sabbia	10	12.4	18	20	0	0	12270	46	300
14	Sabbia	12.4	15.2	18	20	0	0	14700	57	310
15	Sabbia	15.2	16.4	18	20	0	0	10200	46	290
16	Sabbia	16.4	19.4	18	20	0	0	19760	76	380
17	Sabbia	19.4	20	18	20	0	0	13960	70	300

Metodo Idriss e Boulanger (2008)

Profo ndità dal p.c. (m)	Pressione litostatic a totale (KPa)	Pression e verticale effettiva (KPa)	Resisten za alla punta normaliz zata Q	Attrit o lateral e norma lizzat o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resisten za alla punta corretta qc1 (KPa)	Coeffi ciente ridutti vo (rd)	Resiste nza liquefa zione (CRR)	Sforz o di taglio norma lizzat o (CSR)	Coeffi ciente di sicure zza Fs	Indice di liquef azion e	Rischi o
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.500	15.577											0 Molto basso
1.30	23.300	17.416											0 Molto basso
1.50	27.100	19.255											0 Molto basso
1.70	30.900	21.093											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

1.90	34.700	22.932												0	Molto basso
2.10	38.500	24.771												0	Molto basso
2.30	42.200	26.509												0	Molto basso
2.50	45.800	28.148												0	Molto basso
2.70	49.400	29.787												0	Molto basso
2.90	53.000	31.425												0	Molto basso
3.10	56.600	33.064												0	Molto basso
3.30	60.200	34.703												0	Molto basso
3.50	63.800	36.341												0	Molto basso
3.70	67.400	37.980												0	Molto basso
3.90	71.000	39.619												0	Molto basso
4.10	74.600	41.257												0	Molto basso
4.30	78.200	42.896												0	Molto basso
4.50	81.800	44.535												0	Molto basso
4.70	85.600	46.373												0	Molto basso
4.90	89.400	48.212												0	Molto basso
5.10	93.200	50.051												0	Molto basso
5.30	97.000	51.889												0	Molto basso
5.50	100.800	53.728												0	Molto basso
5.70	104.600	55.567												0	Molto basso
5.90	108.450	57.455	13.323	2.980	2.768	1.559048	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso		
6.10	112.350	59.394	13.323	2.990	2.778	1.522183	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso		
6.30	116.250	61.333	13.323	2.999	2.788	1.486952	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso		
6.50	120.150	63.271	13.323	3.008	2.798	1.45279	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso		
6.70	124.050	65.210	13.323	3.018	2.808	1.420593	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso		
6.90	128.000	67.199	52.504	0.443	1.869	1.27037	95.360	0.903	0.135	0.335	0.584	23.75	Molto alto		
7.10	132.000	69.237	52.504	0.443	1.876	1.250106	94.554	0.897	0.134	0.334	0.581	24.48	Molto		

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

7.30	136.000	71.276	52.504	0.444	1.883	1.230486	93.771	0.892	0.133	0.332	0.578	25.19	Molto alto
7.50	140.000	73.315	52.504	0.444	1.889	1.21123	92.999	0.887	0.131	0.330	0.575	25.89	Molto alto
7.70	144.000	75.353	52.504	0.444	1.895	1.192855	92.261	0.881	0.130	0.328	0.573	26.57	Molto alto
7.90	148.000	77.392	71.256	0.495	1.811	1.156607	109.363	0.876	0.159	0.327	0.702	18.91	Molto alto
8.10	152.000	79.431	90.600	0.399	1.681	1.129442	120.290	0.870	0.180	0.325	0.802	12.81	Alto
8.30	156.000	81.469	90.600	0.399	1.686	1.115221	119.343	0.865	0.178	0.323	0.796	13.40	Alto
8.50	160.000	83.508	90.600	0.399	1.691	1.101524	118.433	0.859	0.176	0.321	0.791	13.96	Alto
8.70	164.000	85.547	90.600	0.399	1.696	1.088485	117.570	0.854	0.174	0.319	0.787	14.49	Alto
8.90	168.000	87.585	154.454	0.484	1.547	1.075579	175.668	0.848	0.472	0.317	2.152	0.00	Molto basso
9.10	172.000	89.624	154.454	0.485	1.551	1.063275	174.059	0.843	0.452	0.315	2.068	0.00	Molto basso
9.30	176.000	91.663	154.454	0.485	1.555	1.051385	172.511	0.837	0.434	0.313	1.994	0.00	Molto basso
9.50	180.000	93.701	86.948	0.429	1.744	1.041501	112.962	0.832	0.165	0.312	0.761	17.32	Molto alto
9.70	184.000	95.740	86.948	0.429	1.749	1.030046	112.234	0.826	0.164	0.310	0.759	17.74	Molto alto
9.90	188.000	97.779	86.948	0.429	1.753	1.018863	111.524	0.821	0.163	0.308	0.756	18.14	Molto alto
10.10	192.000	99.817	121.096	0.381	1.605	1.007523	134.502	0.815	0.215	0.306	1.007	0.00	Molto basso
10.30	196.000	101.856	121.096	0.381	1.609	0.9973892	133.554	0.810	0.213	0.304	1.000	0.03	Basso
10.50	200.000	103.895	121.096	0.381	1.612	0.9875551	132.638	0.804	0.210	0.302	0.993	0.54	Basso
10.70	204.000	105.934	121.096	0.381	1.616	0.9780063	131.751	0.799	0.208	0.300	0.987	1.02	Basso
10.90	208.000	107.972	121.096	0.381	1.620	0.9687292	130.893	0.793	0.205	0.298	0.982	1.47	Basso
11.10	212.000	110.011	121.096	0.381	1.624	0.9597113	130.062	0.788	0.203	0.296	0.977	1.88	Basso
11.30	216.000	112.050	121.096	0.382	1.628	0.9509405	129.257	0.782	0.201	0.294	0.972	2.25	Basso
11.50	220.000	114.088	121.096	0.382	1.631	0.9424059	128.476	0.777	0.199	0.292	0.968	2.60	Basso
11.70	224.000	116.127	121.096	0.382	1.635	0.934097	127.718	0.771	0.197	0.290	0.965	2.92	Basso
11.90	228.000	118.166	121.096	0.382	1.638	0.9260041	126.983	0.766	0.195	0.288	0.962	3.21	Basso
12.10	232.000	120.204	121.096	0.382	1.642	0.918118	126.268	0.760	0.194	0.286	0.959	3.47	Basso
12.30	236.000	122.243	121.096	0.382	1.645	0.91043	125.574	0.755	0.192	0.284	0.956	3.71	Basso
12.50	240.000	124.282	145.078	0.394	1.586	0.9029319	142.352	0.749	0.241	0.282	1.203	0.00	Molto basso
12.70	244.000	126.320	145.078	0.394	1.589	0.8956161	141.512	0.744	0.238	0.280	1.195	0.00	Molto basso
12.90	248.000	128.359	145.078	0.394	1.592	0.8884753	140.695	0.739	0.235	0.278	1.188	0.00	Molto basso
13.10	252.000	130.398	145.078	0.395	1.595	0.8815026	139.900	0.733	0.232	0.276	1.182	0.00	Molto basso
13.30	256.000	132.436	145.078	0.395	1.598	0.8746915	139.127	0.728	0.230	0.274	1.176	0.00	Molto basso
13.50	260.000	134.475	145.078	0.395	1.601	0.868036	138.373	0.723	0.227	0.273	1.171	0.00	Molto basso
13.70	264.000	136.514	145.078	0.395	1.604	0.8615301	137.638	0.718	0.225	0.271	1.166	0.00	Molto basso
13.90	268.000	138.552	145.078	0.395	1.607	0.8551682	136.922	0.713	0.223	0.269	1.162	0.00	Molto basso

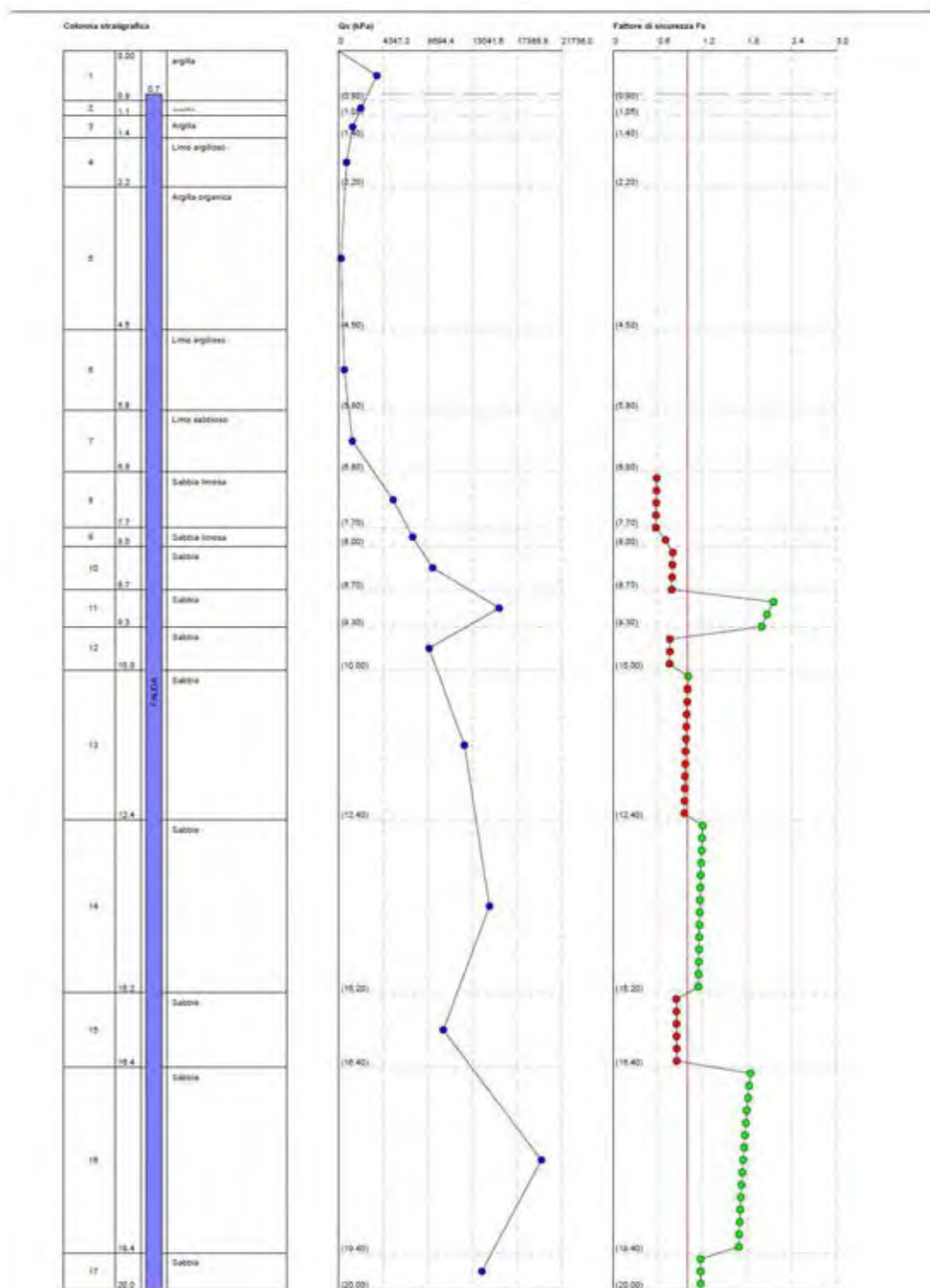
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

14.10	272.000	140.591	145.078	0.395	1.610	0.8489453	136.224	0.707	0.220	0.267	1.158	0.00	basso
14.30	276.000	142.630	145.078	0.395	1.613	0.8428563	135.542	0.702	0.218	0.265	1.155	0.00	basso
14.50	280.000	144.668	145.078	0.395	1.616	0.8368964	134.877	0.697	0.216	0.263	1.152	0.00	basso
14.70	284.000	146.707	145.078	0.395	1.619	0.8310612	134.228	0.692	0.215	0.261	1.150	0.00	basso
14.90	288.000	148.746	145.078	0.396	1.621	0.8253464	133.594	0.687	0.213	0.259	1.147	0.00	basso
15.10	292.000	150.784	145.078	0.396	1.624	0.8197479	132.974	0.682	0.211	0.258	1.145	0.00	basso
15.30	296.000	152.823	100.666	0.464	1.810	0.7992065	106.978	0.677	0.154	0.256	0.848	14.32	Alto
15.50	300.000	154.862	100.666	0.465	1.813	0.7929382	106.507	0.672	0.154	0.254	0.849	14.29	Alto
15.70	304.000	156.900	100.666	0.465	1.816	0.7867699	106.043	0.667	0.153	0.252	0.851	14.25	Alto
15.90	308.000	158.939	100.666	0.465	1.819	0.7803703	105.561	0.663	0.152	0.250	0.852	14.22	Alto
16.10	312.000	160.978	100.666	0.465	1.822	0.7743794	105.109	0.658	0.151	0.249	0.853	14.15	Alto
16.30	316.000	163.016	100.666	0.465	1.826	0.7684814	104.664	0.653	0.150	0.247	0.854	14.08	Alto
16.50	320.000	165.055	195.016	0.391	1.527	0.7835091	160.284	0.648	0.328	0.245	1.845	0.00	basso
16.70	324.000	167.094	195.016	0.391	1.529	0.7787147	159.496	0.644	0.323	0.243	1.828	0.00	basso
16.90	328.000	169.132	195.016	0.391	1.532	0.7740073	158.725	0.639	0.318	0.242	1.812	0.00	basso
17.10	332.000	171.171	195.016	0.391	1.534	0.7693843	157.969	0.635	0.313	0.240	1.797	0.00	basso
17.30	336.000	173.210	195.016	0.391	1.536	0.764843	157.228	0.630	0.309	0.238	1.783	0.00	basso
17.50	340.000	175.248	195.016	0.391	1.539	0.7603813	156.503	0.626	0.305	0.237	1.770	0.00	basso
17.70	344.000	177.287	195.016	0.391	1.541	0.7559967	155.792	0.621	0.301	0.235	1.758	0.00	basso
17.90	348.000	179.326	195.016	0.392	1.543	0.7516872	155.095	0.617	0.297	0.233	1.746	0.00	basso
18.10	352.000	181.364	195.016	0.392	1.545	0.7474505	154.411	0.612	0.293	0.232	1.736	0.00	basso
18.30	356.000	183.403	195.016	0.392	1.547	0.7432846	153.741	0.608	0.290	0.230	1.726	0.00	basso
18.50	360.000	185.442	195.016	0.392	1.550	0.7391876	153.083	0.604	0.286	0.229	1.717	0.00	basso
18.70	364.000	187.480	195.016	0.392	1.552	0.7351576	152.438	0.600	0.283	0.227	1.708	0.00	basso
18.90	368.000	189.519	195.016	0.392	1.554	0.7311929	151.805	0.596	0.280	0.226	1.700	0.00	basso
19.10	372.000	191.558	195.016	0.392	1.556	0.7272916	151.184	0.592	0.277	0.224	1.693	0.00	basso
19.30	376.000	193.596	195.016	0.392	1.558	0.7234521	150.574	0.588	0.274	0.223	1.686	0.00	basso
19.50	380.000	195.635	137.775	0.515	1.754	0.7189659	123.459	0.584	0.187	0.221	1.173	0.00	basso
19.70	384.000	197.674	137.775	0.516	1.757	0.7146802	123.011	0.580	0.186	0.220	1.174	0.00	basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

19.90 388.000 199.712 137.775 0.516 1.759 0.7104476 122.568 0.576 0.185 0.218 1.175 0.00 Molto basso

IPL (Sonmez)=5.45 Zcrit=20 m Rischio=Alto



Metodo Idriss e Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.18

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.500	15.577											0 Molto basso
1.30	23.300	17.416											0 Molto basso
1.50	27.100	19.255											0 Molto basso
1.70	30.900	21.093											0 Molto basso
1.90	34.700	22.932											0 Molto basso
2.10	38.500	24.771											0 Molto basso
2.30	42.200	26.509											0 Molto basso
2.50	45.800	28.148											0 Molto basso
2.70	49.400	29.787											0 Molto basso
2.90	53.000	31.425											0 Molto basso
3.10	56.600	33.064											0 Molto basso
3.30	60.200	34.703											0 Molto basso
3.50	63.800	36.341											0 Molto basso
3.70	67.400	37.980											0 Molto basso
3.90	71.000	39.619											0 Molto basso
4.10	74.600	41.257											0 Molto basso
4.30	78.200	42.896											0 Molto basso
4.50	81.800	44.535											0 Molto basso
4.70	85.600	46.373											0 Molto basso
4.90	89.400	48.212											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

5.10	93.200	50.051												basso
													0	Molto basso
5.30	97.000	51.889											0	Molto basso
													0	Molto basso
5.50	100.800	53.728											0	Molto basso
													0	Molto basso
5.70	104.600	55.567											0	Molto basso
													0	Molto basso
5.90	108.450	57.455	13.323	2.980	2.768	1.559048	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
6.10	112.350	59.394	13.323	2.990	2.778	1.522183	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
6.30	116.250	61.333	13.323	2.999	2.788	1.486952	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
6.50	120.150	63.271	13.323	3.008	2.798	1.45279	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
6.70	124.050	65.210	13.323	3.018	2.808	1.420593	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
6.90	128.000	67.199	52.504	0.443	1.869	1.27037	84.870	0.903	0.120	0.335	0.402	34.13	34.13	Molto alto
													34.13	Molto alto
7.10	132.000	69.237	52.504	0.443	1.876	1.250106	84.088	0.897	0.120	0.334	0.401	35.00	35.00	Molto alto
													35.00	Molto alto
7.30	136.000	71.276	52.504	0.444	1.883	1.230486	83.334	0.892	0.119	0.332	0.399	35.84	35.84	Molto alto
													35.84	Molto alto
7.50	140.000	73.315	52.504	0.444	1.889	1.21123	82.599	0.887	0.118	0.330	0.398	36.67	36.67	Molto alto
													36.67	Molto alto
7.70	144.000	75.353	52.504	0.444	1.895	1.192855	81.902	0.881	0.118	0.328	0.397	37.47	37.47	Molto alto
													37.47	Molto alto
7.90	148.000	77.392	71.256	0.495	1.811	1.156607	98.431	0.876	0.135	0.327	0.476	33.24	33.24	Molto alto
													33.24	Molto alto
8.10	152.000	79.431	90.600	0.399	1.681	1.129442	112.400	0.870	0.156	0.325	0.573	27.57	27.57	Molto alto
													27.57	Molto alto
8.30	156.000	81.469	90.600	0.399	1.686	1.115221	111.315	0.865	0.154	0.323	0.567	28.48	28.48	Molto alto
													28.48	Molto alto
8.50	160.000	83.508	90.600	0.399	1.691	1.101524	110.275	0.859	0.152	0.321	0.561	29.36	29.36	Molto alto
													29.36	Molto alto
8.70	164.000	85.547	90.600	0.399	1.696	1.088485	109.288	0.854	0.151	0.319	0.556	30.20	30.20	Molto alto
													30.20	Molto alto
8.90	168.000	87.585	154.454	0.484	1.547	1.075579	171.710	0.848	0.534	0.317	2.576	0.00	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
9.10	172.000	89.624	154.454	0.485	1.551	1.063275	169.946	0.843	0.503	0.315	2.413	0.00	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
9.30	176.000	91.663	154.454	0.485	1.555	1.051385	168.245	0.837	0.475	0.313	2.271	0.00	0.00	Molto basso
													0.00	Molto basso
9.50	180.000	93.701	86.948	0.429	1.744	1.041501	103.385	0.832	0.142	0.312	0.525	34.38	34.38	Molto alto
													34.38	Molto alto
9.70	184.000	95.740	86.948	0.429	1.749	1.030046	102.578	0.826	0.141	0.310	0.523	35.05	35.05	Molto alto
													35.05	Molto alto
9.90	188.000	97.779	86.948	0.429	1.753	1.018863	101.793	0.821	0.140	0.308	0.521	35.70	35.70	Molto alto
													35.70	Molto alto
10.10	192.000	99.817	121.096	0.381	1.605	1.007523	129.108	0.815	0.195	0.306	0.794	15.53	15.53	Molto alto
													15.53	Molto alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

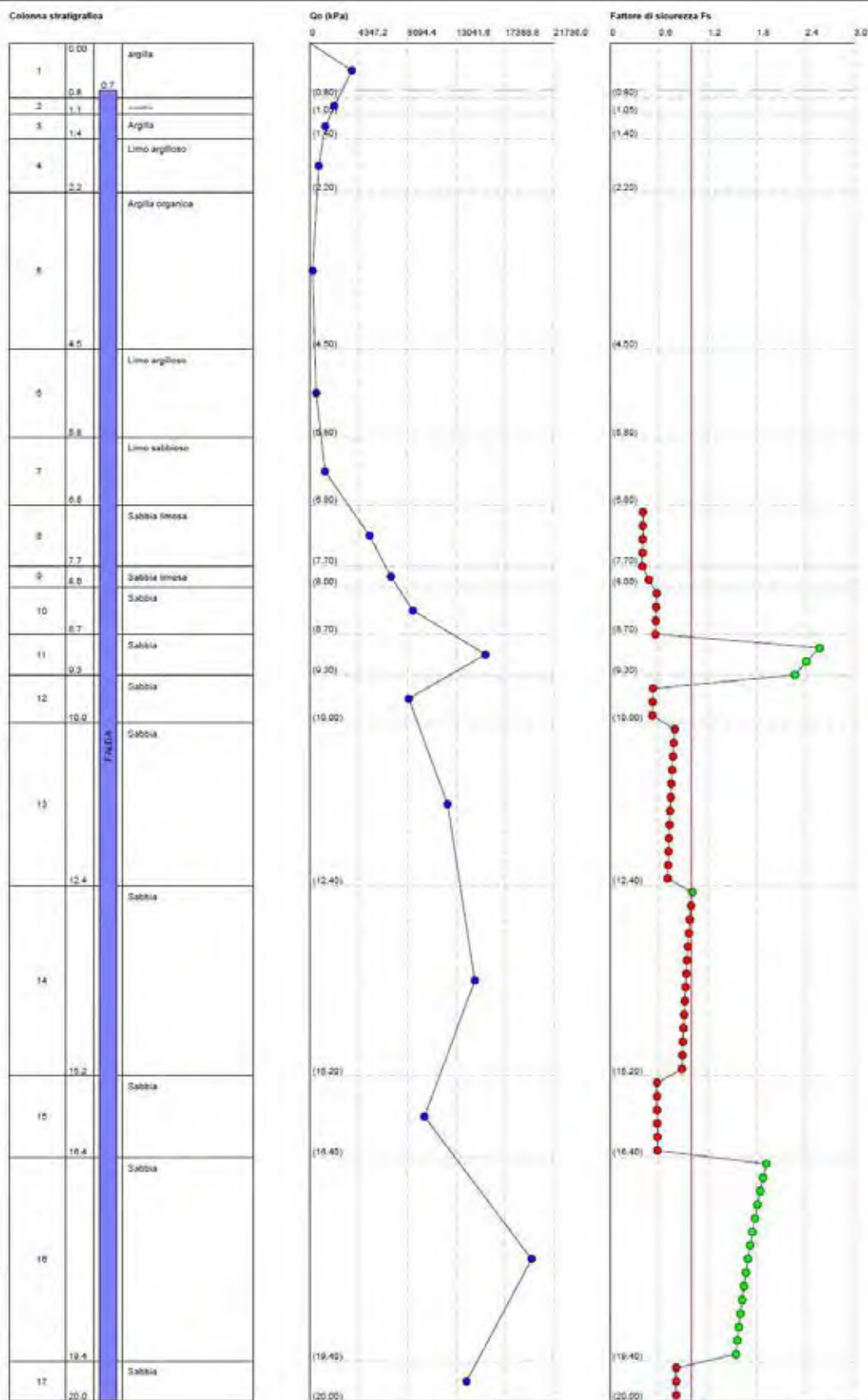
10.30	196.000	101.856	121.096	0.381	1.609	0.9973892	128.024	0.810	0.192	0.304	0.782	16.64	Molto alto
10.50	200.000	103.895	121.096	0.381	1.612	0.9875551	126.974	0.804	0.189	0.302	0.771	17.70	Molto alto
10.70	204.000	105.934	121.096	0.381	1.616	0.9780063	125.958	0.799	0.186	0.300	0.762	18.69	Molto alto
10.90	208.000	107.972	121.096	0.381	1.620	0.9687292	124.973	0.793	0.183	0.298	0.752	19.63	Molto alto
11.10	212.000	110.011	121.096	0.381	1.624	0.9597113	124.019	0.788	0.181	0.296	0.744	20.52	Molto alto
11.30	216.000	112.050	121.096	0.382	1.628	0.9509405	123.093	0.782	0.178	0.294	0.737	21.36	Molto alto
11.50	220.000	114.088	121.096	0.382	1.631	0.9424059	122.194	0.777	0.176	0.292	0.730	22.15	Molto alto
11.70	224.000	116.127	121.096	0.382	1.635	0.934097	121.321	0.771	0.174	0.290	0.723	22.91	Molto alto
11.90	228.000	118.166	121.096	0.382	1.638	0.9260041	120.472	0.766	0.172	0.288	0.717	23.62	Molto alto
12.10	232.000	120.204	121.096	0.382	1.642	0.918118	119.648	0.760	0.170	0.286	0.712	24.29	Molto alto
12.30	236.000	122.243	121.096	0.382	1.645	0.91043	118.846	0.755	0.169	0.284	0.707	24.93	Molto alto
12.50	240.000	124.282	145.078	0.394	1.586	0.9029319	137.506	0.749	0.224	0.282	1.009	0.00	Molto basso
12.70	244.000	126.320	145.078	0.394	1.589	0.8956161	136.555	0.744	0.220	0.280	0.994	0.52	Basso
12.90	248.000	128.359	145.078	0.394	1.592	0.8884753	135.628	0.739	0.217	0.278	0.980	1.71	Basso
13.10	252.000	130.398	145.078	0.395	1.595	0.8815026	134.726	0.733	0.213	0.276	0.968	2.84	Basso
13.30	256.000	132.436	145.078	0.395	1.598	0.8746915	133.845	0.728	0.210	0.274	0.956	3.89	Basso
13.50	260.000	134.475	145.078	0.395	1.601	0.868036	132.987	0.723	0.207	0.273	0.945	4.89	Basso
13.70	264.000	136.514	145.078	0.395	1.604	0.8615301	132.149	0.718	0.204	0.271	0.935	5.82	Alto
13.90	268.000	138.552	145.078	0.395	1.607	0.8551682	131.332	0.713	0.202	0.269	0.926	6.70	Alto
14.10	272.000	140.591	145.078	0.395	1.610	0.8489453	130.534	0.707	0.199	0.267	0.918	7.53	Alto
14.30	276.000	142.630	145.078	0.395	1.613	0.8428563	129.755	0.702	0.197	0.265	0.910	8.31	Alto
14.50	280.000	144.668	145.078	0.395	1.616	0.8368964	128.993	0.697	0.194	0.263	0.902	9.04	Alto
14.70	284.000	146.707	145.078	0.395	1.619	0.8310612	128.249	0.692	0.192	0.261	0.895	9.72	Alto
14.90	288.000	148.746	145.078	0.396	1.621	0.8253464	127.522	0.687	0.190	0.259	0.889	10.37	Alto
15.10	292.000	150.784	145.078	0.396	1.624	0.8197479	126.810	0.682	0.188	0.258	0.883	10.97	Alto
15.30	296.000	152.823	100.666	0.464	1.810	0.7992065	96.271	0.677	0.133	0.256	0.577	39.99	Molto alto
15.50	300.000	154.862	100.666	0.465	1.813	0.7929382	95.779	0.672	0.132	0.254	0.577	40.13	Molto alto
15.70	304.000	156.900	100.666	0.465	1.816	0.7867699	95.296	0.667	0.131	0.252	0.578	40.25	Molto alto
15.90	308.000	158.939	100.666	0.465	1.819	0.7803703	94.795	0.663	0.131	0.250	0.579	40.36	Molto alto
16.10	312.000	160.978	100.666	0.465	1.822	0.7743794	94.328	0.658	0.130	0.249	0.580	40.45	Molto alto
16.30	316.000	163.016	100.666	0.465	1.826	0.7684814	93.870	0.653	0.130	0.247	0.580	40.51	Molto alto
16.50	320.000	165.055	195.016	0.391	1.527	0.7835091	157.432	0.648	0.346	0.245	1.920	0.00	Molto basso
16.70	324.000	167.094	195.016	0.391	1.529	0.7787147	156.567	0.644	0.339	0.243	1.881	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

16.90	328.000	169.132	195.016	0.391	1.532	0.7740073	155.719	0.639	0.331	0.242	1.845	0.00	Molto basso
17.10	332.000	171.171	195.016	0.391	1.534	0.7693843	154.887	0.635	0.324	0.240	1.811	0.00	Molto basso
17.30	336.000	173.210	195.016	0.391	1.536	0.764843	154.071	0.630	0.318	0.238	1.779	0.00	Molto basso
17.50	340.000	175.248	195.016	0.391	1.539	0.7603813	153.270	0.626	0.312	0.237	1.749	0.00	Molto basso
17.70	344.000	177.287	195.016	0.391	1.541	0.7559967	152.484	0.621	0.306	0.235	1.721	0.00	Molto basso
17.90	348.000	179.326	195.016	0.392	1.543	0.7516872	151.712	0.617	0.300	0.233	1.694	0.00	Molto basso
18.10	352.000	181.364	195.016	0.392	1.545	0.7474505	150.954	0.612	0.295	0.232	1.669	0.00	Molto basso
18.30	356.000	183.403	195.016	0.392	1.547	0.7432846	150.210	0.608	0.290	0.230	1.645	0.00	Molto basso
18.50	360.000	185.442	195.016	0.392	1.550	0.7391876	149.479	0.604	0.285	0.229	1.623	0.00	Molto basso
18.70	364.000	187.480	195.016	0.392	1.552	0.7351576	148.761	0.600	0.281	0.227	1.602	0.00	Molto basso
18.90	368.000	189.519	195.016	0.392	1.554	0.7311929	148.055	0.596	0.276	0.226	1.582	0.00	Molto basso
19.10	372.000	191.558	195.016	0.392	1.556	0.7272916	147.361	0.592	0.272	0.224	1.563	0.00	Molto basso
19.30	376.000	193.596	195.016	0.392	1.558	0.7234521	146.680	0.588	0.268	0.223	1.546	0.00	Molto basso
19.50	380.000	195.635	137.775	0.515	1.754	0.7189659	112.844	0.584	0.157	0.221	0.813	18.71	Molto alto
19.70	384.000	197.674	137.775	0.516	1.757	0.7146802	112.356	0.580	0.156	0.220	0.812	18.77	Molto alto
19.90	388.000	199.712	137.775	0.516	1.759	0.7104476	111.875	0.576	0.155	0.218	0.812	18.82	Molto alto

IPL (Sonmez)=12.25 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROVA CPTU2
DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: DISCARICA DI FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA CANALETTO - FINALE EMILIA

Data 24/10/2015

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.56

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	argilla	0	0.9	17	19	0	0	4590	84	200
2	argilla	0.9	1.4	17	19	0	0	1500	61	180
3	Argilla	1.4	2.2	17	19	0	0	660	24	50
4	Argilla organica	2.2	4.2	16	18	0	0	360	11	40
5	Argilla limosa	4.2	5.4	17	19	0	0	660	16	50
6	Limo argilloso	5.4	5.8	17	19	0	0	1790	10	180
7	Limo sabbioso	5.8	6.6	17	19.5	0	0	4830	55	200
8	Sabbia limosa	6.6	7.4	18	20	0	0	7930	49	280
9	Sabbia limosa	7.4	7.5	18	20	0	0	8770	51	280
10	Sabbia	7.5	9.5	18	20	0	0	12900	60	320
11	Sabbia	9.5	10.4	18	20	0	0	8700	43	280
12	Sabbia	10.4	11.1	18	20	0	0	13550	53	330
13	Sabbia	11.1	12.8	18	20	0	0	9500	50	300
14	Sabbia	12.8	13.4	18	20	0	0	11970	40	300
15	Sabbia	13.4	15.4	18	20	0	0	17700	62	380
16	Sabbia	15.4	16.6	18	20	0	0	14440	51	330
17	Sabbia	16.6	17	18	20	0	0	20510	60	380

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

18	Sabbia	17	17.4	18	20	0	0	13320	37	320
19	Sabbia	17.4	18.4	18	20	0	0	19140	49	360
20	Sabbia	18.4	20	18	20	0	0	15460	62	350

Metodo Idriss e Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e normalizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischi
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.500	15.577											0 Molto basso
1.30	23.300	17.416											0 Molto basso
1.50	27.100	19.255											0 Molto basso
1.70	30.900	21.093											0 Molto basso
1.90	34.700	22.932											0 Molto basso
2.10	38.500	24.771											0 Molto basso
2.30	42.200	26.509											0 Molto basso
2.50	45.800	28.148											0 Molto basso
2.70	49.400	29.787											0 Molto basso
2.90	53.000	31.425											0 Molto basso
3.10	56.600	33.064											0 Molto basso
3.30	60.200	34.703											0 Molto basso
3.50	63.800	36.341											0 Molto basso
3.70	67.400	37.980											0 Molto basso
3.90	71.000	39.619											0 Molto basso
4.10	74.600	41.257											0 Molto basso
4.30	78.300	42.996											0 Molto basso
4.50	82.100	44.835											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

4.70	85.900	46.673												0	Molto basso
4.90	89.700	48.512												0	Molto basso
5.10	93.500	50.351												0	Molto basso
5.30	97.300	52.189												0	Molto basso
5.50	101.100	54.028												0	Molto basso
5.70	104.900	55.867												0	Molto basso
5.90	108.750	57.755	47.668	1.165	2.099	1.3887	107.651	0.929	0.156	0.341	0.665	16.87			Molto alto
6.10	112.650	59.694	47.668	1.166	2.106	1.364963	106.480	0.924	0.154	0.340	0.657	17.73			Molto alto
6.30	116.550	61.633	47.668	1.167	2.112	1.341378	105.312	0.919	0.151	0.339	0.650	18.58			Molto alto
6.50	120.450	63.571	47.668	1.168	2.118	1.319306	104.217	0.913	0.150	0.337	0.643	19.41			Molto alto
6.70	124.400	65.560	78.263	0.628	1.803	1.244954	126.065	0.908	0.193	0.336	0.838	9.05			Alto
6.90	128.400	67.599	78.263	0.628	1.808	1.227621	124.973	0.903	0.191	0.334	0.829	9.74			Alto
7.10	132.400	69.637	78.263	0.628	1.814	1.210783	123.911	0.897	0.188	0.333	0.822	10.42			Alto
7.30	136.400	71.676	78.263	0.629	1.819	1.194111	122.857	0.892	0.186	0.331	0.814	11.09			Alto
7.50	140.400	73.715	86.553	0.591	1.774	1.172414	128.023	0.887	0.198	0.329	0.872	7.81			Alto
7.70	144.400	75.753	127.313	0.470	1.583	1.15653	159.144	0.881	0.321	0.328	1.426	0.00			Molto basso
7.90	148.400	77.792	127.313	0.471	1.587	1.141276	157.560	0.876	0.311	0.326	1.387	0.00			Molto basso
8.10	152.400	79.831	127.313	0.471	1.592	1.126609	156.043	0.870	0.302	0.324	1.353	0.00			Molto basso
8.30	156.400	81.869	127.313	0.471	1.597	1.112493	154.590	0.865	0.294	0.322	1.322	0.00			Molto basso
8.50	160.400	83.908	127.313	0.471	1.602	1.098895	153.196	0.859	0.287	0.320	1.294	0.00			Molto basso
8.70	164.400	85.947	127.313	0.471	1.606	1.085784	151.857	0.854	0.280	0.318	1.269	0.00			Molto basso
8.90	168.400	87.985	127.313	0.471	1.611	1.073131	150.569	0.848	0.274	0.317	1.247	0.00			Molto basso
9.10	172.400	90.024	127.313	0.471	1.615	1.060911	149.331	0.843	0.268	0.315	1.227	0.00			Molto basso
9.30	176.400	92.063	127.313	0.472	1.619	1.049098	148.138	0.837	0.263	0.313	1.209	0.00			Molto basso
9.50	180.400	94.101	127.313	0.472	1.623	1.037672	146.987	0.832	0.258	0.311	1.192	0.00			Molto basso
9.70	184.400	96.140	85.862	0.505	1.790	1.027978	114.357	0.826	0.168	0.309	0.779	16.25			Molto alto
9.90	188.400	98.179	85.862	0.505	1.794	1.016785	113.626	0.821	0.167	0.307	0.776	16.66			Molto alto
10.10	192.400	100.218	85.862	0.505	1.799	1.005842	112.910	0.815	0.165	0.305	0.774	17.05			Molto alto
10.30	196.400	102.256	85.862	0.506	1.803	0.9951422	112.210	0.810	0.164	0.303	0.772	17.42			Molto alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

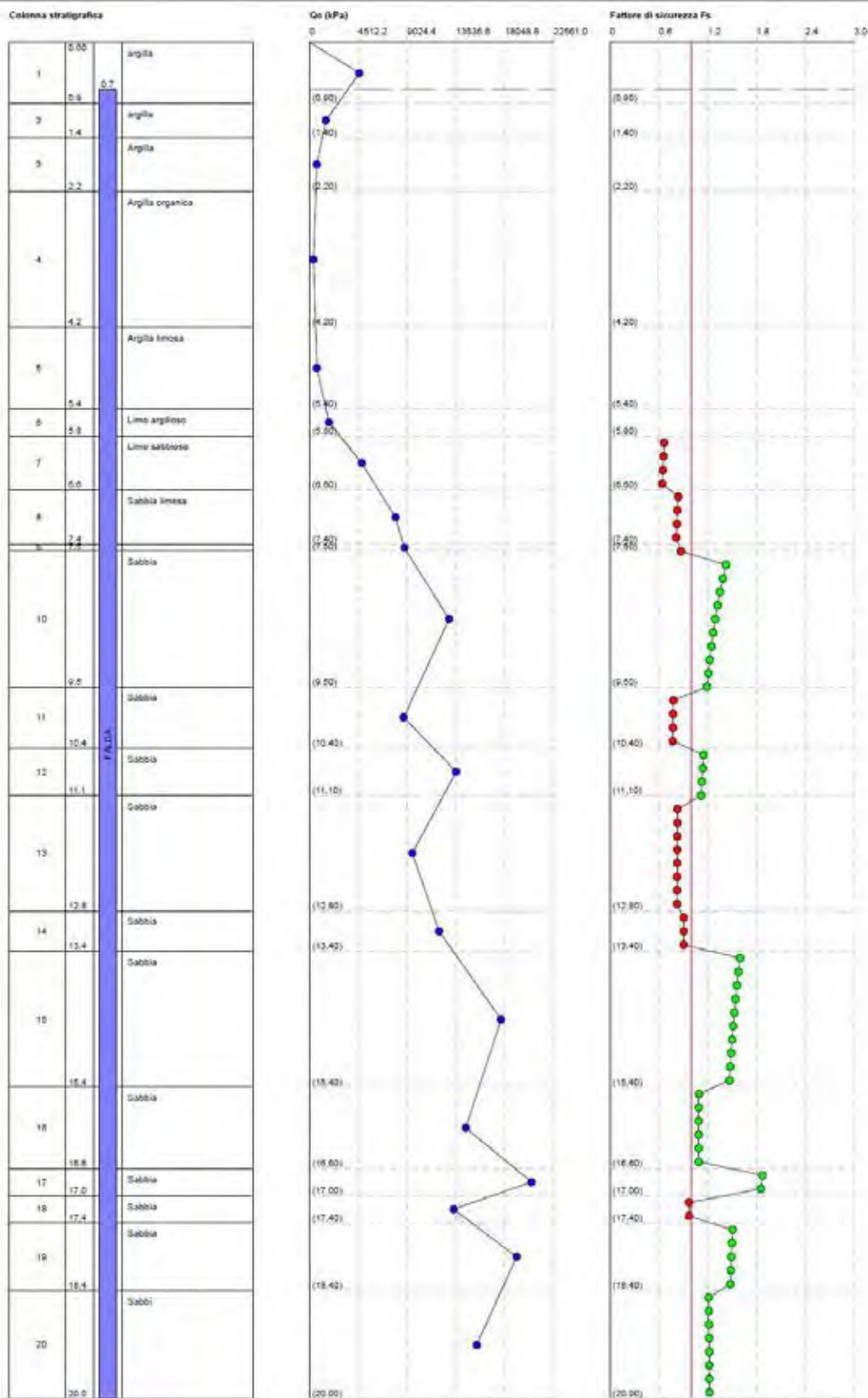
10.50	200.400	104.295	133.728	0.397	1.584	0.9856595	143.097	0.804	0.243	0.301	1.151	0.00	Molto basso
10.70	204.400	106.334	133.728	0.397	1.588	0.9761651	142.089	0.799	0.240	0.299	1.140	0.00	Molto basso
10.90	208.400	108.372	133.728	0.397	1.592	0.9669397	141.114	0.793	0.236	0.297	1.130	0.00	Molto basso
11.10	212.400	110.411	133.728	0.397	1.596	0.9579712	140.170	0.788	0.233	0.295	1.121	0.00	Molto basso
11.30	216.400	112.450	93.758	0.539	1.803	0.9468505	116.070	0.782	0.171	0.293	0.831	13.70	Alto
11.50	220.400	114.488	93.758	0.539	1.807	0.9377393	115.409	0.777	0.170	0.292	0.830	13.97	Alto
11.70	224.400	116.527	93.758	0.539	1.811	0.9288085	114.760	0.771	0.169	0.290	0.828	14.21	Alto
11.90	228.400	118.566	93.758	0.539	1.814	0.9200043	114.119	0.766	0.168	0.288	0.827	14.45	Alto
12.10	232.400	120.604	93.758	0.540	1.818	0.9114082	113.494	0.760	0.166	0.286	0.826	14.67	Alto
12.30	236.400	122.643	93.758	0.540	1.822	0.9029765	112.879	0.755	0.165	0.284	0.825	14.87	Alto
12.50	240.400	124.682	93.758	0.540	1.826	0.8947045	112.276	0.749	0.164	0.282	0.825	15.05	Molto alto
12.70	244.400	126.720	93.758	0.540	1.829	0.8865876	111.683	0.744	0.163	0.280	0.824	15.22	Molto alto
12.90	248.400	128.759	118.135	0.341	1.642	0.8870942	119.402	0.739	0.178	0.278	0.906	8.21	Alto
13.10	252.400	130.798	118.135	0.341	1.645	0.8801537	118.804	0.733	0.177	0.276	0.905	8.34	Alto
13.30	256.400	132.836	118.135	0.341	1.648	0.8733735	118.222	0.728	0.176	0.274	0.905	8.45	Alto
13.50	260.400	134.875	174.685	0.356	1.508	0.8667479	157.551	0.723	0.311	0.272	1.598	0.00	Molto basso
13.70	264.400	136.914	174.685	0.356	1.511	0.8602706	156.585	0.718	0.305	0.270	1.579	0.00	Molto basso
13.90	268.400	138.952	174.685	0.356	1.514	0.8539364	155.643	0.713	0.300	0.268	1.561	0.00	Molto basso
14.10	272.400	140.991	174.685	0.356	1.517	0.8477402	154.724	0.707	0.295	0.267	1.544	0.00	Molto basso
14.30	276.400	143.030	174.685	0.356	1.520	0.8416769	153.829	0.702	0.290	0.265	1.529	0.00	Molto basso
14.50	280.400	145.068	174.685	0.356	1.522	0.8357419	152.955	0.697	0.286	0.263	1.515	0.00	Molto basso
14.70	284.400	147.107	174.685	0.356	1.525	0.8299306	152.103	0.692	0.281	0.261	1.502	0.00	Molto basso
14.90	288.400	149.146	174.685	0.356	1.528	0.824239	151.270	0.687	0.277	0.259	1.490	0.00	Molto basso
15.10	292.400	151.184	174.685	0.356	1.531	0.8186627	150.458	0.682	0.273	0.257	1.479	0.00	Molto basso
15.30	296.400	153.223	174.685	0.356	1.533	0.8131983	149.664	0.677	0.270	0.255	1.469	0.00	Molto basso
15.50	300.400	155.262	142.512	0.361	1.617	0.8078418	128.283	0.672	0.199	0.254	1.094	0.00	Molto basso
15.70	304.400	157.300	142.512	0.361	1.620	0.8025897	127.719	0.667	0.197	0.252	1.093	0.00	Molto basso
15.90	308.400	159.339	142.512	0.361	1.622	0.7974389	127.168	0.663	0.196	0.250	1.093	0.00	Molto basso
16.10	312.400	161.378	142.512	0.361	1.625	0.7923858	126.628	0.658	0.195	0.248	1.093	0.00	Molto basso
16.30	316.400	163.416	142.512	0.361	1.627	0.7874277	126.100	0.653	0.193	0.247	1.093	0.00	Molto basso
16.50	320.400	165.455	142.512	0.361	1.630	0.7825615	125.583	0.648	0.192	0.245	1.093	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

16.70	324.400	167.494	202.418	0.297	1.455	0.7777843	160.771	0.644	0.331	0.243	1.874	0.00	Molto basso
16.90	328.400	169.532	202.418	0.297	1.458	0.7730936	159.919	0.639	0.326	0.241	1.854	0.00	Molto basso
17.10	332.400	171.571	131.458	0.285	1.623	0.7684868	113.791	0.635	0.167	0.240	0.971	2.86	Basso
17.30	336.400	173.610	131.458	0.285	1.626	0.7639614	113.364	0.630	0.166	0.238	0.972	2.72	Basso
17.50	340.400	175.648	188.897	0.261	1.466	0.7595149	147.092	0.626	0.259	0.236	1.507	0.00	Molto basso
17.70	344.400	177.687	188.897	0.261	1.469	0.7551453	146.366	0.621	0.256	0.235	1.499	0.00	Molto basso
17.90	348.400	179.726	188.897	0.261	1.471	0.7508501	145.654	0.617	0.253	0.233	1.492	0.00	Molto basso
18.10	352.400	181.764	188.897	0.261	1.473	0.7466275	144.957	0.612	0.250	0.232	1.486	0.00	Molto basso
18.30	356.400	183.803	188.897	0.261	1.476	0.7424753	144.273	0.608	0.248	0.230	1.480	0.00	Molto basso
18.50	360.400	185.842	152.578	0.411	1.654	0.7383916	128.995	0.604	0.200	0.228	1.215	0.00	Molto basso
18.70	364.400	187.880	152.578	0.411	1.656	0.7343746	128.538	0.600	0.199	0.227	1.216	0.00	Molto basso
18.90	368.400	189.919	152.578	0.411	1.658	0.7304224	128.089	0.596	0.198	0.225	1.217	0.00	Molto basso
19.10	372.400	191.958	152.578	0.411	1.660	0.7265334	127.648	0.592	0.197	0.224	1.218	0.00	Molto basso
19.30	376.400	193.996	152.578	0.411	1.663	0.7227058	127.215	0.588	0.196	0.222	1.219	0.00	Molto basso
19.50	380.400	196.035	152.578	0.411	1.665	0.7189381	126.789	0.584	0.195	0.221	1.220	0.00	Molto basso
19.70	384.400	198.074	152.578	0.411	1.667	0.7152286	126.371	0.580	0.194	0.219	1.221	0.00	Molto basso
19.90	388.400	200.112	152.578	0.411	1.669	0.7115761	125.959	0.576	0.193	0.218	1.223	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=5.21 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.2

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR)	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquef azion e	Rischio
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.500	15.577											0 Molto basso
1.30	23.300	17.416											0 Molto basso
1.50	27.100	19.255											0 Molto basso
1.70	30.900	21.093											0 Molto basso
1.90	34.700	22.932											0 Molto basso
2.10	38.500	24.771											0 Molto basso
2.30	42.200	26.509											0 Molto basso
2.50	45.800	28.148											0 Molto basso
2.70	49.400	29.787											0 Molto basso
2.90	53.000	31.425											0 Molto basso
3.10	56.600	33.064											0 Molto basso
3.30	60.200	34.703											0 Molto basso
3.50	63.800	36.341											0 Molto basso
3.70	67.400	37.980											0 Molto basso
3.90	71.000	39.619											0 Molto basso
4.10	74.600	41.257											0 Molto basso
4.30	78.300	42.996											0 Molto basso
4.50	82.100	44.835											0 Molto basso
4.70	85.900	46.673											0 Molto basso
4.90	89.700	48.512											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

5.10	93.500	50.351												basso
														0 Molto
5.30	97.300	52.189												basso
														0 Molto
5.50	101.100	54.028												basso
														0 Molto
5.70	104.900	55.867												basso
														0 Molto
5.90	108.750	57.755	47.668	1.165	2.099	1.3887	96.994	0.929	0.134	0.341	0.452	27.56		basso
														0 Molto
6.10	112.650	59.694	47.668	1.166	2.106	1.364963	96.058	0.924	0.132	0.340	0.448	28.53		basso
														0 Molto
6.30	116.550	61.633	47.668	1.167	2.112	1.341378	95.131	0.919	0.131	0.339	0.445	29.48		basso
														0 Molto
6.50	120.450	63.571	47.668	1.168	2.118	1.319306	94.266	0.913	0.130	0.337	0.441	30.41		basso
														0 Molto
6.70	124.400	65.560	78.263	0.628	1.803	1.244954	113.919	0.908	0.159	0.336	0.571	23.92		basso
														0 Molto
6.90	128.400	67.599	78.263	0.628	1.808	1.227621	112.793	0.903	0.157	0.334	0.564	24.92		basso
														0 Molto
7.10	132.400	69.637	78.263	0.628	1.814	1.210783	111.702	0.897	0.155	0.333	0.557	25.88		basso
														0 Molto
7.30	136.400	71.676	78.263	0.629	1.819	1.194111	110.625	0.892	0.153	0.331	0.551	26.82		basso
														0 Molto
7.50	140.400	73.715	86.553	0.591	1.774	1.172414	116.494	0.887	0.164	0.329	0.603	24.21		basso
														0 Molto
7.70	144.400	75.753	127.313	0.470	1.583	1.15653	153.957	0.881	0.317	0.328	1.366	0.00		basso
														0 Molto
7.90	148.400	77.792	127.313	0.471	1.587	1.141276	152.189	0.876	0.304	0.326	1.302	0.00		basso
														0 Molto
8.10	152.400	79.831	127.313	0.471	1.592	1.126609	150.494	0.870	0.292	0.324	1.246	0.00		basso
														0 Molto
8.30	156.400	81.869	127.313	0.471	1.597	1.112493	148.866	0.865	0.281	0.322	1.196	0.00		basso
														0 Molto
8.50	160.400	83.908	127.313	0.471	1.602	1.098895	147.303	0.859	0.272	0.320	1.152	0.00		basso
														0 Molto
8.70	164.400	85.947	127.313	0.471	1.606	1.085784	145.799	0.854	0.263	0.318	1.113	0.00		basso
														0 Molto
8.90	168.400	87.985	127.313	0.471	1.611	1.073131	144.351	0.848	0.255	0.317	1.078	0.00		basso
														0 Molto
9.10	172.400	90.024	127.313	0.471	1.615	1.060911	142.956	0.843	0.248	0.315	1.046	0.00		basso
														0 Molto
9.30	176.400	92.063	127.313	0.472	1.619	1.049098	141.611	0.837	0.242	0.313	1.018	0.00		basso
														0 Molto
9.50	180.400	94.101	127.313	0.472	1.623	1.037672	140.313	0.832	0.236	0.311	0.992	0.59		basso
														0 Molto
9.70	184.400	96.140	85.862	0.505	1.790	1.027978	103.464	0.826	0.142	0.309	0.530	34.56		basso
														0 Molto
9.90	188.400	98.179	85.862	0.505	1.794	1.016785	102.691	0.821	0.141	0.307	0.527	35.21		basso
														0 Molto
10.10	192.400	100.218	85.862	0.505	1.799	1.005842	101.937	0.815	0.140	0.305	0.525	35.83		basso
														0 Molto
10.30	196.400	102.256	85.862	0.506	1.803	0.9951422	101.202	0.810	0.139	0.303	0.524	36.43		basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

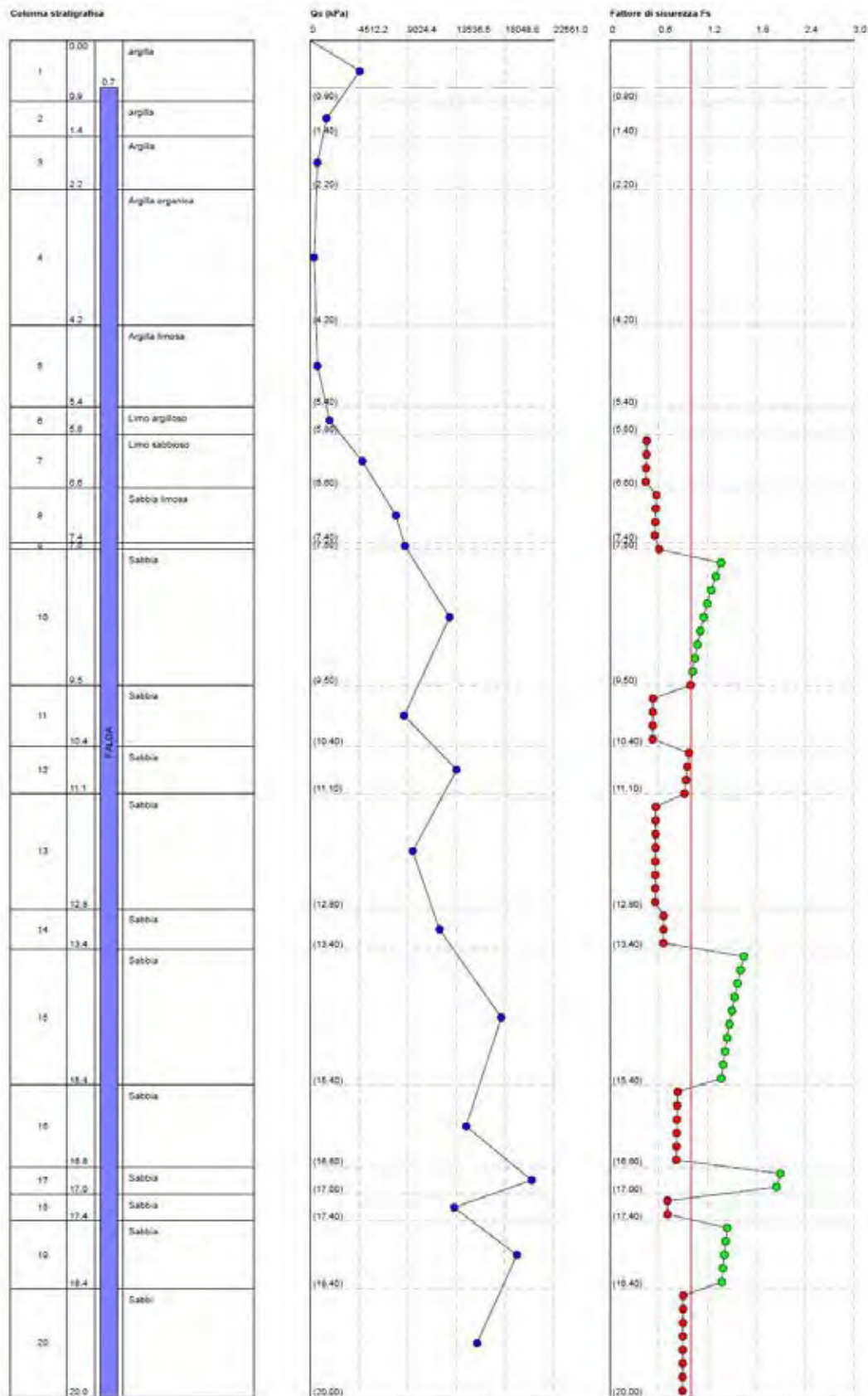
10.50	200.400	104.295	133.728	0.397	1.584	0.9856595	138.285	0.804	0.227	0.301	0.972	2.20	Basso
10.70	204.400	106.334	133.728	0.397	1.588	0.9761651	137.145	0.799	0.222	0.299	0.952	3.73	Basso
10.90	208.400	108.372	133.728	0.397	1.592	0.9669397	136.041	0.793	0.218	0.297	0.935	5.15	Alto
11.10	212.400	110.411	133.728	0.397	1.596	0.9579712	134.969	0.788	0.214	0.295	0.919	6.50	Alto
11.30	216.400	112.450	93.758	0.539	1.803	0.9468505	104.742	0.782	0.144	0.293	0.563	35.43	Molto alto
11.50	220.400	114.488	93.758	0.539	1.807	0.9377393	104.053	0.777	0.143	0.292	0.561	35.93	Molto alto
11.70	224.400	116.527	93.758	0.539	1.811	0.9288085	103.379	0.771	0.142	0.290	0.560	36.41	Molto alto
11.90	228.400	118.566	93.758	0.539	1.814	0.9200043	102.717	0.766	0.141	0.288	0.559	36.88	Molto alto
12.10	232.400	120.604	93.758	0.540	1.818	0.9114082	102.072	0.760	0.140	0.286	0.558	37.31	Molto alto
12.30	236.400	122.643	93.758	0.540	1.822	0.9029765	101.441	0.755	0.139	0.284	0.557	37.73	Molto alto
12.50	240.400	124.682	93.758	0.540	1.826	0.8947045	100.823	0.749	0.138	0.282	0.556	38.13	Molto alto
12.70	244.400	126.720	93.758	0.540	1.829	0.8865876	100.219	0.744	0.138	0.280	0.556	38.50	Molto alto
12.90	248.400	128.759	118.135	0.341	1.642	0.8870942	113.077	0.739	0.157	0.278	0.661	29.62	Molto alto
13.10	252.400	130.798	118.135	0.341	1.645	0.8801537	112.380	0.733	0.156	0.276	0.659	30.08	Molto alto
13.30	256.400	132.836	118.135	0.341	1.648	0.8733735	111.700	0.728	0.155	0.274	0.656	30.51	Molto alto
13.50	260.400	134.875	174.685	0.356	1.508	0.8667479	155.402	0.723	0.329	0.272	1.649	0.00	Molto basso
13.70	264.400	136.914	174.685	0.356	1.511	0.8602706	154.350	0.718	0.320	0.270	1.608	0.00	Molto basso
13.90	268.400	138.952	174.685	0.356	1.514	0.8539364	153.323	0.713	0.312	0.268	1.570	0.00	Molto basso
14.10	272.400	140.991	174.685	0.356	1.517	0.8477402	152.320	0.707	0.305	0.267	1.534	0.00	Molto basso
14.30	276.400	143.030	174.685	0.356	1.520	0.8416769	151.340	0.702	0.298	0.265	1.502	0.00	Molto basso
14.50	280.400	145.068	174.685	0.356	1.522	0.8357419	150.382	0.697	0.291	0.263	1.471	0.00	Molto basso
14.70	284.400	147.107	174.685	0.356	1.525	0.8299306	149.445	0.692	0.285	0.261	1.443	0.00	Molto basso
14.90	288.400	149.146	174.685	0.356	1.528	0.824239	148.529	0.687	0.279	0.259	1.417	0.00	Molto basso
15.10	292.400	151.184	174.685	0.356	1.531	0.8186627	147.633	0.682	0.274	0.257	1.393	0.00	Molto basso
15.30	296.400	153.223	174.685	0.356	1.533	0.8131983	146.756	0.677	0.269	0.255	1.370	0.00	Molto basso
15.50	300.400	155.262	142.512	0.361	1.617	0.8078418	122.594	0.672	0.177	0.254	0.832	15.95	Molto alto
15.70	304.400	157.300	142.512	0.361	1.620	0.8025897	121.942	0.667	0.176	0.252	0.828	16.38	Molto alto
15.90	308.400	159.339	142.512	0.361	1.622	0.7974389	121.304	0.663	0.174	0.250	0.825	16.77	Molto alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

16.10	312.400	161.378	142.512	0.361	1.625	0.7923858	120.679	0.658	0.173	0.248	0.822	17.15	Molto alto
16.30	316.400	163.416	142.512	0.361	1.627	0.7874277	120.067	0.653	0.171	0.247	0.819	17.49	Molto alto
16.50	320.400	165.455	142.512	0.361	1.630	0.7825615	119.468	0.648	0.170	0.245	0.816	17.80	Molto alto
16.70	324.400	167.494	202.418	0.297	1.455	0.7777843	160.025	0.644	0.372	0.243	2.097	0.00	Molto basso
16.90	328.400	169.532	202.418	0.297	1.458	0.7730936	159.126	0.639	0.362	0.241	2.050	0.00	Molto basso
17.10	332.400	171.571	131.458	0.285	1.623	0.7684868	108.396	0.635	0.149	0.240	0.708	28.54	Molto alto
17.30	336.400	173.610	131.458	0.285	1.626	0.7639614	107.892	0.630	0.149	0.238	0.708	28.64	Molto alto
17.50	340.400	175.648	188.897	0.261	1.466	0.7595149	146.203	0.626	0.265	0.236	1.445	0.00	Molto basso
17.70	344.400	177.687	188.897	0.261	1.469	0.7551453	145.429	0.621	0.261	0.235	1.426	0.00	Molto basso
17.90	348.400	179.726	188.897	0.261	1.471	0.7508501	144.669	0.617	0.257	0.233	1.408	0.00	Molto basso
18.10	352.400	181.764	188.897	0.261	1.473	0.7466275	143.923	0.612	0.253	0.232	1.391	0.00	Molto basso
18.30	356.400	183.803	188.897	0.261	1.476	0.7424753	143.191	0.608	0.249	0.230	1.375	0.00	Molto basso
18.50	360.400	185.842	152.578	0.411	1.654	0.7383916	121.752	0.604	0.175	0.228	0.903	9.66	Alto
18.70	364.400	187.880	152.578	0.411	1.656	0.7343746	121.225	0.600	0.174	0.227	0.901	9.89	Alto
18.90	368.400	189.919	152.578	0.411	1.658	0.7304224	120.708	0.596	0.173	0.225	0.899	10.09	Alto
19.10	372.400	191.958	152.578	0.411	1.660	0.7265334	120.200	0.592	0.172	0.224	0.897	10.28	Alto
19.30	376.400	193.996	152.578	0.411	1.663	0.7227058	119.701	0.588	0.171	0.222	0.895	10.45	Alto
19.50	380.400	196.035	152.578	0.411	1.665	0.7189381	119.211	0.584	0.169	0.221	0.894	10.60	Alto
19.70	384.400	198.074	152.578	0.411	1.667	0.7152286	118.728	0.580	0.168	0.219	0.893	10.73	Alto
19.90	388.400	200.112	152.578	0.411	1.669	0.7115761	118.254	0.576	0.167	0.218	0.891	10.85	Alto

IPL (Sonmez)=12.17 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROVA CPTU5
DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: DISCARICA DI FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA CANALETTO - FINALE EMILIA

Data 24/10/2015

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.56

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	argilla	0	1	17	19	0	0	4320	126	190
2	argilla	1	1.7	17	19	0	0	2500	117	150
3	Argilla	1.7	2.1	17	19	0	0	1000	83	100
4	Argilla limosa	2.1	3.2	17	19	0	0	610	24	70
5	Argilla organica	3.2	5.2	16	18	0	0	290	15	40
6	Limo argilloso	5.2	6.1	17	19	0	0	720	26	70
7	Limo argilloso	6.1	8.1	17	19	0	0	1470	52	150
8	Limo sabbioso	8.1	9	18	20	0	0	4960	15	220
9	Sabbia limosa	9	10.7	18	20	0	0	8200	30	280
10	Sabbia	10.7	13.8	18	20	0	0	5380	15	220
11	Sabbia	13.7	13.8	18	20	0	0	9500	45	280
12	Sabbia	13.8	16	18	20	0	0	14430	51	350
13	Sabbia	16	17.3	18	20	0	0	17280	60	380
14	Sabbia	17.3	17.5	18	20	0	0	8820	28	250
15	Sabbia	17.5	19.2	18	20	0	0	15780	37	350
16	Sabbia	19.2	20	18	20	0	0	13800	53	350

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo Idriss e Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e normalizzato F(%)	Indice di compattam- ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio norma- lizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.700	13.739										0	Molto basso
1.10	19.500	15.577										0	Molto basso
1.30	23.300	17.416										0	Molto basso
1.50	27.100	19.255										0	Molto basso
1.70	30.900	21.093										0	Molto basso
1.90	34.700	22.932										0	Molto basso
2.10	38.500	24.771										0	Molto basso
2.30	42.300	26.609										0	Molto basso
2.50	46.100	28.448										0	Molto basso
2.70	49.900	30.287										0	Molto basso
2.90	53.700	32.125										0	Molto basso
3.10	57.500	33.964										0	Molto basso
3.30	61.200	35.703										0	Molto basso
3.50	64.800	37.341										0	Molto basso
3.70	68.400	38.980										0	Molto basso
3.90	72.000	40.619										0	Molto basso
4.10	75.600	42.257										0	Molto basso
4.30	79.200	43.896										0	Molto basso
4.50	82.800	45.535										0	Molto basso
4.70	86.400	47.173										0	Molto basso
4.90	90.000	48.812										0	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

5.10	93.600	50.451												basso
														0 Molto
5.30	97.300	52.189												basso
														0 Molto
5.50	101.100	54.028												basso
														0 Molto
5.70	104.900	55.867												basso
														0 Molto
5.90	108.700	57.705												basso
														0 Molto
6.10	112.500	59.544												basso
														0 Molto
6.30	116.300	61.383												basso
														0 Molto
6.50	120.100	63.221												basso
														0 Molto
6.70	123.900	65.060												basso
														0 Molto
6.90	127.700	66.899												basso
														0 Molto
7.10	131.500	68.737												basso
														0 Molto
7.30	135.300	70.576												basso
														0 Molto
7.50	139.100	72.415												basso
														0 Molto
7.70	142.900	74.253												basso
														0 Molto
7.90	146.700	76.092												basso
														0 Molto
8.10	150.500	77.931												basso
														0 Molto
8.30	154.500	79.969	48.951	0.312	1.872	1.156698	83.593	0.865	0.118	0.326	0.520	31.59	Molto	basso
														alto
8.50	158.500	82.008	48.951	0.312	1.879	1.139644	83.012	0.859	0.117	0.324	0.519	32.21	Molto	alto
														alto
8.70	162.500	84.047	48.951	0.313	1.885	1.123012	82.445	0.854	0.116	0.322	0.518	32.82	Molto	alto
														alto
8.90	166.500	86.085	48.951	0.313	1.891	1.106949	81.894	0.848	0.115	0.320	0.517	33.40	Molto	alto
														alto
9.10	170.500	88.124	80.928	0.374	1.731	1.076504	107.928	0.843	0.156	0.318	0.705	20.71	Molto	alto
														alto
9.30	174.500	90.163	80.928	0.374	1.736	1.06387	107.202	0.837	0.155	0.316	0.703	21.18	Molto	alto
														alto
9.50	178.500	92.201	80.928	0.374	1.741	1.051582	106.498	0.832	0.154	0.314	0.701	21.63	Molto	alto
														alto
9.70	182.500	94.240	80.928	0.374	1.745	1.039583	105.811	0.826	0.152	0.312	0.700	22.06	Molto	alto
														alto
9.90	186.500	96.279	80.928	0.374	1.750	1.027864	105.140	0.821	0.151	0.310	0.698	22.48	Molto	alto
														alto
10.10	190.500	98.317	80.928	0.375	1.755	1.016413	104.485	0.815	0.150	0.308	0.697	22.88	Molto	alto
														alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

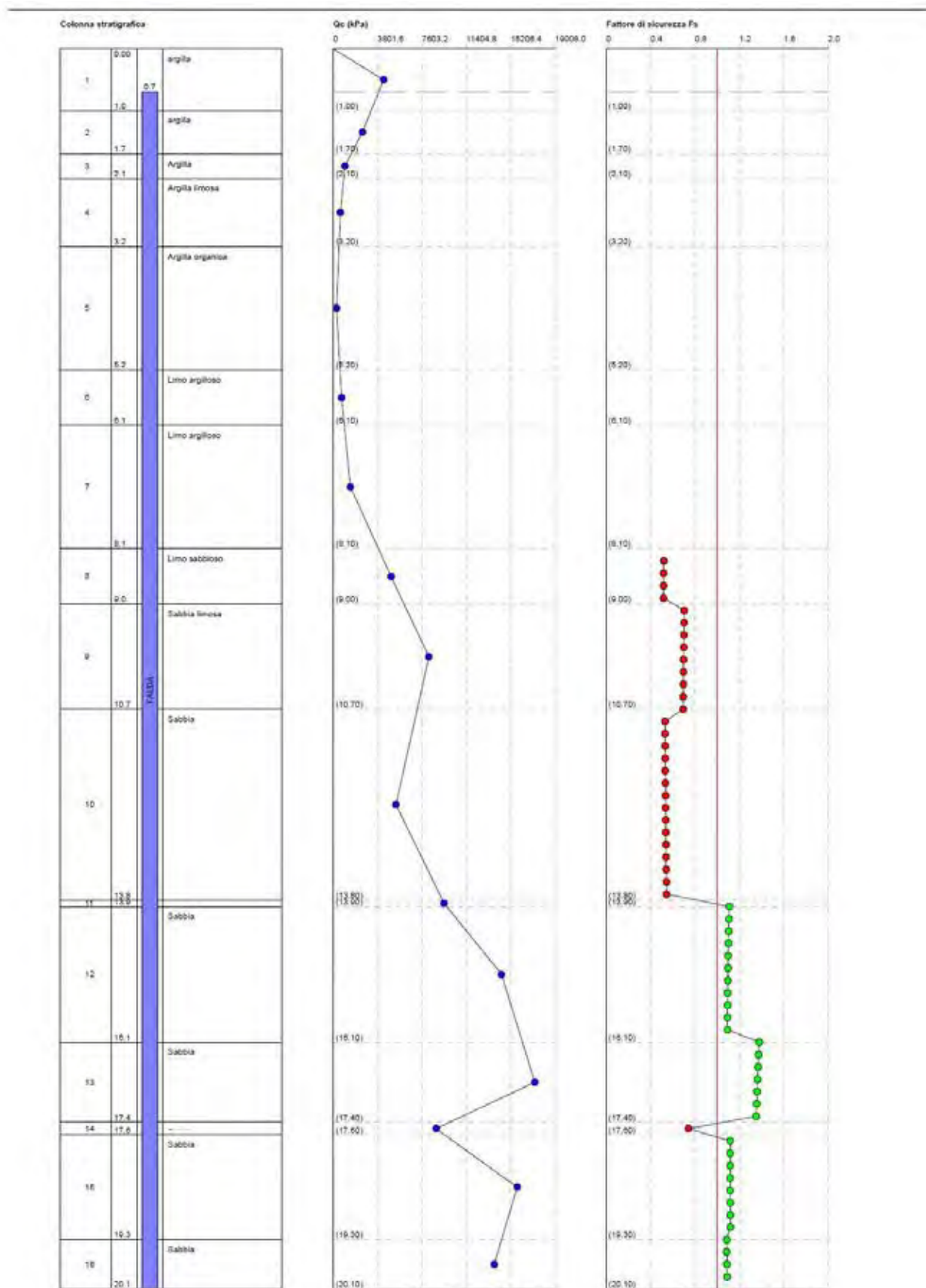
10.30	194.500	100.356	80.928	0.375	1.759	1.005228	103.846	0.810	0.149	0.306	0.696	23.26	Molto alto
10.50	198.500	102.395	80.928	0.375	1.764	0.9942922	103.221	0.804	0.148	0.304	0.695	23.63	Molto alto
10.70	202.500	104.434	80.928	0.375	1.768	0.9835991	102.610	0.799	0.147	0.302	0.694	23.98	Molto alto
10.90	206.500	106.472	53.096	0.290	1.902	0.9691051	79.267	0.793	0.112	0.300	0.531	37.20	Molto alto
11.10	210.500	108.511	53.096	0.290	1.908	0.9573857	78.836	0.788	0.111	0.298	0.531	37.58	Molto alto
11.30	214.500	110.550	53.096	0.290	1.913	0.9459444	78.414	0.782	0.110	0.296	0.532	37.94	Molto alto
11.50	218.500	112.588	53.096	0.291	1.918	0.9347519	77.999	0.777	0.110	0.294	0.533	38.29	Molto alto
11.70	222.500	114.627	53.096	0.291	1.923	0.9238306	77.593	0.771	0.109	0.292	0.533	38.63	Molto alto
11.90	226.500	116.666	53.096	0.291	1.928	0.9131584	77.194	0.766	0.109	0.290	0.534	38.94	Molto alto
12.10	230.500	118.704	53.096	0.291	1.934	0.902727	76.804	0.760	0.108	0.288	0.535	39.24	Molto alto
12.30	234.500	120.743	53.096	0.292	1.939	0.8925283	76.420	0.755	0.108	0.286	0.536	39.52	Molto alto
12.50	238.500	122.782	53.096	0.292	1.944	0.8824954	76.042	0.749	0.107	0.284	0.537	39.79	Molto alto
12.70	242.500	124.820	53.096	0.292	1.949	0.8727296	75.672	0.744	0.107	0.282	0.538	40.04	Molto alto
12.90	246.500	126.859	53.096	0.292	1.953	0.8631739	75.308	0.739	0.106	0.280	0.539	40.27	Molto alto
13.10	250.500	128.898	53.096	0.292	1.958	0.8538216	74.951	0.733	0.106	0.278	0.540	40.49	Molto alto
13.30	254.500	130.936	53.096	0.293	1.963	0.8446663	74.601	0.728	0.105	0.276	0.542	40.69	Molto alto
13.50	258.500	132.975	53.096	0.293	1.968	0.8355914	74.252	0.723	0.105	0.274	0.543	40.88	Molto alto
13.70	262.500	135.014	53.096	0.293	1.973	0.8268008	73.912	0.718	0.105	0.272	0.544	41.05	Molto alto
13.90	266.500	137.052	142.413	0.360	1.592	0.8598353	133.907	0.713	0.214	0.270	1.111	0.00	Molto basso
14.10	270.500	139.091	142.413	0.360	1.595	0.8535107	133.209	0.707	0.212	0.268	1.108	0.00	Molto basso
14.30	274.500	141.130	142.413	0.360	1.598	0.8473236	132.529	0.702	0.210	0.266	1.105	0.00	Molto basso
14.50	278.500	143.168	142.413	0.360	1.601	0.8412692	131.866	0.697	0.208	0.264	1.102	0.00	Molto basso
14.70	282.500	145.207	142.413	0.360	1.604	0.8353426	131.219	0.692	0.206	0.263	1.100	0.00	Molto basso
14.90	286.500	147.246	142.413	0.361	1.607	0.8295398	130.587	0.687	0.205	0.261	1.099	0.00	Molto basso
15.10	290.500	149.284	142.413	0.361	1.609	0.8238561	129.970	0.682	0.203	0.259	1.097	0.00	Molto basso
15.30	294.500	151.323	142.413	0.361	1.612	0.8182876	129.367	0.677	0.201	0.257	1.096	0.00	Molto basso
15.50	298.500	153.362	142.413	0.361	1.615	0.8128306	128.779	0.672	0.200	0.255	1.095	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

15.70	302.500	155.400	142.413	0.361	1.618	0.8074812	128.203	0.667	0.198	0.253	1.094	0.00	Molto basso
15.90	306.500	157.439	142.413	0.361	1.620	0.8022363	127.641	0.663	0.197	0.252	1.094	0.00	Molto basso
16.10	310.500	159.478	170.540	0.354	1.549	0.7970921	144.478	0.658	0.248	0.250	1.381	0.00	Molto basso
16.30	314.500	161.516	170.540	0.354	1.551	0.7920457	143.779	0.653	0.246	0.248	1.375	0.00	Molto basso
16.50	318.500	163.555	170.540	0.354	1.554	0.7870938	143.095	0.648	0.243	0.246	1.370	0.00	Molto basso
16.70	322.500	165.594	170.540	0.354	1.556	0.7822337	142.426	0.644	0.241	0.244	1.365	0.00	Molto basso
16.90	326.500	167.632	170.540	0.354	1.559	0.7774625	141.771	0.639	0.238	0.243	1.361	0.00	Molto basso
17.10	330.500	169.671	170.540	0.354	1.561	0.7727777	141.129	0.635	0.236	0.241	1.357	0.00	Molto basso
17.30	334.500	171.710	170.540	0.354	1.563	0.7681766	140.502	0.630	0.234	0.239	1.354	0.00	Molto basso
17.50	338.500	173.748	87.047	0.330	1.841	0.7256575	89.214	0.626	0.126	0.238	0.742	25.41	Molto alto
17.70	342.500	175.787	155.737	0.240	1.529	0.7592154	124.794	0.621	0.190	0.236	1.118	0.00	Molto basso
17.90	346.500	177.826	155.737	0.240	1.532	0.7548508	124.250	0.617	0.189	0.234	1.118	0.00	Molto basso
18.10	350.500	179.864	155.737	0.240	1.534	0.7505607	123.717	0.612	0.188	0.233	1.118	0.00	Molto basso
18.30	354.500	181.903	155.737	0.240	1.537	0.746343	123.195	0.608	0.187	0.231	1.118	0.00	Molto basso
18.50	358.500	183.942	155.737	0.240	1.539	0.7421954	122.683	0.604	0.185	0.230	1.118	0.00	Molto basso
18.70	362.500	185.980	155.737	0.240	1.541	0.7381164	122.182	0.600	0.184	0.228	1.119	0.00	Molto basso
18.90	366.500	188.019	155.737	0.240	1.544	0.7341038	121.691	0.596	0.183	0.226	1.119	0.00	Molto basso
19.10	370.500	190.058	155.737	0.240	1.546	0.730156	121.209	0.592	0.182	0.225	1.120	0.00	Molto basso
19.30	374.500	192.096	136.195	0.395	1.697	0.7253504	117.812	0.588	0.175	0.223	1.087	0.00	Molto basso
19.50	378.500	194.135	136.195	0.395	1.699	0.7209598	117.380	0.584	0.174	0.222	1.088	0.00	Molto basso
19.70	382.500	196.174	136.195	0.395	1.702	0.7166243	116.953	0.580	0.173	0.220	1.089	0.00	Molto basso
19.90	386.500	198.212	136.195	0.395	1.704	0.712343	116.533	0.576	0.172	0.219	1.091	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=10.38 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.16

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale Q	Attrito laterale e norma lizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.700	13.739										0	Molto basso
1.10	19.500	15.577										0	Molto basso
1.30	23.300	17.416										0	Molto basso
1.50	27.100	19.255										0	Molto basso
1.70	30.900	21.093										0	Molto basso
1.90	34.700	22.932										0	Molto basso
2.10	38.500	24.771										0	Molto basso
2.30	42.300	26.609										0	Molto basso
2.50	46.100	28.448										0	Molto basso
2.70	49.900	30.287										0	Molto basso
2.90	53.700	32.125										0	Molto basso
3.10	57.500	33.964										0	Molto basso
3.30	61.200	35.703										0	Molto basso
3.50	64.800	37.341										0	Molto basso
3.70	68.400	38.980										0	Molto basso
3.90	72.000	40.619										0	Molto basso
4.10	75.600	42.257										0	Molto basso
4.30	79.200	43.896										0	Molto basso
4.50	82.800	45.535										0	Molto basso
4.70	86.400	47.173										0	Molto basso
4.90	90.000	48.812										0	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

5.10	93.600	50.451												basso
														0 Molto
5.30	97.300	52.189												basso
														0 Molto
5.50	101.100	54.028												basso
														0 Molto
5.70	104.900	55.867												basso
														0 Molto
5.90	108.700	57.705												basso
														0 Molto
6.10	112.500	59.544												basso
														0 Molto
6.30	116.300	61.383												basso
														0 Molto
6.50	120.100	63.221												basso
														0 Molto
6.70	123.900	65.060												basso
														0 Molto
6.90	127.700	66.899												basso
														0 Molto
7.10	131.500	68.737												basso
														0 Molto
7.30	135.300	70.576												basso
														0 Molto
7.50	139.100	72.415												basso
														0 Molto
7.70	142.900	74.253												basso
														0 Molto
7.90	146.700	76.092												basso
														0 Molto
8.10	150.500	77.931												basso
														0 Molto
8.30	154.500	79.969	48.951	0.312	1.872	1.156698	74.189	0.865	0.111	0.326	0.372	41.32	Molto	basso
														alto
8.50	158.500	82.008	48.951	0.312	1.879	1.139644	73.628	0.859	0.110	0.324	0.372	42.04	Molto	alto
														alto
8.70	162.500	84.047	48.951	0.313	1.885	1.123012	73.084	0.854	0.110	0.322	0.372	42.75	Molto	alto
														alto
8.90	166.500	86.085	48.951	0.313	1.891	1.106949	72.562	0.848	0.109	0.320	0.372	43.44	Molto	alto
														alto
9.10	170.500	88.124	80.928	0.374	1.731	1.076504	99.087	0.843	0.136	0.318	0.490	35.86	Molto	alto
														alto
9.30	174.500	90.163	80.928	0.374	1.736	1.06387	98.267	0.837	0.135	0.316	0.488	36.56	Molto	alto
														alto
9.50	178.500	92.201	80.928	0.374	1.741	1.051582	97.473	0.832	0.134	0.314	0.486	37.23	Molto	alto
														alto
9.70	182.500	94.240	80.928	0.374	1.745	1.039583	96.701	0.826	0.133	0.312	0.484	37.89	Molto	alto
														alto
9.90	186.500	96.279	80.928	0.374	1.750	1.027864	95.950	0.821	0.132	0.310	0.483	38.52	Molto	alto
														alto
10.10	190.500	98.317	80.928	0.375	1.755	1.016413	95.218	0.815	0.131	0.308	0.482	39.13	Molto	alto
														alto

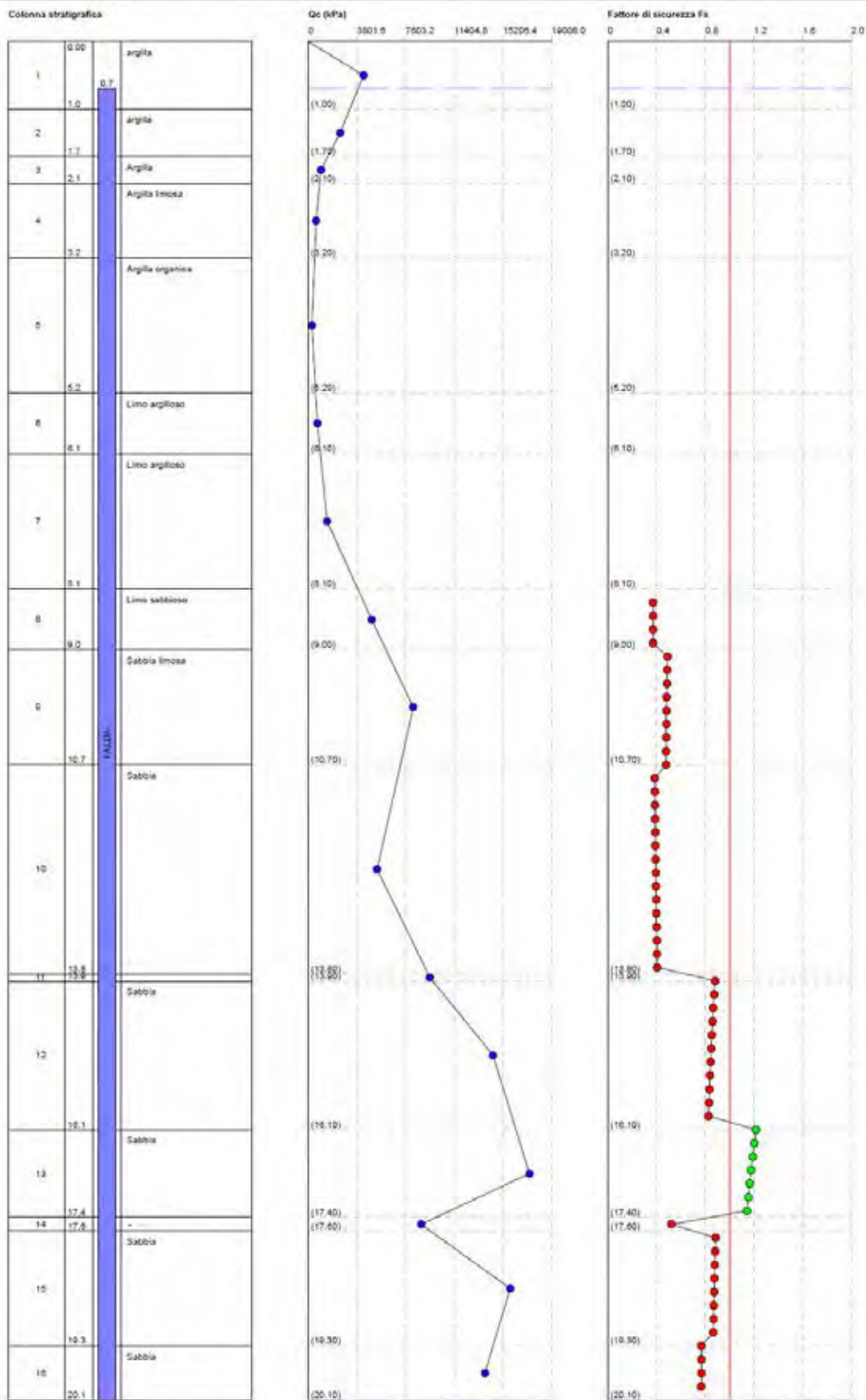
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

10.30	194.500	100.356	80.928	0.375	1.759	1.005228	94.507	0.810	0.131	0.306	0.481	39.72	Molto alto
10.50	198.500	102.395	80.928	0.375	1.764	0.9942922	93.814	0.804	0.130	0.304	0.480	40.28	Molto alto
10.70	202.500	104.434	80.928	0.375	1.768	0.9835991	93.139	0.799	0.129	0.302	0.479	40.83	Molto alto
10.90	206.500	106.472	53.096	0.290	1.902	0.9691051	70.165	0.793	0.107	0.300	0.386	48.68	Molto alto
11.10	210.500	108.511	53.096	0.290	1.908	0.9573857	69.768	0.788	0.107	0.298	0.387	49.15	Molto alto
11.30	214.500	110.550	53.096	0.290	1.913	0.9459444	69.384	0.782	0.107	0.296	0.388	49.60	Molto alto
11.50	218.500	112.588	53.096	0.291	1.918	0.9347519	69.011	0.777	0.106	0.294	0.389	50.03	Molto alto
11.70	222.500	114.627	53.096	0.291	1.923	0.9238306	68.649	0.771	0.106	0.292	0.391	50.44	Molto alto
11.90	226.500	116.666	53.096	0.291	1.928	0.9131584	68.297	0.766	0.106	0.290	0.392	50.83	Molto alto
12.10	230.500	118.704	53.096	0.291	1.934	0.902727	67.956	0.760	0.106	0.288	0.393	51.20	Molto alto
12.30	234.500	120.743	53.096	0.292	1.939	0.8925283	67.625	0.755	0.105	0.286	0.395	51.55	Molto alto
12.50	238.500	122.782	53.096	0.292	1.944	0.8824954	67.301	0.749	0.105	0.284	0.396	51.89	Molto alto
12.70	242.500	124.820	53.096	0.292	1.949	0.8727296	66.987	0.744	0.105	0.282	0.398	52.20	Molto alto
12.90	246.500	126.859	53.096	0.292	1.953	0.8631739	66.683	0.739	0.105	0.280	0.399	52.50	Molto alto
13.10	250.500	128.898	53.096	0.292	1.958	0.8538216	66.386	0.733	0.104	0.278	0.401	52.78	Molto alto
13.30	254.500	130.936	53.096	0.293	1.963	0.8446663	66.098	0.728	0.104	0.276	0.403	53.04	Molto alto
13.50	258.500	132.975	53.096	0.293	1.968	0.8355914	65.814	0.723	0.104	0.274	0.404	53.28	Molto alto
13.70	262.500	135.014	53.096	0.293	1.973	0.8268008	65.541	0.718	0.104	0.272	0.406	53.50	Molto alto
13.90	266.500	137.052	142.413	0.360	1.592	0.8598353	129.044	0.713	0.195	0.270	0.882	10.70	Alto
14.10	270.500	139.091	142.413	0.360	1.595	0.8535107	128.246	0.707	0.192	0.268	0.874	11.46	Alto
14.30	274.500	141.130	142.413	0.360	1.598	0.8473236	127.467	0.702	0.190	0.266	0.867	12.18	Alto
14.50	278.500	143.168	142.413	0.360	1.601	0.8412692	126.706	0.697	0.188	0.264	0.861	12.85	Alto
14.70	282.500	145.207	142.413	0.360	1.604	0.8353426	125.963	0.692	0.186	0.263	0.855	13.48	Alto
14.90	286.500	147.246	142.413	0.361	1.607	0.8295398	125.237	0.687	0.184	0.261	0.850	14.07	Alto
15.10	290.500	149.284	142.413	0.361	1.609	0.8238561	124.527	0.682	0.182	0.259	0.844	14.62	Alto
15.30	294.500	151.323	142.413	0.361	1.612	0.8182876	123.832	0.677	0.180	0.257	0.840	15.14	Molto alto
15.50	298.500	153.362	142.413	0.361	1.615	0.8128306	123.153	0.672	0.179	0.255	0.835	15.62	Molto alto
15.70	302.500	155.400	142.413	0.361	1.618	0.8074812	122.489	0.667	0.177	0.253	0.832	16.07	Molto alto
15.90	306.500	157.439	142.413	0.361	1.620	0.8022363	121.839	0.663	0.175	0.252	0.828	16.49	Molto alto
16.10	310.500	159.478	170.540	0.354	1.549	0.7970921	141.091	0.658	0.239	0.250	1.217	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

16.30	314.500	161.516	170.540	0.354	1.551	0.7920457	140.309	0.653	0.236	0.248	1.203	0.00	Molto basso
16.50	318.500	163.555	170.540	0.354	1.554	0.7870938	139.542	0.648	0.232	0.246	1.190	0.00	Molto basso
16.70	322.500	165.594	170.540	0.354	1.556	0.7822337	138.791	0.644	0.229	0.244	1.177	0.00	Molto basso
16.90	326.500	167.632	170.540	0.354	1.559	0.7774625	138.055	0.639	0.226	0.243	1.165	0.00	Molto basso
17.10	330.500	169.671	170.540	0.354	1.561	0.7727777	137.333	0.635	0.223	0.241	1.155	0.00	Molto basso
17.30	334.500	171.710	170.540	0.354	1.563	0.7681766	136.626	0.630	0.220	0.239	1.144	0.00	Molto basso
17.50	338.500	173.748	87.047	0.330	1.841	0.7256575	79.565	0.626	0.115	0.238	0.522	47.09	Molto alto
17.70	342.500	175.787	155.737	0.240	1.529	0.7592154	122.457	0.621	0.177	0.236	0.886	11.29	Alto
17.90	346.500	177.826	155.737	0.240	1.532	0.7548508	121.845	0.617	0.175	0.234	0.882	11.64	Alto
18.10	350.500	179.864	155.737	0.240	1.534	0.7505607	121.244	0.612	0.174	0.233	0.879	11.97	Alto
18.30	354.500	181.903	155.737	0.240	1.537	0.746343	120.655	0.608	0.173	0.231	0.876	12.28	Alto
18.50	358.500	183.942	155.737	0.240	1.539	0.7421954	120.076	0.604	0.171	0.230	0.874	12.56	Alto
18.70	362.500	185.980	155.737	0.240	1.541	0.7381164	119.508	0.600	0.170	0.228	0.871	12.82	Alto
18.90	366.500	188.019	155.737	0.240	1.544	0.7341038	118.951	0.596	0.169	0.226	0.869	13.05	Alto
19.10	370.500	190.058	155.737	0.240	1.546	0.730156	118.403	0.592	0.168	0.225	0.867	13.27	Alto
19.30	374.500	192.096	136.195	0.395	1.697	0.7253504	109.496	0.588	0.151	0.223	0.768	23.16	Molto alto
19.50	378.500	194.135	136.195	0.395	1.699	0.7209598	109.000	0.584	0.150	0.222	0.768	23.21	Molto alto
19.70	382.500	196.174	136.195	0.395	1.702	0.7166243	108.511	0.580	0.150	0.220	0.768	23.24	Molto alto
19.90	386.500	198.212	136.195	0.395	1.704	0.712343	108.029	0.576	0.149	0.219	0.767	23.26	Molto alto
IPL (Sonmez)=15.68 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto													

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROVA CPTU6

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: DISCARICA DI FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA CANALETTO - FINALE EMILIA

Data 24/10/2015

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.56

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	argilla	0	0.6	17	19	0	0	3600	123	190
2	argilla	0.6	1	17	19	0	0	2700	165	180
3	Argilla	1	1.35	17	19	0	0	1850	126	150
4	Argilla	1.35	1.65	17	19	0	0	1160	36	100
5	Argilla	1.65	2.4	16	18	0	0	640	25	40
	organica									
6	Argilla	2.4	4.6	16	18	0	0	300	10	20
7	Argilla	4.6	5.2	17	19	0	0	610	20	40
8	Limo	5.2	5.6	17	19	0	0	1240	36	120
	argilloso									
9	Limo	5.6	6.4	17	19	0	0	1930	72	190
	argilloso									
10	Limo	6.4	8	17	19	0	0	1290	37	120
	sabbioso									
11	Sabbia	8	8.2	17	19.5	0	0	2740	38	220
	limosa									
12	Sabbia	8.2	8.8	18	20	0	0	4000	29	280
	limosa									
13	Sabbia	8.8	9.2	18	20	0	0	5240	10	280
	limosa									
14	Sabbia	9.2	9.5	18	20	0	0	7150	10	300
15	Sabbia	9.5	10.5	18	20	0	0	9990	26	320
16	Sabbia	10.5	11.5	18	20	0	0	8340	25	320
17	Sabbia	11.5	12.3	18	20	0	0	9420	30	320

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

18	Sabbia	12.3	12.6	18	20	0	0	15840	36	380
19	Sabbia	12.6	13	18	20	0	0	10600	25	320
20	Sabbia	13	15	18	20	0	0	19000	65	400
21	Sabbia	15	16.4	18	20	0	0	18800	46	400
22	Sabbia	16.4	17.4	18	20	0	0	14280	42	380
23	Sabbia	17.4	19.8	18	20	0	0	17380	53	390
24	Sabbia	19.8	20	18	20	0	0	10790	24	320

Metodo Idriss e Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito lateral e norma lizzata o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR (CSR))	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquef azion e	Rischio
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.500	15.577											0 Molto basso
1.30	23.300	17.416											0 Molto basso
1.50	27.100	19.255											0 Molto basso
1.70	30.850	21.043											0 Molto basso
1.90	34.450	22.682											0 Molto basso
2.10	38.050	24.321											0 Molto basso
2.30	41.650	25.959											0 Molto basso
2.50	45.250	27.598											0 Molto basso
2.70	48.850	29.237											0 Molto basso
2.90	52.450	30.875											0 Molto basso
3.10	56.050	32.514											0 Molto basso
3.30	59.650	34.153											0 Molto basso
3.50	63.250	35.791											0 Molto basso
3.70	66.850	37.430											0 Molto basso
3.90	70.450	39.069											0 Molto basso
4.10	74.050	40.707											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

4.30	77.650	42.346											0	Molto basso
4.50	81.250	43.985											0	Molto basso
4.70	84.950	45.723											0	Molto basso
4.90	88.750	47.562											0	Molto basso
5.10	92.550	49.401											0	Molto basso
5.30	96.350	51.239											0	Molto basso
5.50	100.150	53.078											0	Molto basso
5.70	103.950	54.917	19.048	3.943	2.717	1.561894	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
5.90	107.750	56.755	19.048	3.951	2.725	1.527487	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
6.10	111.550	58.594	19.048	3.959	2.733	1.495387	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
6.30	115.350	60.433	19.048	3.968	2.741	1.46457	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
6.50	119.150	62.271	12.731	3.160	2.823	1.474623	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
6.70	122.950	64.110	12.731	3.170	2.832	1.442538	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
6.90	126.750	65.949	12.731	3.181	2.842	1.412218	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
7.10	130.550	67.787	12.731	3.191	2.851	1.383089	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
7.30	134.350	69.626	12.731	3.202	2.860	1.355083	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
7.50	138.150	71.465	12.731	3.212	2.869	1.327914	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
7.70	141.950	73.303	12.731	3.223	2.878	1.302007	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
7.90	145.750	75.142	12.731	3.234	2.887	1.277042	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.000	0	Molto basso
8.10	149.600	77.031	27.042	1.467	2.415	1.215379	72.041	0.870	0.102	0.330	0.446	35.79	Molto alto	
8.30	153.550	79.019	39.477	0.754	2.125	1.175935	83.434	0.865	0.117	0.328	0.516	31.86	Molto alto	
8.50	157.550	81.058	39.477	0.755	2.132	1.157357	82.718	0.859	0.116	0.326	0.514	32.54	Molto alto	
8.70	161.550	83.097	39.477	0.756	2.138	1.13935	82.021	0.854	0.115	0.324	0.512	33.19	Molto alto	
8.90	165.550	85.135	51.715	0.197	1.799	1.112415	79.684	0.848	0.112	0.322	0.501	34.52	Molto alto	
9.10	169.550	87.174	51.715	0.197	1.806	1.096885	79.197	0.843	0.112	0.320	0.501	35.08	Molto alto	
9.30	173.550	89.213	70.565	0.143	1.645	1.073547	88.384	0.837	0.125	0.318	0.563	31.20	Molto alto	
9.50	177.550	91.251	70.565	0.143	1.650	1.060399	87.797	0.832	0.124	0.316	0.562	31.72	Molto alto	

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

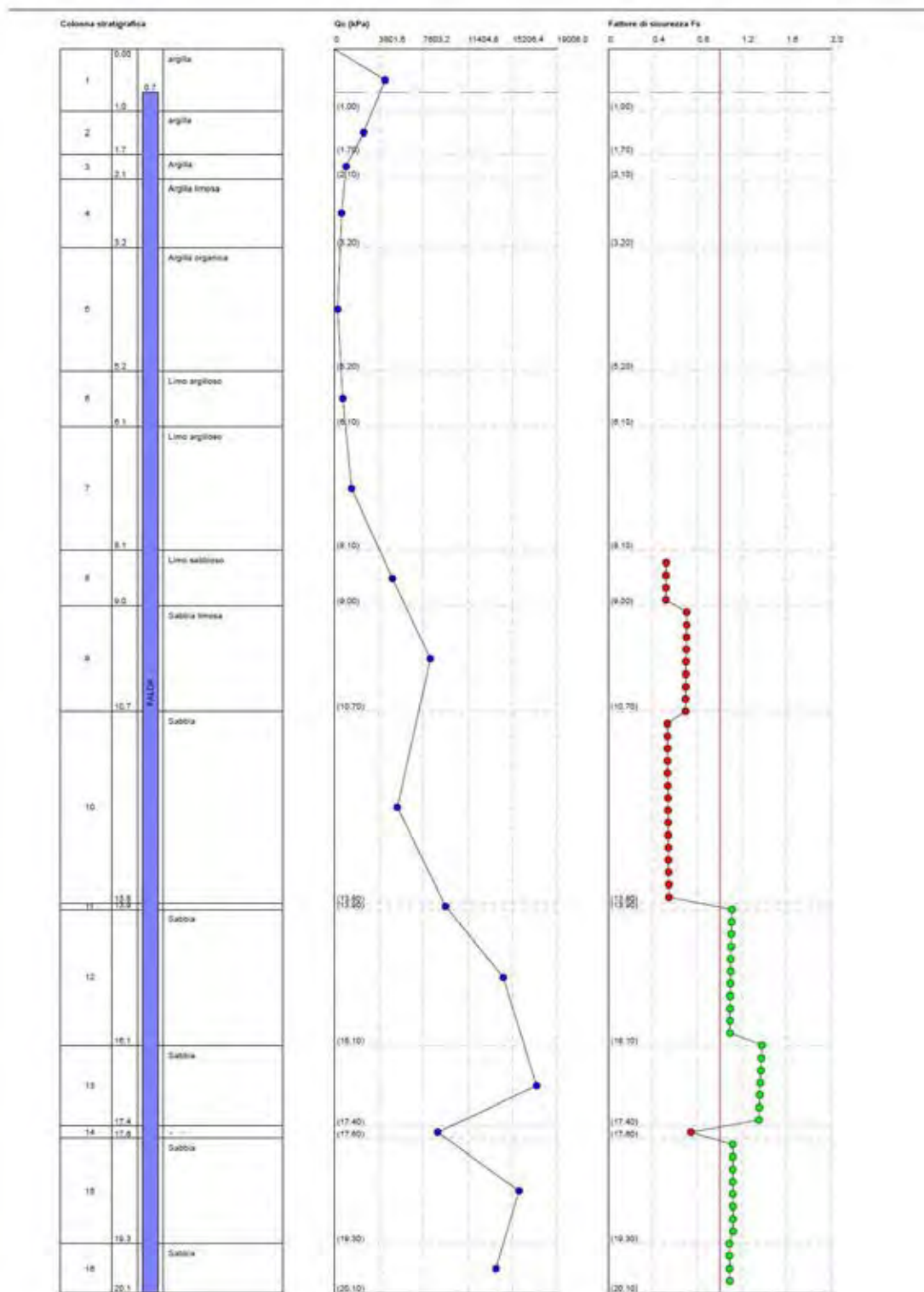
9.70	181.550	93.290	98.594	0.265	1.601	1.042174	113.820	0.826	0.167	0.314	0.764	17.33	Molto alto
9.90	185.550	95.329	98.594	0.265	1.606	1.03097	113.010	0.821	0.165	0.311	0.761	17.79	Molto alto
10.10	189.550	97.367	98.594	0.265	1.610	1.02012	112.230	0.815	0.164	0.309	0.759	18.23	Molto alto
10.30	193.550	99.406	98.594	0.265	1.614	1.009606	111.478	0.810	0.163	0.307	0.756	18.64	Molto alto
10.50	197.550	101.445	98.594	0.266	1.619	0.9994076	110.753	0.804	0.161	0.305	0.754	19.02	Molto alto
10.70	201.550	103.484	82.309	0.307	1.722	0.9886264	100.744	0.799	0.144	0.303	0.677	25.35	Molto alto
10.90	205.550	105.522	82.309	0.307	1.727	0.9781258	100.157	0.793	0.143	0.301	0.676	25.68	Molto alto
11.10	209.550	107.561	82.309	0.307	1.731	0.9678524	99.584	0.788	0.142	0.299	0.676	26.00	Molto alto
11.30	213.550	109.600	82.309	0.308	1.736	0.9577988	99.024	0.782	0.141	0.297	0.676	26.30	Molto alto
11.50	217.550	111.638	82.309	0.308	1.740	0.9479395	98.475	0.777	0.140	0.295	0.675	26.59	Molto alto
11.70	221.550	113.677	92.968	0.326	1.704	0.9411472	106.020	0.771	0.153	0.293	0.741	21.45	Molto alto
11.90	225.550	115.716	92.968	0.326	1.708	0.9321176	105.439	0.766	0.152	0.291	0.741	21.69	Molto alto
12.10	229.550	117.754	92.968	0.326	1.712	0.9232221	104.866	0.760	0.151	0.289	0.740	21.91	Molto alto
12.30	233.550	119.793	92.968	0.327	1.716	0.914534	104.308	0.755	0.150	0.287	0.740	22.11	Molto alto
12.50	237.550	121.832	156.329	0.231	1.445	0.9119656	145.288	0.749	0.251	0.285	1.246	0.00	Molto basso
12.70	241.550	123.870	104.614	0.241	1.621	0.9023947	106.544	0.744	0.154	0.283	0.769	20.04	Molto alto
12.90	245.550	125.909	104.614	0.241	1.625	0.8945357	105.965	0.739	0.153	0.281	0.769	20.22	Molto alto
13.10	249.550	127.948	187.515	0.347	1.466	0.8899024	170.838	0.733	0.416	0.279	2.090	0.00	Molto basso
13.30	253.550	129.986	187.515	0.347	1.469	0.8828962	169.663	0.728	0.404	0.277	2.043	0.00	Molto basso
13.50	257.550	132.025	187.515	0.347	1.472	0.8760531	168.518	0.723	0.393	0.275	1.999	0.00	Molto basso
13.70	261.550	134.064	187.515	0.347	1.475	0.8693666	167.403	0.718	0.383	0.273	1.959	0.00	Molto basso
13.90	265.550	136.102	187.515	0.347	1.478	0.8628309	166.317	0.713	0.373	0.271	1.923	0.00	Molto basso
14.10	269.550	138.141	187.515	0.347	1.481	0.8564405	165.259	0.707	0.365	0.269	1.889	0.00	Molto basso
14.30	273.550	140.180	187.515	0.347	1.483	0.85019	164.227	0.702	0.356	0.267	1.858	0.00	Molto basso
14.50	277.550	142.218	187.515	0.347	1.486	0.8440743	163.220	0.697	0.349	0.265	1.830	0.00	Molto basso
14.70	281.550	144.257	187.515	0.347	1.489	0.8380888	162.238	0.692	0.341	0.263	1.804	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

14.90	285.550	146.296	187.515	0.347	1.492	0.8322288	161.280	0.687	0.335	0.262	1.779	0.00	Molto basso
15.10	289.550	148.334	185.542	0.249	1.430	0.82649	155.628	0.682	0.300	0.260	1.604	0.00	Molto basso
15.30	293.550	150.373	185.542	0.249	1.433	0.8208684	154.673	0.677	0.294	0.258	1.586	0.00	Molto basso
15.50	297.550	152.412	185.542	0.249	1.436	0.8153599	153.741	0.672	0.290	0.256	1.570	0.00	Molto basso
15.70	301.550	154.450	185.542	0.249	1.439	0.8099608	152.829	0.667	0.285	0.254	1.555	0.00	Molto basso
15.90	305.550	156.489	185.542	0.249	1.441	0.8046677	151.938	0.663	0.280	0.252	1.541	0.00	Molto basso
16.10	309.550	158.528	185.542	0.249	1.444	0.7994769	151.067	0.658	0.276	0.250	1.528	0.00	Molto basso
16.30	313.550	160.566	185.542	0.249	1.447	0.7943853	150.215	0.653	0.272	0.249	1.516	0.00	Molto basso
16.50	317.550	162.605	140.933	0.301	1.594	0.7893897	122.273	0.648	0.185	0.247	1.042	0.00	Molto basso
16.70	321.550	164.644	140.933	0.301	1.597	0.7844872	121.755	0.644	0.183	0.245	1.043	0.00	Molto basso
16.90	325.550	166.682	140.933	0.301	1.600	0.779675	121.247	0.639	0.182	0.243	1.043	0.00	Molto basso
17.10	329.550	168.721	140.933	0.301	1.602	0.7749503	120.751	0.635	0.181	0.242	1.044	0.00	Molto basso
17.30	333.550	170.760	140.933	0.301	1.605	0.7703103	120.265	0.630	0.180	0.240	1.045	0.00	Molto basso
17.50	337.550	172.798	171.527	0.311	1.536	0.7657529	138.759	0.626	0.228	0.238	1.326	0.00	Molto basso
17.70	341.550	174.837	171.527	0.311	1.538	0.7612752	138.134	0.621	0.226	0.237	1.323	0.00	Molto basso
17.90	345.550	176.876	171.527	0.311	1.540	0.7568753	137.521	0.617	0.224	0.235	1.320	0.00	Molto basso
18.10	349.550	178.914	171.527	0.311	1.543	0.7525508	136.921	0.612	0.223	0.233	1.317	0.00	Molto basso
18.30	353.550	180.953	171.527	0.311	1.545	0.7482995	136.333	0.608	0.221	0.232	1.315	0.00	Molto basso
18.50	357.550	182.992	171.527	0.311	1.547	0.7441195	135.757	0.604	0.219	0.230	1.314	0.00	Molto basso
18.70	361.550	185.030	171.527	0.311	1.550	0.7400088	135.192	0.600	0.217	0.229	1.312	0.00	Molto basso
18.90	365.550	187.069	171.527	0.311	1.552	0.7359655	134.637	0.596	0.216	0.227	1.311	0.00	Molto basso
19.10	369.550	189.108	171.527	0.312	1.554	0.7319877	134.094	0.592	0.214	0.225	1.309	0.00	Molto basso
19.30	373.550	191.146	171.527	0.312	1.556	0.7280737	133.561	0.588	0.213	0.224	1.308	0.00	Molto basso
19.50	377.550	193.185	171.527	0.312	1.558	0.7242219	133.037	0.584	0.211	0.222	1.308	0.00	Molto basso
19.70	381.550	195.224	171.527	0.312	1.561	0.7204305	132.524	0.580	0.210	0.221	1.307	0.00	Molto basso
19.90	385.550	197.262	106.489	0.231	1.724	0.6860734	91.595	0.576	0.129	0.219	0.821	17.91	Molto alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

IPL (Sonmez)=8.17 Zcrit=20 m Rischio=Alto



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.1

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale Q	Attrito laterale e normale lizzato o F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.700	13.739										0	Molto basso
1.10	19.500	15.577										0	Molto basso
1.30	23.300	17.416										0	Molto basso
1.50	27.100	19.255										0	Molto basso
1.70	30.850	21.043										0	Molto basso
1.90	34.450	22.682										0	Molto basso
2.10	38.050	24.321										0	Molto basso
2.30	41.650	25.959										0	Molto basso
2.50	45.250	27.598										0	Molto basso
2.70	48.850	29.237										0	Molto basso
2.90	52.450	30.875										0	Molto basso
3.10	56.050	32.514										0	Molto basso
3.30	59.650	34.153										0	Molto basso
3.50	63.250	35.791										0	Molto basso
3.70	66.850	37.430										0	Molto basso
3.90	70.450	39.069										0	Molto basso
4.10	74.050	40.707										0	Molto basso
4.30	77.650	42.346										0	Molto basso
4.50	81.250	43.985										0	Molto basso
4.70	84.950	45.723										0	Molto basso
4.90	88.750	47.562										0	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

5.10	92.550	49.401												basso
														0 Molto
5.30	96.350	51.239												basso
														0 Molto
5.50	100.150	53.078												basso
														0 Molto
5.70	103.950	54.917	19.048	3.943	2.717	1.561894	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
5.90	107.750	56.755	19.048	3.951	2.725	1.527487	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.10	111.550	58.594	19.048	3.959	2.733	1.495387	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.30	115.350	60.433	19.048	3.968	2.741	1.46457	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.50	119.150	62.271	12.731	3.160	2.823	1.474623	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.70	122.950	64.110	12.731	3.170	2.832	1.442538	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.90	126.750	65.949	12.731	3.181	2.842	1.412218	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.10	130.550	67.787	12.731	3.191	2.851	1.383089	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.30	134.350	69.626	12.731	3.202	2.860	1.355083	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.50	138.150	71.465	12.731	3.212	2.869	1.327914	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.70	141.950	73.303	12.731	3.223	2.878	1.302007	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.90	145.750	75.142	12.731	3.234	2.887	1.277042	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
8.10	149.600	77.031	27.042	1.467	2.415	1.215379	72.292	0.870	0.109	0.330	0.361	41.26	41.26	Molto
														alto
8.30	153.550	79.019	39.477	0.754	2.125	1.175935	75.955	0.865	0.112	0.328	0.376	41.07	41.07	Molto
														alto
8.50	157.550	81.058	39.477	0.755	2.132	1.157357	75.438	0.859	0.112	0.326	0.376	41.78	41.78	Molto
														alto
8.70	161.550	83.097	39.477	0.756	2.138	1.13935	74.939	0.854	0.111	0.324	0.376	42.47	42.47	Molto
														alto
8.90	165.550	85.135	51.715	0.197	1.799	1.112415	71.403	0.848	0.108	0.322	0.367	43.83	43.83	Molto
														alto
9.10	169.550	87.174	51.715	0.197	1.806	1.096885	70.865	0.843	0.108	0.320	0.367	44.50	44.50	Molto
														alto
9.30	173.550	89.213	70.565	0.143	1.645	1.073547	83.303	0.837	0.119	0.318	0.414	41.81	41.81	Molto
														alto
9.50	177.550	91.251	70.565	0.143	1.650	1.060399	82.574	0.832	0.118	0.316	0.414	42.48	42.48	Molto
														alto
9.70	181.550	93.290	98.594	0.265	1.601	1.042174	109.253	0.826	0.151	0.314	0.564	32.04	32.04	Molto
														alto
9.90	185.550	95.329	98.594	0.265	1.606	1.03097	108.303	0.821	0.149	0.311	0.560	32.79	32.79	Molto
														alto
10.10	189.550	97.367	98.594	0.265	1.610	1.02012	107.387	0.815	0.148	0.309	0.556	33.51	33.51	Molto
														alto

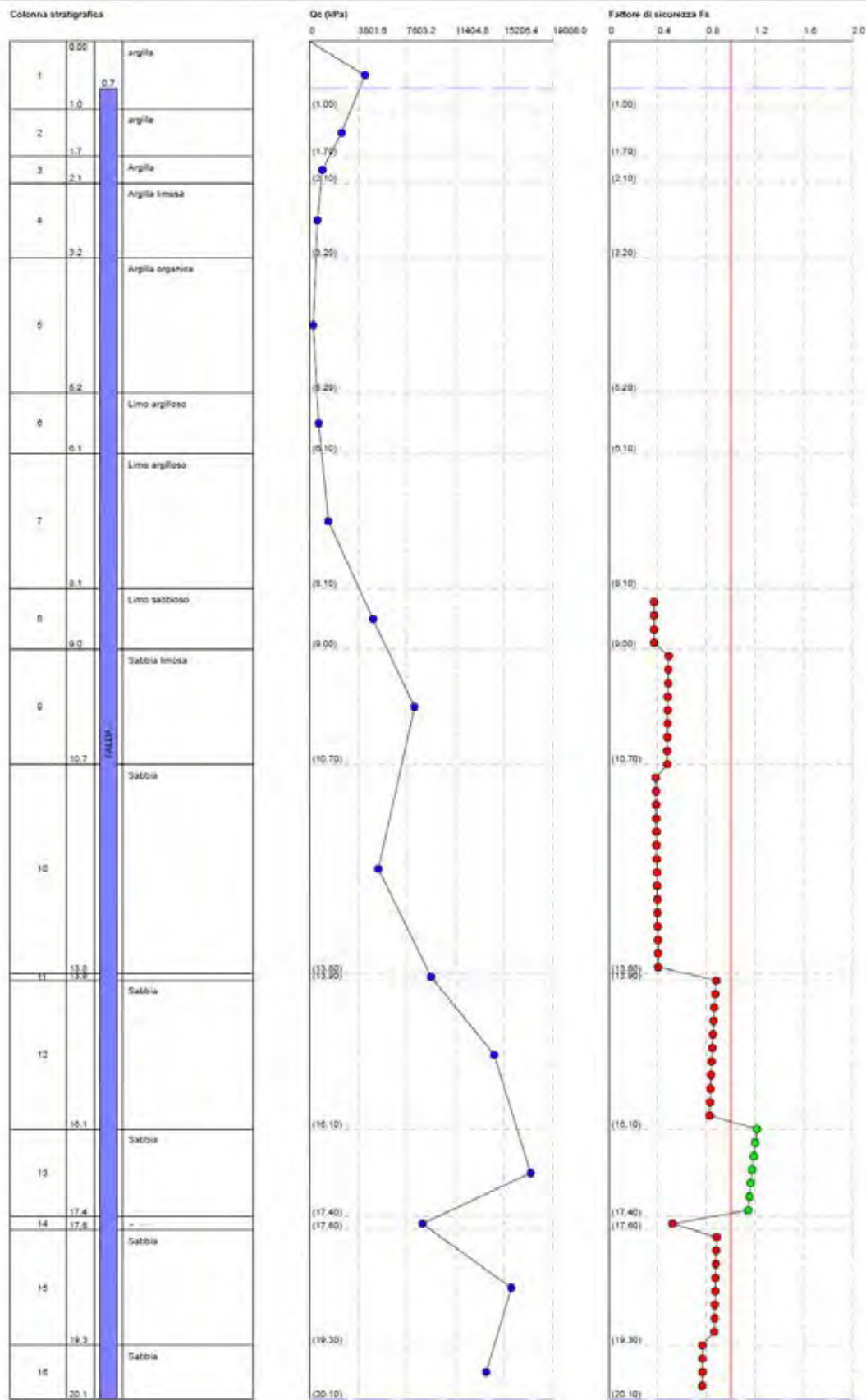
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

10.30	193.550	99.406	98.594	0.265	1.614	1.009606	106.502	0.810	0.146	0.307	0.553	34.20	Molto alto
10.50	197.550	101.445	98.594	0.266	1.619	0.9994076	105.647	0.804	0.145	0.305	0.550	34.86	Molto alto
10.70	201.550	103.484	82.309	0.307	1.722	0.9886264	92.633	0.799	0.128	0.303	0.475	41.19	Molto alto
10.90	205.550	105.522	82.309	0.307	1.727	0.9781258	91.955	0.793	0.128	0.301	0.474	41.72	Molto alto
11.10	209.550	107.561	82.309	0.307	1.731	0.9678524	91.293	0.788	0.127	0.299	0.473	42.23	Molto alto
11.30	213.550	109.600	82.309	0.308	1.736	0.9577988	90.649	0.782	0.126	0.297	0.473	42.72	Molto alto
11.50	217.550	111.638	82.309	0.308	1.740	0.9479395	90.019	0.777	0.126	0.295	0.473	43.19	Molto alto
11.70	221.550	113.677	92.968	0.326	1.704	0.9411472	98.133	0.771	0.135	0.293	0.520	39.72	Molto alto
11.90	225.550	115.716	92.968	0.326	1.708	0.9321176	97.458	0.766	0.134	0.291	0.519	40.18	Molto alto
12.10	229.550	117.754	92.968	0.326	1.712	0.9232221	96.794	0.760	0.133	0.289	0.519	40.62	Molto alto
12.30	233.550	119.793	92.968	0.327	1.716	0.914534	96.149	0.755	0.132	0.287	0.518	41.04	Molto alto
12.50	237.550	121.832	156.329	0.231	1.445	0.9119656	144.815	0.749	0.258	0.285	1.186	0.00	Molto basso
12.70	241.550	123.870	104.614	0.241	1.621	0.9023947	101.508	0.744	0.139	0.283	0.558	38.28	Molto alto
12.90	245.550	125.909	104.614	0.241	1.625	0.8945357	100.818	0.739	0.138	0.281	0.557	38.69	Molto alto
13.10	249.550	127.948	187.515	0.347	1.466	0.8899024	169.793	0.733	0.500	0.279	2.635	0.00	Molto basso
13.30	253.550	129.986	187.515	0.347	1.469	0.8828962	168.549	0.728	0.480	0.277	2.529	0.00	Molto basso
13.50	257.550	132.025	187.515	0.347	1.472	0.8760531	167.335	0.723	0.462	0.275	2.431	0.00	Molto basso
13.70	261.550	134.064	187.515	0.347	1.475	0.8693666	166.151	0.718	0.445	0.273	2.342	0.00	Molto basso
13.90	265.550	136.102	187.515	0.347	1.478	0.8628309	164.995	0.713	0.429	0.271	2.261	0.00	Molto basso
14.10	269.550	138.141	187.515	0.347	1.481	0.8564405	163.866	0.707	0.415	0.269	2.187	0.00	Molto basso
14.30	273.550	140.180	187.515	0.347	1.483	0.85019	162.763	0.702	0.402	0.267	2.118	0.00	Molto basso
14.50	277.550	142.218	187.515	0.347	1.486	0.8440743	161.685	0.697	0.389	0.265	2.055	0.00	Molto basso
14.70	281.550	144.257	187.515	0.347	1.489	0.8380888	160.632	0.692	0.378	0.263	1.997	0.00	Molto basso
14.90	285.550	146.296	187.515	0.347	1.492	0.8322288	159.602	0.687	0.367	0.262	1.943	0.00	Molto basso
15.10	289.550	148.334	185.542	0.249	1.430	0.82649	155.354	0.682	0.328	0.260	1.713	0.00	Molto basso
15.30	293.550	150.373	185.542	0.249	1.433	0.8208684	154.361	0.677	0.320	0.258	1.674	0.00	Molto basso
15.50	297.550	152.412	185.542	0.249	1.436	0.8153599	153.389	0.672	0.313	0.256	1.638	0.00	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

15.70	301.550	154.450	185.542	0.249	1.439	0.8099608	152.437	0.667	0.305	0.254	1.604	0.00	Molto basso
15.90	305.550	156.489	185.542	0.249	1.441	0.8046677	151.505	0.663	0.299	0.252	1.572	0.00	Molto basso
16.10	309.550	158.528	185.542	0.249	1.444	0.7994769	150.593	0.658	0.292	0.250	1.542	0.00	Molto basso
16.30	313.550	160.566	185.542	0.249	1.447	0.7943853	149.699	0.653	0.287	0.249	1.515	0.00	Molto basso
16.50	317.550	162.605	140.933	0.301	1.594	0.7893897	117.684	0.648	0.166	0.247	0.788	20.59	Molto alto
16.70	321.550	164.644	140.933	0.301	1.597	0.7844872	117.081	0.644	0.165	0.245	0.785	20.87	Molto alto
16.90	325.550	166.682	140.933	0.301	1.600	0.779675	116.491	0.639	0.164	0.243	0.784	21.13	Molto alto
17.10	329.550	168.721	140.933	0.301	1.602	0.7749503	115.913	0.635	0.163	0.242	0.782	21.36	Molto alto
17.30	333.550	170.760	140.933	0.301	1.605	0.7703103	115.347	0.630	0.162	0.240	0.780	21.57	Molto alto
17.50	337.550	172.798	171.527	0.311	1.536	0.7657529	135.967	0.626	0.218	0.238	1.133	0.00	Molto basso
17.70	341.550	174.837	171.527	0.311	1.538	0.7612752	135.269	0.621	0.215	0.237	1.123	0.00	Molto basso
17.90	345.550	176.876	171.527	0.311	1.540	0.7568753	134.584	0.617	0.213	0.235	1.114	0.00	Molto basso
18.10	349.550	178.914	171.527	0.311	1.543	0.7525508	133.911	0.612	0.210	0.233	1.106	0.00	Molto basso
18.30	353.550	180.953	171.527	0.311	1.545	0.7482995	133.251	0.608	0.208	0.232	1.098	0.00	Molto basso
18.50	357.550	182.992	171.527	0.311	1.547	0.7441195	132.603	0.604	0.206	0.230	1.091	0.00	Molto basso
18.70	361.550	185.030	171.527	0.311	1.550	0.7400088	131.967	0.600	0.204	0.229	1.084	0.00	Molto basso
18.90	365.550	187.069	171.527	0.311	1.552	0.7359655	131.342	0.596	0.202	0.227	1.077	0.00	Molto basso
19.10	369.550	189.108	171.527	0.312	1.554	0.7319877	130.728	0.592	0.200	0.225	1.071	0.00	Molto basso
19.30	373.550	191.146	171.527	0.312	1.556	0.7280737	130.125	0.588	0.198	0.224	1.066	0.00	Molto basso
19.50	377.550	193.185	171.527	0.312	1.558	0.7242219	129.533	0.584	0.196	0.222	1.060	0.00	Molto basso
19.70	381.550	195.224	171.527	0.312	1.561	0.7204305	128.950	0.580	0.194	0.221	1.055	0.00	Molto basso
19.90	385.550	197.262	106.489	0.231	1.724	0.6860734	84.028	0.576	0.120	0.219	0.586	41.41	Molto alto
IPL (Sonmez)=12.61 Zcrit=20 m Rischio=Alto													

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Per completezza e per avere un quadro omogeneo dell'intera area tecnologica si rivalutano le verifiche alla liquefazione con i metodi di Idriss e Boulanger (2008 e 2014) eseguite sulle verticali di prova delle CPTU realizzate nel settore ovest e ubicate come di seguito.



Fig.84. Ubicazione prove CPTU settore Ovest utilizzate per l'analisi rischio liquefazione

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROVA CPTU1 (2012)**DATI GENERALI****PROGETTO E LOCALIZZAZIONE**

Titolo lavoro: DISCARICA FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA Canaletto Quattrina

Data 03/10/2012

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 17 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	1	17	19	0	0	1134	82	100
2	Terreni organici	1	1.5	16	18	0	0	650	46	70
3	Terreni organici	1.5	4.1	15	17	0	0	390	21	50
4	Argilla	4.1	5.1	16	18	0	0	760	29	80
5	Argilla	5.1	7.3	17	19	0	0	1748	80	160
6	Limo sabbioso	7.3	8.1	17	19.5	0	0	4297	23	250
7	Sabbia limosa	8.1	8.9	18	20	0	0	8000	30	280
8	Sabbia	8.9	10	18	20	0	0	10470	34	300
9	Sabbia	10	10.48	18	20	0	0	11946	44	300
10	Sabbia	10.48	10.7	18	20	0	0	8240	35	280
11	Sabbia	10.7	11.2	18	20	0	0	14460	55	320
12	Sabbia	11.2	11.64	18	20	0	0	8670	29	280
13	Sabbia	11.64	12	18	20	0	0	13876	43	300

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione e (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.700	13.739										0	Molto basso
1.10	19.400	15.477										0	Molto basso
1.30	23.000	17.116										0	Molto basso
1.50	26.600	18.755										0	Molto basso
1.70	30.000	20.193										0	Molto basso
1.90	33.400	21.632										0	Molto basso
2.10	36.800	23.071										0	Molto basso
2.30	40.200	24.509										0	Molto basso
2.50	43.600	25.948										0	Molto basso
2.70	47.000	27.387										0	Molto basso
2.90	50.400	28.825										0	Molto basso
3.10	53.800	30.264										0	Molto basso
3.30	57.200	31.703										0	Molto basso
3.50	60.600	33.141										0	Molto basso
3.70	64.000	34.580										0	Molto basso
3.90	67.400	36.019										0	Molto basso
4.10	70.800	37.457										0	Molto basso
4.30	74.400	39.096										0	Molto basso
4.50	78.000	40.735										0	Molto basso
4.70	81.600	42.373										0	Molto basso
4.90	85.200	44.012										0	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

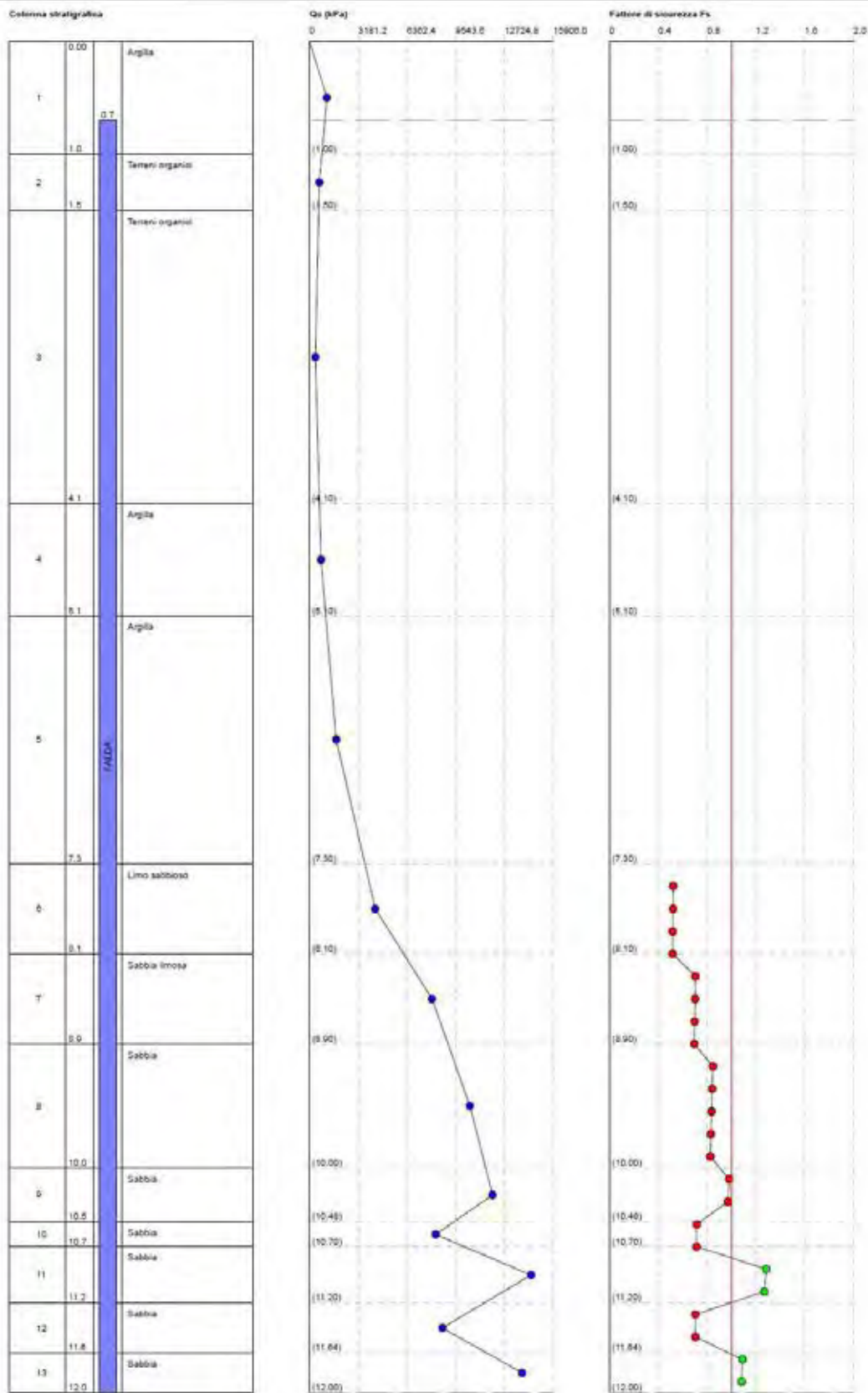
5.10	88.800	45.651												basso
													0	Molto basso
5.30	92.600	47.489	17.251	4.833	2.774	1.734683	0.000	0.944	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.50	96.400	49.328	17.251	4.844	2.784	1.691461	0.000	0.939	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.70	100.200	51.167	17.251	4.855	2.793	1.651741	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.90	104.000	53.005	17.251	4.866	2.801	1.613793	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.10	107.800	54.844	17.251	4.877	2.810	1.576568	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.30	111.600	56.683	17.251	4.889	2.819	1.541951	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.50	115.400	58.521	17.251	4.900	2.827	1.508775	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.70	119.200	60.360	17.251	4.912	2.836	1.476341	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.90	123.000	62.199	17.251	4.923	2.844	1.445878	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.10	126.800	64.037	17.251	4.935	2.852	1.416604	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.30	130.600	65.876	17.251	4.946	2.860	1.388061	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.50	134.500	67.815	42.408	0.553	1.995	1.283778	88.052	0.887	0.124	0.343	0.523	29.04		Molto alto
7.70	138.400	69.753	42.408	0.553	2.002	1.263041	87.299	0.881	0.123	0.341	0.521	29.77		Molto alto
7.90	142.300	71.692	42.408	0.554	2.009	1.242962	86.567	0.876	0.122	0.339	0.519	30.48		Molto alto
8.10	146.200	73.631	42.408	0.554	2.015	1.223279	85.846	0.870	0.121	0.337	0.517	31.17		Molto alto
8.30	150.200	75.669	78.954	0.382	1.715	1.162821	111.714	0.865	0.163	0.335	0.705	19.43		Molto alto
8.50	154.200	77.708	78.954	0.382	1.720	1.147869	110.868	0.859	0.161	0.333	0.702	19.98		Molto alto
8.70	158.200	79.747	78.954	0.383	1.725	1.133173	110.037	0.854	0.160	0.330	0.699	20.51		Molto alto
8.90	162.200	81.785	78.954	0.383	1.730	1.119027	109.239	0.848	0.158	0.328	0.696	21.02		Molto alto
9.10	166.200	83.824	103.331	0.330	1.602	1.099446	125.376	0.843	0.192	0.326	0.848	10.67		Alto
9.30	170.200	85.863	103.331	0.330	1.607	1.086315	124.347	0.837	0.189	0.324	0.842	11.26		Alto
9.50	174.200	87.901	103.331	0.330	1.612	1.073644	123.360	0.832	0.187	0.321	0.837	11.81		Alto
9.70	178.200	89.940	103.331	0.330	1.616	1.061406	122.411	0.826	0.185	0.319	0.832	12.34		Alto
9.90	182.200	91.979	103.331	0.330	1.621	1.049577	121.499	0.821	0.183	0.317	0.828	12.83		Alto
10.10	186.200	94.018	117.898	0.374	1.600	1.038135	134.470	0.815	0.215	0.315	0.981	1.44		Basso
10.30	190.200	96.056	117.898	0.374	1.604	1.02706	133.458	0.810	0.212	0.313	0.973	2.04		Basso
10.50	194.200	98.095	81.322	0.435	1.783	1.017619	107.428	0.804	0.155	0.310	0.715	22.05		Molto alto
10.70	198.200	100.134	81.322	0.435	1.787	1.006425	106.761	0.799	0.154	0.308	0.714	22.40		Molto alto
10.90	202.200	102.172	142.709	0.386	1.550	0.9958455	150.981	0.793	0.276	0.306	1.287	0.00		Molto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

11.10	206.200	104.211	142.709	0.386	1.554	0.9860565	149.834	0.788	0.271	0.304	1.270	0.00	Molto basso
11.30	210.200	106.250	85.566	0.343	1.733	0.9748167	103.908	0.782	0.149	0.302	0.705	23.96	Molto basso
11.50	214.200	108.288	85.566	0.343	1.737	0.9647711	103.312	0.777	0.148	0.300	0.704	24.23	Molto alto
11.70	218.200	110.327	136.946	0.315	1.537	0.9583357	138.744	0.771	0.228	0.297	1.091	0.00	Molto alto
11.90	222.200	112.366	136.946	0.315	1.541	0.9496022	137.769	0.766	0.225	0.295	1.083	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=5.67 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.27

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR)	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicure zza Fs	Indice di liquef azion e	Rischio
0.90	15.700	13.739											0 Molto basso
1.10	19.400	15.477											0 Molto basso
1.30	23.000	17.116											0 Molto basso
1.50	26.600	18.755											0 Molto basso
1.70	30.000	20.193											0 Molto basso
1.90	33.400	21.632											0 Molto basso
2.10	36.800	23.071											0 Molto basso
2.30	40.200	24.509											0 Molto basso
2.50	43.600	25.948											0 Molto basso
2.70	47.000	27.387											0 Molto basso
2.90	50.400	28.825											0 Molto basso
3.10	53.800	30.264											0 Molto basso
3.30	57.200	31.703											0 Molto basso
3.50	60.600	33.141											0 Molto basso
3.70	64.000	34.580											0 Molto basso
3.90	67.400	36.019											0 Molto basso
4.10	70.800	37.457											0 Molto basso
4.30	74.400	39.096											0 Molto basso
4.50	78.000	40.735											0 Molto basso
4.70	81.600	42.373											0 Molto basso
4.90	85.200	44.012											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

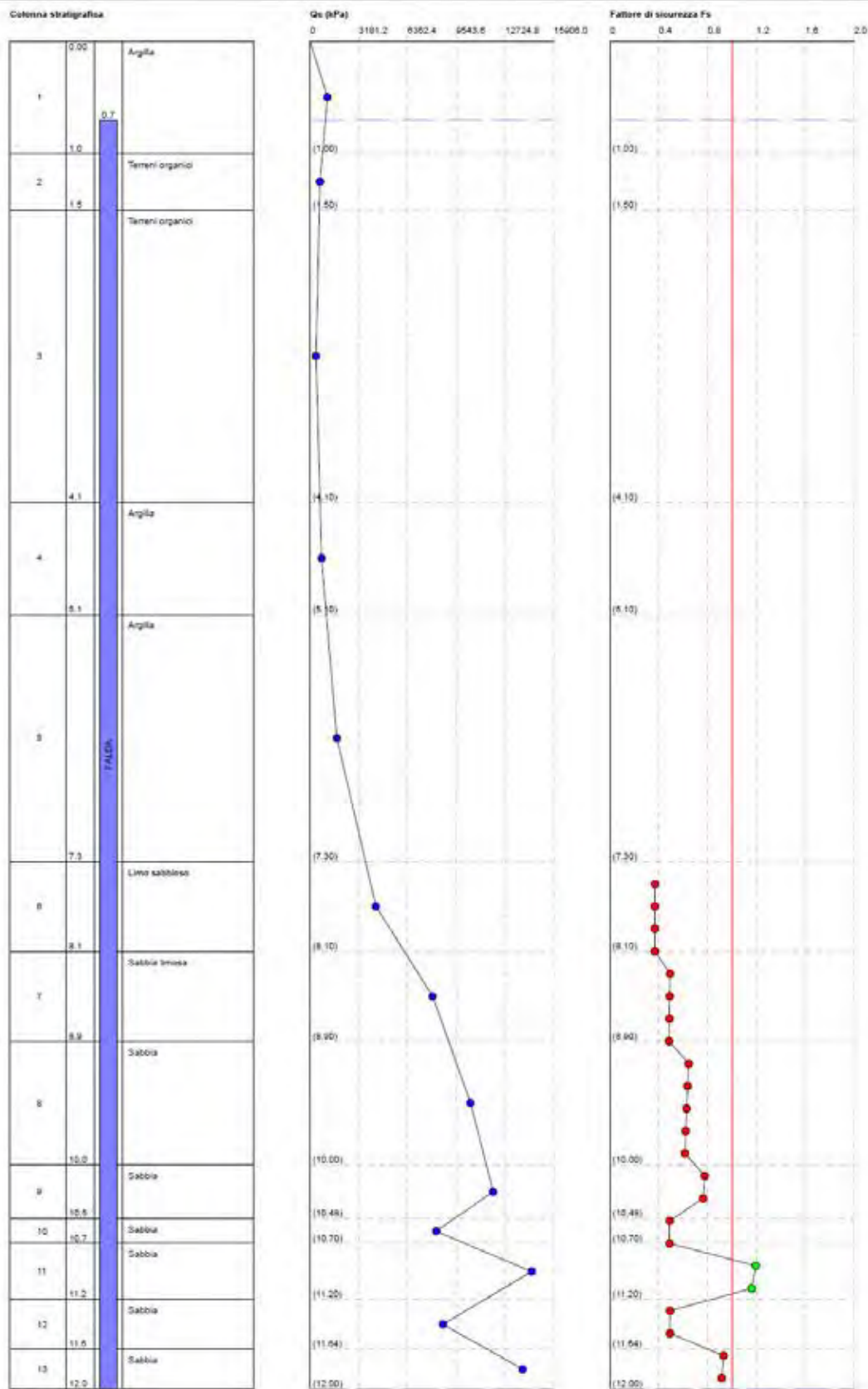
5.10	88.800	45.651												basso
													0	Molto basso
5.30	92.600	47.489	17.251	4.833	2.774	1.734683	0.000	0.944	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.50	96.400	49.328	17.251	4.844	2.784	1.691461	0.000	0.939	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.70	100.200	51.167	17.251	4.855	2.793	1.651741	0.000	0.934	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
5.90	104.000	53.005	17.251	4.866	2.801	1.613793	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.10	107.800	54.844	17.251	4.877	2.810	1.576568	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.30	111.600	56.683	17.251	4.889	2.819	1.541951	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.50	115.400	58.521	17.251	4.900	2.827	1.508775	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.70	119.200	60.360	17.251	4.912	2.836	1.476341	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
6.90	123.000	62.199	17.251	4.923	2.844	1.445878	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.10	126.800	64.037	17.251	4.935	2.852	1.416604	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.30	130.600	65.876	17.251	4.946	2.860	1.388061	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.00		Molto basso
7.50	134.500	67.815	42.408	0.553	1.995	1.283778	78.324	0.887	0.114	0.343	0.369	38.46		Molto alto
7.70	138.400	69.753	42.408	0.553	2.002	1.263041	77.707	0.881	0.114	0.341	0.368	39.27		Molto alto
7.90	142.300	71.692	42.408	0.554	2.009	1.242962	77.114	0.876	0.113	0.339	0.368	40.05		Molto alto
8.10	146.200	73.631	42.408	0.554	2.015	1.223279	76.534	0.870	0.113	0.337	0.368	40.82		Molto alto
8.30	150.200	75.669	78.954	0.382	1.715	1.162821	103.145	0.865	0.142	0.335	0.492	33.41		Molto alto
8.50	154.200	77.708	78.954	0.382	1.720	1.147869	102.182	0.859	0.140	0.333	0.489	34.21		Molto alto
8.70	158.200	79.747	78.954	0.383	1.725	1.133173	101.239	0.854	0.139	0.330	0.486	34.99		Molto alto
8.90	162.200	81.785	78.954	0.383	1.730	1.119027	100.336	0.848	0.138	0.328	0.483	35.74		Molto alto
9.10	166.200	83.824	103.331	0.330	1.602	1.099446	120.396	0.843	0.172	0.326	0.645	24.97		Molto alto
9.30	170.200	85.863	103.331	0.330	1.607	1.086315	119.209	0.837	0.169	0.324	0.636	25.98		Molto alto
9.50	174.200	87.901	103.331	0.330	1.612	1.073644	118.068	0.832	0.167	0.321	0.628	26.94		Molto alto
9.70	178.200	89.940	103.331	0.330	1.616	1.061406	116.969	0.826	0.165	0.319	0.621	27.86		Molto alto
9.90	182.200	91.979	103.331	0.330	1.621	1.049577	115.911	0.821	0.163	0.317	0.614	28.72		Molto alto
10.10	186.200	94.018	117.898	0.374	1.600	1.038135	129.289	0.815	0.195	0.315	0.777	16.86		Molto alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

10.30	190.200	96.056	117.898	0.374	1.604	1.02706	128.133	0.810	0.192	0.313	0.764	18.03	Molto alto
10.50	194.200	98.095	81.322	0.435	1.783	1.017619	97.247	0.804	0.134	0.310	0.489	39.57	Molto alto
10.70	198.200	100.134	81.322	0.435	1.787	1.006425	96.530	0.799	0.133	0.308	0.488	40.12	Molto alto
10.90	202.200	102.172	142.709	0.386	1.550	0.9958455	147.414	0.793	0.272	0.306	1.195	0.00	Molto basso
11.10	206.200	104.211	142.709	0.386	1.554	0.9860565	146.138	0.788	0.265	0.304	1.162	0.00	Molto basso
11.30	210.200	106.250	85.566	0.343	1.733	0.9748167	95.289	0.782	0.131	0.302	0.491	41.30	Molto alto
11.50	214.200	108.288	85.566	0.343	1.737	0.9647711	94.609	0.777	0.131	0.300	0.490	41.79	Molto alto
11.70	218.200	110.327	136.946	0.315	1.537	0.9583357	135.904	0.771	0.218	0.297	0.931	5.70	Alto
11.90	222.200	112.366	136.946	0.315	1.541	0.9496022	134.816	0.766	0.214	0.295	0.916	7.06	Alto

IPL (Sonmez)=9.78 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROVA CPTU2 (2012)

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: DISCARICA FINALE EMILIA

Cliente: FERONIA SRL

Indirizzo, Coordinate: VIA Canaletto Quattrina

Data 03/10/2012

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 0.7 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.174

Fattore amplificazione 2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.76

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 17 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	0.8	17	19	0	0	1310	87	110
2	Terreni organici	0.8	1.8	16	18	0	0	728	43	70
3	Terreni organici	1.8	4.6	15	17	0	0	460	19	50
4	Argilla	4.6	5.8	16	18	0	0	1114	25	100
5	Argilla	5.8	7.9	17	19	0	0	1357	38	160
6	Limo sabbioso	7.9	8.1	17	19.5	0	0	3058	24	190
7	Limo sabbioso	8.1	8.5	17	19.5	0	0	6400	21	220
8	Sabbia	8.5	9.4	18	20	0	0	8440	19.5	260
9	Sabbia	9.4	9.9	17	19.5	0	0	6000	13	200
10	Sabbia	9.9	10.2	18	20	0	0	9290	26	280
11	Limo argilloso	10.2	10.5	17	19	0	0	5370	28	200
12	Sabbia	10.5	10.6	18	20	0	0	7698	35	220
13	Sabbia	10.6	11.5	18	20	0	0	10000	32	300
14	Sabbia	11.5	12	18	20	0	0	11250	39	320

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR)	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquef azion e	Rischio
0.90	15.600	13.639											0 Molto basso
1.10	19.200	15.277											0 Molto basso
1.30	22.800	16.916											0 Molto basso
1.50	26.400	18.555											0 Molto basso
1.70	30.000	20.193											0 Molto basso
1.90	33.500	21.732											0 Molto basso
2.10	36.900	23.171											0 Molto basso
2.30	40.300	24.609											0 Molto basso
2.50	43.700	26.048											0 Molto basso
2.70	47.100	27.487											0 Molto basso
2.90	50.500	28.925											0 Molto basso
3.10	53.900	30.364											0 Molto basso
3.30	57.300	31.803											0 Molto basso
3.50	60.700	33.241											0 Molto basso
3.70	64.100	34.680											0 Molto basso
3.90	67.500	36.119											0 Molto basso
4.10	70.900	37.557											0 Molto basso
4.30	74.300	38.996											0 Molto basso
4.50	77.700	40.435											0 Molto basso
4.70	81.200	41.973											0 Molto basso
4.90	84.800	43.612											0 Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

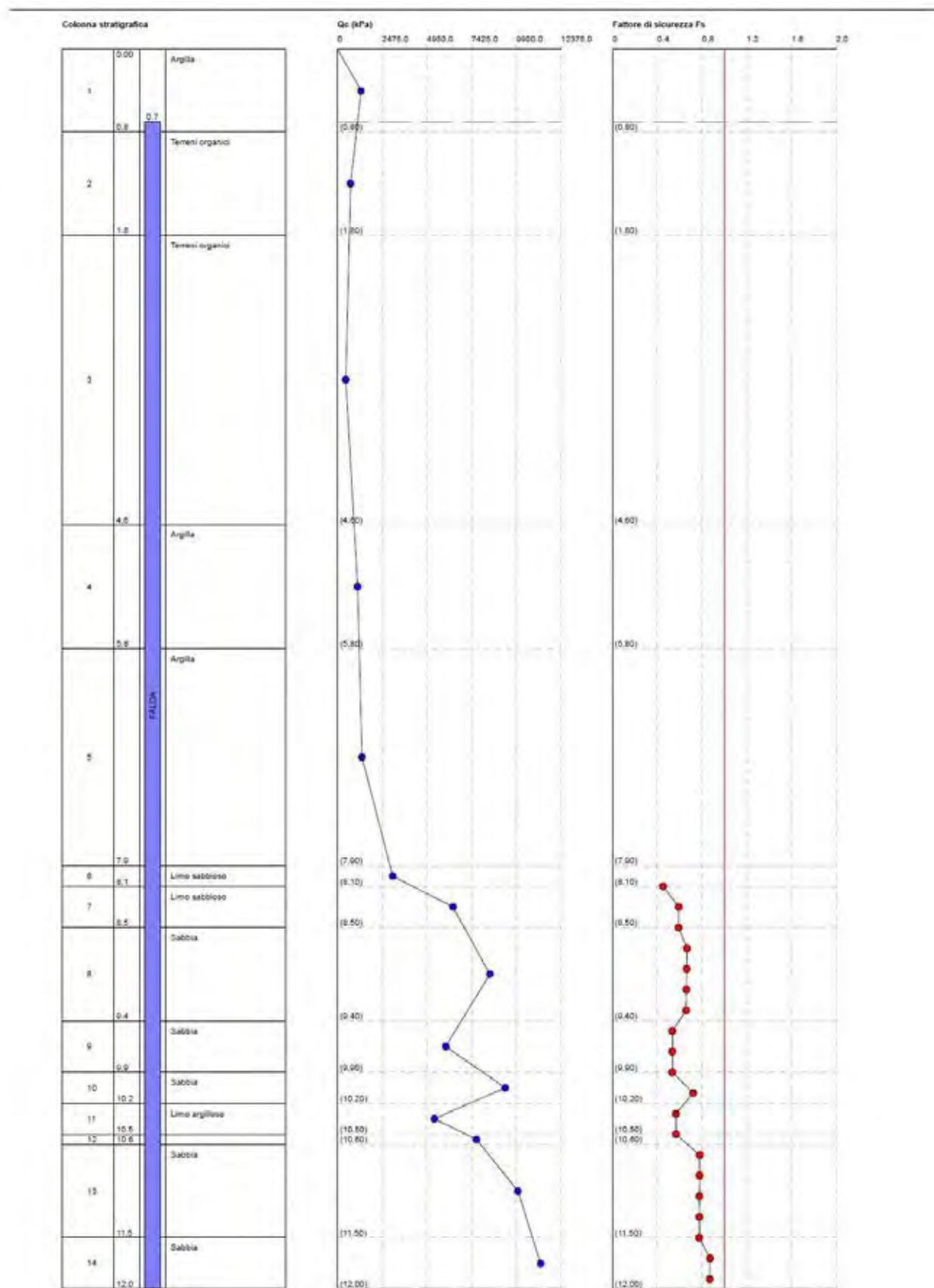
5.10	88.400	45.251												basso
														0 Molto
5.30	92.000	46.889												basso
														0 Molto
5.50	95.600	48.528												basso
														0 Molto
5.70	99.200	50.167												basso
														0 Molto
5.90	102.900	51.905	13.393	3.030	2.744	1.674964	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.10	106.700	53.744	13.393	3.039	2.755	1.634795	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.30	110.500	55.583	13.393	3.049	2.765	1.596438	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.50	114.300	57.421	13.393	3.058	2.775	1.559038	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.70	118.100	59.260	13.393	3.067	2.784	1.52406	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.90	121.900	61.099	13.393	3.077	2.794	1.490557	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.10	125.700	62.937	13.393	3.086	2.803	1.45796	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.30	129.500	64.776	13.393	3.096	2.812	1.427208	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.50	133.300	66.615	13.393	3.105	2.821	1.397672	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.70	137.100	68.453	13.393	3.115	2.831	1.368983	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.90	140.900	70.292	13.393	3.125	2.839	1.341719	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
8.10	144.800	72.231	30.180	0.824	2.223	1.261758	75.491	0.870	0.107	0.340	0.452	35.41	0.000	basso
														0 Molto
8.30	148.700	74.169	63.163	0.336	1.769	1.190518	97.660	0.865	0.139	0.338	0.593	26.76	0.000	alto
														0 Molto
8.50	152.600	76.108	63.163	0.336	1.775	1.17427	96.953	0.859	0.138	0.336	0.591	27.35	0.000	alto
														0 Molto
8.70	156.600	78.147	83.296	0.235	1.613	1.141417	106.580	0.854	0.154	0.334	0.666	22.76	0.000	alto
														0 Molto
8.90	160.600	80.185	83.296	0.236	1.618	1.127167	105.737	0.848	0.152	0.331	0.663	23.31	0.000	alto
														0 Molto
9.10	164.600	82.224	83.296	0.236	1.623	1.113443	104.931	0.843	0.151	0.329	0.661	23.84	0.000	alto
														0 Molto
9.30	168.600	84.263	83.296	0.236	1.628	1.100063	104.150	0.837	0.149	0.327	0.659	24.34	0.000	alto
														0 Molto
9.50	172.550	86.252	59.215	0.223	1.763	1.09935	85.714	0.832	0.121	0.324	0.534	33.74	0.000	alto
														0 Molto
9.70	176.450	88.190	59.215	0.223	1.769	1.085422	85.200	0.826	0.120	0.322	0.534	34.24	0.000	alto
														0 Molto
9.90	180.350	90.129	59.215	0.223	1.774	1.071899	84.701	0.821	0.119	0.320	0.534	34.72	0.000	alto
														0 Molto
10.10	184.350	92.168	91.685	0.286	1.641	1.049163	110.093	0.815	0.160	0.318	0.722	20.98	0.000	alto
														0 Molto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

10.30	188.250	94.106	52.998	0.540	1.985	1.046822	88.802	0.810	0.125	0.316	0.567	33.08	Molto alto
10.50	192.050	95.945	52.998	0.541	1.990	1.034478	88.249	0.804	0.124	0.314	0.567	33.54	Molto alto
10.70	196.050	97.984	98.692	0.326	1.649	1.016908	115.284	0.799	0.170	0.312	0.780	17.22	Molto alto
10.90	200.050	100.022	98.692	0.327	1.653	1.006492	114.543	0.793	0.168	0.309	0.779	17.56	Molto alto
11.10	204.050	102.061	98.692	0.327	1.658	0.996375	113.827	0.788	0.167	0.307	0.777	17.88	Molto alto
11.30	208.050	104.100	98.692	0.327	1.662	0.9864743	113.128	0.782	0.166	0.305	0.776	18.18	Molto alto
11.50	212.050	106.138	98.692	0.327	1.666	0.976778	112.445	0.777	0.164	0.303	0.775	18.46	Molto alto
11.70	216.050	108.177	111.029	0.353	1.639	0.9678122	121.982	0.771	0.184	0.300	0.872	10.61	Alto
11.90	220.050	110.216	111.029	0.354	1.642	0.9588196	121.245	0.766	0.182	0.298	0.870	10.88	Alto

IPL (Sonmez)=6.83 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Metodo di Idriss & Boulanger (2014)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.19

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzato o F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
0.90	15.600	13.639										0	Molto basso
1.10	19.200	15.277										0	Molto basso
1.30	22.800	16.916										0	Molto basso
1.50	26.400	18.555										0	Molto basso
1.70	30.000	20.193										0	Molto basso
1.90	33.500	21.732										0	Molto basso
2.10	36.900	23.171										0	Molto basso
2.30	40.300	24.609										0	Molto basso
2.50	43.700	26.048										0	Molto basso
2.70	47.100	27.487										0	Molto basso
2.90	50.500	28.925										0	Molto basso
3.10	53.900	30.364										0	Molto basso
3.30	57.300	31.803										0	Molto basso
3.50	60.700	33.241										0	Molto basso
3.70	64.100	34.680										0	Molto basso
3.90	67.500	36.119										0	Molto basso
4.10	70.900	37.557										0	Molto basso
4.30	74.300	38.996										0	Molto basso
4.50	77.700	40.435										0	Molto basso
4.70	81.200	41.973										0	Molto basso
4.90	84.800	43.612										0	Molto basso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

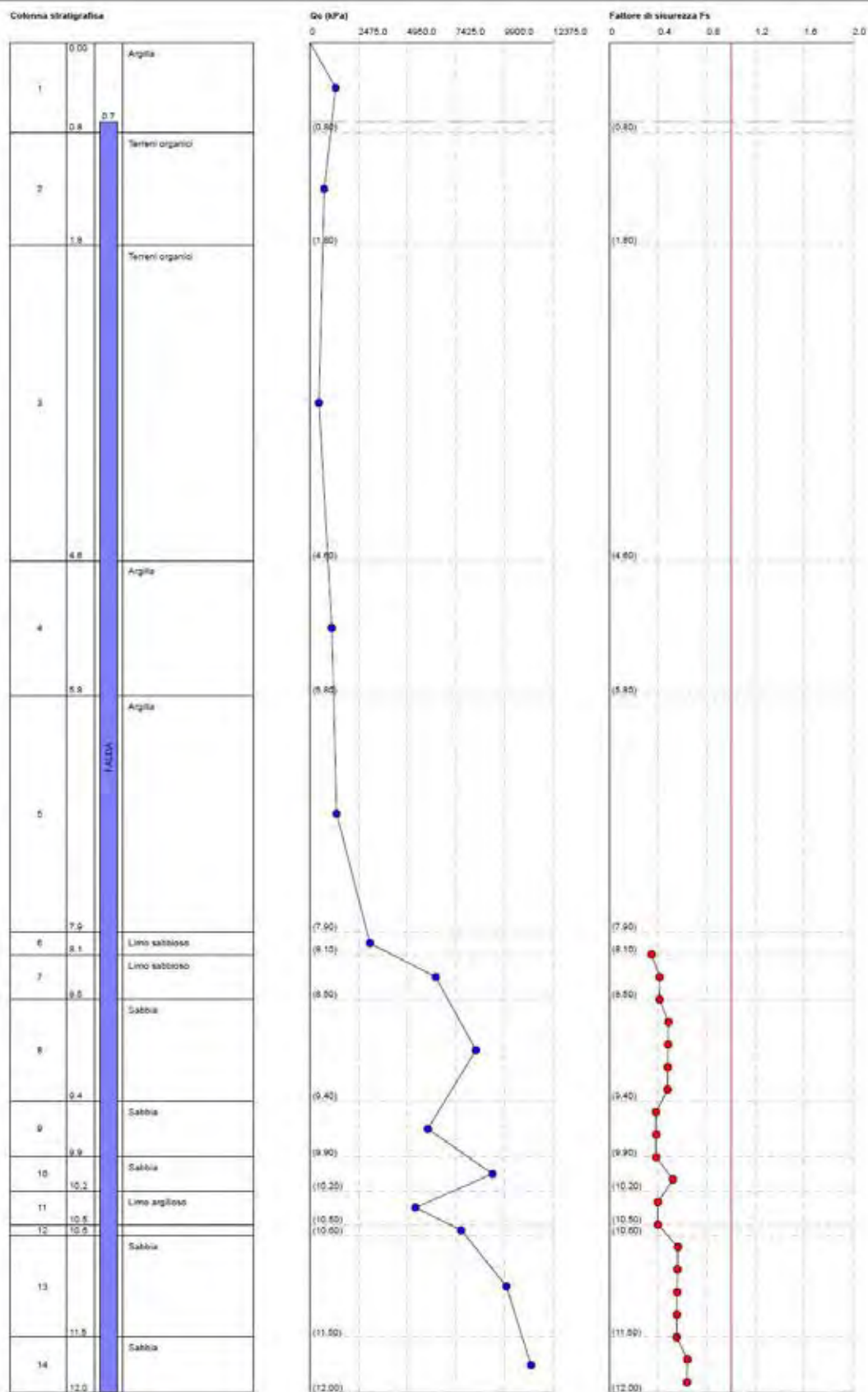
5.10	88.400	45.251												basso
														0 Molto
5.30	92.000	46.889												basso
														0 Molto
5.50	95.600	48.528												basso
														0 Molto
5.70	99.200	50.167												basso
														0 Molto
5.90	102.900	51.905	13.393	3.030	2.744	1.674964	0.000	0.929	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.10	106.700	53.744	13.393	3.039	2.755	1.634795	0.000	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.30	110.500	55.583	13.393	3.049	2.765	1.596438	0.000	0.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.50	114.300	57.421	13.393	3.058	2.775	1.559038	0.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.70	118.100	59.260	13.393	3.067	2.784	1.52406	0.000	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
6.90	121.900	61.099	13.393	3.077	2.794	1.490557	0.000	0.903	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.10	125.700	62.937	13.393	3.086	2.803	1.45796	0.000	0.897	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.30	129.500	64.776	13.393	3.096	2.812	1.427208	0.000	0.892	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.50	133.300	66.615	13.393	3.105	2.821	1.397672	0.000	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.70	137.100	68.453	13.393	3.115	2.831	1.368983	0.000	0.881	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
7.90	140.900	70.292	13.393	3.125	2.839	1.341719	0.000	0.876	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	basso
														0 Molto
8.10	144.800	72.231	30.180	0.824	2.223	1.261758	70.860	0.870	0.108	0.340	0.346	42.23	42.23	Molto
														alto
8.30	148.700	74.169	63.163	0.336	1.769	1.190518	88.541	0.865	0.124	0.338	0.413	38.62	38.62	Molto
														alto
8.50	152.600	76.108	63.163	0.336	1.775	1.17427	87.759	0.859	0.123	0.336	0.412	39.38	39.38	Molto
														alto
8.70	156.600	78.147	83.296	0.235	1.613	1.141417	101.848	0.854	0.140	0.334	0.485	35.04	35.04	Molto
														alto
8.90	160.600	80.185	83.296	0.236	1.618	1.127167	100.847	0.848	0.138	0.331	0.482	35.82	35.82	Molto
														alto
9.10	164.600	82.224	83.296	0.236	1.623	1.113443	99.887	0.843	0.137	0.329	0.480	36.58	36.58	Molto
														alto
9.30	168.600	84.263	83.296	0.236	1.628	1.100063	98.955	0.837	0.136	0.327	0.477	37.32	37.32	Molto
														alto
9.50	172.550	86.252	59.215	0.223	1.763	1.09935	77.611	0.832	0.114	0.324	0.384	44.59	44.59	Molto
														alto
9.70	176.450	88.190	59.215	0.223	1.769	1.085422	77.020	0.826	0.113	0.322	0.385	45.22	45.22	Molto
														alto
9.90	180.350	90.129	59.215	0.223	1.774	1.071899	76.451	0.821	0.113	0.320	0.385	45.83	45.83	Molto
														alto
10.10	184.350	92.168	91.685	0.286	1.641	1.049163	104.193	0.815	0.143	0.318	0.521	36.19	36.19	Molto
														alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

10.30	188.250	94.106	52.998	0.540	1.985	1.046822	78.919	0.810	0.115	0.316	0.399	46.00	Molto alto
10.50	192.050	95.945	52.998	0.541	1.990	1.034478	78.460	0.804	0.114	0.314	0.399	46.54	Molto alto
10.70	196.050	97.984	98.692	0.326	1.649	1.016908	108.851	0.799	0.150	0.312	0.563	34.24	Molto alto
10.90	200.050	100.022	98.692	0.327	1.653	1.006492	107.984	0.793	0.149	0.309	0.560	34.88	Molto alto
11.10	204.050	102.061	98.692	0.327	1.658	0.996375	107.145	0.788	0.147	0.307	0.557	35.49	Molto alto
11.30	208.050	104.100	98.692	0.327	1.662	0.9864743	106.327	0.782	0.146	0.305	0.555	36.07	Molto alto
11.50	212.050	106.138	98.692	0.327	1.666	0.976778	105.529	0.777	0.145	0.303	0.553	36.63	Molto alto
11.70	216.050	108.177	111.029	0.353	1.639	0.9678122	115.671	0.771	0.162	0.300	0.641	29.71	Molto alto
11.90	220.050	110.216	111.029	0.354	1.642	0.9588196	114.815	0.766	0.161	0.298	0.637	30.34	Molto alto

IPL (Sonmez)=10.51 Zcrit=20 m Rischio=Alto

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Si riporta di seguito una tabella riassuntiva

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2014)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2008)	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORE (m)	PROFONDITA' (m)
CPTU1	12.25	5.45	ALTO	1.80 6.80	6.90 – 8.70 9.50÷16.30
CPTU2	12.17	5.21	ALTO	1.60 3.80	5.90 – 7.50 9.50÷13.30
CPTU5	15.68	10.38	ALTO	7.70	8.30÷ 16.00
CPTU6	12.61	8.17	ALTO	4.80	8.10 – 12.90
CPTU1(2012)	9.78	5.67	ALTO	3.20	7.50 – 10.70
CPTU2(2012)	10.51	6.83	ALTO	4.80	8.10 – 12.90

Tab.18: Risultati analisi rischio liquefazione da prove CPTU eseguite sia sul lato sud che ovest dell'impianto con i metodi Idriss e Boulanger (2008-2014)

Si riportano inoltre le analisi granulometriche eseguite su campioni di sabbia prelevati alle quote dove si evidenziano probabili fenomeni di liquefazione.

In corrispondenza del sondaggio S1 sono stati prelevati n. 2 campioni di sabbia:

il campione S1C5 alla quota compresa fra – 7.70 e – 8.70 m;

il campione S1C6 alla quota compresa fra -9.00 e – 10.00 m.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica per definire la percentuale di fine presente da confrontare con le fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.

Dall'analisi granulometrica, risulta una percentuale di LIMO pari a 58.8 e di frazione fine FC = 72.78 per il campione S1C5 e pari a 19.1 % e di frazione fine FC = 28.62 per il campione S1C6. Si evidenzia che per il DM 14.01.2008 e EUROCODICE 8 uno dei criteri per l'esclusione della verifica a liquefazione è:

“sabbia con contenuto in limo superiore al 35% e un valore di q_c normalizzata > 120”.

Mentre per la DGR 2153 uno dei criteri per l'esclusione della verifica a liquefazione è:

“sabbia con contenuto in frazione fine superiore al 35% (intendendo come frazione fine quella passante al setaccio 200 ASTM - $\phi = 0.074$ mm e un valore di q_c normalizzata > 95”.

Si può quindi evidenziare che, specialmente per il campione più superficiale (prelevato a – 7.70 metri di profondità), si tratta di sabbie non pulite ma con una frazione limosa importante che dà coesione al sedimento e difficilmente dà origine a fenomeni di liquefazione. Il profilo granulometrico del campione S1C5 ricade quasi completamente all'esterno della fascia granulometrica che indica terreni potenzialmente a elevato rischio liquefazione.

Il campione S1C6 ricade in parte all'interno e buona parte all'esterno delle fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente a elevato rischio liquefazione e fuoriesce per la percentuale di fine.

Di seguito in figura 85 e 86, si riportano i diagrammi di confronto con le fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

7.11.3.4.2 DM 2008.



C.G.G. s.r.l.

certificato di prova n° 223 del 13/01/2016
pag. 1 di 3

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091



COMMITTENTE: GEOPROGETTI srl
LOCALITÀ: Finale Emilia (MO)
CANTIERE: Discarica rifiuti non pericolosi
Data di accettazione: 24/11/2015

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C5
PROFONDITÀ (m): 7,70-8,70
DATA DI PRELIEVO: 16/11/2015

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 01-02/12/2015

massa terreno setacciato (g): 373,11

Ø / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
38,1	0,00	373,11	100,00
25,4	0,00	373,11	100,00
19,05	0,00	373,11	100,00
12,7	0,00	373,11	100,00
9,5	0,00	373,11	100,00
4,75	0,00	373,11	100,00
2	2,83	370,28	99,24
1	4,43	368,68	98,81
0,425	5,93	367,18	98,41
0,25	15,88	357,23	95,74
0,125	67,96	305,15	81,79
0,075	101,56	271,55	72,78

commessa: 190/15
sette: 04
id. campione: S1C5

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n° 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



C.G.G. s.r.l.

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

certificato di prova n° 223 del 13/01/2016
pag. 2 di 3

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 01-02/12/2015
temperatura di prova (°C): 20,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 55,58

tempo (s)	Ø equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	32	70,07
60	0,047	28	59,72
120	0,034	25	51,96
300	0,022	20	39,03
600	0,016	17	31,26
1200	0,011	15	26,09
2400	0,008	13	20,92
4800	0,006	12	18,33
14400	0,003	10	13,15
86400	0,001	8	7,98

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_1 = 0,6$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,8
% sabbia	30,4
% limo	58,8
% argilla	10,1

commessa:
190/15

settore:
04

id. campione:
S1C5

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n° 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

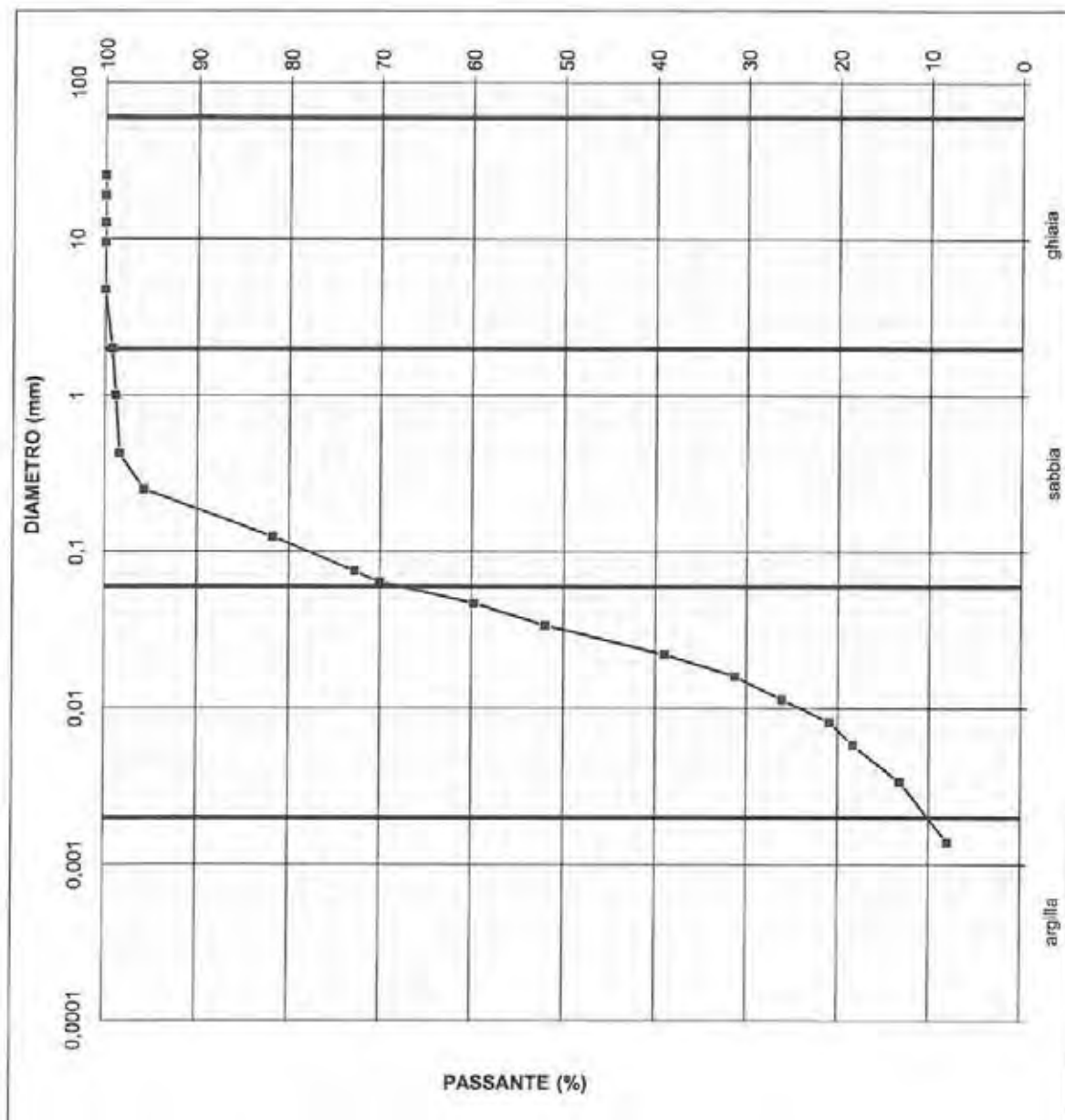
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



C.G.G. s.r.l.

certificato di prova n° 223 del 13/01/2016
pag. 3 di 3

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091



commessa:
190/15

settore:
04

id. campione:
S1C5

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

Il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n° 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

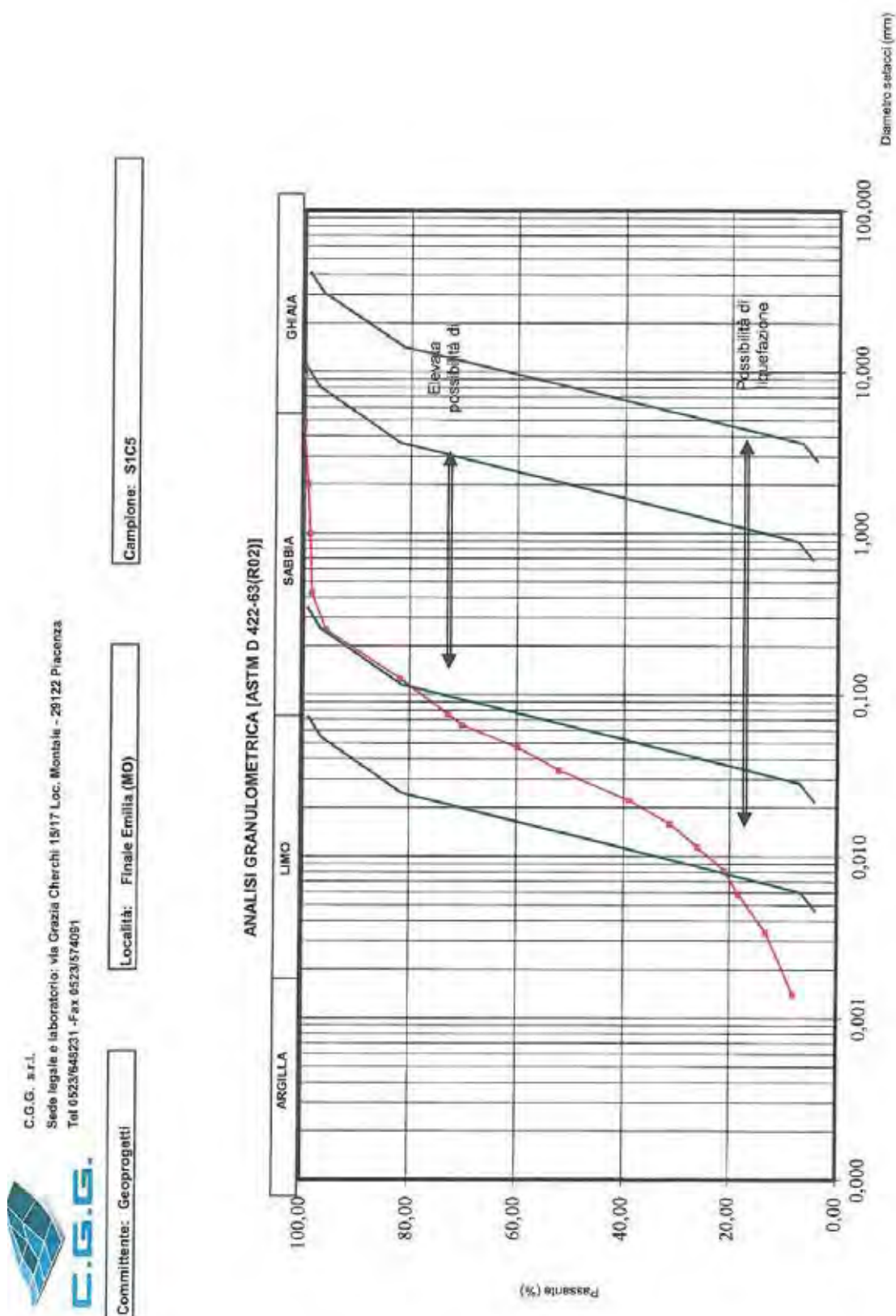


Fig.85. : Analisi granulometrica campione S1C5 (quota prelievo - 7.70 ÷ - 8.70 m) e confronto con fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



C.G.G. s.r.l.

certificato di prova n° 224 del 13/01/2016
pag. 1 di 3

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091



COMMITTENTE: GEOPROGETTI srl

LOCALITÀ: Finale Emilia (MO)

CANTIERE: Discarica rifiuti non pericolosi

Data di accettazione: 24/11/2015

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C6

PROFONDITÀ (m):

DATA DI PRELIEVO: 16/11/2015

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 01-02/12/2015

massa terreno setacciato (g): 374,71

Ø / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
38,1	0,00	374,71	100,00
25,4	0,00	374,71	100,00
19,05	0,00	374,71	100,00
12,7	0,00	374,71	100,00
9,5	0,00	374,71	100,00
4,75	0,00	374,71	100,00
2	0,00	374,71	100,00
1	0,09	374,62	99,98
0,425	1,49	373,22	99,60
0,25	88,50	286,21	76,38
0,125	216,29	158,42	42,28
0,075	267,46	107,25	28,62

commessa:
190/15

settore:
04

id. campione:
S1C6

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n° 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



C.G.G. s.r.l.

certificato di prova n° 224 del 13/01/2016
pag. 2 di 3

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/674091

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 01-02/12/2015
temperatura di prova (°C): 20,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 49,61

tempo (s)	ϕ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,064	32	24,52
60	0,047	28	20,90
120	0,034	25	18,18
300	0,022	20	13,65
600	0,016	17	10,94
1200	0,011	15	9,13
2400	0,008	13	7,32
4800	0,006	12	6,41
14400	0,003	10	4,60
86400	0,001	8	2,79

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 0,6$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,0
% sabbia	77,3
% limo	19,1
% argilla	3,5

commessa:
190/15

settore:
04

id. campione:
S1C6

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con D.M. n° 52490 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

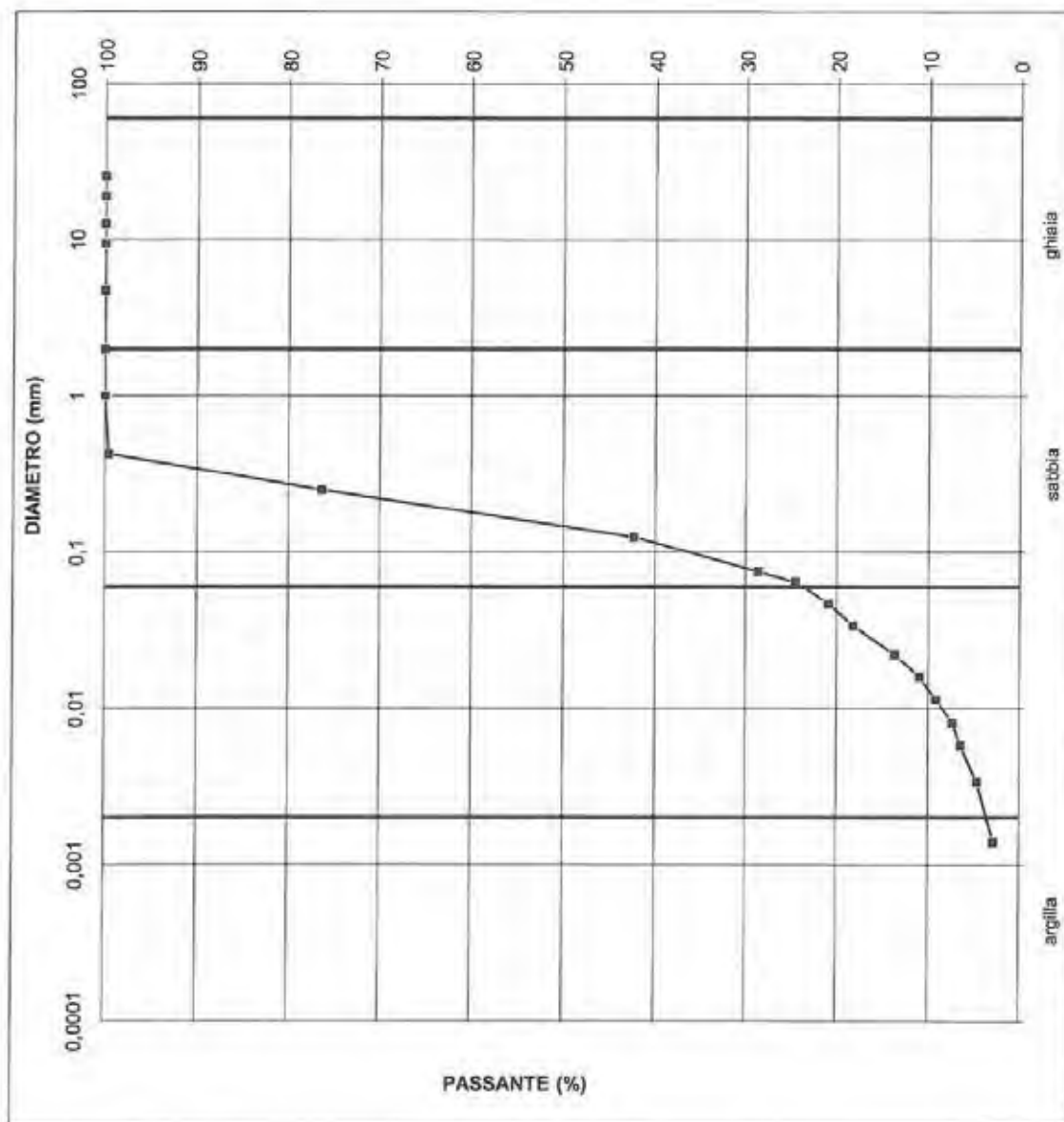
INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



C.G.G. s.r.l.

certificato di prova n° 224 del 13/01/2016
pag. 3 di 3

Sede legale e laboratorio: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091



INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

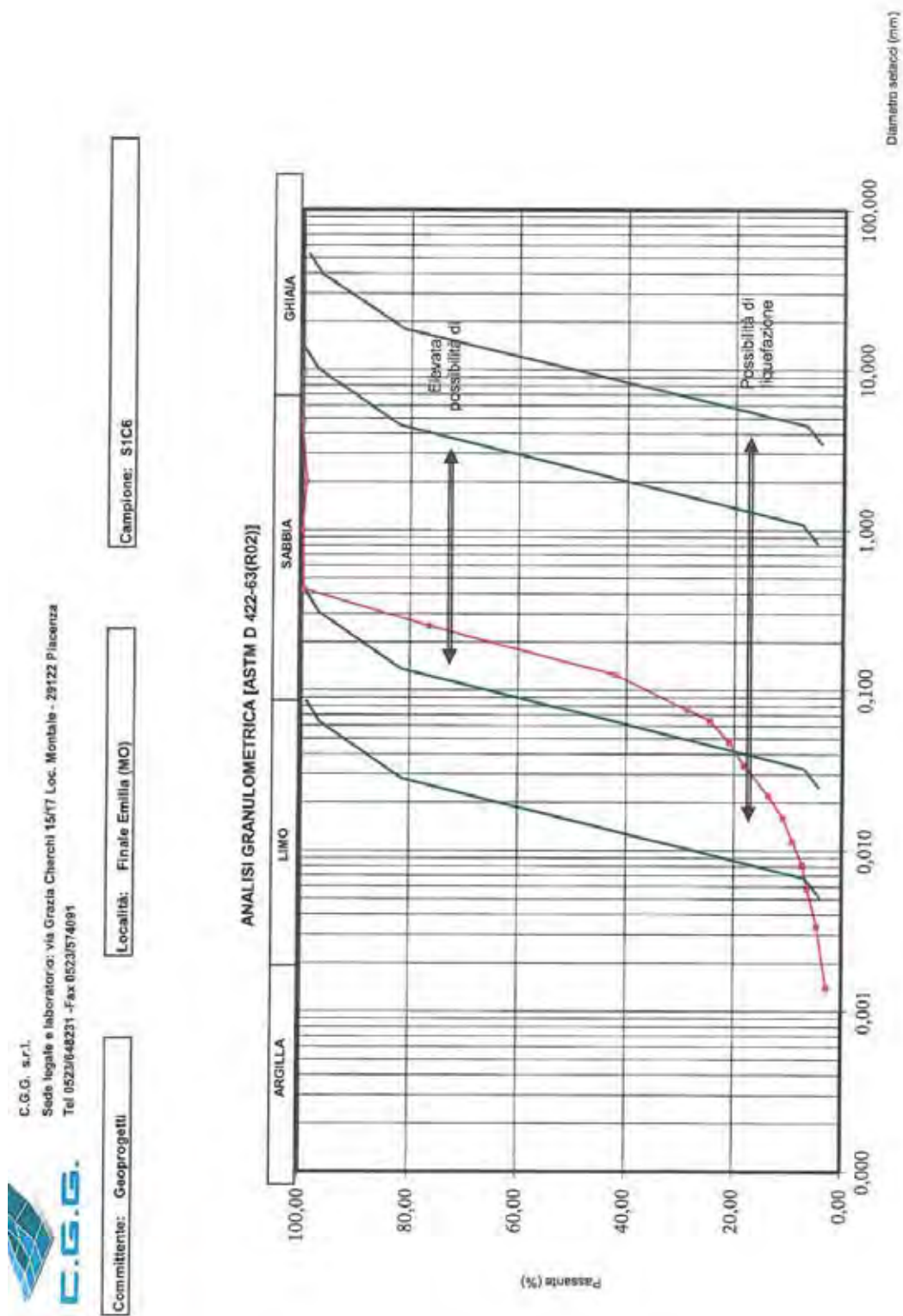


Fig.86. Analisi granulometrica campione S1C6 (quota prelievo - 9.00 ÷ - 10.00 m) e confronto con fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.

In conclusione si possono trarre le seguenti considerazioni che completano quanto già evidenziato nello studio geologico e analisi sismica presentato a Ottobre 2015.

Dalle analisi eseguite si evidenzia un potenziale rischio liquefazione alto con terreni potenzialmente liquefacibili che si trovano a partire mediamente dalla profondità di - 8.00 m (nella CPTU2 si segnala uno strato più superficiale compreso fra 5.90 e 7.50 metri) costituiti da sabbie limose sciolte passanti a sabbie pulite da sciolte a mediamente addensate.

A tale risultato si accompagnano le seguenti considerazioni:

- La verifica è stata eseguita **in condizioni cautelative** (accelerazione da RSL pari a **0.30g**).
- Si evidenzia **una percentuale di fine importante**, soprattutto nel campione di sabbia limosa più superficiale prelevato alla quota compresa fra - 7.70 e - 8.70 metri (FC = 72.78% e FC = 28.62%). **Il contenuto in fine dà coesione al sedimento** ed evita la perdita della resistenza al taglio e l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.
- Lo spessore dello strato **non** liquefacibile costituito da materiale coesivo sovrastante i livelli potenzialmente liquefacibili è mediamente pari a **8.00 metri**.
- Durante gli eventi sismici del Maggio 2012 **non si sono manifestati effetti in superficie conseguenti a eventuali processi di liquefazione in profondità** quali presenza di sabbia nei canali o nei piezometri di controllo a contorno della discarica, crepe o faglie nei terreni con fuoriuscita di sabbie.

In ottemperanza al punto A allegato A3 della DGR 2193/2015 che detta che in caso di terreni a rischio liquefazione necessita il calcolo dei cedimenti indotti dall'azione sismica, si sono valutati nel capitolo seguente, gli effetti in termini di cedimenti permanenti post sismici.

7.3 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica

In ottemperanza alla DGR 2193/2015 si è condotta una stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica.

I valori che si ottengono applicando le procedure elencate al punto B dell'allegato 3 devono intendersi solo orientativi.

Il cedimento permanente post sismico può essere stimato con l'equazione

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

In cui ε_{vi} è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato i-esimo e Δz_i il suo spessore.

I cedimenti permanenti indotti dall'azione sismica possono essere dovuti alle deformazioni volumetriche (e quindi verticali) di:

B1: terreni granulari saturi

B2: terreni granulari insaturi,

B3: terreni coesivi soffici.

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno, i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli posso

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

richiedere tempi anche molti lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

Considerata la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche e di deformabilità dei terreni superficiali e profondi, i cedimenti post sismici da definire per il sito di studio sono del tipo B1 e B3 in quanto non sono presenti nella stratigrafia del sito terreni granulari insaturi.

La causa dei cedimenti di riconsolidazione che si registrano dopo un evento sismico in un terreno è dovuta alla dissipazione delle pressioni interstiziali man mano che l'acqua viene espulsa dalla zona interessata.

Per stimare l'entità di tale cedimento è necessario caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni riscontrati.

Nella tabella di seguito si ripropongono i parametri geotecnici più cautelativi in termini di resistenza dei terreni e in termini di deformabilità, utilizzati nelle verifiche di stabilità, così come definiti da prove geotecniche e sondaggi in sito e da prove geotecniche di laboratorio.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa)	ϕ_{uk} (°)	γ'_d (kN/m³)	γ'_w (kN/m³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	46.40	9	18	19	7	15
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	22.80	6.5	17	18	1.5	15
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	47	15	17	19	2	16
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/		20	21	/	26
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/		20	22	/	32

Tab.18:Parametri geotecnici più cautelativi della sequenza stratigrafica riscontrata nell'area tecnologica

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm²/s)	Modulo edometrico (E) (kPa)	Indice dei pori E0 (%)	CC
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	$3.24 \cdot 10^{-4}$	2600	1	0.55
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a -4.10/4.40m	Argilla organica soffice	$1.47 \cdot 10^{-4}$	2000	1.5	0.9
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	$8.50 \cdot 10^{-5}$	2900	0.9	0.5
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/	/	/
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/	/	/

Tab.19:Parametri di deformabilità più cautelativi della sequenza stratigrafica riscontrata nell'area tecnologica

Il cedimento di riconsolidazione, **per i terreni granulari saturi liquefacibili e per i terreni coesivi**, può essere valutato dalla seguente espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} \cdot H$$

dove H è l'altezza del generico strato ed ε_{vr} (%) rappresenta la deformazione volumetrica post-ciclica definita da:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

in cui

α : costante sperimentale compresa tra 1 e 1.5;

e_0 : è l'indice dei vuoti iniziale;

$C_r = 0.225 C_c$: è l'indice di riconsolidazione post-ciclica;

C_c : è l'indice di compressione.

Nel caso di terreni coesivi, *si calcola* il rapporto di pressione interstiziale come:

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \beta \cdot \left[\log \frac{\gamma_{max}}{\gamma_v} \right]$$

dove

σ'_0 è il valore iniziale della pressione media efficace alla profondità considerata;

$$\sigma'_0 = \sigma'_{v0} \cdot \frac{(1 + 2k_0)}{3}$$

σ'_{v0} è la pressione verticale efficace e k_0 il coefficiente di spinta a riposo

γ_{max} è la deformazione di taglio massima raggiunta durante il sisma;

b è posto circa uguale a 0.45 (*coefficiente sperimentale*);

γ_v è la deformazione di soglia volumetrica, determinabile da prove cicliche di laboratorio.

Ma può anche essere valutata, in prima approssimazione, con la relazione che segue

$$\gamma_v = A \cdot (OCR - 1) + B$$

OCR è il grado di sovraconsolidazione, A e B sono coefficienti sperimentali che possono essere calcolati per interpolazione lineare dalla seguente Tabella.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

I_p [%]	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Valori suggeriti per i coefficienti A e B

Il rapporto di pressione interstiziale, nel caso di terreni incoerenti liquefacibili, viene determinato per interpolazione lineare dai valori riportati in Tabella in funzione dell'ampiezza della deformazione massima indotta dal terreno.

γ_{max} [%]	$r_u = \Delta u / \sigma'_0$
0.005	0.2
0.1	0.4
0.2	0.6
0.4	0.8
5	0.95

Rapporto di pressione interstiziale r_u in funzione di γ_{max}

L'ampiezza della deformazione di taglio massima γ_{max} si calcola dalla relazione seguente:

$$\gamma_{max} = 0.65 \cdot \frac{a_{max,s}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove

$a_{max,s}$: è il picco di accelerazione al piano campagna del sisma di progetto;

g : è l'accelerazione di gravità;

σ_v : è la tensione totale verticale;

r_d : coefficiente riduttivo dell'azione sismica che mette in conto la deformabilità del sottosuolo determinato dalla relazione $r_d = 1 - 0.015z$;

G : modulo di taglio corrispondente al livello deformativo γ_{max} ;

Il modulo di taglio può essere determinato da prove di laboratorio o mediante la Tabella seguente applicando un fattore riduttivo al modulo di taglio G_0 (modulo di taglio a piccole deformazioni).

$a_{max,s}$ [g]	G/G_0
0.10	0.80
0.20	0.50
0.30	0.35
0.40	0.28

Fattore di riduzione del modulo di taglio nei primi 20 m in funzione dell' accelerazione $a_{max,s}$

Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari saturi

La deformazione volumetrica (e verticale) ε_v nei terreni granulari saturi che nel caso in esame sono quelli potenzialmente liquefacibili (cautelativamente si è considerato il massimo spessore dello strato potenzialmente liquefacibile pari a 7.70 metri) può essere stimata da prove CPTU in funzione della resistenza penetrometrica di punta normalizzata e corretta, (q_{c1Ncs}) e del coefficiente di sicurezza alla liquefazione FL ,
Il cedimento post-sismico per ciascuno strato è dato da:

$$\Delta s_i = \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i.$$

In alternativa, la deformazione volumetrica, ε_v (espressa in decimali), può essere stimata mediante le seguenti espressioni (Idriss e Boulanger, 2008):

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left(2.551 - 1.147 \cdot (q_{c1Ncs})^{0.264} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max}) \quad \text{con } q_{c1Ncs} \geq 21$$

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left(-0.369 \cdot \sqrt{(N_1)_{60cs}} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$

in cui γ_{max} (decimale) è la massima deformazione di taglio indotta dall'azione sismica, determinabile, in prima approssimazione, con la relazione empirica:

$$\gamma_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove G è il modulo di taglio corrispondente al livello deformativo γ , che può essere determinato per via iterativa, noto il valore della rigidezza iniziale G_0 ($=\rho V_s^2$) utilizzando la legge di variazione $G(\gamma)/G_0$ ottenuta con prove dinamiche in laboratorio o, in modo approssimato, desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili (si veda ad es. Figura 4 da AGI, 2005).

Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici

Nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70 \text{ kPa}$) e plastici ($I_p \geq 30\%$) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$$

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

durante il terremoto di riferimento deve essere valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

L'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto è stato stimato, come da indicazione dell'allegato 3 della DGR con l'equazione (Yasuhara e Andersen, 1991) mentre per la stima del rapporto di sovrappressione interstiziale è stata utilizzata la relazione empirica (Matsui et al., 1980).

Nel sito in oggetto i terreni più superficiali in tutte le indagini geognostiche eseguite, sono argillosi mediamente compatti. In terreni di questo tipo difficilmente in caso di sisma, si produrrà un incremento delle pressioni interstiziali che generano un cedimento di riconsolidazione per dissipazione post terremoto.

I terreni sottostanti costituiti da argille organiche da soffici a mediamente consistenti plastici possono generare cedimenti per dissipazione delle pressioni interstiziali post sismiche. Anche in questo caso si è considerato il massimo spessore dello strato pari a 6.50.

Di seguito si riportano i parametri considerati e i cedimenti indotti dall'azione sismica (cedimenti in terreni granulari saturi + cedimenti in terreni coesivi soffici) che si stimano dell'ordine di 0.70 cm.

N° di strati	SPESSORE CONSIDERATO	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Qc1N kN/m ²	Metodo	Indice Plasticità IPL(%)	Indice dei vuoti E0 (%)	Indice di compressione Cc	Modulo di taglio statico (Kn/m2)	OCR	Fs Liqu.	Tensione efficace [kN/m ²]	Deformazione verticale [kN/m ²]	Cedimento post sismico (mm)
Primo strato	2.00	Argilla debolmente limosa da mediamente compatta a compatta	/	/	/	/	/	/	/	/	26.193	/	/
Secondo strato	2.40	Argilla organica soffice	443.02	Idriss Boulanger	38	1.5	0.9	14000	1	/	45.8562	1.69-04	0.40
Terzo strato	4.10	Argilla più o meno limosa da poco a mediamente consistente	656.42	Idriss Boulanger	28	0.9	0.5	40000	1	/	83.5475	6.37-05	0.26
Quarto strato	7.70	Sabbia limosa mediamente addensata	5990.5	Idriss Boulanger	0	0	0	6700	0	0.56	178.3424	3.87-06	0.029
Quinto strato		Sabbia media e fine mediamente addensata											

Tab.20:Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica

In ultima analisi si evidenzia che durante gli eventi sismici del Maggio 2012 non vi si sono verificati smottamenti o cedimenti nell'impianto esistente.

8. CONSIDERAZIONI SULLE VERIFICHE DI STABILITA' ESEGUITE NEL CAPITOLO 19 DELLA RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità condotte nel capitolo 17 della relazione geologica e sismica dell'ottobre 2015, si ricorda che le verifiche in condizioni sismiche sono state effettuate con metodi di tipo pseudo statico così come indicato nel DM 2008 e nella recente DGR 2193 del dicembre 2015 punto C1).

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W;$$

$$F_v = k_v \times W,$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

Dai risultati di entrambe le analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito è stata valutata pari a 0.2943g e 0.2986.

I valori di β_s sono i seguenti:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Pertanto è stato calcolato che:

$$k_h = 0.07$$

$$k_v = 0.035.$$

Considerato quindi che **i coefficienti sismici orizzontale e verticale non vengono modificati dalla rivalutazione della risposta sismica locale e i parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche sono corretti anche per la parte sud dell'ampliamento**, così come indicato nel capitolo 4, **si ritiene che i risultati delle verifiche di stabilità condotti nel capitolo 17 della relazione geologica e sismica in condizioni sia statiche che sismiche siano esatti** e vengono di seguito sintetizzati nelle tabelle riproposte.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

VERIFICHE CORPO RIFIUTI - SEZIONE AA LATO NORD E LATO SUD E SEZIONE BB LATO OVEST E LATO EST.

NTC08 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - 08	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F _S ≥1.100			
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato		Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price	
Tipo di superficie	Superficie circolare			
Metodo di ricerca della superficie critica	“Slope search”			
SEZIONI				
VERIFICA CORPO RIFIUTI	CONDIZIONI STATICHE		CONDIZIONI SISMICHE	
	Bishop semplificato	Morgenstern & Price	Bishop semplificato	Morgenstern & Price
SEZIONEAA– Lato Nord Verifica corpo rifiuti in condizioni temporanee-non assestato	1.449	1.444	1.176	1.171
SEZIONEAA– Lato Sud Verifica corpo rifiuti in condizioni temporanee-non assestato	1.367	1.360	1.110	1.105
SEZIONEBB– Lato Ovest Verifica corpo rifiuti in condizioni temporanee-non assestato	1.447	1.444	1.165	1.162
SEZIONEBB– Lato Est Verifica corpo rifiuti in condizioni temporanee-non assestato	1.603	1.599	1.323	1.320

Tab.21: Risultati verifiche di stabilità corpo rifiuti sezione AA Nord-Sud e BB Est-Ovest

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

VERIFICHE COPERTURE SEZIONE AA LATO NORD E LATO SUD E SEZIONE BB LATO OVEST E LATO EST.

NTC08 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - 08	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F _S ≥1.100					
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato			Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price		
Tipo di superficie	Superficie circolare			Superficie circolare	Superficie generica	
Metodo di ricerca della superficie critica	“Slope search”					
SEZIONI						
	CONDIZIONI STATICHE			CONDIZIONI SISMICHE		
VERIFICA COPERTURE	Bishop semplificato	Morgenstern & Price		Bishop semplificato	Morgenstern & Price	
		Superficie circolare	Superficie generica		Superficie circolare	Superficie generica
SEZIONEAA- Lato Nord						
RAMPA SUPERIORE	1.885	1.885	/	1.602	1.601	/
RAMPA INFERIORE	1.888	1.888	/	1.603	1.603	/
INTERO PROFILO	/	/	3.788		/	5.555
SEZIONEAA- Lato Sud						
RAMPA SUPERIORE	1.944	1.944	/	1.646	1.646	/
RAMPA INFERIORE	1.883	1.882	/	1.598	1.598	/
INTERO PROFILO	/		2.575	/	/	1991
SEZIONEBB- Lato Ovest						
RAMPA SUPERIORE	2.069	2.068	/	1.731	1.731	/
RAMPA INFERIORE	1.881	1.880	/	1.598	1.598	/
INTERO PROFILO	/		No superfici			No superfici
SEZIONEAA- Lato Est						
RAMPA SUPERIORE	2.708	2.708	/	2.194	2.193	/
RAMPA INFERIORE	1.753	1.751	/	1.477	1.474	/
INTERO PROFILO	/	/	3.786	/	/	2.620

Tab.22: Risultati verifiche di stabilità coperture sezione AA Nord-Sud e BB Est-Ovest

Si precisa che **le verifiche sono state condotte considerando tutti gli strati del sottosuolo fino alla profondità di -30 metri.**

I parametri di progetto utilizzati per i vari litotipi sono elencati nella tabella di seguito:

Descrizione	Unità Litotecnica	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c_k' (kPa)	ϕ_k' (°)	c_d' (kPa)	ϕ_d' (°)
STRATO 1	Terre armate	19	20	15	45	12	36
STRATO 2	RSU	9	11	25	32	20	25.6
STRATO 3	Argini di contenimento ed argille di riempimento fondo invaso	19	20	10	20	8	16.23
STRATO 4	Argilla debolmente limosa	19	20	7	20	5.6	16.23
STRATO 5	Argilla organica	16	18	1	14	0.8	11.28
STRATO 6	Argilla limosa con resti organici	17	18	2	17	1.6	13.74
STRATO 7	Argilla limosa	19.5	20	2	25	1.6	20.45
STRATO 8	Sabbia limosa e sabbia fine	20	22	0	29	0	23.91
STRATO 9	Sabbia mediamente addensata	20	22	0	32	0	26.56

Tab.23: Parametri di progetto degli strati utilizzati nelle verifiche di stabilità

Nelle verifiche di stabilità quindi gli strati sabbiosi sciolti sottofalda potenzialmente liquefacibili (sabbia limosa e sabbia fine) **sono stati considerati** con le caratteristiche geotecniche definite da prove in sito e in laboratorio (proprie dello strato potenzialmente liquefacibile).

I parametri geotecnici caratteristici considerati per lo strato sono $\phi'_k=23.91$ e $c'_k=0$.

Poiché le verifiche sono state condotte in condizioni sismiche, nel calcolo dei fattori di sicurezza per le verifiche di stabilità in condizioni sismiche sia del corpo rifiuti che della coperture, **si è tenuto conto della criticità dettata dallo strato potenzialmente liquefacibile che si riscontra al di sotto della quota media di - 8.00 metri.**

In ultima analisi l'ammasso del corpo rifiuti è costituito da rifiuti solidi urbani che per caratteristiche intrinseche, porosità, struttura dello scheletro non sono assimilabili a sabbie sciolte o mediamente addensate.

La liquefazione si verifica in depositi sabbiosi saturi, infatti se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \phi$$

è evidente che la grandezza τ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

$$c = 0$$

$$(\sigma_{vo} - u) = 0.$$

La prima condizione vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

Le coperture e gli interstrati utilizzati durante le fasi di conferimento rifiuti e nelle fasi di chiusura sono argille impermeabili compattate che danno coesione al corpo della discarica quindi il parametro c è $\neq 0$.

La seconda condizione si verifica quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{vo} - u$).

Il corpo rifiuti viene mantenuto drenato mediante raccolta di percolato quindi non si trova mai in condizioni di saturazione inoltre, una proprietà dello scheletro dei rifiuti solidi urbani è che non è mai in condizione di completa saturazione.

Lo scheletro solido dei rifiuti solidi urbani si deforma subisce dei processi di mineralizzazione e decomposizione della sostanza organica non mantiene le caratteristiche di porosità e di separazione dei grani tipiche di una sabbia sciolta o poco addensata.

Per tutti questi motivi l'ammasso del corpo rifiuti non è un materiale che potrebbe essere soggetto a processi di liquefazione.

9. CONCLUSIONI

In relazione al progetto opere di ottimizzazione e ampliamento nei settori ovest, sud e nord della Discarica di Rifiuti non Pericolosi nel Comune di Finale Emilia in Via Canaletto Rovere, si presenta un documento integrativo alla relazione geologica e sismica dell'Ottobre 2015 che riporta i risultati di indagini geognostiche e sismiche e di analisi di laboratorio integrative al fine di completare lo studio già presentato e rispondere alle richieste ARPAE del Marzo 2016. La relazione geologica geotecnica e sismica presentata nell'ottobre 2015 ha considerato gli aspetti litostratigrafici, geotecnici e sismici dell'attuale area tecnologica esistente e di aree di nuova acquisizione.

Le indagini geognostiche e sismiche sulle quali sono state eseguite le analisi e lo studio sono ubicate nell'impianto esistente e nell'area di ampliamento sita nel settore ovest.

Considerata l'omogeneità litostratigrafica dell'intera zona si è ipotizzata nella relazione dell'ottobre 2015, una continuità litologica della stratigrafia anche nel settore sud.

A verifica di quanto considerato, si sono eseguite nell'Ottobre-Novembre 2015, e nel Maggio 2016 delle indagini geognostiche in sito e delle prove sismiche nel settore sud per avere conferma delle conclusioni geotecniche e sismiche dello studio e analizzare in dettaglio la situazione litostratigrafica del comparto sud mai indagato.

Sono state eseguite le seguenti indagini in sito ubicate come da figura 1:

- n. 5 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo spinti a – 15 m dal p.c.;
- n. 8 sondaggi geognostici a rotazione e carotaggio continuo spinti a – 10 m dal p.c.;
- n. 4 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU di cui 3 spinte alla profondità di – 20 m dal p.c. e 1 spinta alla quota di – 30 m dal p.c.;
- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT spinte alla quota di – 20 m dal p.c.

Le indagini eseguite hanno permesso la restituzione di 3 sezioni stratigrafiche Est - Ovest, e 2 sezioni Nord – Sud.

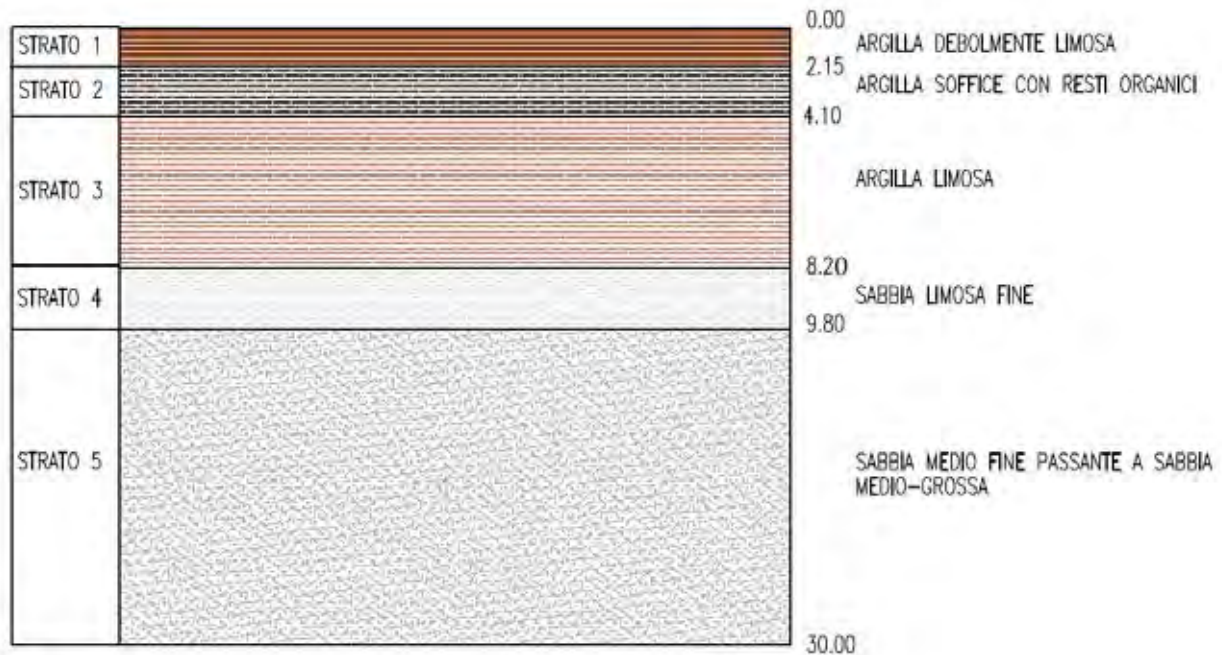
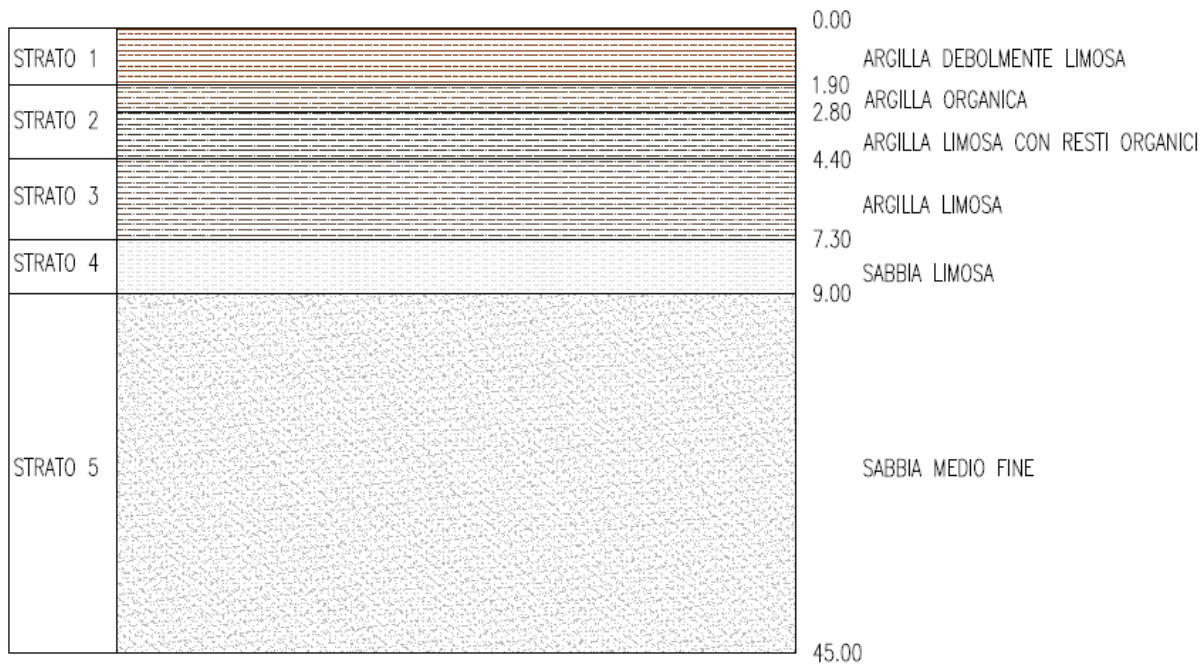
E' stata inoltre riprodotta una sezione Nord –Sud su tutta l'area di completamento che comprende il settore nord-ovest e sud (sezione n. 6).

Dall'analisi delle sezioni si evidenzia che la stratigrafia superficiale e profonda riscontrata nella zona di completamento lato sud è omogenea e paragonabile a quella riscontrata sul lato ovest.

Si caratterizzano gli **stessi 5 strati** presenti in tutte le prove con spessori che si discostano poco da quelli riscontrati nel settore ovest.

Si riportano, per confronto, le stratigrafie medie riscontrate sul lato ovest e nel settore sud.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



Dall'analisi delle due stratigrafie medie riscontrate si nota che le litologie sono comparabili e omogenee.

Sul lato sud si evidenzia uno spessore leggermente maggiore del primo strato di argilla debolmente limosa di circa 25 cm, lo strato di argille soffici fortemente organiche sottostante ha uno spessore inferiore rispetto alla stratigrafia media riscontrata nella zona ovest di circa 50 cm.

La quota media di inizio delle sabbie limose si posiziona a - 8.20 m dal pc. anziché a - 7.30 m e le sabbie fini pulite sciolte sottostanti iniziano alla quota di - 9.80 m anziché - 9.00 m. dal p.c.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Sulla base delle considerazioni e delle analisi eseguite, considerando che variazioni di spessore modeste (inferiori al metro) fanno parte di un normale processo di sedimentazione laminare differenziato che ha generato i depositi alluvionali dove si trova la zona di completamento, si ritiene che **il modello stratigrafico definito nella relazione geologica e geotecnica presentata a Ottobre 2015 sia corretto e compatibile anche per l'ampliamento sud.**

La stessa analisi si può fare confrontando i parametri geotecnici caratteristici definiti per l'area sud con quelli utilizzati per le verifiche di stabilità e per il calcolo dei cedimenti per l'ampliamento dell'intera area tecnologica.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici S1 e S2 sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati a mezzo fustella campionatrice tipo Shelby.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici S3, S5 ed S13 sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice.

Sui campioni sono state eseguite diverse analisi di laboratorio per una caratterizzazione di dettaglio dei parametri geotecnici dei terreni superficiali e profondi.

Nella tabella di seguito si confrontano i parametri geotecnici caratteristici utilizzati per le verifiche di stabilità e per il calcolo dei cedimenti per l'ampliamento dell'intera area tecnologica (relazione geologica e sismica OTTOBRE 2015).

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa) AREA NORD-OVEST	C_{uk} (kPa) AREA SUD	ϕ_{uk} (°) AREA NORD-OVEST	ϕ_{uk} (°) AREA SUD	γ'_d (kN/m³)	γ'_w (kN/m³)	c'_k (kPa) AREA NORD-OVEST	c'_k (kPa) AREA SUD	ϕ'_k (°) AREA NORD-OVEST	ϕ'_k (°) AREA SUD
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	46.40	47	9	8	18	19	7	10	15	20
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	22.80	23	6.5	6	17	18	1.5	4.5	15	15.5
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	47	55	15	12	17	19	2	10	16	25
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/			20	21	/	/	26	29
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a - 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/			20	22	/	/	32	32

I parametri sono comparabili testimonianza che la litologia degli strati superficiali e profondi presenti nell'intera area tecnologica in adeguamento sono omogenei e le caratteristiche geomeccaniche presentano lievi differenze (nell'area sud il parametro c'_k e ϕ'_k del terzo strato è più alto) non significative per il calcoli geotecnici.

Si ritiene quindi che i risultati presentati nella relazione geologica e sismica riguardanti le verifiche di stabilità che riguardano l'intera area tecnologica compresa l'area sud siano da considerarsi adeguate ed esatte.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Per quanto attiene la definizione del modulo edometrico, quello caratteristico calcolato nell'area sud per i vari strati, mostra valori leggermente superiori rispetto a quelli utilizzati per il calcolo dei cedimenti:

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s) AREA NORD - OVEST	Coeff. di cons edo CV (cm ² /s) AREA SUD	Modulo edometrico (E) AREA NORD - OVEST (kPa)	Modulo edometrico (E) AREA SUD (kPa)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	3.24*10 ⁻⁴	1.07*10 ⁻³	2600	3383
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	1.47*10 ⁻⁴	9.52*10 ⁻⁴ 5.75*10 ⁻⁴	2000	5400
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	8.50*10 ⁻⁵	6.16*10 ⁻⁵	2900	4600
Quarto strato	da - 7.30/8.24 a - 9.00/9.80 m	Sabbia limosa fine sciolta	/	/	/	/
Quinto strato	Da -9.00/9.80 m a 30.00 m	Sabbie da fini a medie da mediamente addensate ad addensate	/	/	/	/

Considerando che il modulo di deformazione (E) non è una proprietà intrinseca del terreno ma dipende dallo stato tensionale iniziale, dal livello di deformazione indotto e dal tasso d'incremento dei carichi esterni, e che è tanto minore quanto maggiore è il grado di deformazione del terreno, la differenza riscontrata è da attribuire alla maggiore deformazione dei terreni presenti nell'area tecnologica già esistente.

I terreni dell'ampliamento sud utilizzati a solo uso agricolo fino ad oggi, hanno subito meno deformazioni rispetto ai terreni presenti nell'area tecnologica già esistente.

Per un principio di cautela si ritiene corretto il calcolo dei cedimenti dell'intero nuovo progetto utilizzando i parametri più bassi definiti dalle prove.

I cedimenti quindi calcolati nello studio presentato nell'Ottobre 2015 si ritengono cautelativamente ammissibili.

SEZIONE AA NORD SUD					
PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m ²)	SCAVO da p.c. (m)	RIEMPIMENTO da fondo scavo (m)	CEDIMENTI DOPO 5 anni (m)	CEDIMENTI DOPO 50 anni (m)
1	57	- 1.50	4.50	0.337 a + 3.00 m da p.c.	0.650 a + 3.00 m da p.c.
2	114	-1.50	2.00	0.532 a + 0.50 m da p.c.	1.081 a + 0.50 m da p.c.
3	224.5	-1.50	2.70	0.9 a + 1.20 m dal p.c.	1.637 a + 1.20 m da p.c.
4	232	-1.50	3.20	0.852 a + 1.70 m da p.c.	1.695 a + 1.70 m da p.c.
5	211	-0.80	3.15	0.618 a +2.35 m da p.c.	1.665 a +2.35 m da p.c.
6	254	-1.90	1.00	1.03 a - 0.90 m da p.c.	1.681 a - 0.90 m da p.c.
7	249	-1.40	1.00	1.02 a - 0.40 m da p.c.	1.717 a - 0.40 m da p.c.
8	222	-0.40	2.70	0.853 a +2.30 da p.c.	1.73 a + 2.30 m da p.c.
9	239	-0.30	1.00	1.0 a +0.70 m da p.c.	1.785 a +0.70 m da p.c.
10	222	-0.30	4.30	0.81 a +4.00 m da p.c.	1.048 a +4.00 m da p.c.
11	238	-0.30	2.30	0.921 a + 2.00 m da p.c.	1.795 a + 2.00 m da p.c.
12	111.50	-0.30	1.20	0.57 a +0.90 m da p.c.	1.123 a +0.90 m da p.c.

INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

13	57	-0.30	3.30	0.328 a +3.00 m da p.c.	0.679 a +3.00 m da p.c.
----	----	-------	------	-------------------------	-------------------------

SEZIONE BB OVEST EST					
PUNTI	CARICHI APPLICATI (KN/m2)	SCAVO da p.c. (m)	RIEMPIMENTO Da fondo scavo (m)	CEDIMENTI DOPO 5 anni (m)	CEDIMENTI DOPO 50 anni(m)
1	72	0.90	4.70	0.459 a + 3.80 m da p.c.	0.825 a + 3.80 m da p.c.
2	112	0.90	2.50	0.507 a +1.60 m da p.c.	1.087 a +1.60 m da p.c.
3	196	0.90	3.40	0.774 a +2.50 m da p.c.	1.59 a +2.50 m da p.c.
4	205	0	2.35	0.837 a +2.35 m da p.c.	1.689 a +2.35 m da p.c.
5	263	2.10	1.00	1.037 a -1.10 m da p.c.	1.655 a -1.10 m da p.c.
6	232	2.00	1.00	0.947 a - 1.00 m da p.c.	1.558 a - 1.00 m da p.c.
7	222	2.00	1.00	0.914 a - 1.00 m da p.c.	1.516 a - 1.00 m da p.c.
8	126	2.40	1.00	0.619 a - 1.40 m da p.c.	1.104 a - 1.40 m da p.c.
9	40	0.30	2.45	0.30 a + 2.15 m da p.c.	0.524 a + 2.15 m da p.c.

A seguito delle indicazioni del D. Lgs n. 36 che richiede la verifica delle caratteristiche di permeabilità K dei terreni che costituiscono la barriera geologica naturale mediante diverse metodologie di analisi, la conducibilità idraulica degli strati argillosi e argillo-limosi dei terreni in sito è stata misurata con diverse prove in sito e in laboratorio eseguite a ottobre – novembre 2015.

In sito sono state eseguite:

- n.8 prove tipo Lefranc durante l'esecuzione del sondaggio geognostico n. 2 (1 prova per ogni strato coesivo da indagare) per la definizione della permeabilità sia verticale che orizzontale;
- n.6 prove in sito di dissipazione delle pressioni interstiziali durante l'esecuzione delle prove CPTU per la determinazione della permeabilità orizzontale (1 prova per ogni strato coesivo da indagare e 2 prove in sabbia);

In laboratorio si sono realizzate:

- n.5 prove di permeabilità in cella edometrica che calcolano la conducibilità idraulica verticale.

I dati delle permeabilità sia verticali che orizzontali definiti dalle medie dei risultati ottenuti dalle varie prove eseguite nel settore sud dell'ampliamento di progetto, sono comparabili ai risultati ottenuti nelle indagini precedenti e adottati nello studio geologico e geotecnico presentato a Ottobre 2015 e di seguito riportati.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Permeabilità K verticale AREA NORD-OVEST (m/s)	Permeabilità K verticale AREA SUD (m/s)	Permeabilità K orizzontale AREA NORD-OVEST (m/s)	Permeabilità K orizzontale AREA SUD (m/s)
Primo strato	da 0.00 a - 1.90/2.15 m	Argilla debolmente limosa mediamente compatta	1.80*10-10	5.92*10-10	5.62*10-9	8.27*10-9
Secondo strato	da - 1.90/2.15 a 4.10/4.40m	Argilla organica soffice	1.0*10-10	1.39*10-9	4.58*10-8	1.48*10-8
Terzo strato	da - 4.10/4.40 a - 7.30/8.24 m	Argille limosa mediamente consistente	2.80*10-11	3.86*10-10	9.09*10-8	1.59*10-8
Quarto strato	Quota media da - 7.00/7.30 a - 8.80/9.00 m	Sabbia limosa	/	9.87*10-6	/	1.9*10-5

Considerando una locale variabilità legata alla percentuale di limo o di materia organica nei vari strati, la barriera naturale è da ritenersi continua e affidabile, capace di garantire la separazione dell'acquifero confinato dalla frangia freatica .

Al fine di confermare e verificare il modello geologico del sottosuolo, il profilo di V_{S30} , la profondità del bedrock utilizzati per l'analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello, presentata nella relazione geologica dell'Ottobre 2015 e derivanti da analisi sismiche in sito eseguite nell'area ovest, sono state realizzate il 26/10/2015 delle indagini sismiche in sito ubicate nel settore sud di completamento.

La campagna di prospezione geofisica che permette di definire la vulnerabilità naturale degli strati superficiali e profondi in caso di moto sismico è stata eseguita mediante sismica attiva multicanale (MASW), passiva multicanale (ESAC) e a stazione singola (HVSr) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{S30} .

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo riscontrato un picco stratigrafico caratteristico alla **frequenza fondamentale di 1/1.1 Hz e periodo caratteristico di 1/0.9 s che indica un contrasto di impedenza significativo alla quota di 130/150 m di profondità.**

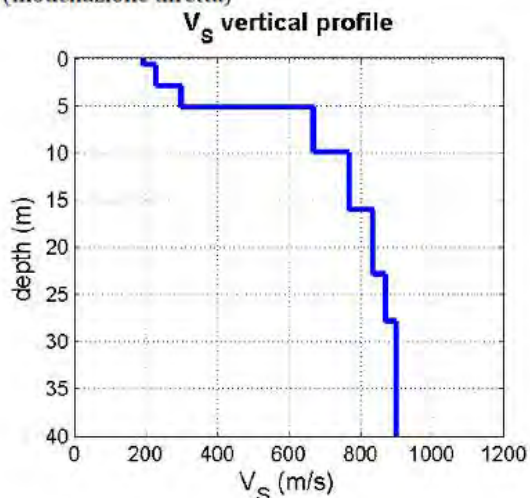
Il picco stratigrafico riscontrato caratteristico a 1 Hz coincide con il picco stratigrafico caratteristico, a 0.9 Hz, definito nelle indagini precedenti.

Nelle indagini precedenti si evidenziava anche un altro debole contrasto litostratigrafico alla frequenza compresa fra 1.5/1.9 che non viene segnalato in quest'indagine.

Il contrasto di impedenza principale riscontrato ritorna con i dati pubblicati nello studio "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio) .

Attraverso l'analisi MASW delle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC e mediante analisi congiunta dei dati, considerando la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V, si è arrivati alla definizione del profilo di V_{S30} .

- MASW + ESAC + HVSr (modellazione diretta)

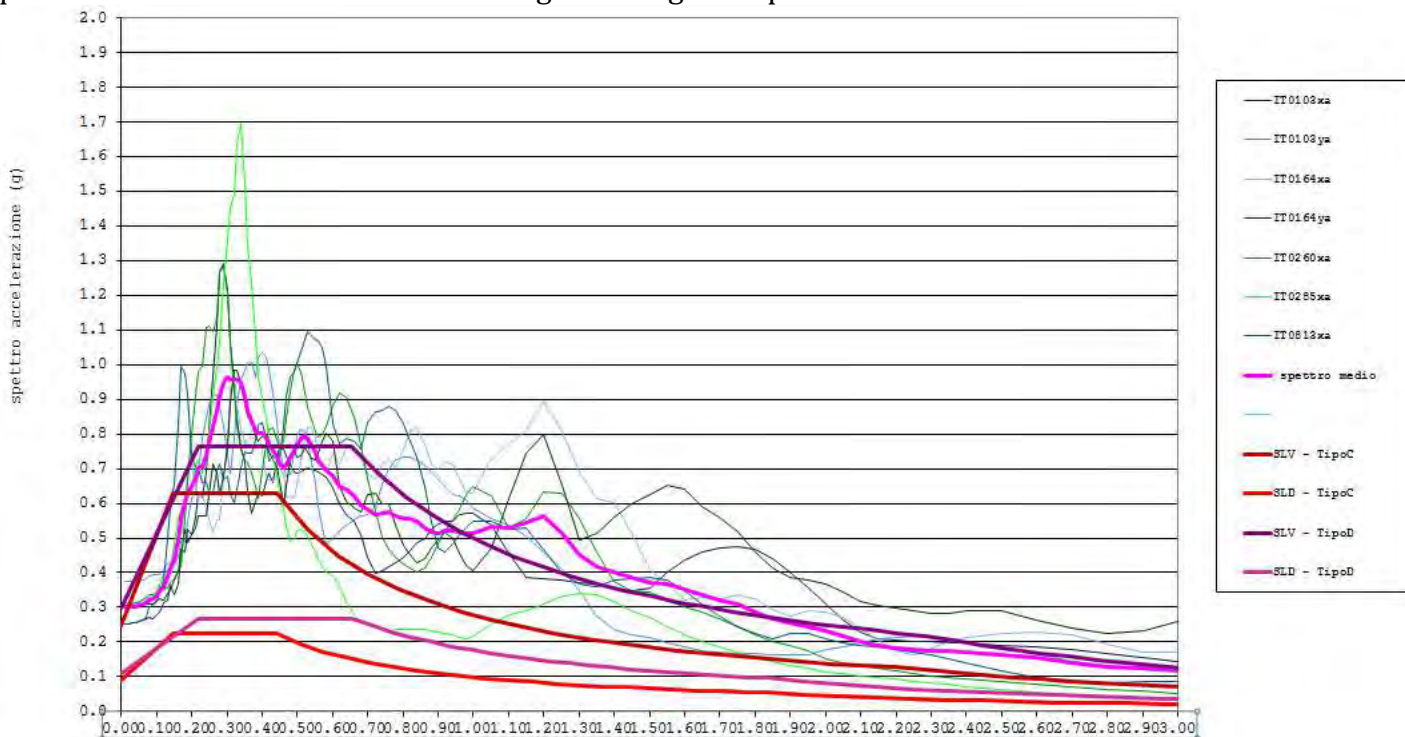


Si è confrontato il profilo di V_{s30} definito nella relazione geologica e sismica dell'Ottobre 2015 e utilizzato nella analisi di risposta sismica locale, con il profilo restituito dalle nuove indagini sismiche eseguite nell'area di ampliamento sud.

I due profili sostanzialmente si sovrappongono, l'unica differenza è alla profondità compresa fra - 10.00 e - 40.00 m dove, nel profilo area sud si evidenziano velocità di propagazione delle onde sismiche maggiori (320 m/sec) rispetto alle velocità registrate alle stesse profondità nel profilo area ovest (250 m/s).

Nonostante la similarità dei due profili si è rivalutata l'Analisi di risposta sismica locale già eseguita inserendo il modello sismico del sottosuolo definito con le nuove indagini in sito realizzate nell'area sud di ampliamento e in conformità alla recente DGR 2193 DEL 21/12/2015.

Gli spettri attesi con periodo di ritorno di 712 anni (classe d'uso III) e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio sono indicati nella figura di seguito riprodotta.



Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	Media
ag max	0.25	0.37	0.31	0.3	0.31	0.3	0.25	0.2986

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) vengono confrontate con quelle ottenute dall'analisi di risposta sismica locale presentata nell'ottobre 2015 e si osserva che il valore medio è praticamente lo stesso.

	IT0103xa	IT0103ya	IT0164xa	IT0164ya	IT0260xa	IT0285xa	IT0813xa	Media
ag max	0.26	0.39	0.31	0.29	0.29	0.25	0.27	0.2943

Naturalmente varia poco anche il fattore di amplificazione $PGA/PGA_0 = 1.73$ e 1.78 .

In ottemperanza a quanto indicato al punto A2.2 della DGR 2193 del 21/12/2015 che detta "Metodo basato sui risultati di prove CPTe/CPTu (Boulanger e Idriss, 2014) " "Tutti i metodi semplificati di stima del rischio liquefazione che utilizzano i risultati di prove penetrometriche

statiche sono calibrati sull'apparecchiatura a punta elettrica...", le verifiche alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati" è stata eseguita sulle verticali delle 4 prove CPTU nell'area di ampliamento sud, di cui 3 spinte alla profondità di - 20 m dal p.c. e 1 spinta alla quota di - 30 m dal p.c.

La stima del potenziale di liquefazione è stato effettuato in condizioni di "free field" con i metodi semplificati per ogni verticale di prova CPTU.

L'accelerazione utilizzata nelle verifiche è il picco di accelerazione massima definita dall'analisi della risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento $a_{max} = 0.2986g = 0.30g$ (allegato 3 DGR 2193).

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula seguente

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

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0.5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

$IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;

$0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;

$2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;

$5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;

$IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

La magnetudo attesa considerata è quella della zona sismogenetica $M_w = 6.14$ (M_w max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS).

La profondità della falda freatica considerata è quella più superficiale fra quelle misurate nei sondaggi geognostici eseguiti a novembre 2015 a maggio 2016, nei fori di prova eseguite nell'Ottobre 2015 e da come indicato nella punto A della DGR 2193, è stata considerata la condizione più gravosa fra tutti i valori rilevati nelle varie campagne piezometriche eseguite per il controllo freaticometrico e piezometrico nella rete di controllo della discarica.

Il livello di falda freatica considerato è pari a - 0.70 m dal p.c.

Le verifiche sulle prove CPTU sono state effettuate, con due metodi con il software Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software

I metodi di analisi utilizzati sono:

Idriss e Boulanger (2008) indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014 come "quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012

Idriss e Boulanger (2014) consigliato nell'allegato 3 della DGR

Infine per completezza e per avere un quadro omogeneo dell'intera area tecnologica si sono rivalutate le verifiche alla liquefazione già presentate nella relazione di Ottobre 2015 con i

metodi di Idriss e Boulanger (2008 e 2014) eseguite sulle verticali delle 2 prove CPTU realizzate nel settore ovest .

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva sui risultati ottenuti.

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2014)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2008)	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORE (m)	PROFONDITA' (m)
CPTU1	12.25	5.45	ALTO	1.80 6.80	6.90 - 8.70 9.50÷16.30
CPTU2	12.17	5.21	ALTO	1.60 3.80	5.90 - 7.50 9.50÷13.30
CPTU5	15.68	10.38	ALTO	7.70	8.30÷ 16.00
CPTU6	12.61	8.17	ALTO	4.80	8.10 - 12.90
CPTU1(2012)	9.78	5.67	ALTO	3.20	7.50 - 10.70
CPTU2(2012)	10.51	6.83	ALTO	4.80	8.10 - 12.90

Si commentano inoltre le analisi granulometriche eseguite su campioni di sabbia prelevati alle quote dove si evidenziano probabili fenomeni di liquefazione.

In corrispondenza del sondaggio S1 sono stati prelevati n. 2 campioni di sabbia:

il campione S1C5 alla quota compresa fra - 7.70 e - 8.70 m;

il campione S1C6 alla quota compresa fra -9.00 e - 10.00 m.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica per definire la percentuale di fine presente da confrontare con le fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente liquefacibili di cui alla figura 7.11.1 cap. 7.11.3.4.2 DM 2008.

Dall'analisi granulometrica, risulta una percentuale di LIMO pari a 58.8 e di frazione fine FC = 72.78 per il campione S1C5 e pari a 19.1 % e di frazione fine FC = 28.62 per il campione S1C6. Si evidenzia che per il DM 14.01.2008 e EUROCODICE 8 uno dei criteri per l'esclusione della verifica a liquefazione è:

“sabbia con contenuto in limo superiore al 35% e un valore di q_c normalizzata > 120”.

Mentre per la DGR 2153 uno dei criteri per l'esclusione della verifica a liquefazione è:

“sabbia con contenuto in frazione fine superiore al 35% (intendendo come frazione fine quella passante al setaccio 200 ASTM - $\phi = 0.074$ mm) e un valore di q_c normalizzata > 95”.

Si può quindi evidenziare che, specialmente per il campione più superficiale (prelevato a - 7.70 metri di profondità), si tratta di sabbie non pulite ma con una frazione limosa importante che dà coesione al sedimento e difficilmente dà origine a fenomeni di liquefazione.

Il profilo granulometrico del campione S1C5 ricade quasi completamente all'esterno della fascia granulometrica che indica terreni potenzialmente a elevato rischio liquefazione.

Il campione S1C6 ricade in parte all'interno e buona parte all'esterno delle fasce granulometriche che indicano terreni potenzialmente a elevato rischio liquefazione e fuoriesce per la percentuale di fine.

In conclusione si possono trarre le seguenti considerazioni che completano quanto già evidenziato nello studio geologico e analisi sismica presentato a Ottobre 2015.

Dalle analisi eseguite si evidenzia un potenziale rischio liquefazione alto con terreni potenzialmente liquefacibili che si trovano a partire mediamente dalla profondità di - 8.00 m (nella CPTU2 si segnala uno strato più superficiale compreso fra 5.90 e 7.50

metri) costituiti da sabbie limose sciolte passanti a sabbie pulite da sciolte a mediamente addensate.

A tale risultato si accompagnano le seguenti considerazioni:

- La verifica è stata eseguita in condizioni **cautelative (accelerazione da RSL pari a 0.30g).**
- Si evidenzia **la presenza, negli strati potenzialmente liquefacibili, di una percentuale di fine importante**, soprattutto nel campione di sabbia limosa più superficiale prelevato alla quota compresa fra - 7.70 e - 8.70 metri (FC = 72.78% e FC = 28.62%). **Il contenuto in fine dà coesione al sedimento ostacolando l'insorgere di fenomeni di liquefazione** (evita la perdita della resistenza al taglio e l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi).
- Lo spessore dello strato **non** liquefacibile costituito da materiale coesivo sovrastante i livelli potenzialmente liquefacibili è mediamente pari a **8.00 metri.**
- Durante gli **eventi sismici del Maggio 2012 non si sono manifestati in superficie effetti conseguenti a eventuali processi di liquefazione in profondità**, quali presenza di sabbia nei canali o nei piezometri di controllo a contorno della discarica, crepe o faglie nei terreni con fuoriuscita di sabbie.

In ottemperanza al punto A allegato A3 della DGR 2193/2015 che detta che in caso di terreni a rischio liquefazione necessita il calcolo dei cedimenti indotti dall'azione sismica, si sono valutati gli effetti in termini di cedimenti permanenti post sismici.

Nel capitolo 7.3 sono definiti i termini e i parametri geotecnici utilizzati per i calcoli dei cedimenti indotti dall'azione sismica dovuti a cedimenti in terreni granulari saturi e a cedimenti in terreni coesivi soffici.

I cedimenti indotti dall'azione sismica si stimano dell'ordine di 0.70 cm. In ultima analisi si evidenzia che durante gli eventi sismici del Maggio 2012 non vi si sono verificati smottamenti o cedimenti nell'impianto esistente.

Dott. Geol. RITA BALLISTA

