

Comune di Castenaso
Provincia di Bologna

**Progetto per la realizzazione di un capannone
ad uso artigianale per officina e lavaggio automezzi**

Località Villanova di Castenaso - Castenaso (BO)

Via G. Di Vittorio, 5/2 .

Variante ai sensi dell'art 8 - D.P.R. 160/2010

Permesso di Costruire

(art. 17, comma 1, lettera a), L.R. 15/2013)

Progetto definitivo

Committente

COOP G. BRODOLINI S.c.a.r.l. - p.i. 00326860384
Via delle Regioni, n. 35 - 44022 VOLANIA DI COMACCHIO (FE)

Progetto:

**Studio Tecnico
CERVELLATI**

Corso Porta Reno n° 37 - 44121 Ferrara
Tel. 0532.761412 - telefax 0532.711612
Email info@studiocervellati.com

Coordinamento:

Geom. Michele Cervellati

Elaborato

**VALSAT
VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITA'
AMBIENTALE E TERRITORIALE
INTEGRAZIONI**

Tavola

REL 04

Aggiorn.

REV. 02

Scala

==

Data

24/05/2021

Aggiornamento

Sostituisce

Data

Terza emissione REL 04 Rev 02

Sostituisce precedente REL 04 Rev 01

del 01/07/2019

Seconda emissione REL 04 Rev 01

Sostituisce precedente REL 04 Rev 00

del 24/01/2019

Prima emissione REL 04 Rev 00

==

del 24/01/2019



Synthesis s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int. 5
44034 Copparo (Ferrara)
tel. 0039 0532 860546
fax 0039 0532 091680
info@synthesissrl.com

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI BOLOGNA

COMUNE DI CASTENASO

Coop. G. Brodolini 

Giacomo Brodolini Soc. Coop. a r. l.

Via delle Regioni civ. 35

Volania – Ferrara

AMPLIAMENTO DEL CENTRO OPERATIVO

DI VILLANOVA DI CASTENASO (BO)

- VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE -

- INTEGRAZIONI -




Tecnici incaricati

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



Dr. Geol. Emma Biondani

Località

Villanova di Castenaso (Bo)

Data

3 luglio 2019

Rif. 095/19-ES-Rev00

INDICE

PREMESSE	3
1. PERMEABILITÀ DEI SUOLI	3
2. PRESENZA DELL'ELETTRODOTTO	4
3. VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLE OPERE RISPETTO AGLI SCENARI DI ALLAGAMENTO DEL PGRA	4
4. STUDIO GEOLOGICO - SISMICO	5
5. LAMINAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE	6
6. RECUPERO E RIUSO DELLE ACQUE PIOVANE	6
7. COMPATIBILITÀ ACUSTICA DEL FUTURO ASSETTO AZIENDALE	7

Documentazione allegata

- Allegato 1. Città Metropolitana di Bologna – Area Pianificazione Territoriale – Servizio di Pianificazione Urbanistica – Richiesta di integrazioni documentali, nell'ambito della Conferenza dei servizi convocata in data 26/03/2019 – Fasc. 8.2.2.2/4/2019 – Documento elettronico inviato con PEC
- Allegato 2. Arpae – Sinadoc n. 8232/2019 - Richiesta di integrazioni documentali
- Allegato 3. Relazione geologica, idrogeologica e sismica – Synthesis s.r.l.

PREMESSE

Su incarico della Ditta **Giacomo BRODOLINI Soc. Coop. a r.l.**, con sede legale in Comune di Comacchio – località Volania (Fe), via delle Regioni civ. 35, gli scriventi hanno acquisito informazioni e la relativa documentazione, al fine di produrre quanto richiesto dalla Città Metropolitana di Bologna – Area Pianificazione Territoriale – Servizio Pianificazione Urbanistica e da Arpae nell’ambito della Conferenza di Servizi del 26/03/2019 convocata ai sensi dell’art. 14ter, L. n. 241/1990, per la procedura ex art. 8 DPR 160/2014 – Variante urbanistica (RUE e PSC) e rilascio di permesso di costruire per nuova costruzione capannone artigianale in Castenaso (BO), fra. Villanova, via Di Vittorio civ. 5/2.

Al fine di facilitare la lettura, nel presente testo vengono sviluppati sette capitoli, corrispondenti ai punti delle richieste di documentazioni integrative.

Quanto di seguito riportato fa riferimento prevalentemente ad informazioni e documentazioni fornite agli scriventi dal Progettista, Geom. Michele Cervellati.

Documentazione allegata

- Allegato 1. Città Metropolitana di Bologna – Area Pianificazione Territoriale – Servizio di Pianificazione Urbanistica – Richiesta di integrazioni documentali, nell’ambito della Conferenza dei servizi convocata in data 26/03/2019 – Fasc. 8.2.2.2/4/2019 – Documento elettronico inviato con PEC
- Allegato 2. Arpae – Sinadoc n. 8232/2019 - Richiesta di integrazioni documentali

1. PERMEABILITÀ DEI SUOLI

Specifiche richiesta:

In merito alla permeabilità dei suoli, si chiede di fornire maggiori informazioni riguardo al rispetto della percentuale di superficie permeabile da garantire su tutta l’area occupata dall’attività produttiva (25% nell’area di ampliamento, 10% nell’area già insediata).

Le informazioni richieste sono riportate nelle “Relazione Idraulica” e “Relazione illustrativa generale” e nell’elaborato grafico “Tavola 08 03”, il tutto redatto a firma del Progettista Geom. Michele Cervellati.

La documentazione citata è allegata alle integrazioni richieste in Conferenza dei Servizi del 26/03/2019.

2. PRESENZA DELL'ELETTRODOTTO

Specifiche richiesta:

In riferimento alla presenza dell'elettrodotto si chiede di fornire le indicazioni in merito alle DPA nell'area oggetto d'intervento.

In allegato viene riportata la "Definizione della distanza di prima approssimazione (DPA) dell'elettrodotto in semplice terna a 132 kV n. 772 "Colunga – Quarto Inferiore" campata 12 – 13 ubicata nel comune di Castenaso", emessa da Terna Rete Italia S.p.A.

Più precisamente, la documentazione citata è allegata alle integrazioni richieste in Conferenza dei Servizi del 26/03/2019.

3. VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLE OPERE RISPETTO AGLI SCENARI DI ALLAGAMENTO DEL PGRA

Specifiche richieste:

In relazione al fatto che l'area oggetto d'intervento ricade in P2 – M (all. poco frequenti 100-200) sul reticolo principale e secondario e si trova in una posizione ribassata di 0.80 – 0.90 m dalla infrastruttura stradale, si chiede di approfondire il tema del rischio idraulico.

- In relazione al Piano Gestione Rischio Alluvioni, tutta la superficie territoriale del comparto si colloca tra le aree di pericolosità P2 – M (Alluvioni poco frequenti - tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - Media probabilità) on risultano verificate le condizioni di sicurezza delle opere rispetto agli scenari di allagamento del PGRA e l'assenza di aggravamento delle condizioni di pericolosità e rischio. Si chiede di Integrare definendo le eventuali opere necessarie per la messa in sicurezza.

Come da indicazioni del Progettista, in relazione al PGRA l'ipotesi progettuale prevede che il piano finito da realizzarsi sia ad una quota superiore di circa 0.80/0.90 mt rispetto al piano campagna attuale. Il Progettista ritiene quindi che le opere presentino ogni necessaria condizione di sicurezza rispetto agli scenari di allagamento con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni e che pertanto non siano necessarie ulteriori eventuali opere di messa in sicurezza, anche in considerazione delle caratteristiche del fabbricato in oggetto, destinato al lavaggio e alla manutenzione di automezzi.

4. STUDIO GEOLOGICO - SISMICO

Specifiche richiesta:

<p>Ai fini del <u>parere in merito alla verifica di compatibilità delle previsioni del Piano con le condizioni di pericolosità locale del territorio</u>, che la Città metropolitana è chiamata ad esprimere nell'ambito del procedimento in oggetto, ai sensi dell'art. 5 della L.R. n. 19/2008, si precisa quanto segue.</p> <p>Poiché l'area d'intervento <u>ricade all'interno della zona L1</u>. "Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione", si richiede uno Studio geologico - sismico con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e verifica della presenza di caratteri predisponenti la liquefazione (approfondimenti di III livello in conformità alla Delibera della Giunta Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21.12.2015 "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato 'Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica', di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".</p> <p>Nello specifico, lo Studio geologico - sismico dovrà fornire:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la profondità del "bedrock sismico" locale; • la velocità delle onde di taglio Vs almeno per i primi 31 metri dal p.c., misurate con strumentazione idonea ad ottenere un grado di definizione elevato; • i coefficienti di amplificazione sismica in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAO) e di intensità di Housner (SI/SIO); • lo spettro di risposta in accelerazione (smorzamento pari al 5%) a probabilità uniforme, che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni nel sito analizzato; • la esecuzione di prove geognostiche in sito e in laboratorio; • la determinazione dell'indice di potenziale liquefazione IL in funzione del Fattore di sicurezza FL, a sua volta in funzione di CRR (resistenza ciclica normalizzata) e di CSR (tensione indotta dal terremoto); • calcolo dei cedimenti post-sismici. <p>La definizione dei fattori di amplificazione locale (FA) dovrà essere ricavata da apposita modellistica di simulazione sismica secondo le varie necessità. I criteri di elaborazione ed i dati di ingresso dovranno essere esposti, anche in formato numerico, nella relazione geologica. Il numero e la qualità delle prove ed indagini geologiche e geofisiche dovrà essere adeguata all'importanza dell'intervento, ed alla possibilità di liquefazione dei sedimenti; le prove dovranno inoltre essere sempre eseguite in conformità con il D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni".</p> <p>Al fine, inoltre, di un'effettiva riduzione del Rischio Sismico, dovranno essere adottate strategie che tengano conto anche dei fenomeni particolarmente sfavorevoli, quali le coincidenze di frequenze di risonanza tra suolo e struttura.</p> <p>Nelle conclusioni della Relazione geologica, idrogeologica e sismica dovrà essere espresso il giudizio di fattibilità per usi urbanistici.</p>
--

In allegato si riporta la relazione geologica, idrogeologica e sismica redatta dallo studio Synthesis s.r.l. a nome del Dr. Geol. Emanuele Stevanin e della Dr. Geol. Emma Biondani.

Nel progetto strutturale che verrà predisposto prima delle comunicazioni di inizio lavori, verranno considerati tutti i fattori particolarmente sfavorevoli, quali le coincidenze di frequenze di risonanza tra suolo

e struttura, così come si dovrà necessariamente tenere conto di ogni parametro normativo vigente e cogente secondo le NTC2018.

Si precisa che il progetto strutturale definitivo terrà conto delle concomitanze di ogni fattore sfavorevole, anche in relazione a tutti i parametri geologico-geotecnici del suolo come sopra indagato, oltre che delle condizioni sismiche.

Documentazione allegata

- Allegato 3. Relazione geologica, idrogeologica e sismica – Synthesis s.r.l.

5. LAMINAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Specifiche richiesta:

- L'area ricade nel bacino imbrifero del Savena abbandonato, come correttamente indicato nella Val.S.A.T., ed è sottoposta a controllo degli apporti d'acqua in pianura regolato dalle misure più restrittive previste dal Piano Stralcio per il sistema idraulico "Navile-Savena Abbandonato". E' quindi prescritta la laminazione delle acque meteoriche per un volume complessivo di almeno 500 metri cubi per ettaro di superficie territoriale (per 4000 + 418 mq SF 221 mc laminazione). Tuttavia la stessa Val.S.A.T. a pag. 61, al fine del calcolo del volume minimo prevede la detrazione delle superfici permeabili con conseguente determinazione di un volume di progetto per la laminazione di mc 158 che si ritiene insufficiente. Si chiede adeguamento

L'adeguamento è riportato nell'elaborato grafico "Tavola 08 03" redatto a firma del Progettista Geom. Michele Cervellati, dal quale si evince una vasca di laminazione di 232.47 m³.

La documentazione citata è allegata alle integrazioni richieste in Conferenza dei Servizi del 26/03/2019.

6. RECUPERO E RIUSO DELLE ACQUE PIOVANE

Specifiche richiesta:

- Gli strumenti di pianificazione vigenti prevedono che debbano essere previsti opportuni accorgimenti tecnici per il recupero e riuso delle acque piovane. Tale aspetto non risulta trattato nella Val.S.A.T. e quindi non considerato in progetto pertanto, anche in considerazione dell'attività idroesigente dell'autolavaggio, si chiede di integrare


Per le operazioni di lavaggio, come indicato dal Progettista, si procederà ad utilizzare l'acqua meteorica qualora accumulata nella vasca di laminazione, al fine di ridurre al minimo il consumo di idrorisorsa. A tal fine si prevederà un punto di prelievo idrico nella vasca di laminazione, che andrà collegato all'impianto di lavaggio.

7. COMPATIBILITÀ ACUSTICA DEL FUTURO ASSETTO AZIENDALE

Specifiche richiesta:

- Per quanto concerne la matrice rumore nella documentazione presentata non si individuano recettori sensibili. Tuttavia è presente un recettore sensibile (residenza) a nord ovest dell'ampliamento del sito produttivo. Considerando che nell'ampliamento è previsto l'inserimento di nuove sorgenti sonore e che è presente un recettore sensibile oltre il confine nord-ovest, deve essere valutata la compatibilità acustica del futuro assetto aziendale (sorgenti sonore esistenti e nuove sorgenti sonore) a confine e in prossimità del recettore sensibile presente a nord ovest. Si chiede di integrare

Copia della Valutazione Previsionale di Impatto Acustico (ai sensi dell'art. 8 Legge 447/95, del D.P.C.M. 14/11/97 e del D.P.C.M. 1/03/91) redatta da SONOS S.a.s. di Boldrini M.C. & C. a nome del Per. Ind. Gianluigi Boldrini è allegata alle integrazioni richieste in Conferenza dei Servizi del 26/03/2019.

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COOPERATIVA G. BRODOLINI VIALE DELLE REGIONI CIV. 35 – VOLANIA DI COMACCHIO (FE) AMPLIAMENTO DEL CENTRO OPERATIVO DI VILLANOVA DI CASTENASO (BO) <i>Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale - Integrazioni</i>	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--

- Allegato 1 -

**CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA – AREA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE – SERVIZIO DI
PIANIFICAZIONE URBANISTICA – RICHIESTA DI INTEGRAZIONI DOCUMENTALI, NELL’AMBITO DELLA
CONFERENZA DEI SERVIZI CONVOCATA IN DATA 26/03/2019 – FASC. 8.2.2.2/4/2019 – DOCUMENTO
ELETTRONICO INVIATO CON PEC**



Area Pianificazione Territoriale
Servizio Pianificazione Urbanistica

AS/mpb

Bologna, 13 marzo 2019

Alla **Responsabile**
Sportello Unico Attività Produttive
Doriella Bonini
UNIONE dei COMUNI TERRE di PIANURA
Via San Donato n. 199
40057 – Granarolo dell'Emilia (Bo)
pec: suaptdp@cert.cittametropolitana.bo.it

e p.c. Spett.le **ARPAE SAC di Bologna**
Struttura Autorizzazioni Concessioni
Ufficio VIA – VAS
Via San Felice, 25
40122 Bologna
pec: aobo@cert.arpa.emr.it

Oggetto:

Procedura avviata ai sensi dell'art. 8, DPR n. 160/2010, comportante variazione alla vigente strumentazione urbanistica del Comune di Castenaso e rilascio di permesso di costruire per nuova realizzazione di capannone ad uso artigianale per officina e lavaggio automezzi in Castenaso, Via G. di Vittorio n. 5/2, Ditta Giacomo Brodolini Soc. Coop a r.l. Richiesta di integrazioni documentali, nell'ambito della Conferenza dei servizi convocata ai sensi dell'art. 14ter, L. n. 241/1990.

In riferimento alla nota Prot. n. 1307 del 17.01.2019¹, con cui la Unione dei Comuni Terre di Pianura ha comunicato la indizione della Conferenza dei Servizi² nell'ambito del procedimento urbanistico richiamato in oggetto, avviato ai sensi dell'art. 8, DPR n. 160/2010, si segnalano di seguito le integrazioni documentali ritenute necessarie a corredo della proposta in esame, in previsione della seduta di Conferenza dei Servizi convocata per il giorno 26 marzo 2019.

Ai fini della **valutazione ambientale** di competenza della Città metropolitana, prevista nell'ambito del suddetto procedimento, si richiede la seguente documentazione ad avvenuta conclusione del periodo di deposito del Piano suddetto:

- attestazione dell'avvenuto **deposito** degli atti costitutivi della proposta, finalizzato all'acquisizione delle osservazioni;
- **osservazioni** presentate dagli Enti e organismi pubblici, associazioni economiche e sociali e singoli cittadini relativamente al documento di Valsat;
- in alternativa al suddetto punto, dichiarazione relativa all'assenza di osservazioni pervenute da parte degli Enti e organismi medesimi durante il periodo di deposito;
- **valutazioni** espresse dalle Amministrazioni competenti in materia ambientale, consultate secondo le modalità previste dall'art. 53, L.R. n. 24/2017.

¹ Acquisita agli atti della Città metropolitana di Bologna con P.G. n. 3339 del 17.01.2019.

² Ai sensi dell'art. 14Ter, L. n. 241/1990, in forma simultanea e in modalità sincrona.

In merito alla permeabilità dei suoli, si chiede di fornire maggiori informazioni riguardo al rispetto della percentuale di superficie permeabile da garantire su tutta l'area occupata dall'attività produttiva (25% nell'area di ampliamento, 10% nell'area già insediata).

In riferimento alla presenza dell'elettrodotto si chiede di fornire le indicazioni in merito alle DPA nell'area oggetto d'intervento.

In relazione al fatto che l'area oggetto d'intervento ricade in P2 – M (all. poco frequenti 100-200) sul reticolo principale e secondario e si trova in una posizione ribassata di 0.80 – 0.90 m dalla infrastruttura stradale, si chiede di approfondire il tema del rischio idraulico.

Ai fini del parere in merito alla verifica di compatibilità delle previsioni del Piano con le condizioni di pericolosità locale del territorio, che la Città metropolitana è chiamata ad esprimere nell'ambito del procedimento in oggetto, ai sensi dell'art. 5 della L.R. n. 19/2008, si precisa quanto segue.

Poiché l'area d'intervento ricade all'interno della zona L1, "Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione", si richiede uno **Studio geologico - sismico** con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e verifica della presenza di caratteri predisponenti la liquefazione (approfondimenti di III livello in conformità alla Delibera della Giunta Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21.12.2015 "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato 'Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica', di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112").

Nello specifico, lo Studio geologico - sismico dovrà fornire:

- la profondità del "bedrock sismico" locale;
- la velocità delle onde di taglio Vs almeno per i primi 31 metri dal p.c., misurate con strumentazione idonea ad ottenere un grado di definizione elevato;
- i coefficienti di amplificazione sismica in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) e di intensità di Housner (SI/SIO);
- lo spettro di riposta in accelerazione (smorzamento pari al 5%) a probabilità uniforme, che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni nel sito analizzato;
- la esecuzione di prove geognostiche in sito e in laboratorio;
- la determinazione dell'indice di potenziale liquefazione IL in funzione del Fattore di sicurezza FL, a sua volta in funzione di CRR (resistenza ciclica normalizzata) e di CSR (tensione indotta dal terremoto);
- calcolo dei cedimenti post-sismici.

La definizione dei fattori di amplificazione locale (FA) dovrà essere ricavata da apposita modellistica di simulazione sismica secondo le varie necessità. I criteri di elaborazione ed i dati di ingresso dovranno essere esposti, anche in formato numerico, nella relazione geologica. Il numero e la qualità delle prove ed indagini geologiche e geofisiche dovrà essere adeguata all'importanza dell'intervento, ed alla possibilità di liquefazione dei sedimenti; le prove dovranno inoltre essere sempre eseguite in conformità con il D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni".

Al fine, inoltre, di un'effettiva riduzione del Rischio Sismico, dovranno essere adottate strategie che tengano conto anche dei fenomeni particolarmente sfavorevoli, quali le coincidenze di frequenze di risonanza tra suolo e struttura.


Nelle conclusioni della Relazione geologica, idrogeologica e sismica dovrà essere espresso il giudizio di fattibilità per usi urbanistici.

La Responsabile del Servizio Pianificazione Urbanistica, Ing. Alice Savi (Tel. 051/659 8027), nonché la referente dell'istruttoria tecnica, Ing. Elena De Angelis (Tel. 051/659 8010), si rendono comunque disponibili per ogni eventuale chiarimento.

Ringraziando per la cortese collaborazione, l'occasione è gradita per porgere cordiali saluti.

La Responsabile
Servizio Pianificazione Urbanistica
Ing. Alice Savi

Documento prodotto in originale informatico e firmato
digitalmente ai sensi dell'art. 20 del
"Codice dell'Amministrazione digitale" D.Lgs. n. 82/2005

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COOPERATIVA G. BRODOLINI VIALE DELLE REGIONI CIV. 35 – VOLANIA DI COMACCHIO (FE) AMPLIAMENTO DEL CENTRO OPERATIVO DI VILLANOVA DI CASTENASO (BO) <i>Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale - Integrazioni</i>	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--

- Allegato 2 -

ARPAE – SINADOC N. 8232/2019 - RICHIESTA DI INTEGRAZIONI DOCUMENTALI

Spett.le
SUAP Terre di Pianura
c.a. **Dott.ssa Doriella Bonini**
suaptdp@cert.cittametropolitana.bo.it

Oggetto: Procedura ex art. 8 DPR 160/2010 – Variante urbanistica (RUE E PSC) e rilascio di Permesso di costruire per nuova costruzione capannone artigianale in Castenaso (BO) fraz. Villanova via Di Vittorio, 5/2. Proponente ditta Giacomo Brodolini Soc.Coop.ar.l.

Con riferimento al procedimento di cui all'oggetto l'Agenzia si esprime nel merito limitatamente a quanto della variante urbanistica e relativa Val.S.A.T. .

In considerazione di quanto emerso nel corso della Conferenza dei Servizi del 26/03/2019 si formalizzano le richieste di integrazioni già espresse dal rappresentante di ARPAE:

- L'area ricade nel bacino imbrifero del Savena abbandonato, come correttamente indicato nella Val.S.A.T., ed è sottoposta a controllo degli apporti d'acqua in pianura regolato dalle misure più restrittive previste dal Piano Stralcio per il sistema idraulico "Navile-Savena Abbandonato". E' quindi prescritta la laminazione delle acque meteoriche per un volume complessivo di almeno 500 metri cubi per ettaro di superficie territoriale (per 4000 + 418 mq SF 221 mc laminazione). Tuttavia la stessa Val.S.A.T. a pag. 61, al fine del calcolo del volume minimo prevede la detrazione delle superfici permeabili con conseguente determinazione di un volume di progetto per la laminazione di mc 158 che si ritiene insufficiente. Si chiede adeguamento
- In relazione al Piano Gestione Rischio Alluvioni , tutta la superficie territoriale del comparto si colloca tra le aree di pericolosità P2 – M (Alluvioni poco frequenti - tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - Media probabilità)on risultano verificate le condizioni di sicurezza delle opere rispetto agli scenari di allagamento del PGRA e l'assenza di aggravamento delle condizioni di pericolosità e rischio. Si chiede di Integrare definendo le eventuali opere necessarie per la messa in sicurezza.
- Gli strumenti di pianificazione vigenti prevedono che debbano essere previsti opportuni accorgimenti tecnici per il recupero e riuso delle acque piovane. Tale aspetto non risulta trattato nella Val.S.A.T. e quindi non considerato in progetto pertanto, anche in considerazione dell'attività idroesigente dell'autolavaggio, si chiede di integrare
- Per quanto concerne la matrice rumore nella documentazione presentata non si individuano recettori sensibili. Tuttavia è presente un recettore sensibile (residenza) a nord ovest dell'ampliamento del sito produttivo. Considerando che nell'ampliamento è previsto l'inserimento di nuove sorgenti sonore e che è presente un recettore sensibile oltre il confine nord-ovest, deve essere valutata la compatibilità acustica del futuro assetto aziendale (sorgenti sonore esistenti e nuove sorgenti sonore) a confine e in prossimità del recettore sensibile presente a nord ovest. Si chiede di integrare

In considerazione di quanto disposto dalla Legge Regionale 30 luglio 2013, n.15 "Semplificazione della disciplina edilizia" e dalla D.G.R. 193 del 17/02/2014 l'Agenzia non si esprime in ordine al rilascio dei titoli abilitativi in ambito edilizio riservandosi di valutare le opere realizzate in fase di Autorizzazione Unica Ambientale .


Tuttavia, proprio ai fini dell'AUA si segnala che delle due nuove piazzole di lavaggio degli automezzi, una è collocata all'esterno . Anche in caso di abbandono delle attuali due piazzole coperte ed a parità di numero di lavaggi, le portate saranno maggiori per effetto delle acque meteoriche raccolte sulla superficie di lavaggio . Pertanto, fatte salve le valutazioni di merito sull'impianto di trattamento esistente, svolte dal Gestore del Servizio Idrico Integrato nell'ambito del procedimento di rilascio dell'AUA n. DET-AMB-2017-5261 del 03/10/2017, si ritiene che tale l'impianto debba essere verificato anche in considerazione delle portate di acque meteoriche previste e dei tempi di ritenzione minimi delle sezioni di trattamento. Non è esclusa la necessità di ampliamento della sezione di accumulo ed equalizzazione preliminare alla sezione Biologica.

Restando in attesa delle integrazioni richieste, porgiamo distinti saluti

IL RESPONSABILE DEL DISTRETTO

Dott.ssa Paola Silingardi

firmato digitalmente

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COOPERATIVA G. BRODOLINI VIALE DELLE REGIONI CIV. 35 – VOLANIA DI COMACCHIO (FE) AMPLIAMENTO DEL CENTRO OPERATIVO DI VILLANOVA DI CASTENASO (BO) <i>Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale - Integrazioni</i>	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--

- Allegato 3 -

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA – SYNTHESIS S.R.L.



Synthesis s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int. 5
44034 Copparo (Ferrara)
tel. 0039 0532 860546
fax 0039 0532 091680
info@synthesisr.com

**REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI BOLOGNA
COMUNE DI CASTENASO**

Coop. G. Brodolini 

Giacomo Brodolini Soc. Coop. a r. l.

Via delle Regioni civ. 35

Volania – Ferrara

**VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUMENTAZIONE URBANISTICA
PERMESSO DI COSTRUIRE
PER REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE
PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI
IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2**

Tecnici incaricati

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



Dr.ssa Geol. Emma Biondani



Località

Villanova di Castenaso (Bo)


Data

03 luglio 2019

Rif. 095/19-ES-Rev00

INDICE

PREMESSA	2
1. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO	3
1.1. Ubicazione del sito	3
1.2. Normativa di riferimento	5
1.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche	6
1.4. Caratteri idrogeologici e idrologici	9
1.5. Campagna di indagini	11
1.5.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO E NON (SCPTU E CPTU)	11
1.5.2. INDAGINE GEOFISICA	12
1.5.3. ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO	13
1.6. Campagna geognostica - Risultati	18
1.6.1. CARATTERI LITOLOGICI	19
1.6.1.1. <i>Modalità di valutazione</i>	19
1.6.1.2. <i>Definizione delle unità litotecniche</i>	21
1.6.2. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	32
1.6.2.1. <i>Tecnica HVSR</i>	32
1.6.2.2. <i>Tecnica MASW</i>	33
1.6.3. ANALISI DI LABORATORIO - RISULTATI	34
1.7. Aspetti geodinamici e sismicità	35
1.8. Aspetti sismici di dettaglio	39
1.8.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E DETERMINAZIONE DELLA VS30	39
1.8.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	48
1.8.3. CLASSE D'USO	48
1.8.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI	49
1.8.4.1. <i>Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma</i>	50
1.8.4.2. <i>Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale</i>	50
1.8.4.3. <i>Fattori predisponenti: Profondità della falda</i>	50
1.8.4.4. <i>Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno</i>	51
1.8.4.5. <i>Fattori predisponenti: Composizione granulometrica</i>	51
1.8.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO	53
1.8.6. CALCOLO DEI CEDIMENTI POST-SISMICI PER I DIVERSI TIPI DI TERRENO	68
1.8.6.1. <i>Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari saturi</i>	68
1.8.6.2. <i>Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari insaturi</i>	71
1.8.6.3. <i>Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici</i>	71
1.8.7. ENTITÀ DEI CEDIMENTI TEORICI POST-SISMICI	72
1.9. Note e prescrizioni	75
1.10. Fattibilità per usi urbanistici	77
2. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE	77
2.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche	77
2.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche	77
2.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni	77
2.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE	77
2.4. Considerazioni conclusive	89

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

PREMESSA

Su incarico della **Ditta Giacomo Brodolini Società Cooperativa a r.l.**, con sede in Comune di Comacchio – località Volania – Viale delle Regioni civ. 35 e su indicazioni del Progettista **Geom. Michele CERVELLATI**, è stato predisposto il presente studio con riferimento alla richiesta di integrazioni documentali effettuata dalla Città Metropolitana di Bologna – Area Pianificazione Territoriale – Servizio Pianificazione Urbanistica, nell'ambito della Conferenza di Servizi tenutasi il 26/03/2019 e convocata ai sensi dell'art. 14ter, L. n. 241/1990.

Oggetto del presente lavoro, è la procedura avviata ai sensi dell'art. 8, DPR n. 160/2010, comportante variazione alla vigente strumentazione urbanistica del Comune di Castenaso e rilascio di permesso di costruire per nuova realizzazione di capannone ad uso artigianale per officina e lavaggio automezzi in Castenaso, Via G. di Vittorio civ. 5/2, di proprietà della Committenza.

Al fine di acquisire le informazioni necessarie per predisporre lo studio geologico e sismico richiesto, necessario per l'espressione del parere in merito alla verifica di compatibilità delle previsioni del Piano con le condizioni di pericolosità locale del territorio da parte della Città Metropolitana di Bologna, in corrispondenza dell'area oggetto di studio sono state effettuate alcune indagini geognostiche e geofisiche. Sono inoltre stati prelevati campioni indisturbati sui quali sono state effettuate analisi di laboratorio geotecnico e, sulla base dei dati acquisiti, è stata predisposta un'analisi di Risposta Sismica Locale, in conformità con il D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni".

Per quanto non di seguito riportato, si potrà fare riferimento alla seguente relazione:

Ampliamento del centro operativo di Villanova di Castenaso (Bo) – Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale
Rif. 141/18-ES-Rev02 del 24/01/2019

Si evidenzia infine che, anche se non richiesto, nella presente viene fornito anche un modello geotecnico preliminare, al fine di fornire elementi per la progettazione strutturale dei futuri interventi edilizi.

Gli scriventi sono stati incaricati da Synthesis s.r.l. per la consulenza e la predisposizione del presente elaborato.

1. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO

1.1. Ubicazione del sito

Il sito in corrispondenza del quale è previsto l'intervento, ricade nella porzione nord-ovest del Comune di Castenaso (BO).

Più precisamente l'area di studio confina con lo stabilimento della Cooperativa Brodolini e, ad eccezione del confine est nord-est, ricade all'interno di una zona attualmente coltivata con colture estensive (seminativo), a sua volta compresa fra tre reti viarie: via Bargello a nord, la bretella di collegamento tra la SP 86 Lungosavena e via dell'industria ad ovest e via Giuseppe Verdi a sud.

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, il sito in esame è individuabile nel Foglio 31, Mappale 651 (area di espansione) e nel Foglio 31 Mappale 508 (sede stabilimento Brodolini) del Comune di Castenaso.

Coordinate WGS84: Latitudine 44.509788°; Longitudine 11.434901°.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000
- Figura 1.1-4. Estratto mappa catastale – scala grafica

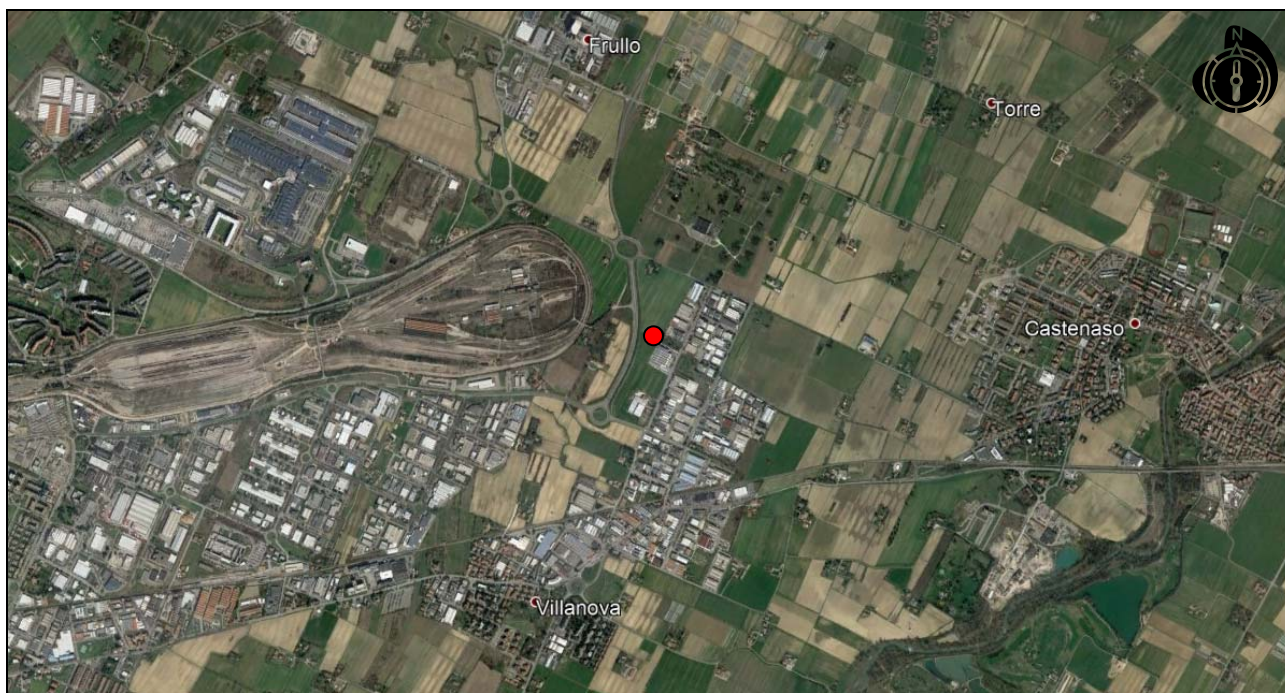


Immagine 1.1-1

Foto da satellite – Google Earth

● Ubicazione dell'area oggetto di studio

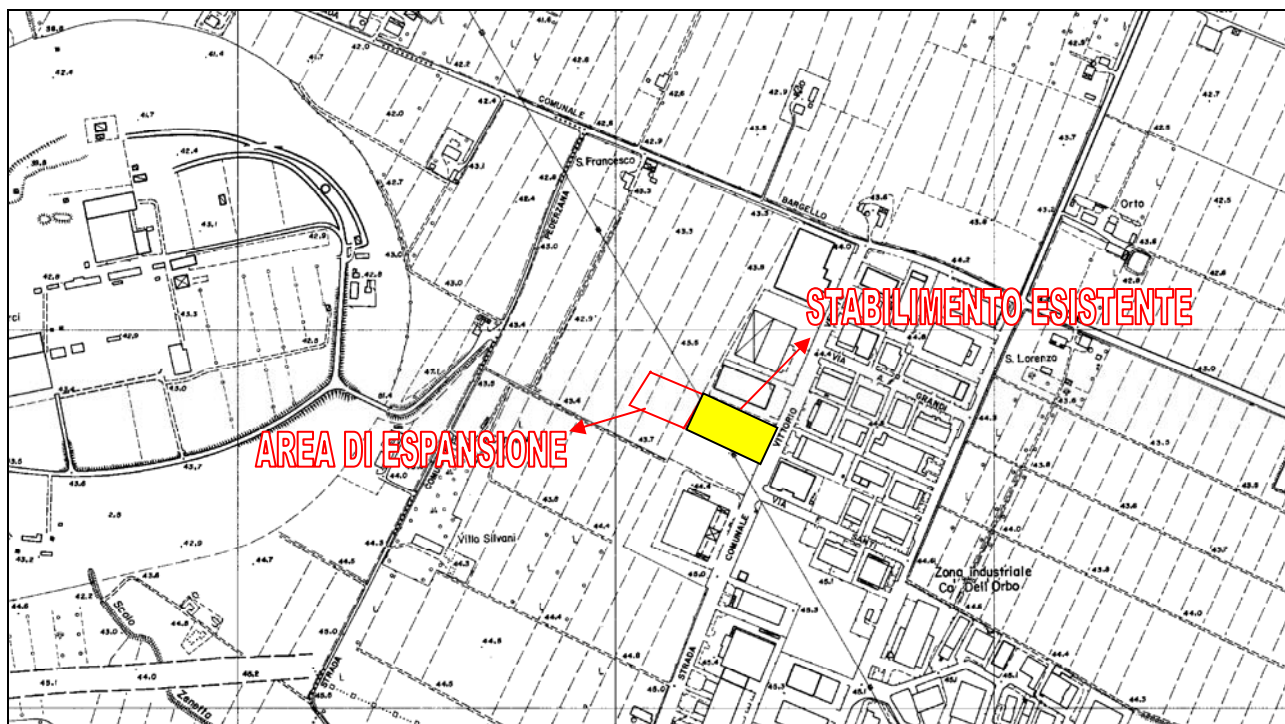


Figura 1.1-2

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000

Ubicazione dell'area oggetto di studio (cartografia non aggiornata)

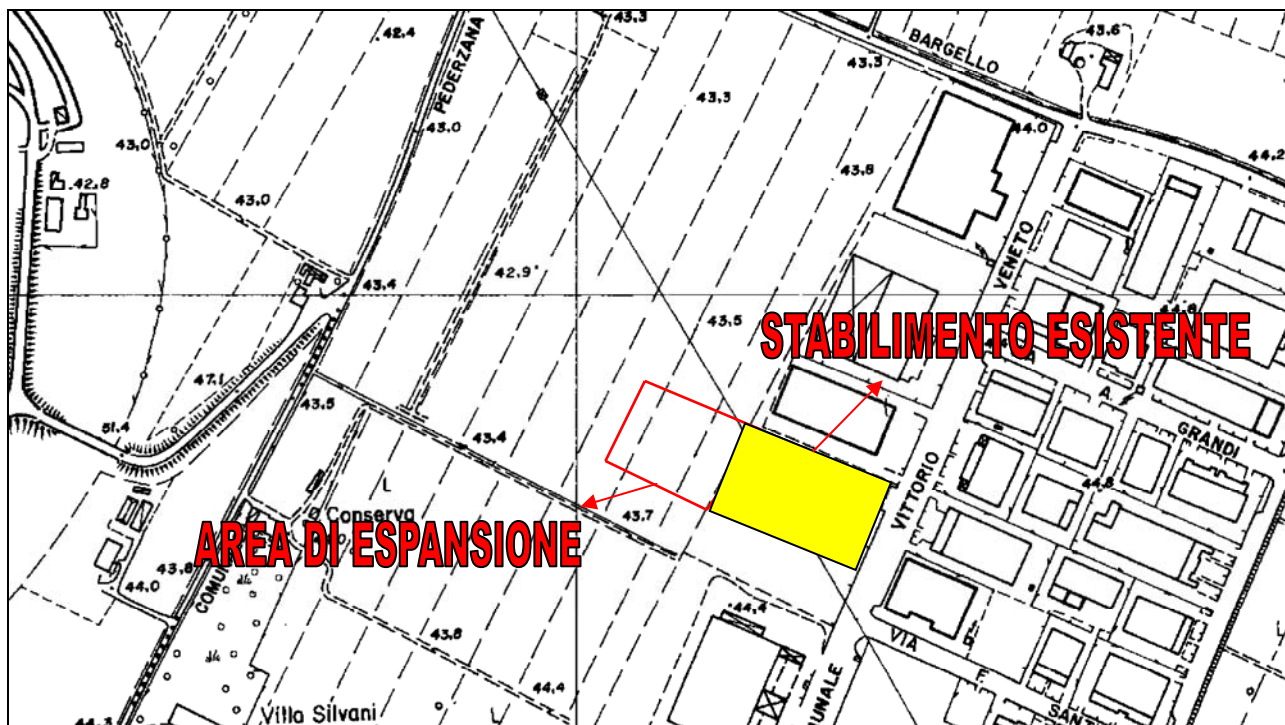


Figura 1.1-3

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000

Ubicazione dell'area in esame (cartografia non aggiornata)



Figura 1.1-4

Estratto mappa catastale – scala grafica

Comune di Castenaso - Foglio 31, Mappali 508 e 651

(https://sit.terredipianura.it:4443/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS_037021_PUBB)

1.2. Normativa di riferimento

A.G.I. “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini” (Giugno 1977)

D.P.R. 380/01 Testo Unico per l’Edilizia.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274*”) e successive modifiche.

Delibera Assemblea Legislativa Prog. N. 112 oggetto 2131 02/05/2007 “*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*”

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “*Norme tecniche per le Costruzioni*”, D. M. 14/01/2008.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*

Atti e delibere della Regione Emilia Romagna, successivi agli eventi sismici del maggio 2012.

D.G.R. 2193/2015

Decreto 17 gennaio 2018, n. 8 “*Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*”

Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.*

1.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, evidenzia come questa sia costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali.

Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la Regione.

L'area di studio appartenente al Comune di Castenaso, in base alla più recente zonazione sismogenetica pubblicata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nella quale vengono individuate per tutto il territorio Italiano n. 42 zone – sorgente identificate con un numero da 901 a 936 o con una lettera da A a F, ricade all'interno della zona sismogenetica 913, denominata "Appennino Emiliano – Romagnolo". (Figura 1.3-1)

La zona sismogenetica 913 è una fascia di transizione nella quale convivono meccanismi di fagliazione diversi, essenzialmente compressivi a nord-ovest e distensivi a sud-est. Il valore di magnitudo massima prevista per la zona 913 è pari a 6.14.

L'area in esame risulta individuabile in una zona posta al di fuori di sorgenti sismogenetiche composte, come visibile in Figura 1.3-2.

La storia sismica del territorio si evince anche dalle immagini di seguito riportate, in particolare in fig. 1.3-4, e dalla lettura dei dati scaricabili da INGV Centro Nazionale Terremoti e relativi agli eventi sismici registrati, a partire da aprile 2005, in un raggio di 50 Km rispetto all'abitato di Castenaso.

Supporti grafici:

- Figura 1.3-1. Zonazione sismogenetica ZS9
- Figura 1.3-2. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.1
- Figura 1.3-3. Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 1.3-4. Grafico eventi della storia sismica di Castenaso al 01.2012

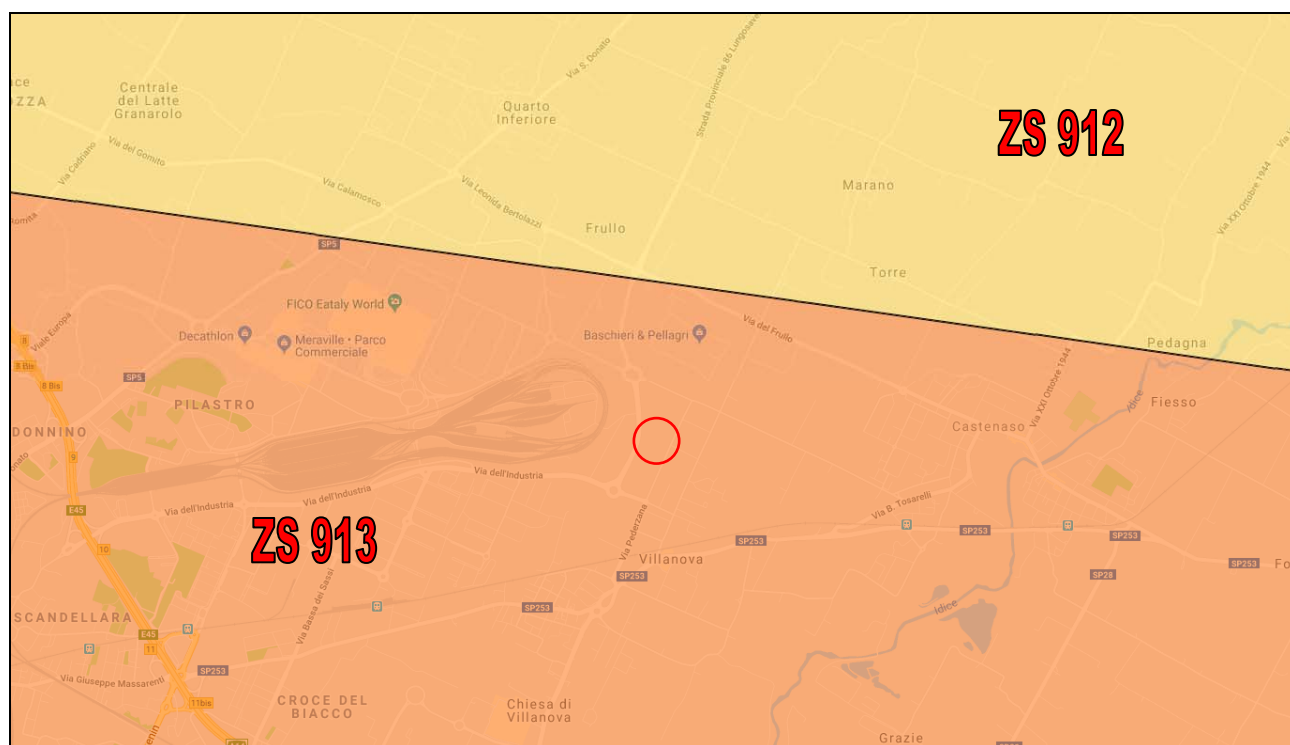


Figura 1.3–1
Zonazione sismogenetica ZS9

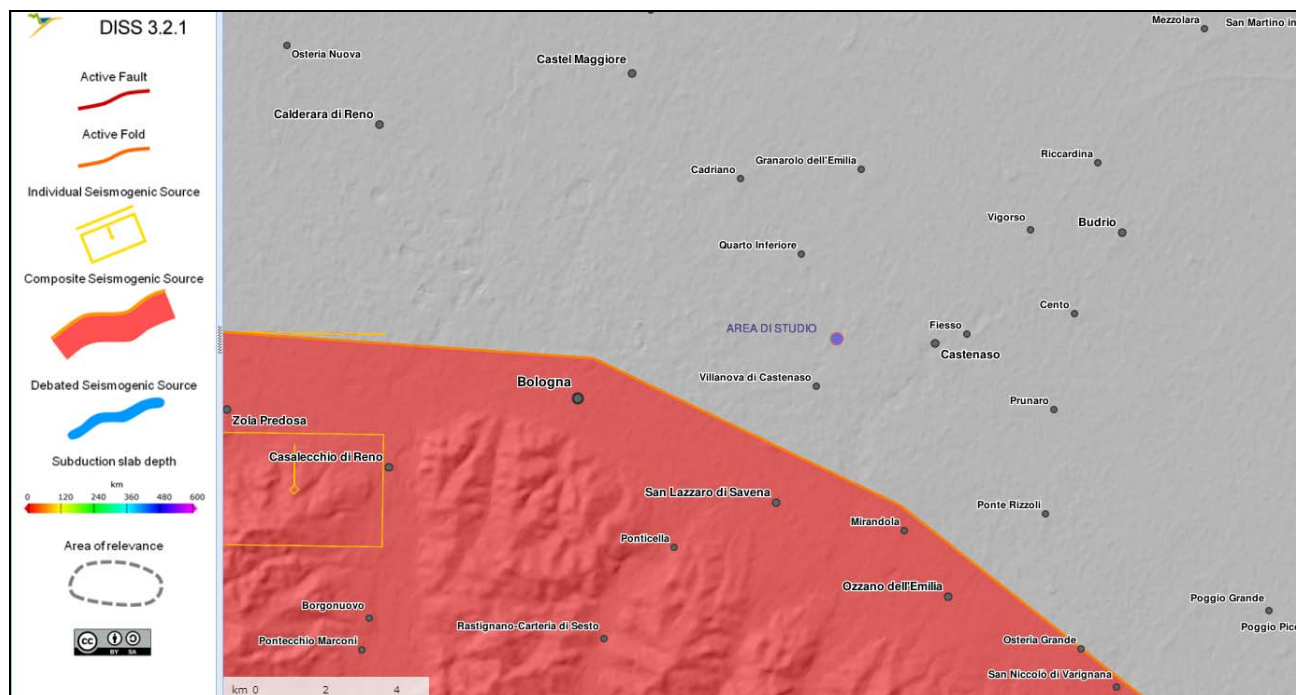


Figura 1.3–2
Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.1

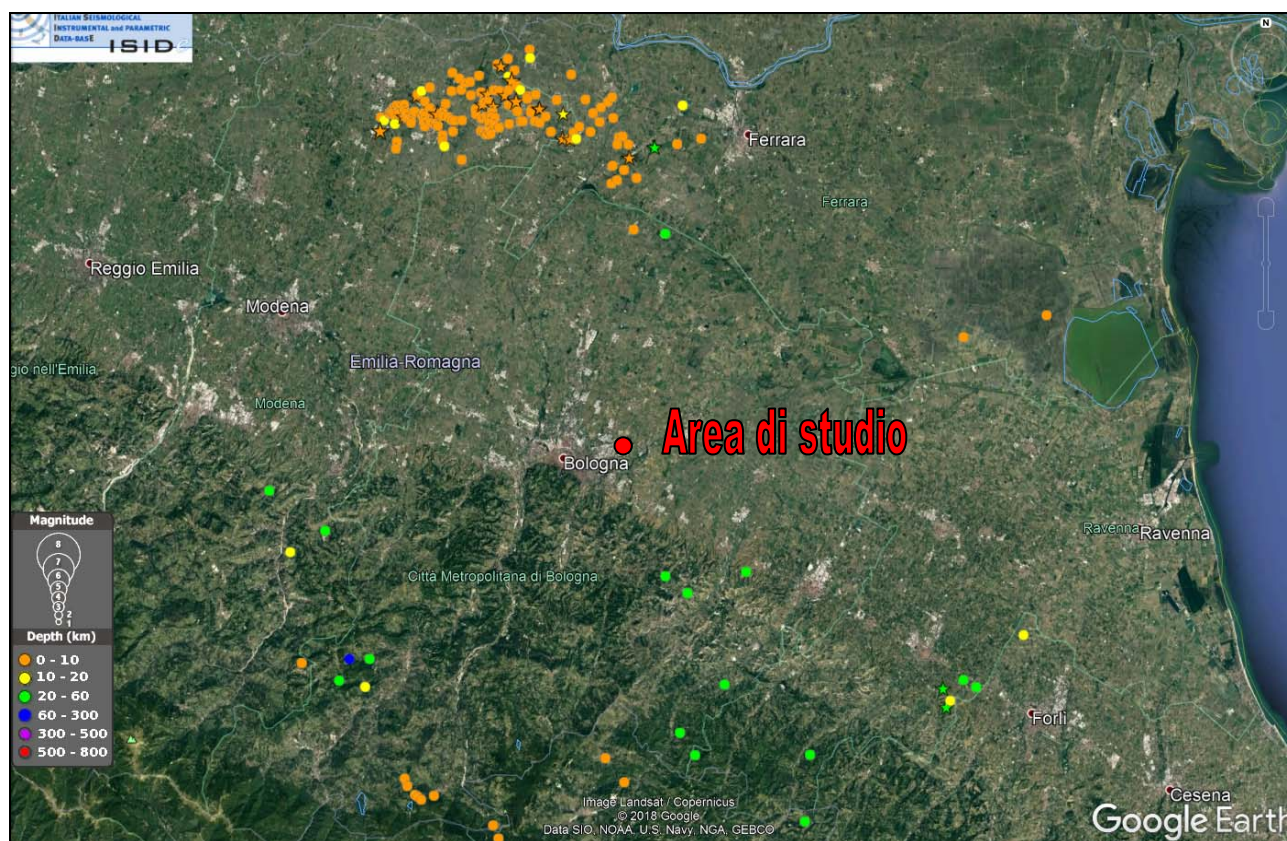


Figura 1.3-3
Eventi registrati in un raggio di 50 km rispetto al sito a partire dal 2005 - (Fonte INGV)

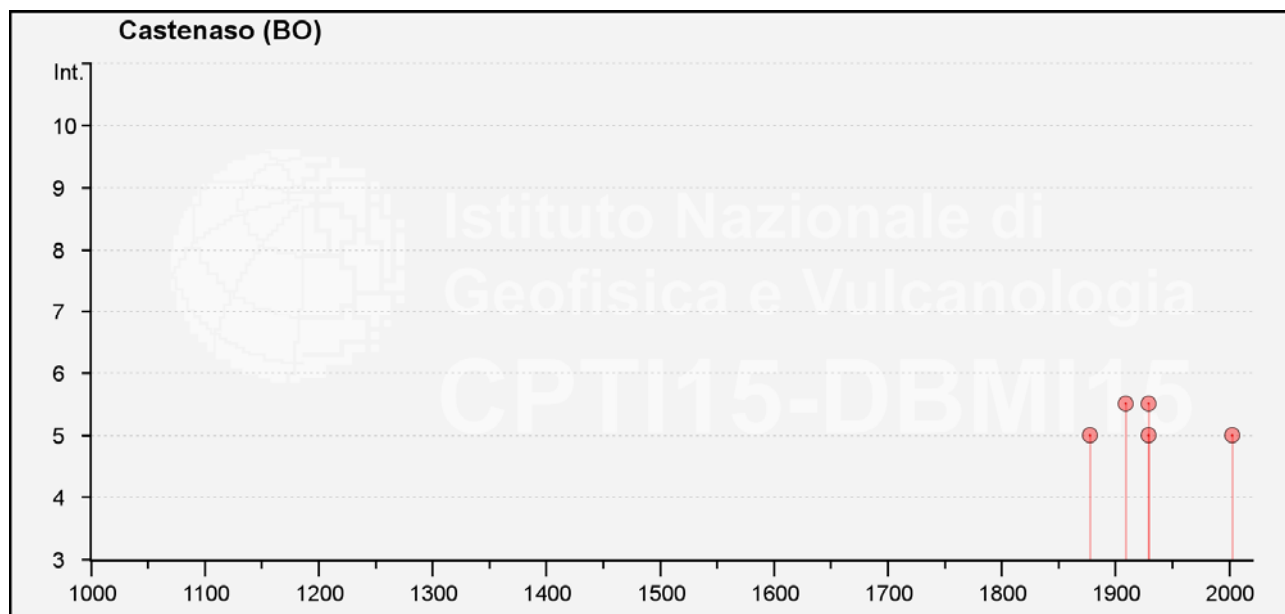


Figura 1.3-4
Grafico eventi della storia sismica di Castenaso
(da http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

1.4. Caratteri idrogeologici e idrologici

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero *“una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d’acqua con mezzi economici”*.

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce *“falda superficiale”* un serbatoio d’acqua sotterranea che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini eseguite, alla data di esecuzione delle stesse è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), alle profondità indicate in tabella:

TABELLA 1.4-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 04 - 13 – 20 GIUGNO 2019

Identificativo indagine	Profondità della sup. di saturazione
SCPTU1	2.00 mt da piano campagna
CPTU2	2.00 mt da piano campagna
CPTU3	2.64 mt da piano campagna
CPTU4	2.45 mt da piano campagna
CPTU5	2.65 mt da piano campagna

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l’acqua rilevata nei fori residuali delle indagini eseguite, corrisponde probabilmente ad acqua di saturazione a movimento prevalentemente verticale (manca di fatto la componente serbatoio granulare), rilevata in litotipi coesivi, comunque sovrapposta e in continuità con l’acqua presente nelle falde confinate più profonde.

Per quanto riguarda le acque di superficie, va evidenziata la presenza dello Scolo Zenetta di Quarto, ubicato in direzione sud-ovest ad una distanza di circa 715 mt. Il corso d’acqua è gestito dal Consorzio della Bonifica Renana. Viste le distanze dal sito in esame e le caratteristiche del corso d’acqua, si ritiene che non possa concorrere direttamente nella regimazione della falda o acqua di saturazione nel breve e medio periodo, ma solamente in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, del contributo alla regimazione delle acque meteoriche.

In base all’andamento stagionale antecedente alla data di esecuzione delle indagini e delle misure, è probabile che i livelli misurati fossero prossimi o inferiore al medio annuo.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 1.4-1. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 1.4-2. Schema movimento dell’acqua nel sottosuolo
- Figura 1.4-3. Schema acqua nel sottosuolo - USGS

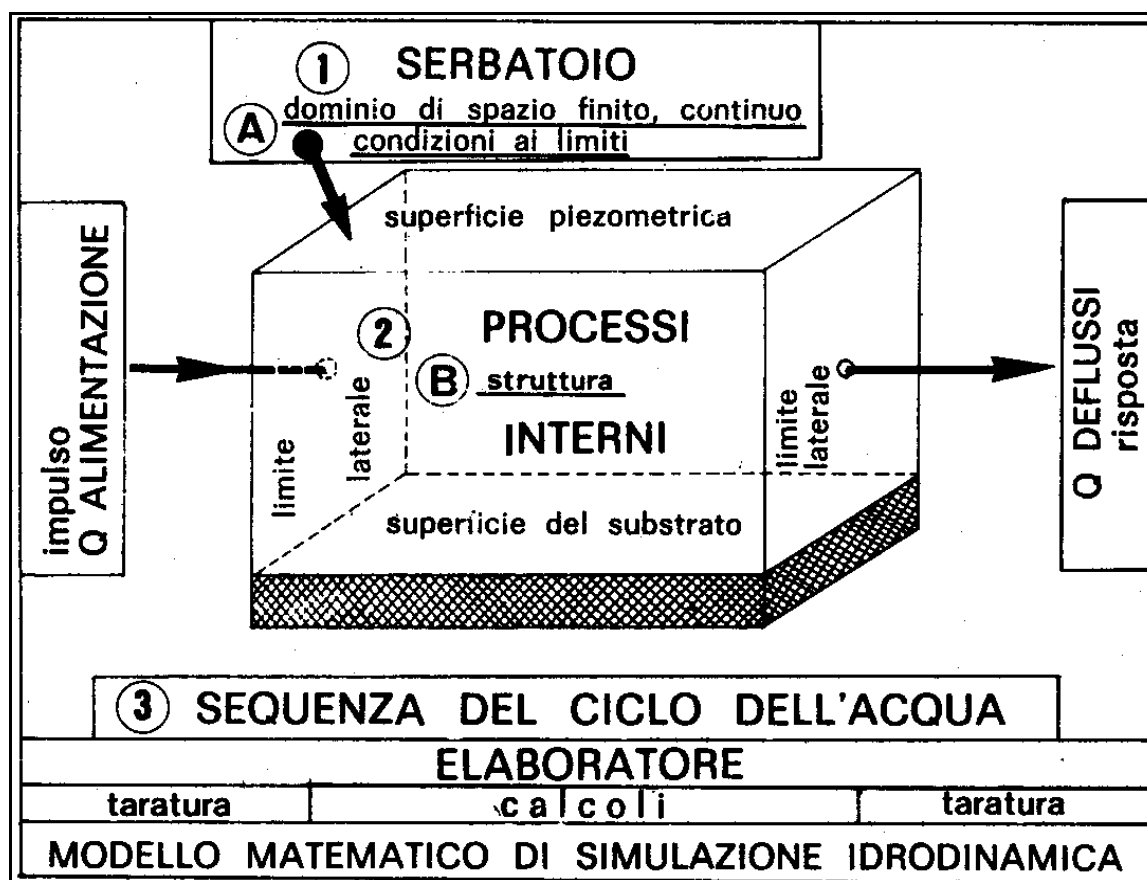


Figura 1.4-1
Schema di identificazione del sistema acquifero

direzione	verso	fenomenologia	zone di umidità interessate
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	—	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 1.4-2
Movimento dell'acqua nel sottosuolo

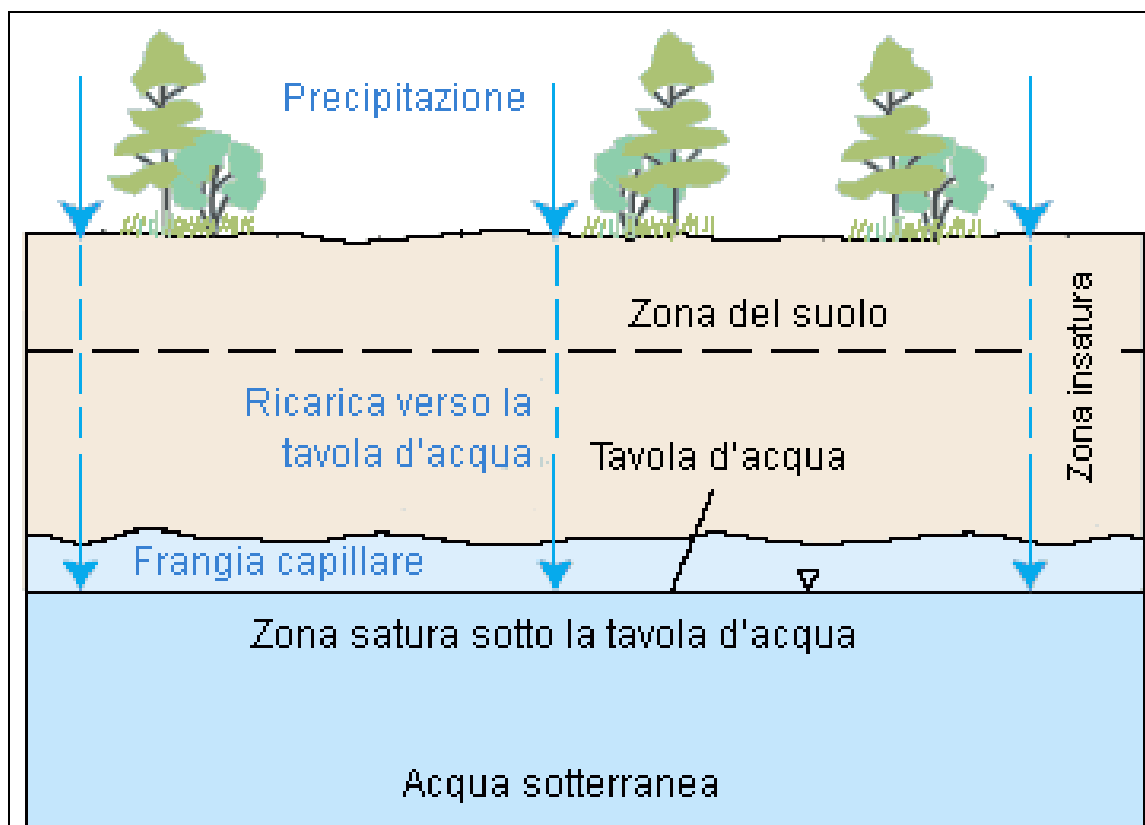


Figura 1.4-3
Schema acqua nel sottosuolo – USGS

1.5. Campagna di indagini


Tipologia indagini eseguite: prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico, prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono, prelievo campioni di terreno ed analisi di laboratorio geotecnico, misura HVSR, indagine MASW.

1.5.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO E NON (SCPTU E CPTU)

Numero di indagini eseguite: 1 SCPTU + 4 CPTU.

In base alle NTC2018, paragrafo 6.2.1, *la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.*

Come accennato in premessa nella presente, oltre al modello geologico, viene fornito un modello geotecnico preliminare e quindi, vista la conoscenza della zona basata su altri studi effettuati in zona dagli scriventi, le indagini sono state programmate sia al fine di verificare il modello geologico sia per definire il modello geotecnico. In particolare, in base alle NTC2018, paragrafo 6.2.2, le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo del terreno, ovvero *“la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla*

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso". In funzione delle caratteristiche dell'opera in progetto, degli scopi del presente lavoro, delle informazioni disponibili e del modello geologico della zona, in accordo con il Progettista sono quindi stati definiti il numero e le profondità d'indagine.

Profondità d'indagine: SCPTU1, mt 22.86 da piano campagna; CPTU2, mt 20.00 da piano campagna; CPTU3, mt 20.76 da piano campagna; CPTU4, mt 20.00 da piano campagna; CPTU5, mt 20.00 da piano campagna. La prova SCPTU1 è stata prevista a mt 31.00 di profondità da piano campagna, ma a causa delle forti resistenze alla punta riscontrate in profondità, le quali hanno causato il disancoraggio della strumentazione, non è stato possibile raggiungere la quota prevista.

In base alla conoscenza della zona da parte degli scriventi e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove sono state programmate anche al fine di verificare l'eventuale presenza di strati spessi di sabbia potenzialmente liquefacibile. Nello specifico, per manufatti con fondazioni superficiali, se fosse presente terreno sabbioso saturo a profondità superiori a mt 15.00/20.00 dal piano campagna, si potrebbe omettere la verifica della suscettibilità a liquefazione, in quanto il carico litostatico costituisce un fattore contrastante rispetto all'innescio di tale fenomeno. *La liquefazione è un fenomeno che si verifica in formazioni sabbiose sature d'acqua, con superfici di falda entro pochissimi metri dalla superficie. Molto difficilmente essa arriva ad interessare strati che si trovino a profondità maggiori di mt 15-20 ("La liquefazione del terreno in condizioni sismiche", da Crespellani, Nardi, Simoncini, 1988). Questa profondità corrisponde, in campo libero, a una pressione litostatica totale intorno a 0.3 – 0.4 Mpa. È molto difficile che un evento sismico riesca a produrre variazioni di pressione interstiziale Δu superiori a questo valore ("La liquefazione dei terreni" – Teoria, normativa e procedura di calcolo, Di Bernardo, 2011).*

Le profondità raggiunte e i metodi d'indagine sono sufficienti ad indagare il volume significativo dal punto di vista geotecnico in relazione al tipo di intervento previsto.

Ditta incaricata per le esecuzioni delle prove: Geotea s.r.l. – Via della Tecnica civ. 57/A4 – San Lazzaro di Savena (BO).

1.5.2. INDAGINE GEOFISICA


Al fine di fornire elementi utili all'Analisi di Risposta Sismica Locale, oltre alla prova SCPTU è stata effettuata una misura a stazione singola con tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) ed un'indagine MASW.

Strumentazione utilizzata:

L'acquisizione dei dati per prospezioni MASW utilizzata si discosta dalla solita realizzazione di un comune profilo sismico a rifrazione con stendimento sismico lineare multicanale con geofoni verticali (4.5 Hz) e sorgente a impatto ortogonale (mazza) per il rilievo delle onde di Rayleigh o a componente orizzontale e sorgente di taglio per le onde di Love.

Nel caso specifico, è stata effettuata una acquisizione pseduo-multicanale con l'utilizzo di un trigger wireless, ovvero di un dispositivo che trasmette, via radio, un impulso a TROMINO® ENGY 3G nell'istante esatto in cui viene superata una soglia. Tale soglia viene riferita all'accelerometro triassiale interno al trigger wireless. Il trigger wireless è usato per segnare il tempo di origine nelle tecniche sismiche multicanale. Mantenendo il ricevitore (TROMINO® ENGY 3G) in una posizione fissa e spostando sorgente e trigger wireless a diverse distanze da TROMINO® ENGY 3G, il software Grilla ricostruisce le tracce multicanali equivalenti in 3 direzioni ortogonali.

L'acquisizione della misura a stazione singola è stata eseguita con un tromografo digitale modello TROMINO ENGY 3G+. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2015 ver. 7.0 (All rights reserved).

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisrsl.com – info@synthesisrsl.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

Ditta incaricata per le esecuzioni delle prove: Synthesis s.r.l. – Piazza del Popolo civ. 13/5 – Copparo (FE).

1.5.3. ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Al fine di acquisire elementi per il calcolo di eventuali cedimenti post sismici in corrispondenza di terreni coesivi soffici, utilizzando una campionatore a pareti sottili, nei pressi delle prove CPTU2 e CPTU4 sono stati prelevati due campioni indisturbati, poi sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico. Nello specifico, su tali campioni sono stati determinati i Limiti di Atterberg.

I campioni sono stati prelevati alle seguenti profondità, definite in base all'andamento delle resistenze alla punta:

- da mt 2.60 a mt 3.20, in corrispondenza della CPTU2;
- da mt 2.30 a mt 2.90, in corrispondenza della CPTU4.

Ditta incaricata per il prelievo dei campioni e le esecuzioni delle analisi: Geotea s.r.l. – Via della Tecnica civ. 57/A4 – San Lazzaro di Savena (BO).

Supporti Grafici:

- Tavola Unica. Profilo Litostratigrafico e geotecnico prove CPTU2, CPTU5 e CPTU4

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.5-1. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite
- Immagine 1.5-2. Fase di esecuzione indagine SCPTU1
- Immagine 1.5-3. Fase di esecuzione indagine CPTU3
- Immagine 1.5-4. Fase di esecuzione indagine CPTU4
- Immagine 1.5-5. Fase di esecuzione indagine CPTU5
- Immagine 1.5-6. Fase di esecuzione prelievo campione di terreno in corrispondenza dell'indagine

CPTU2

- Immagine 1.5-7. Fase di esecuzione prelievo campione di terreno in corrispondenza dell'indagine

CPTU4

- Immagine 1.5-8. Fase di esecuzione misura HVSR
- Figura 1.5-9. Planimetria generale – stato di progetto

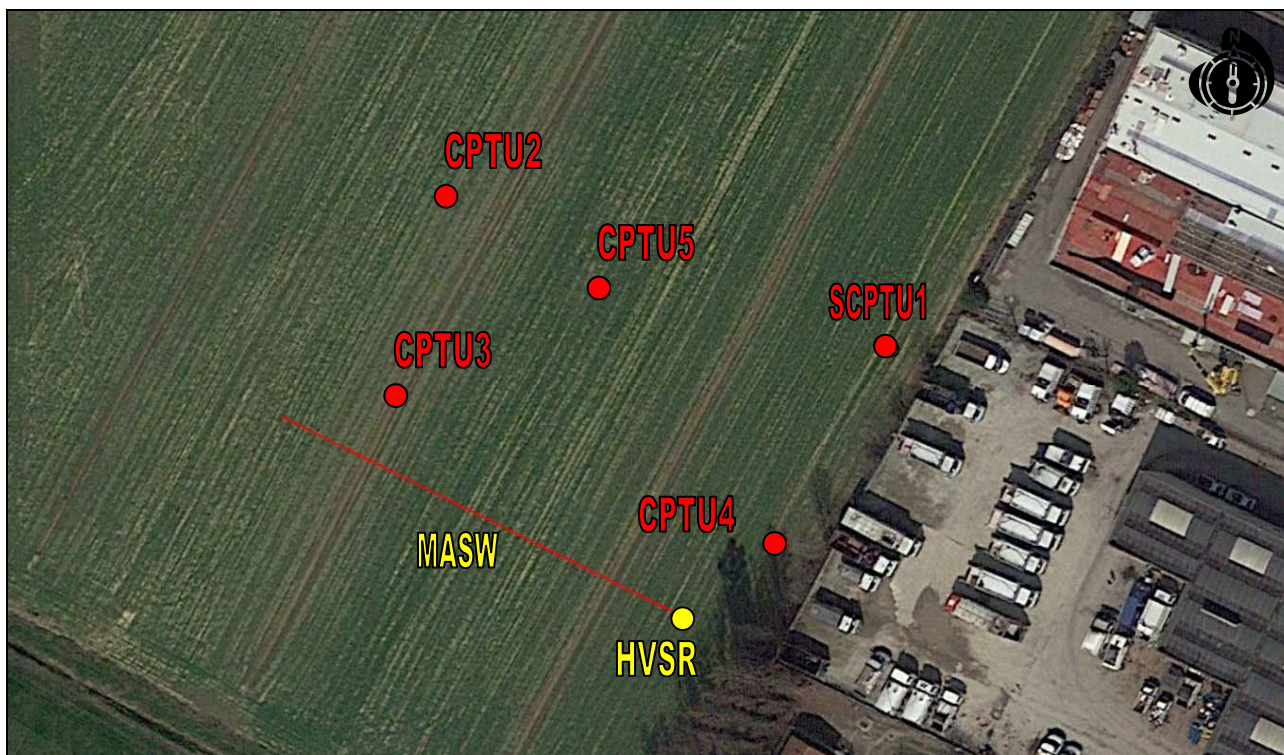


Immagine 1.5-1
Foto da satellite
Ubicazioni indagini eseguite



Immagine 1.5-2
Fase di esecuzione indagine SCPTU1



Immagine 1.5-3

Fase di esecuzione indagine CPTU3



Immagine 1.5-4

Fase di esecuzione indagine CPTU4



Immagine 1.5-5

Fase di esecuzione indagine CPTU5



Immagine 1.5-6

Fase di prelievo campione di terreno in corrispondenza dell'indagine CPTU2



Immagine 1.5-7

Fase di prelievo campione di terreno in corrispondenza dell'indagine CPTU4



Immagine 1.5-8

Fase di esecuzione misura HVSR

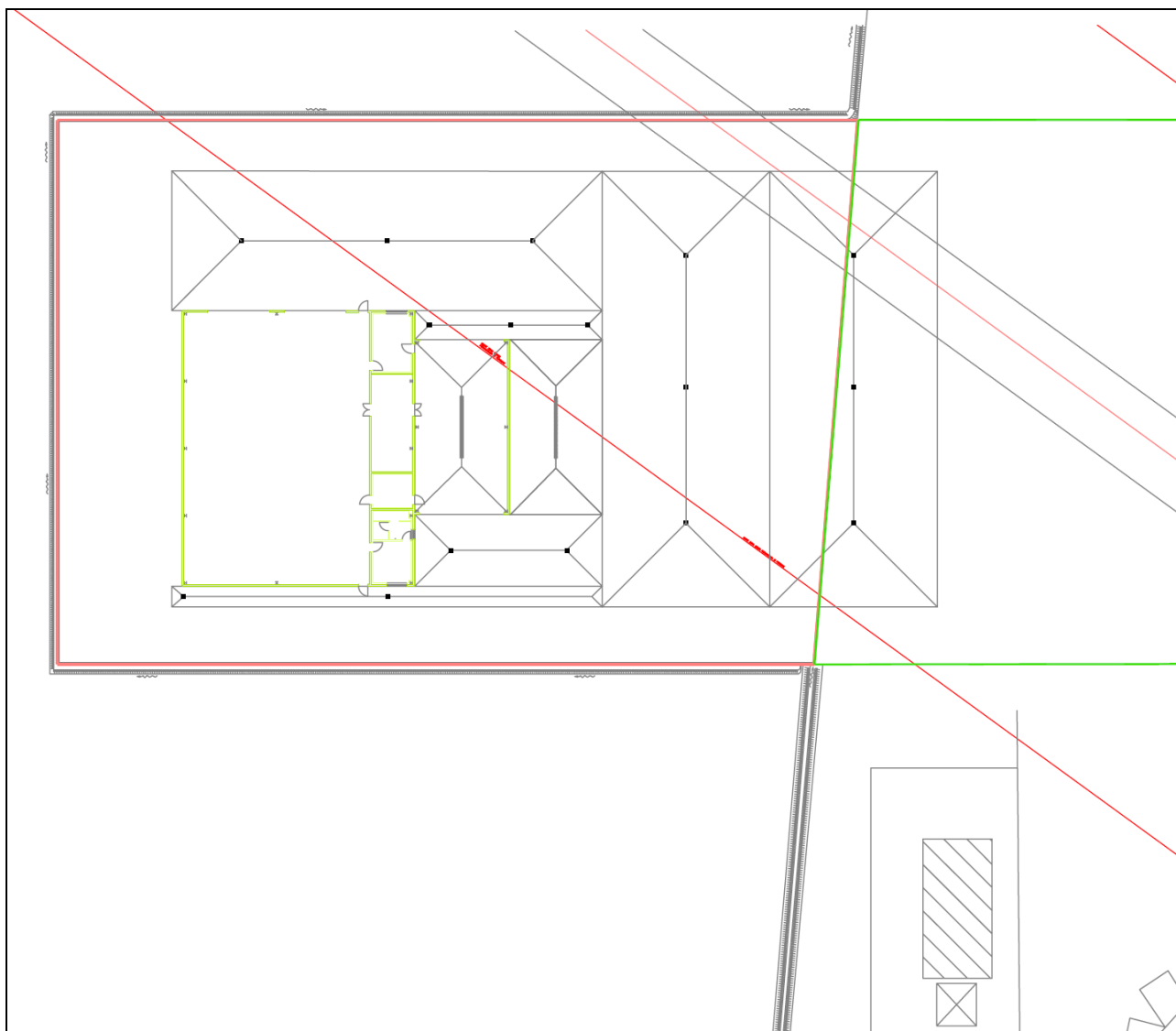



Figura 1.5-9
Planimetria generale – stato di progetto

1.6. Campagna geognostica - Risultati

Come accennato, al fine di acquisire dati specifici del sito, sono state effettuate:

- una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico spinta a mt 22.86 dal piano campagna;
- quattro prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte a mt 20.00 dal piano campagna;
- due prelievi di campioni di terreno sui quali sono state effettuate analisi di laboratorio geotecnico;
- una misura HVSR;
- un'indagine MASW;

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

1.6.1. CARATTERI LITOLOGICI

1.6.1.1. Modalità di valutazione

Per il riconoscimento della successione litostratigrafica, è stato utilizzato il metodo di Robertson 1986, tramite applicazione di un pacchetto software Geostru. Tale metodo è uno dei consigliati per le elaborazioni delle CPTe nelle zone in cui ci si è trovati ad operare.

Si riporta di seguito il grafico del tipo di comportamento di terreno (SBT) utilizzato dal metodo di Robertson 1986. Esso utilizza 12 classi di tipo di suolo, a differenza del metodo Robertson 1990 che ne utilizza 9. Inoltre, il metodo è basato sulla resistenza alla punta q_c ed il rapporto di attrito R_f , mentre i grafici più recenti sono sviluppati sulla base di parametri normalizzati.

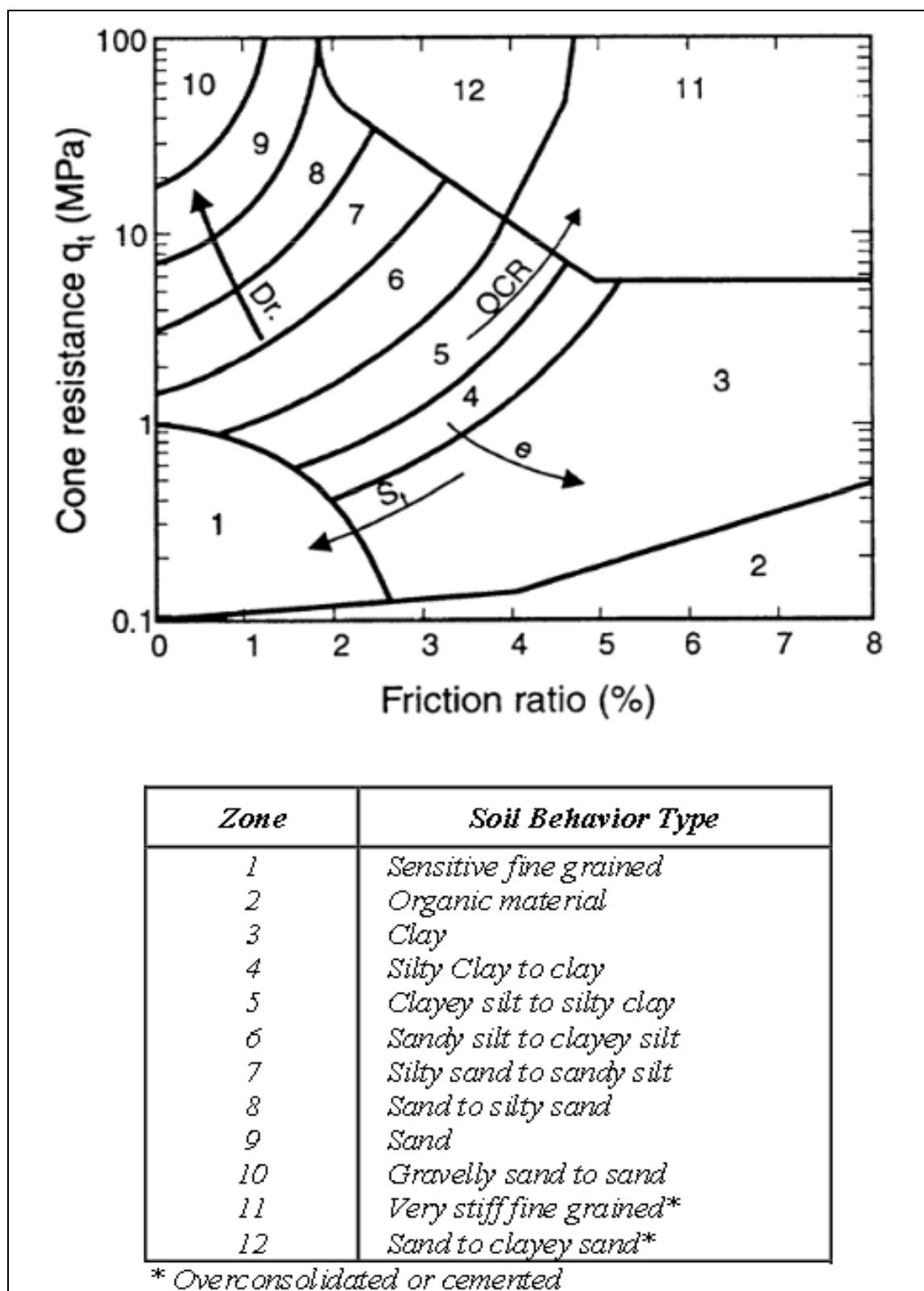



Figura 1.6.1.1-1

Grafico SBT di Robertson et al (1986) in base alla resistenza del cono CPT, q_t , e il rapporto di attrito, R_f (dove $R_f = (f_s / q_t) \text{ il } 100\%$)

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--

1.6.1.2. Definizione delle unità litotecniche

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi in seguito alla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati, sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana.

Per mezzo delle elaborazioni delle prove, è stato possibile definire le litologie e gli strati elencati nelle seguenti tabelle, descritti con riferimento alla prevalenza dei terreni in essi contenuti.

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 2.3.1 della presente relazione.

Di seguito si riportano i grafici delle prove elaborate per mezzo del software Static Probing.

Supporti Grafici:

- Allegati 1-5. Certificati prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e non
- Allegato 7. Grafici dell'andamento della resistenza alla punta delle prove eseguite

TABELLA 1.6.1.2-1

SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.24	Sabbie limose – Limi argillosi	0.24
2	0.24	2.60	Argille limose – Argille	2.36
3	2.60	4.22	Limi sabbiosi e Limi argillosi	1.62
4	4.22	5.82	Argille limose – Argille	1.60
5	5.82	6.96	Limi sabbiosi e Limi argillosi	1.14
6	6.96	8.88	Sabbie limose – Limi argillosi	1.92
7	8.88	9.80	Argille limose – Argille	0.92
8	9.80	10.24	Sabbie limose – Limi argillosi	0.44
9	10.24	11.08	Limi argillosi e Argille limose	0.84
10	11.08	11.66	Sabbie limose – Limi argillosi	0.58
11	11.66	21.12	Limi argillosi e Argille limose	9.46
12	21.12	22.86	Sabbie limose – Limi argillosi	1.74

TABELLA 1.6.1.2-2

CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.46	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.46
2	0.46	1.66	Argille limose – Argille	1.20
3	1.66	2.78	Argille	1.12
4	2.78	7.20	Limi argillosi e Argille limose	4.42
5	7.20	8.78	Limi sabbiosi e Limi argillosi	1.58
6	8.78	9.74	Limi argillosi e Argille limose	0.96
7	9.74	10.44	Sabbie – sabbie limose	0.70
8	10.44	11.02	Limi argillosi e Argille limose	0.58
9	11.02	11.60	Sabbie – sabbie limose	0.58
10	11.60	14.20	Limi argillosi e Argille limose	2.60
11	14.20	16.24	Limi sabbiosi e Limi argillosi	2.04
12	16.24	20.00	Limi argillosi e Argille limose	3.76

TABELLA 1.6.1.2-3

CPTU3 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.44	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.44
2	0.44	5.04	Limi argillosi e Argille limose	4.60
3	5.04	5.34	Sabbie limose – Limi argillosi	0.30
4	5.34	9.72	Limi argillosi e Argille limose	4.38
5	9.72	10.36	Sabbie – Sabbie limose	0.64
6	10.36	10.96	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.60
7	10.96	11.60	Sabbie – Sabbie limose	0.64
8	11.60	15.58	Limi argillosi e Argille limose	3.98
9	15.58	15.84	Sabbie limose – Limi argillosi	0.26
10	15.84	20.36	Limi argillosi e Argille limose	4.52
11	20.36	20.76	Sabbie – Sabbie limose	0.40

TABELLA 1.6.1.2-4

CPTU4– DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.40	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.40
2	0.40	2.28	Argille	1.88
3	2.28	6.38	Limi argillosi e Argille limose	4.10
4	6.38	8.42	Limi sabbiosi e Limi argillosi	2.04
5	8.42	9.58	Argille limose – Argille	1.16
6	9.58	9.82	Sabbie limose – Limi argillosi	0.24
7	9.82	10.96	Limi argillosi e Argille limose	1.14
8	10.96	11.88	Sabbie limose – Limi argillosi	0.92
9	11.88	15.58	Limi argillosi e Argille limose	3.70
10	15.58	20.00	Limi argillosi e Argille limose	4.42

TABELLA 1.6.1.2-5

CPTU5 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.34	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.34
2	0.34	2.70	Argille	2.36
3	2.70	8.22	Limi argillosi e Argille limose	5.52
4	8.22	8.90	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.68
5	8.90	9.94	Argille limose – Argille	1.04
6	9.94	10.50	Sabbie limose – Limi argillosi	0.56
7	10.50	11.06	Argille limose – Argille	0.56
8	11.06	11.76	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.70
9	11.76	16.16	Limi argillosi e Argille limose	4.40
10	16.16	17.36	Argille	1.20
11	17.36	20.00	Limi argillosi e Argille limose	2.64

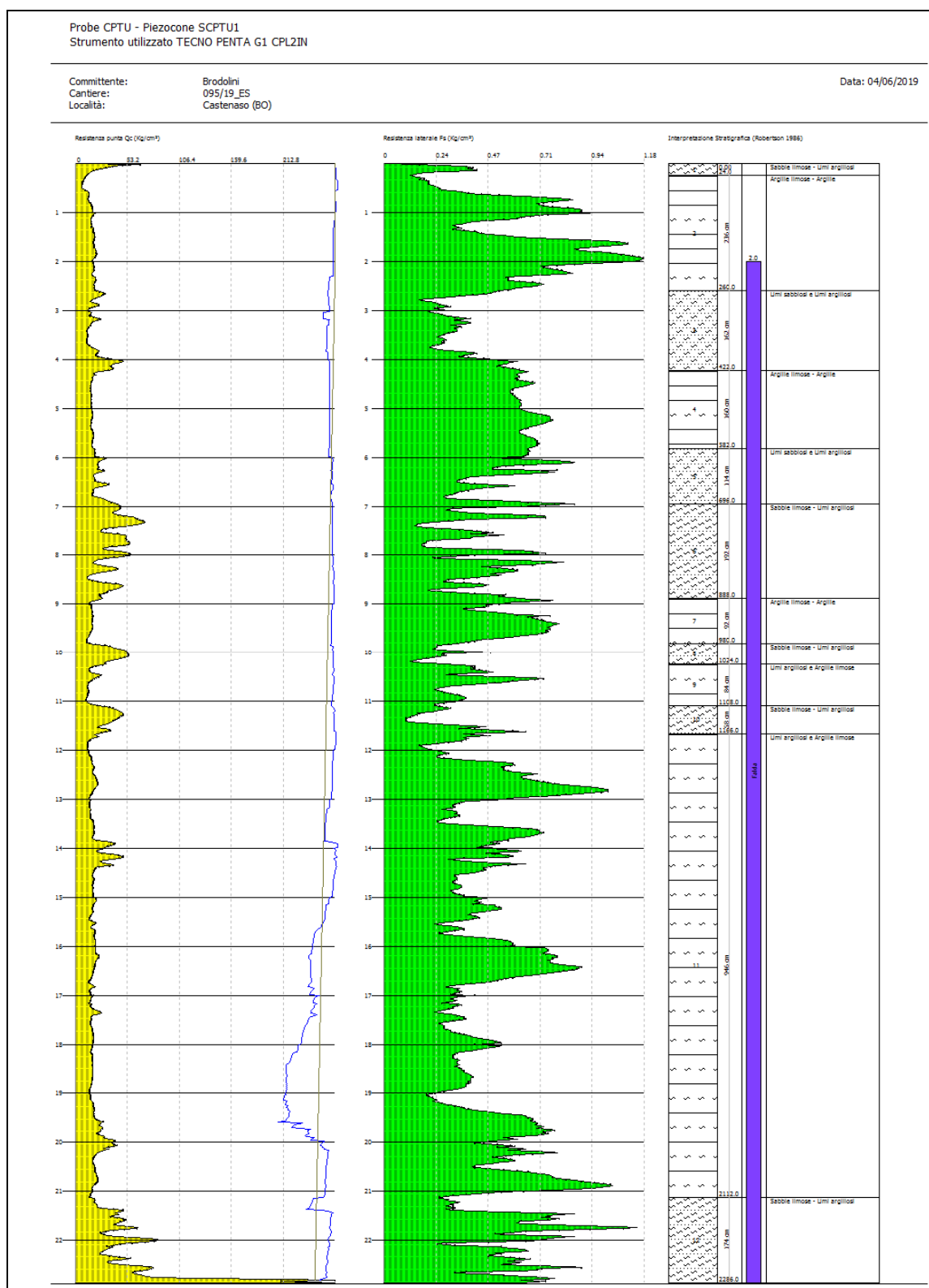


Figura 1.6.1.2-1
Grafico prova SCPTU1

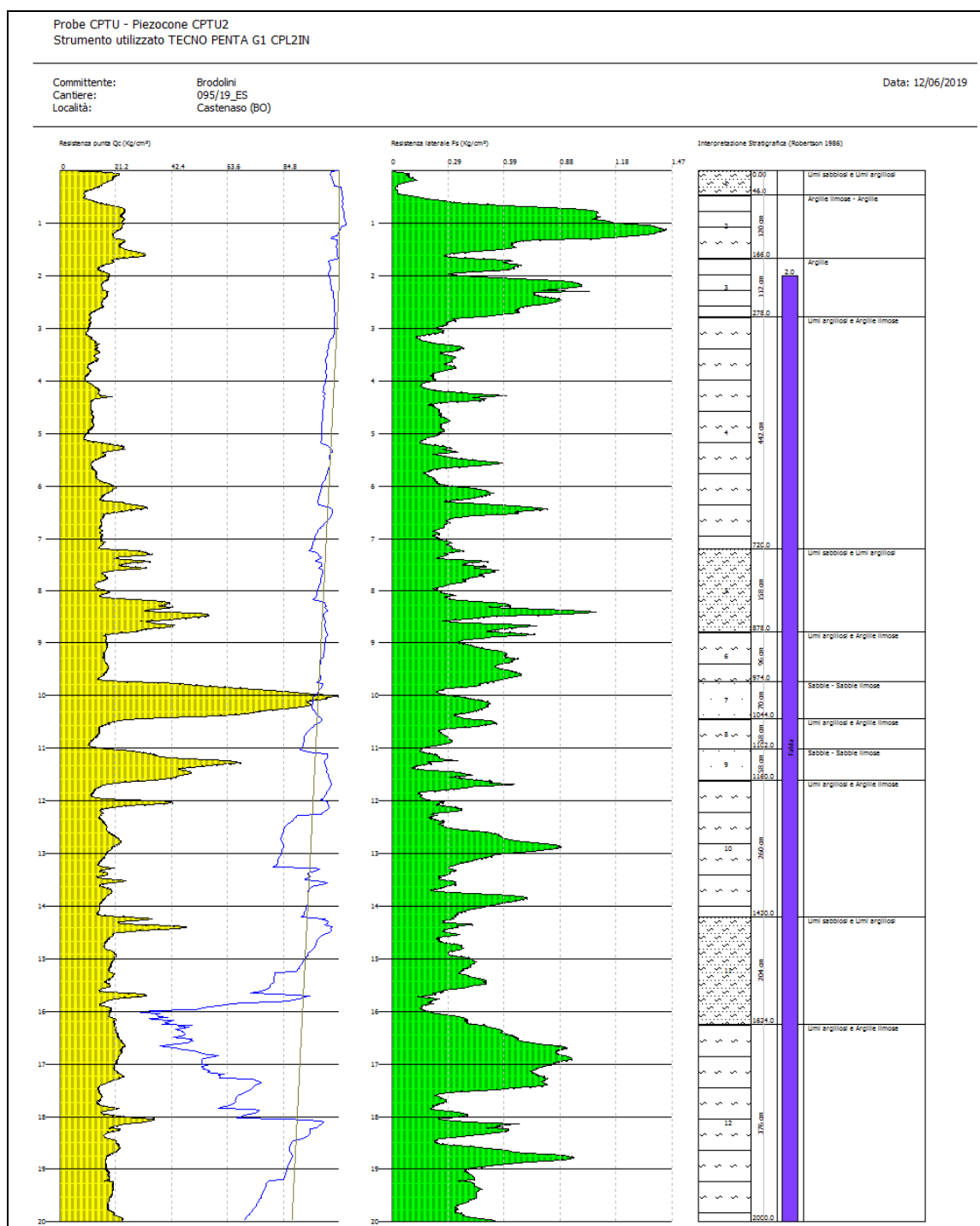
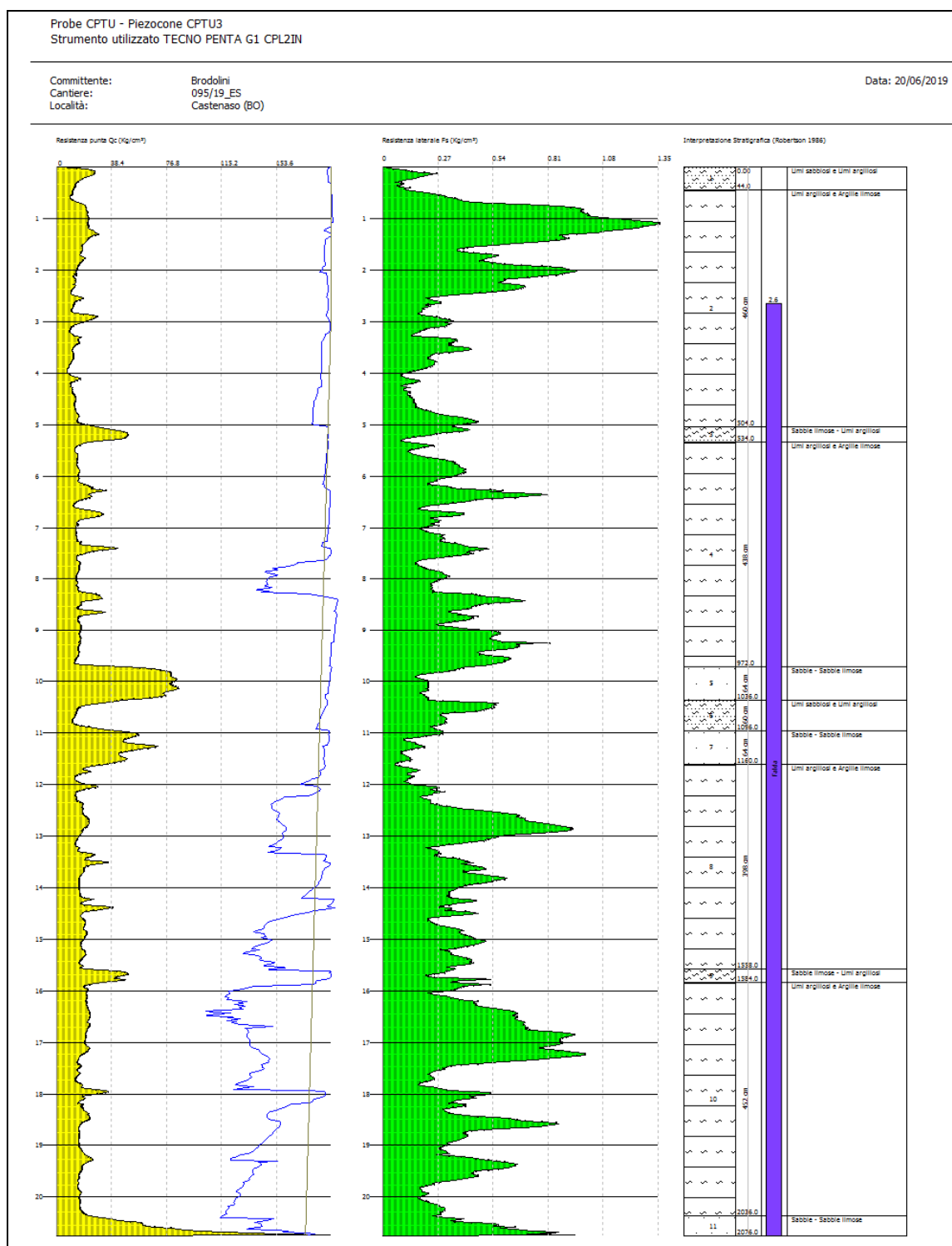


Figura 1.6.1.2-2
Grafico prova CPTU2



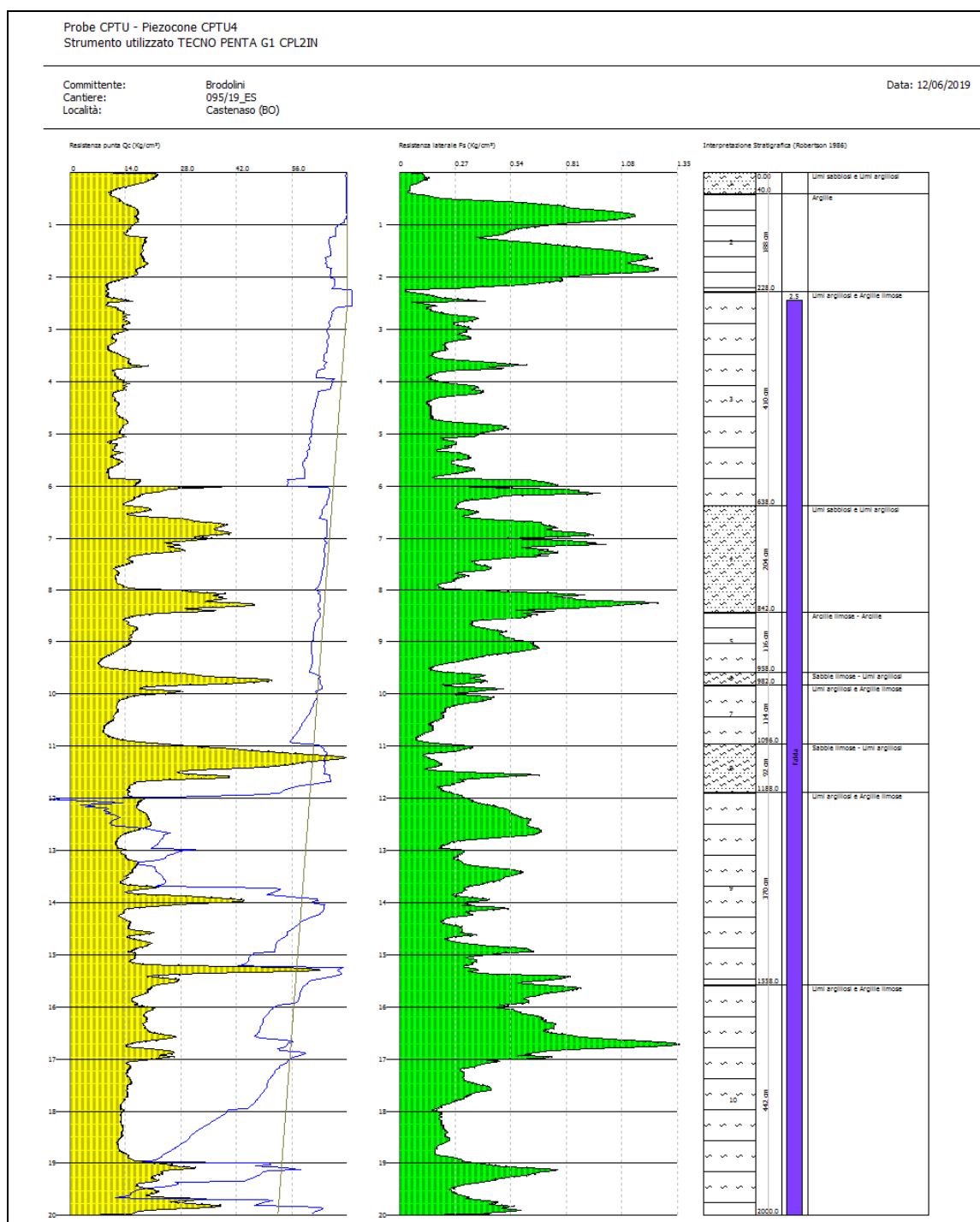


Figura 1.6.1.2-4
Grafico prova CPTU4

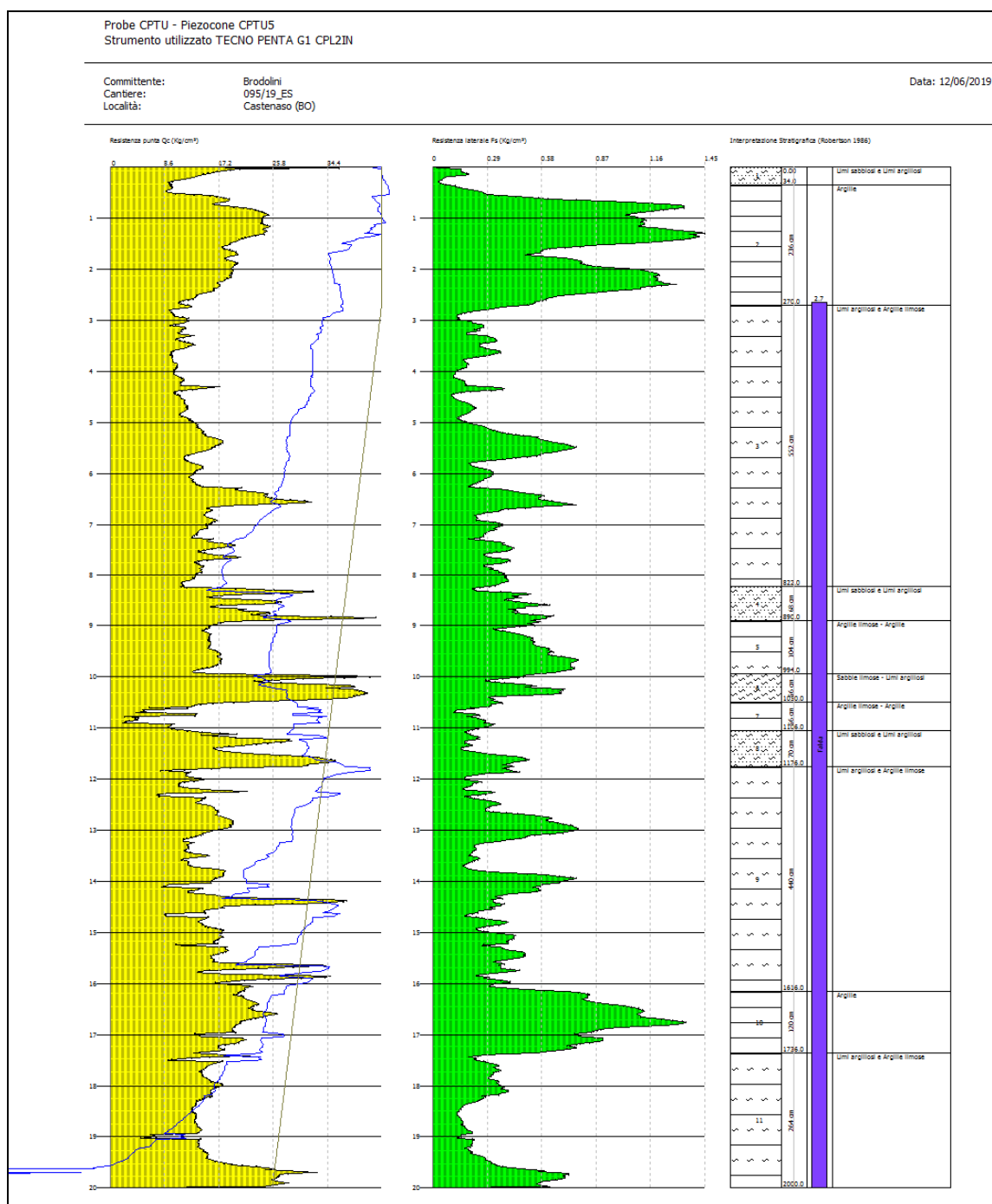


Figura 1.6.1.2-5
Grafico prova CPTU5

1.6.2. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

1.6.2.1. Tecnica HVSR

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata in data 1 luglio 2019, ottenuta utilizzando un tromino modello Engy 3G+. La registrazione è durata 30 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 30 s, un tipo di lisciamento “triangular window” del 10%.

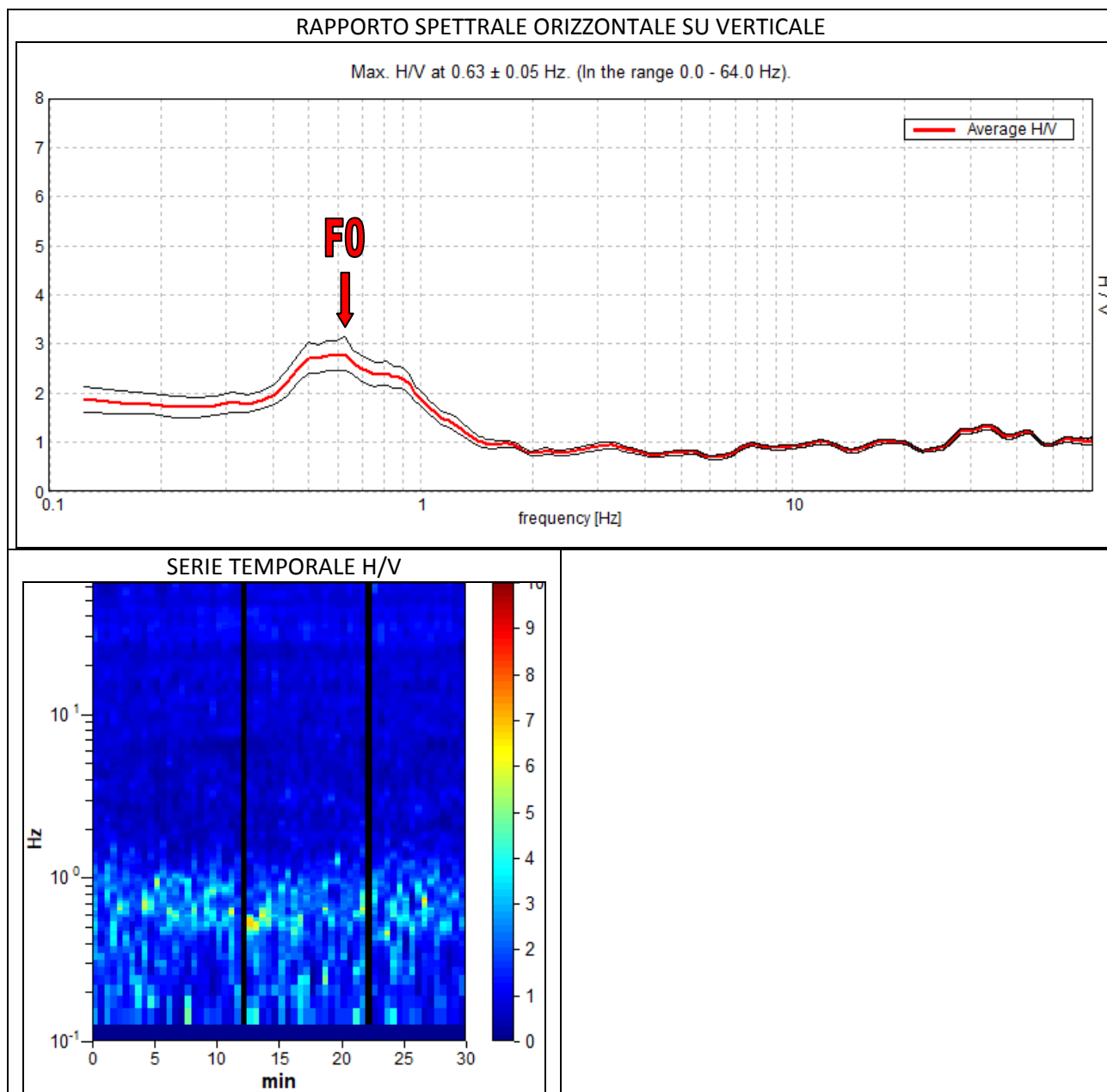


Figura 1.6.2.1-1

Curva H/V registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

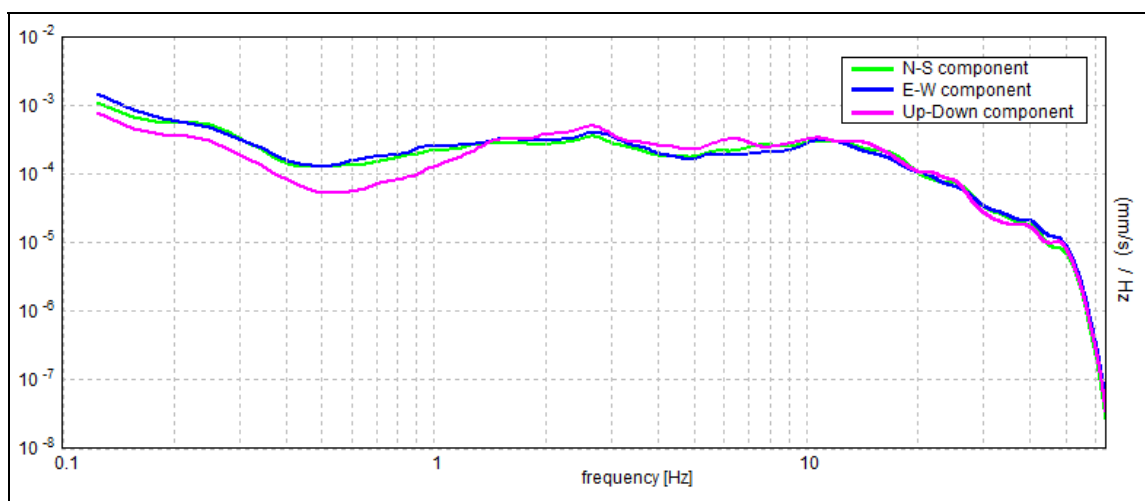


Figura 1.6.2.1-2

Spettri delle tre componenti del moto in velocità

La frequenza di risonanza con rapporto H/V intorno/superiore a 2, tipica dell'area è denominata F0 e risulta essere di circa 0.63 Hz. Questo valore corrisponde ad un periodo di risonanza intorno a 1.587 secondi e suggerisce la presenza di discontinuità acustica collocata ad una profondità prossima a circa 245 m.

1.6.2.2. Tecnica MASW

Di seguito si riporta lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito con tecnica MASW in corrispondenza dell'area di studio. Per l'acquisizione pseudo-multicanale la spaziatura di ogni battuta del trigger wireless è stata di 3.00 m con una frequenza di campionamento pari a 512 Hz. La sorgente consiste in una mazza (5 Kg).

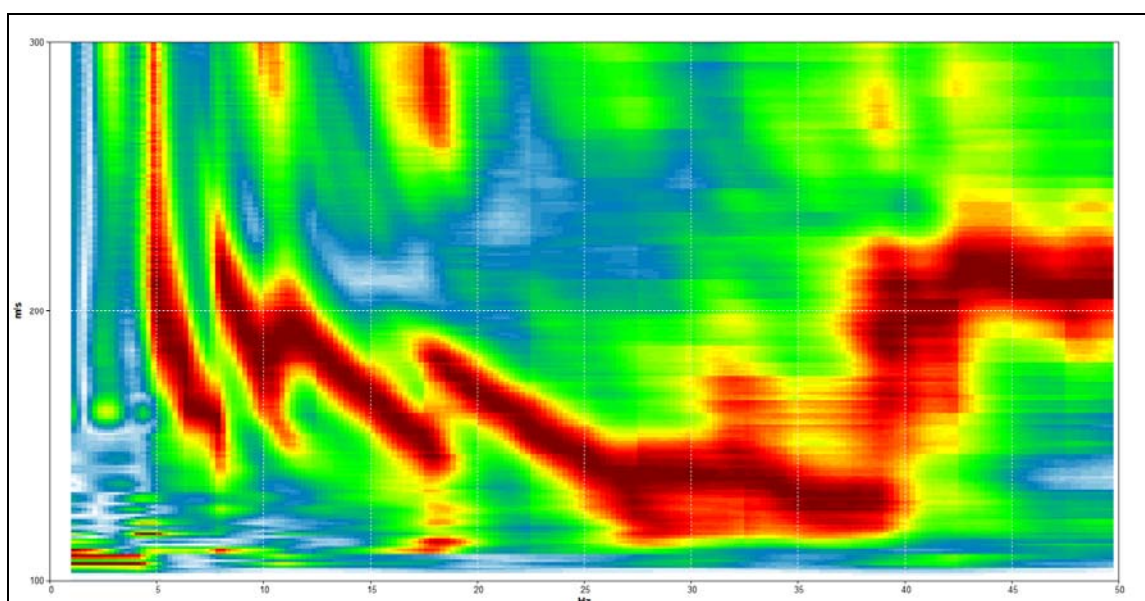


Immagine 1.6.2.2-1

Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo con tecnica MASW.

1.6.3. ANALISI DI LABORATORIO - RISULTATI

Come accennato, sui campioni prelevati da mt 2.60 a mt 3.20 nei pressi della prova CPTU2 e da mt 2.30 a mt 2.90 nei pressi dell'indagine CPTU4, sono stati determinati i Limiti di Atterberg.

Di seguito sono sintetizzati i relativi risultati:

TABELLA 1.6.3-1
CAMPIONE C1 – CPTU2

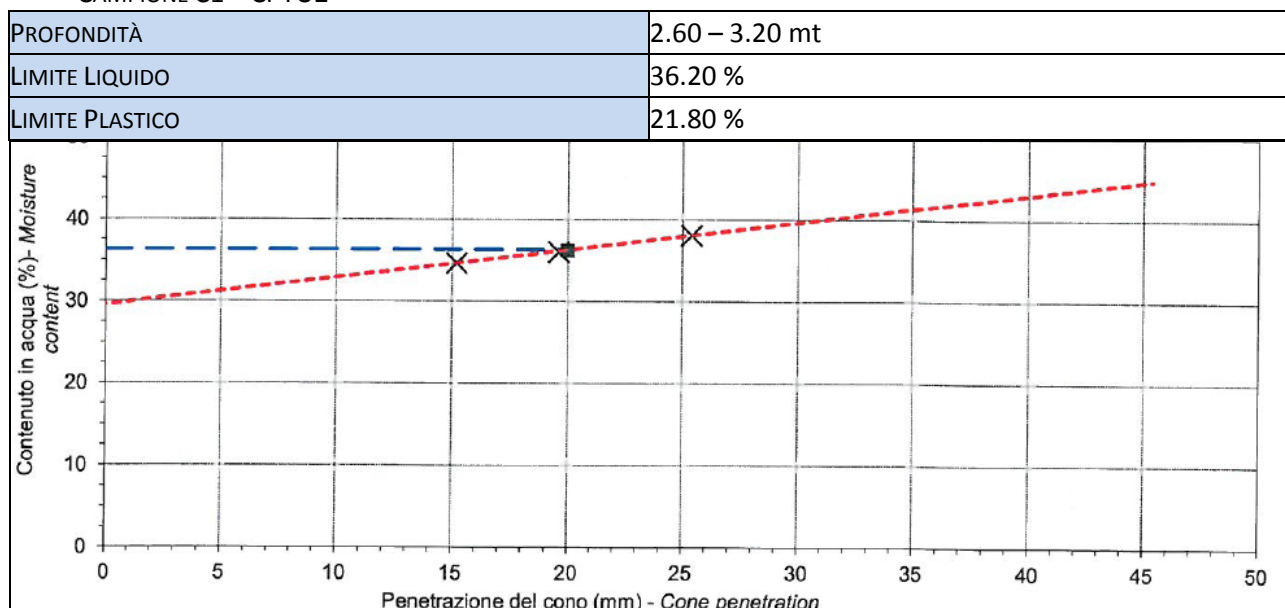


Figura 1.6.3-1
Grafico del Limite Liquido – C1 CPTU2

TABELLA 1.6.3-2
CAMPIONE C1 – CPTU4

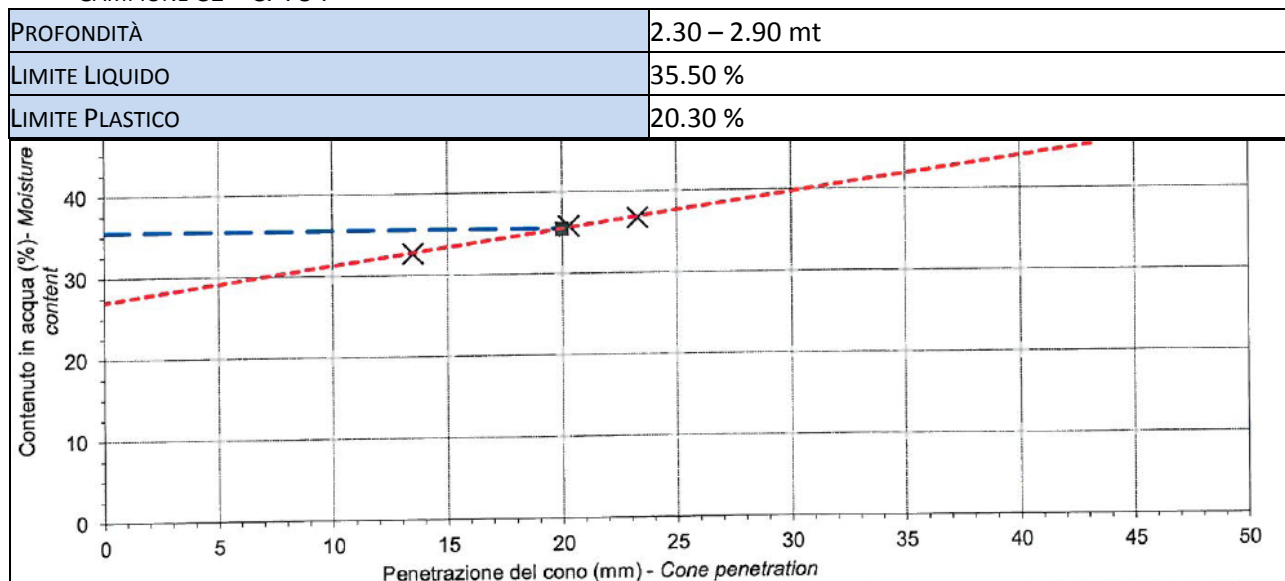


Figura 1.6.3-2
Grafico del Limite Liquido – C1 CPTU4

Dalle analisi di laboratorio geotecnico sono stati rilevati i valori del limite liquido (o di liquidità), WL, nel passaggio tra lo stato liquido e lo stato plastico ed il limite plastico (o di plasticità), WP, tra lo stato plastico e lo stato semisolido (o solido con ritiro).

Con questi parametri è possibile definire l'Indice di Plasticità, IP; ovvero l'ampiezza dell'intervallo di contenuto d'acqua in cui il terreno rimane allo stato plastico:

$$IP (\%) = WL - WP$$

TABELLA 1.6.3-3

SUDDIVISIONE DEI TERRENI BASATA SUI VALORI DELL'INDICE DI PLASTICITÀ

TERRENO	IP
NON PLASTICO	0 - 5
POCO PLASTICO	5 - 15
PLASTICO	15 - 40
MOLTO PLASTICO	> 40

Nel caso specifico:

$$C1 - CPTU2 - IP (\%) = 36.2 - 21.8 = 14.4\% - \text{terreno poco plastico}$$

$$C1 - CPTU4 - IP (\%) = 35.50 - 20.3 = 15.2\% - \text{terreno plastico}$$

Documentazione allegata:

- Allegati 8-9. Certificati di laboratorio geotecnico


1.7. Aspetti geodinamici e sismicità

Con il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni", è entrata in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale, il quale è stato suddiviso in zone, ciascuna caratterizzata da un diverso valore di a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo rigido.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 e alla Delibera Num. 1164 del 23/07/2018 della Regione Emilia - Romagna, il Comune di Castenaso è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3, alla quale corrisponde una sismicità bassa con PGA compreso fra 0.05g e 0.15g e nella quale però, in particolari contesti geologici, possono venire amplificati gli effetti (Figura 1.8-1). La classificazione è stata eseguita in base all'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Con l'OPCM 3519 del 28/04/2006, è stata definita una nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, della quale uno stralcio è riportato in figura 1.8-2. Tale mappa è espressa in termini di accelerazione massima al suolo a_{max} con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/sec; cat. A). In essa viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0.025 come previsto dal D.M. 14/09/2005. Da questa si desume che l'area di studio è compresa all'interno del range 0.150g – 0.175g.

Questa classificazione sismica rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti, in quanto le NTC 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Dal 1 luglio 2009, con l'entrata in vigore delle NTC del 2008,

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell’area di progetto e in funzione della vita nominale dell’opera. Tale approccio è stato confermato dalle NTC18.

La pericolosità di un sito, oltre alla severità della sorgente sismica, dipende dalle caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche.

In particolare, i possibili effetti di sito, intesi come associazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rendono un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad una scossa sismica, sono i seguenti:

- fattori di amplificazione del moto sismico;
- liquefazione o addensamento dei terreni;
- instabilità dei pendii.

Con riferimento alle linee guida dell’A.G.I. pubblicate nell’anno 2005, i fattori di amplificazione delle onde sismiche, sono di seguito elencati:

- effetti stratigrafici: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante;
- effetti di bordo: depositi di valle con bordi e morfologia del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione all’interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- effetti topografici: la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versante, pendii, bordi di terrazzi.

Nel territorio comunale di Castenaso, sono attesi effetti stratigrafici. Non sono attesi effetti di bordo e vengono esclusi anche gli effetti topografici.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nel territorio in cui ricade il sito oggetto di studio, tali fenomeni possono essere attesi in corrispondenza di strati granulari saturi (liquefazione) o insaturi (addensamento), spessi e continui, eventualmente presenti a profondità non superiori a 15/20 metri dal piano campagna.

Relativamente all’instabilità dei pendii, si ribadisce come il territorio del Comune di Castenaso ricada all’interno di una zona di pianura, nella quale tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati artificiali o delle sponde dei corsi d’acqua di determinate altezze.

Supporti grafici:

- Figura 1.7-1. Classificazione sismica dei comuni dell’Emilia Romagna – DGR 1164/2018
- Figura 1.7-2. Zonizzazione sismica Emilia Romagna

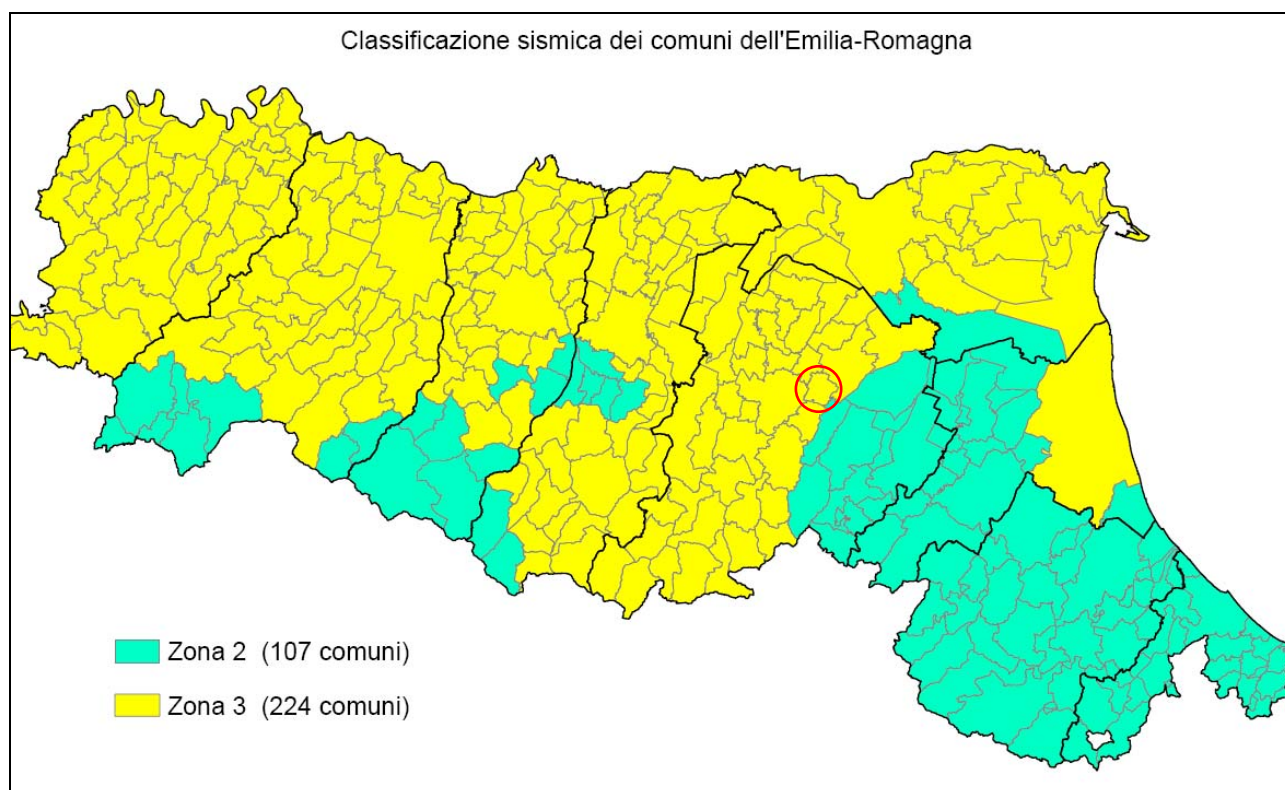


Figura 1.7-1

Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna – DGR 1164/2018

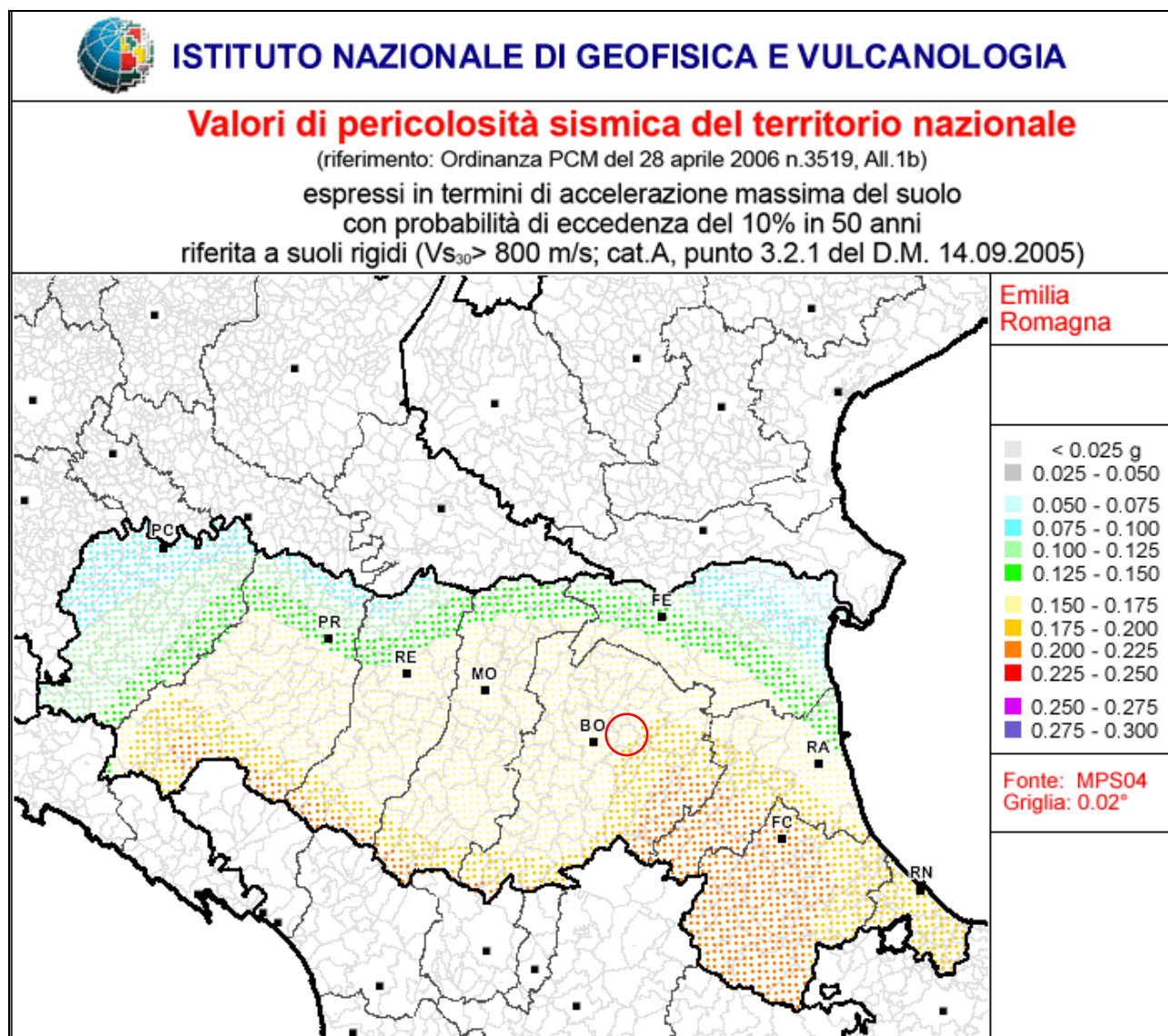


Figura 1.7-2
Zonizzazione sismica Emilia Romagna

1.8. Aspetti sismici di dettaglio

1.8.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E DETERMINAZIONE DELLA VS30

Ai fini della progettazione e della verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché dei requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni, come indicato dalla normativa NTC18 è stato valutato l'effetto della risposta sismica locale. Nello specifico, lo studio della Risposta Sismica Locale è stato sviluppato dal Dr. Stefano Maggi seguendo il seguente schema:

- **Definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo** attraverso indagini sia dirette che indirette (geofisiche), sulla base delle conoscenze geologiche e sulla base di dati provenienti dal database del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione E-R e dagli strumenti di pianificazione territoriale (es: PSC, PTCT) relativi al comune a cui appartiene il sito di interesse;

- **Selezione di una serie di accelerogrammi di input** (terremoti target di riferimento, componente orizzontale) rappresentativi del moto sismico atteso nel sito in esame;

- Calcolo del moto atteso al sito: **spettro di risposta finale in accelerazione** (spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un grado di libertà SDOF).

Sono inoltre state utilizzate le prove dirette eseguite, nello specifico:

- **n. 4** prove penetrometriche statiche a punta elettrica con piezocono (**CPTU**) spinte fino a circa 20.00/21.00 m da p.c.;

- **n. 1** prova penetrometrica statica a punta elettrica con piezocono sismico (**SCPTU**) spinta fino alla profondità massima di circa 22 m da p.c. (tetto ghiaia);

- **n.1** profilo in array eseguito con tecnica **MASW-Re.Mi.** e **n. 1** misura a stazione singola con tecnica **HVSR** mediante tomografo digitale.

Al fine di ottenere un quadro più preciso e dettagliato possibile circa la natura dei terreni costituenti il sottosuolo del sito investigato, fino al raggiungimento del bedrock sismico (caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s e che rappresenta il livello base del modello), il Dr. Stefano Maggi ha consultato e fatto riferimento ai dati contenuti nel database sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli Regione E-R.

Si riporta di seguito il modello di sottosuolo utilizzato per l'analisi.

TABELLA 1.8.1-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Profondità da p.c. tetto sismostrato (m)	Spessore sismostrato (m)	Litotipo prevalente nel sismostrato	Vs media nel sismostrato (m/s)
0.00	10.00	Limi argilloso – sabbioso (Alta Pianura Bolognese – Lo Presti)	180
10.00	15.00	Limi argilloso – sabbioso (Alta Pianura Bolognese – Lo Presti)	200
25.00	50.00	Limi argilloso – sabbioso (Alta Pianura Bolognese – Lo Presti)	300
75.00	70.00	Limo con sabbia “profondo” (Alta Pianura Bolognese – Lo Presti)	450
145.00	100.00	Limo con sabbia “profondo” (Alta Pianura Bolognese – Lo Presti)	550
245.00	Half - Space	Bedrock	700

Le curve di smorzamento impiegate per le coperture e per il bedrock sono riportate nelle figure 1.8.1-1 e 1.8.1-2. In assenza di prove di laboratorio specifiche, per poter procedere con l'analisi sono state utilizzate curve di degrado-smorzamento ottenute da prove di laboratorio eseguite su materiali litologicamente simili e compatibili con quelli presenti in sito. Per confronto sono state inserite anche le curve "Argilla" e "Sabbia" ottenute dagli studi di Seed e Idriss.

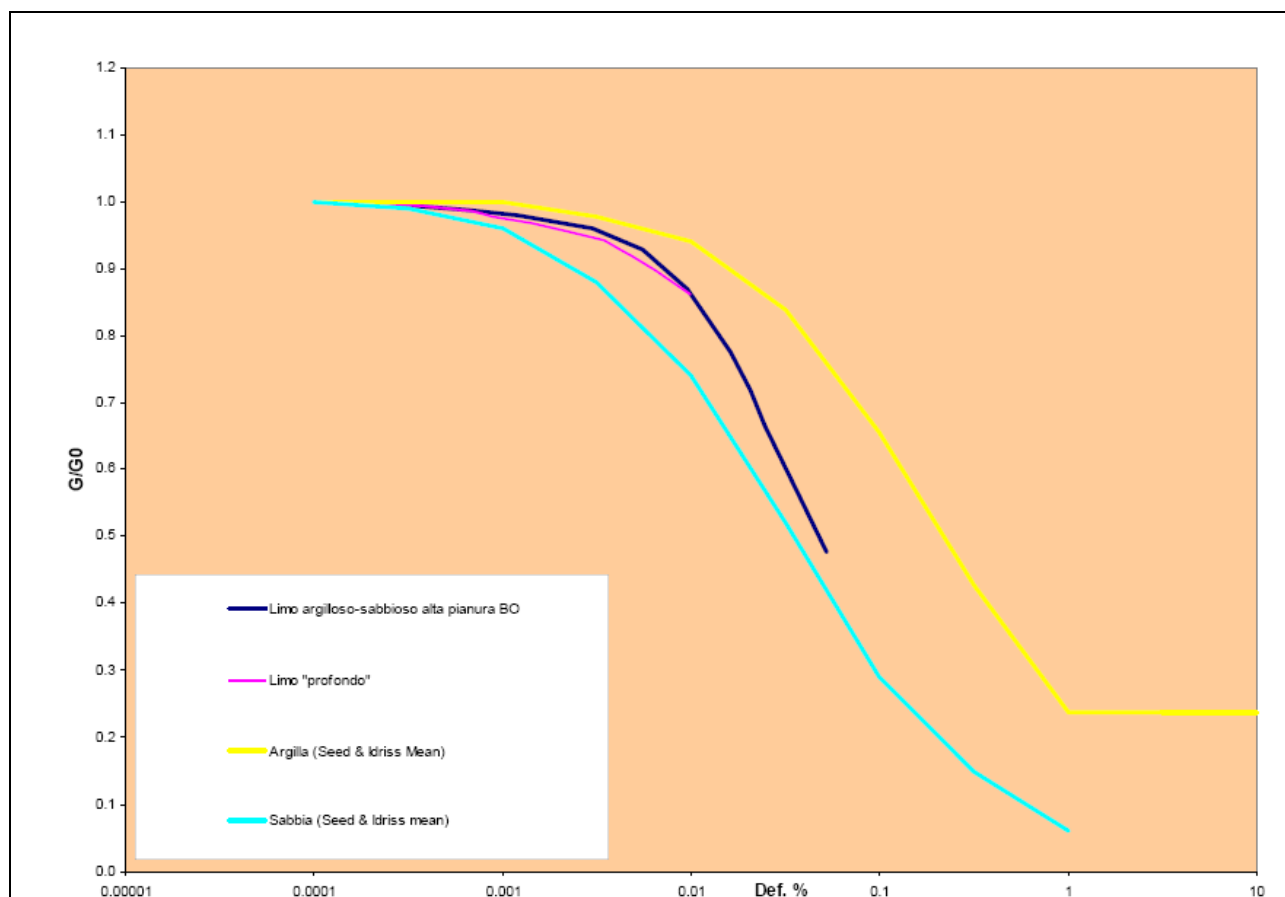


Figura 1.8.1-1
Curve di degrado (G/G_0) dei terreni utilizzati nell'analisi

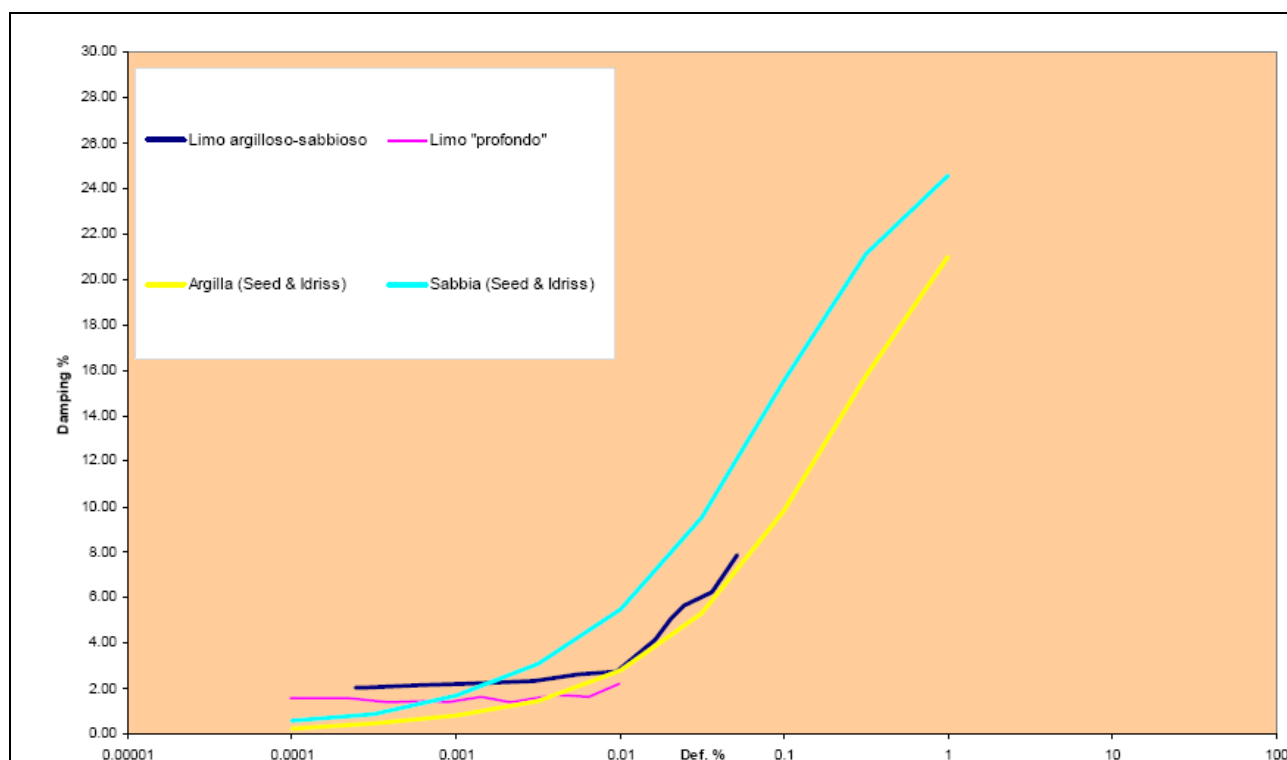


Figura 1.8.1-2


Curve di smorzamento (Damping %) dei terreni utilizzati nell'analisi

Per il calcolo delle accelerazioni e dello scuotimento attesi in superficie, sono stati selezionati una serie di accelerogrammi di input, riferiti a siti in roccia ($V_s = 800$ m/s), spettro compatibili in media con lo spettro del terremoto target (spettro di riferimento definito su suolo rigido orizzontale di categoria A – NTC 2018 per il sito di interesse).

Lo spettro del terremoto target è stato definito utilizzando i seguenti parametri di ingresso (da Documento Excel SPETTRI-NTC ver 1.0.3):

- Coordinate sito (ED50): **44.510935 N; 11.435556 E**
- Vita nominale (V_n) struttura: **50 anni**
- Classe uso: **II**
- Coefficiente d'uso (C_u): **1.0**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_n \cdot C_u$): **50 anni**
- Stato limite considerato: **Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV)**
- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{vr}): **10% in 50 anni**
- Periodo di ritorno (T_r): **475 anni**

Utilizzando i parametri sopra riportati è stato definito il terremoto di scenario la cui PGA_0 (Pick Ground Acceleration, pericolosità sismica di base del sito di interesse) è risultata pari a **$PGA_0 = 0.177$ (g)**.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

I segnali di input sono stati ricavati mediante il software **Rexel** dalla banca dati **ITACA** (Italian Accelerometric Archive) utilizzando i seguenti parametri di ricerca (parametri con i quali è stato ottenuto il set migliore di segnali secondo il tecnico):

- Intervallo di Magnitudo ricercata: **5.3 (min) – 6.1 (max)**
- Distanza epicentrale ricercata: **10 Km (min) – 50 Km (max)**
- Periodo spettrale: **0.15 s - 2.0 s**

La coppia magnitudo-distanza utilizzata per la ricerca degli accelerogrammi di input è stata scelta tenendo conto dei seguenti dati:

- storia sismica del comune di appartenenza del sito in esame (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 e Database Macrosismico Italiano DBMI15 - INGV);
- carta sismogenetica d'Italia (ZS9 – INGV);
- database ITACA 3.0 (INGV).

In figura 1.8.1-3 si riportano le caratteristiche degli accelerogrammi di input estratti da REXEL-Lite ITACA 3.0. In aggiunta sono stati utilizzati i n. 3 accelerogrammi forniti dalla DGR 2193/2015 scalati alla pericolosità sismica di base del Comune di Castenaso (BO).

```

=====
REXELite ELABORATION SUMMARY
=====
Tue Jun 18 08:53:27 CEST 2019
Target spectrum
=====
Latitude: 44.510935
Longitude: 11.435556
Site classification: A
Topography: 1
Nominal life [years]: 50
Building functional type (Cu): 1.0
Limit state probability : 0.1

Preliminary record search
=====
Station site classification: A,A*,B,B*,C,C*,D,D*,E,E*
Magnitude min: 5.3
Magnitude max: 6.1
Types of magnitude considered: WL
Epicentral distance min [km]: 10.0
Epicentral distance max [km]: 50.0
Include late trigger events: yes
Include analog recordings: yes

Spectrum matching parameters and analysis options
=====
Period range min [s]: 0.15
Period range max [s]: 2.0
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Scaled records: yes

Scaled records and corresponding scale factors
=====
TV.MIR08..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC
IV.T0814..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC
E.SRC0..HNE.D.19760915.092118.C.SA.ASC
TV.MIR03..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC
IV.T0814..HNN.D.20120529.105556.C.SA.ASC
E.SRC0..HNN.D.19760915.092118.C.SA.ASC
IT.RAV0..HNN.D.20120529.105556.C.SA.ASC

```

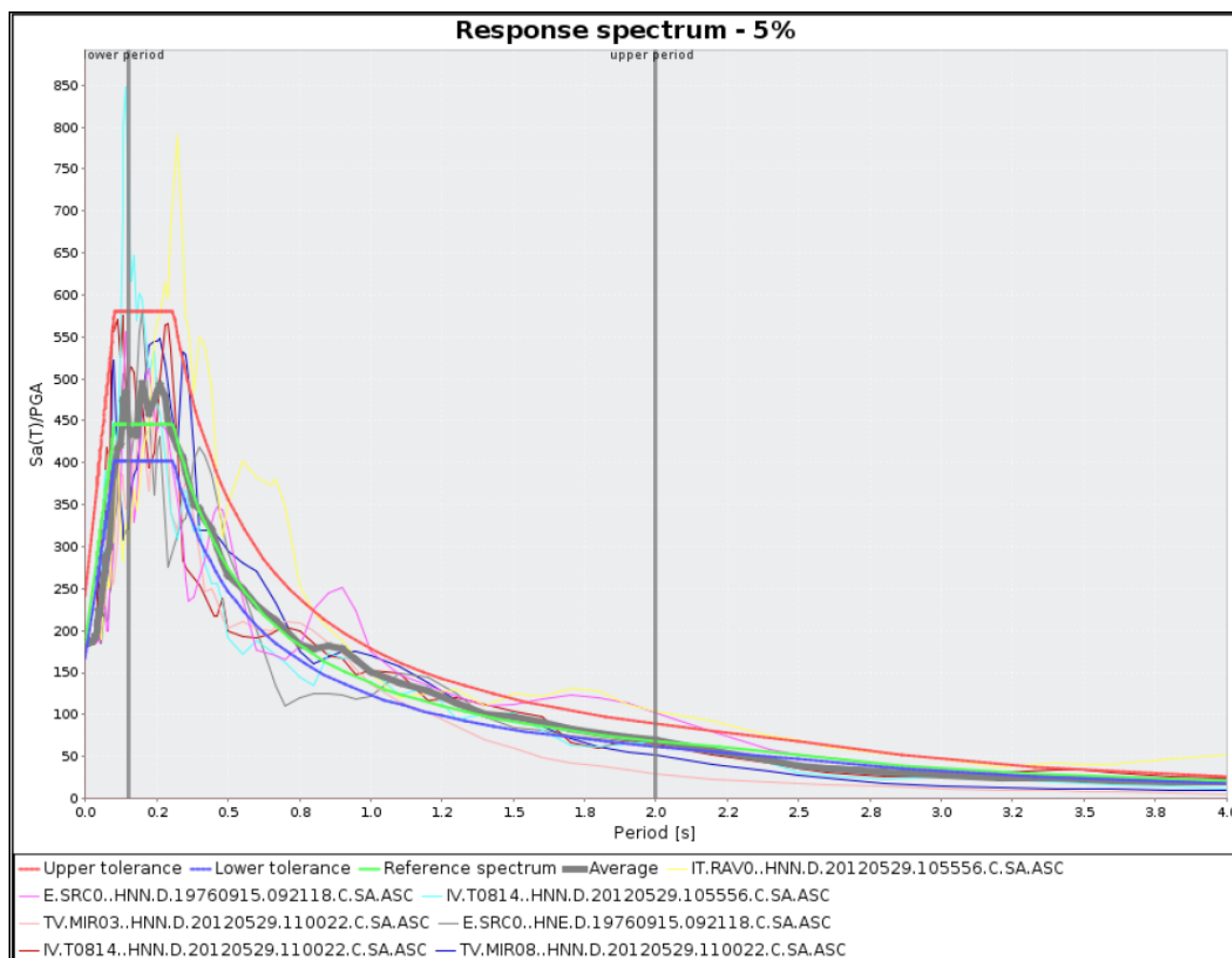


Figura 1.9.1-3

Spettri di risposta in accelerazione dei terremoti di input e confronto con lo spettro NTC2018 (Target Spectrum)

A partire dagli accelerogrammi di input e dal modello di sottosuolo utilizzato, sono stati ottenuti gli spettri di risposta in accelerazione attesi al sito (spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un solo grado di libertà SDOF).

Il calcolo eseguito mediante il software **STRATA** è stato condotto con i seguenti vincoli:

- variazione delle curve degrado-smorzamento relative ai materiali utilizzati nel calcolo (Darendeli);
- variazione profondità del bedrock (distribuzione Log Normale; prof. min 180 m – prof. max 250 m; $\sigma = 0.50$)
- variazione delle velocità Vs dei singoli strati (Toro, 1992)
- n° di profili calcolati: 20;
- n° terremoti input utilizzati: 10;
- n° spettri di risposta finali generati: 200

In figura 1.8.1-4 si riporta lo spettro di risposta finale scelto dal Dr. Maggi come rappresentativo del sito investigato (spettro di colore rosso: SPETTRO MEDIO + DEVIAZIONE STANDARD). Lo spettro è stato messo a confronto con lo spettro di risposta elastico che si otterrebbe dall'applicazione dell'approccio

semplificato basato sul parametro V_{s30} (NTC 2018) per lo Stato Limite ultimo SLV ($T_R = 475$ anni e P_{VR} del 10% in 50 anni).

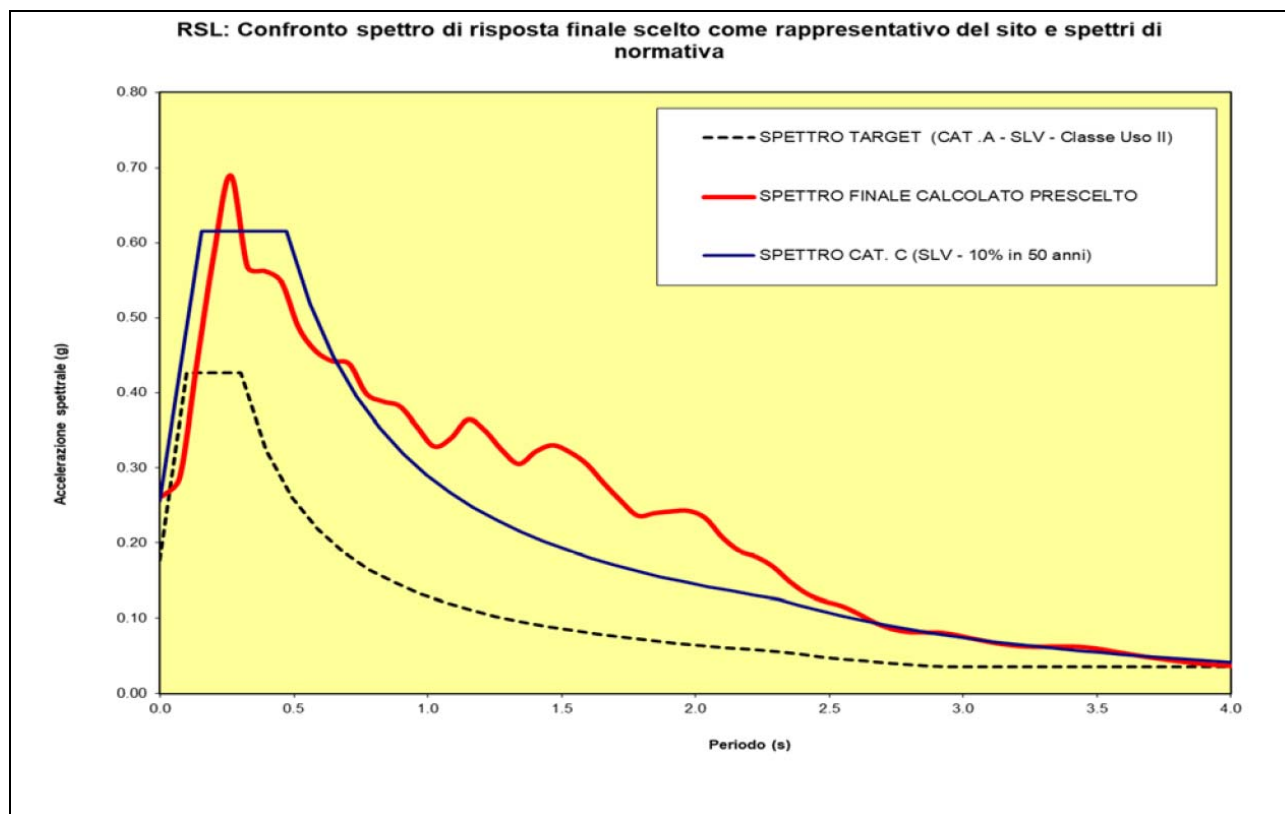


Figura 1.9.1-4

Spettro di risposta finale scelto come rappresentativo del sito in esame (curva rossa) e confronto con spettri di normativa

Di seguito sono forniti i valori numerici dello spettro finale selezionato come rappresentativo del sito in esame.

TABELLA 1.8.1-2

VALORI NUMERICI DELLO SPETTRO NORMALIZZATO DI RISPOSTA ELASTICO

T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)
0.01	0.245	1.40	0.288	2.80	0.070
0.07	0.267	1.47	0.293	2.86	0.070
0.14	0.400	1.53	0.283	2.92	0.069
0.20	0.530	1.59	0.267	2.99	0.066
0.26	0.630	1.66	0.244	3.05	0.062
0.33	0.522	1.72	0.223	3.11	0.058
0.39	0.520	1.78	0.205	3.18	0.055
0.45	0.508	1.85	0.206	3.24	0.054
0.52	0.454	1.91	0.207	3.30	0.053
0.58	0.430	1.97	0.206	3.37	0.053
0.64	0.417	2.04	0.198	3.43	0.053
0.71	0.412	2.10	0.177	3.49	0.051
0.77	0.377	2.16	0.161	3.56	0.048
0.83	0.368	2.23	0.154	3.62	0.044
0.90	0.360	2.29	0.143	3.68	0.041
0.96	0.334	2.35	0.126	3.75	0.039
1.02	0.309	2.42	0.113	3.81	0.036
1.09	0.317	2.48	0.105	3.87	0.034
1.15	0.335	2.54	0.100	3.94	0.032
1.21	0.319	2.61	0.091	4.00	0.031
1.28	0.294	2.67	0.081		
1.34	0.277	2.73	0.074		

Il valore di PGA dello spettro finale scelto come rappresentativo del sito è risultato:

PGA = 0.245 g

F.A. (PGA/PGA0) = 1.4 (spettro in accelerazione)

F.A. (0.1-0.5 sec; Housner) = 1.3 (spettro in pseudovelocità)

F.A. (0.5-1.0 sec; Housner) = 1.9 (spettro in pseudovelocità)

F.A. (0.5-1.5 sec; Housner) = 2.1 (spettro in pseudovelocità)

Dove:

P.G.A. = Pick Ground Acceleration, accelerazione massima orizzontale al sito in superficie;

F.A. = Fattore di amplificazione dello spettro

Lo spettro finale calcolato è stato normalizzato:

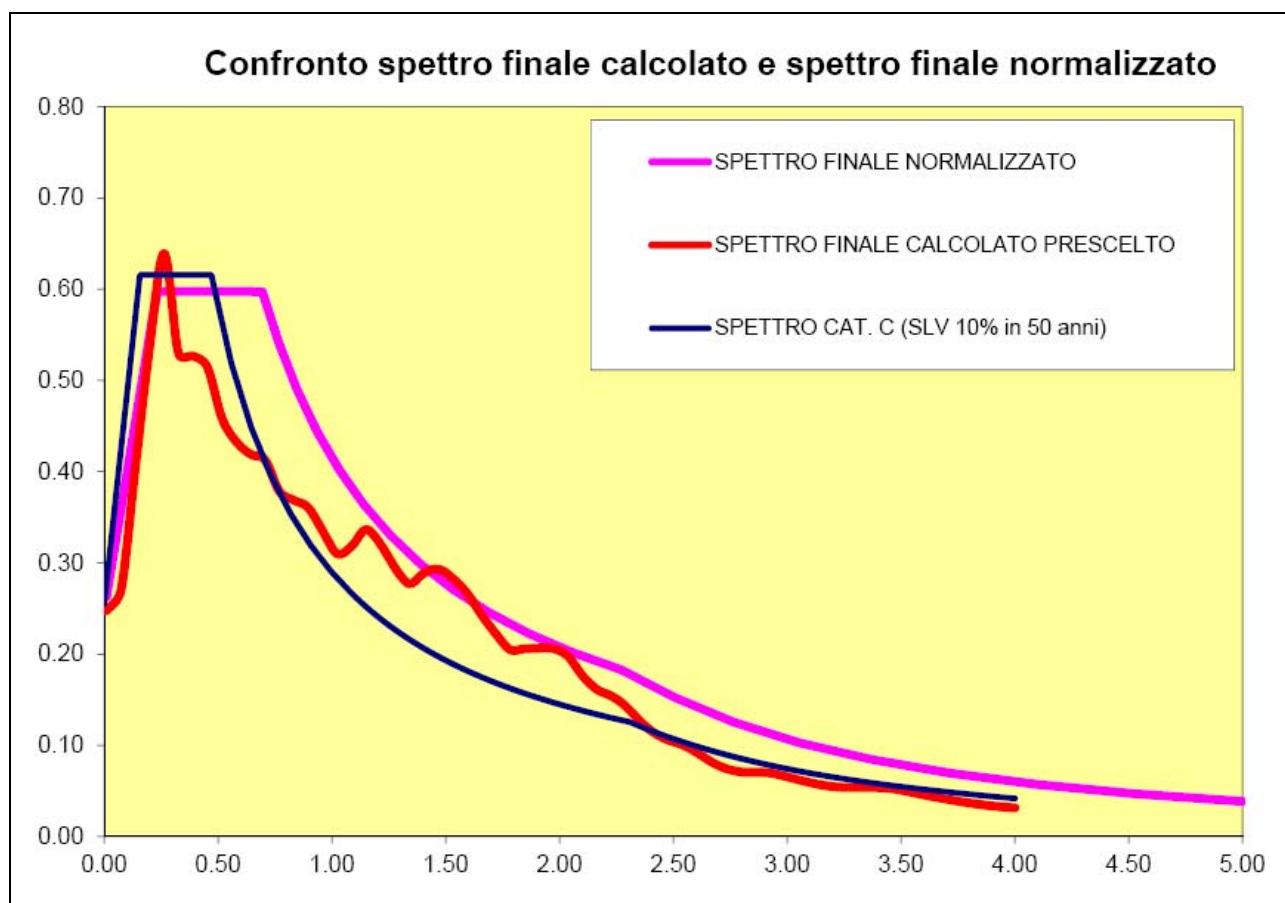


Figura 1.9.1-5

Spettro di risposta finale normalizzato

I parametri sismici indipendenti del sito investigato sono:

- Accelerazione massima orizzontale di base = 0.177 g
- F_0 (amplificazione spettrale massima) = 2.411
- $T_c^* = 0.302$ s

I parametri derivati che definiscono lo spettro normalizzato sono i seguenti:

- S (coeff. di amplificazione) = 1.4
- C_c (coefficiente calcolato in funzione dei valori di F_0 e T_c^*) = 2.30
- Smorzamento convenzionale (5%) = 1
- T_B (inizio tratto spettro ad accelerazione costante) = 0.232 s
- T_C (inizio tratto spettro a velocità costante) = 0.695 s
- T_D (inizio tratto spettro a spostamento costante) = 2.308 s

1.8.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tabella 1.9.2-1):

TABELLA 1.8.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nell'area di studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.

1.8.3. CLASSE D'USO

L'oggetto del presente studio riguarda la realizzazione di un nuovo capannone prefabbricato, per l'ampliamento dell'attività della Committenza; secondo un'ipotesi degli scriventi il tipo di intervento previsto rientra in Classe d'uso II, in quanto corrispondente ad una *costruzione il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali* [...].

Le azioni sismiche, per ogni costruzione, sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale V_N viene definita pari a 50 anni.


Il valore del coefficiente d'uso C_U , varia al variare della classe d'uso, così come riportato in tabella 1.8.3-1.

TABELLA 1.8.3-1

CLASSI D'USO E COEFFICIENTI D'USO C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Ai fini del calcolo è stata scelta una vita nominale V_N di 50 anni, ed una classe d'uso II, con coefficiente d'uso C_U di 1.0.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

1.8.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI

E' importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa (D_r); un terreno molto addensato ($D_r \geq 70\%$) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (fenomeno della dilatanza) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa (D_r) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio (ϕ) legato direttamente ad essa.


Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine effettuate, sono stati rilevati sedimenti coesivo-granulari e granulari saturi. Per tali terreni sono stati determinati valori di densità relativa media inferiori al 70%. Pertanto, in virtù delle caratteristiche dei terreni e delle densità individuate, in caso di sollecitazione sismica non è previsto l'insorgere del fenomeno della dilatanza. A tale proposito si sottolinea inoltre come, in generale, tale fenomeno sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato, minore sarà la possibilità dell'insorgere del fenomeno. Il dato è riferito alle sole verticali d'indagine, ma si ritiene che in zona siano difficilmente presenti terreni granulari superficiali, con una densità relativa superiore al 70%.

Per quanto riguarda il fenomeno della liquefazione, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante una sollecitazione sismica, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si riscontra almeno una delle condizioni riportate di seguito. È sufficiente che solo uno di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica (decreto 17 gennaio 2018 – "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" – paragrafo 7.11.3.4.2 – Esclusione della verifica a liquefazione).

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 1.9.4.5-1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 1.9.4.5-1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Quando nessuna delle condizioni sopra descritte risulta soddisfatta, è necessario procedere alla valutazione di un coefficiente di sicurezza alla liquefazione, alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

1.8.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma

La definizione della magnitudo attesa, utilizzata di seguito per le valutazioni sulla liquefazione, farà riferimento, alla massima magnitudo attesa relativa alla zona sismogenetica di riferimento (913) che risulta pari a $M = 6.14$. Tale assunzione viene anche suggerita dalla determinazione della Regione Emilia Romagna n. 1105 del 03/02/2014.

1.8.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale

Nel caso specifico, come descritto e commentato, è stato effettuato uno studio di **Risposta Sismica Locale** per mezzo del quale è risultato che l'accelerazione sismica di progetto corrisponde a quella sito specifica calcolata, come descritto nel paragrafo 1.9.1, ovvero:

- PGA = 0.245 g

In base al valore della accelerazione sopra riportato, si conclude che la verifica non è soddisfatta, ovvero è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio liquefazione.

Supporti Grafici:

- Allegato 10. Analisi di risposta sismica locale mediante approccio numerico non semplificato


1.8.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Quando le sopracitate condizioni non risultano soddisfatte, diventa necessario eseguire una prima valutazione geotecnica di tipo qualitativo e semi quantitativo sui terreni presenti nel sito indagato.

Il primo parametro da individuare è la posizione della falda rispetto al piano campagna. Se la profondità media stagionale del livello di falda è superiore a mt 15, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Questo limite coincide con quello indicato nell'Eurocodice 8. Si ammette quindi l'improbabilità che strutture con fondazioni superficiali in presenza di topografia suborizzontale, possano risentire degli effetti della liquefazione in livelli posti oltre i mt 15 di profondità.

Il DM 17/01/2018 parla di misura riferita al valore medio stagionale. Nell'Eurocodice 8 invece si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera. Nel primo caso si tratta di eseguire una valutazione sulla base di dati storici, nel secondo di fare una previsione a lungo termine, con i problemi che ciò comporta. Qualora non fossero disponibili misure precise del livello di falda, è possibile effettuare una valutazione approssimativa attraverso una stima di massima dell'oscillazione del livello.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

Nel caso specifico la falda risulta comunque a profondità inferiori a mt 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel paragrafo dedicato.

1.8.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno

Nel caso specifico non sono state effettuate le valutazioni speditive finalizzate a definire la resistenza mobilitabile nel terreno in quanto, come si vedrà più avanti, vista la sequenza stratigrafica e le accelerazioni attese, si è ritenuto opportuno procedere comunque alla verifica alla liquefazione tramite analisi delle intere colonne stratigrafiche delle SCPTU e CPTU.

1.8.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Facendo riferimento ai classici schemi di Tsuchida (1970), incorporati in numerose normative nazionali e procedure di valutazione del rischio, vengono definiti due fusi granulometrici corrispondenti a depositi con diverso valore del coefficiente di uniformità.

Si ricorda che per coefficiente di uniformità si intende il rapporto:

$$U = d_{60} / d_{10}$$

in cui d_{60} e d_{10} sono, rispettivamente, i diametri corrispondenti al 10% e al 60% del peso del campione letti sulla curva granulometrica.

Secondo le NTC2018, si può omettere la verifica alla liquefazione, quando la curva granulometrica del terreno risulta esterna alle zone indicate.

A livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura a diverse profondità, con le difficoltà e i costi che questo comporta.

Interpretativamente è necessario che un profilo ricada completamente nei limiti indicati per poter essere indicato liquefacibile.

Nel caso specifico, non è stato in questa fase previsto il prelievo di campioni di terreno sui quali effettuare analisi granulometriche. Tale verifica, se necessaria, sarà programmata in una successiva fase di studio.

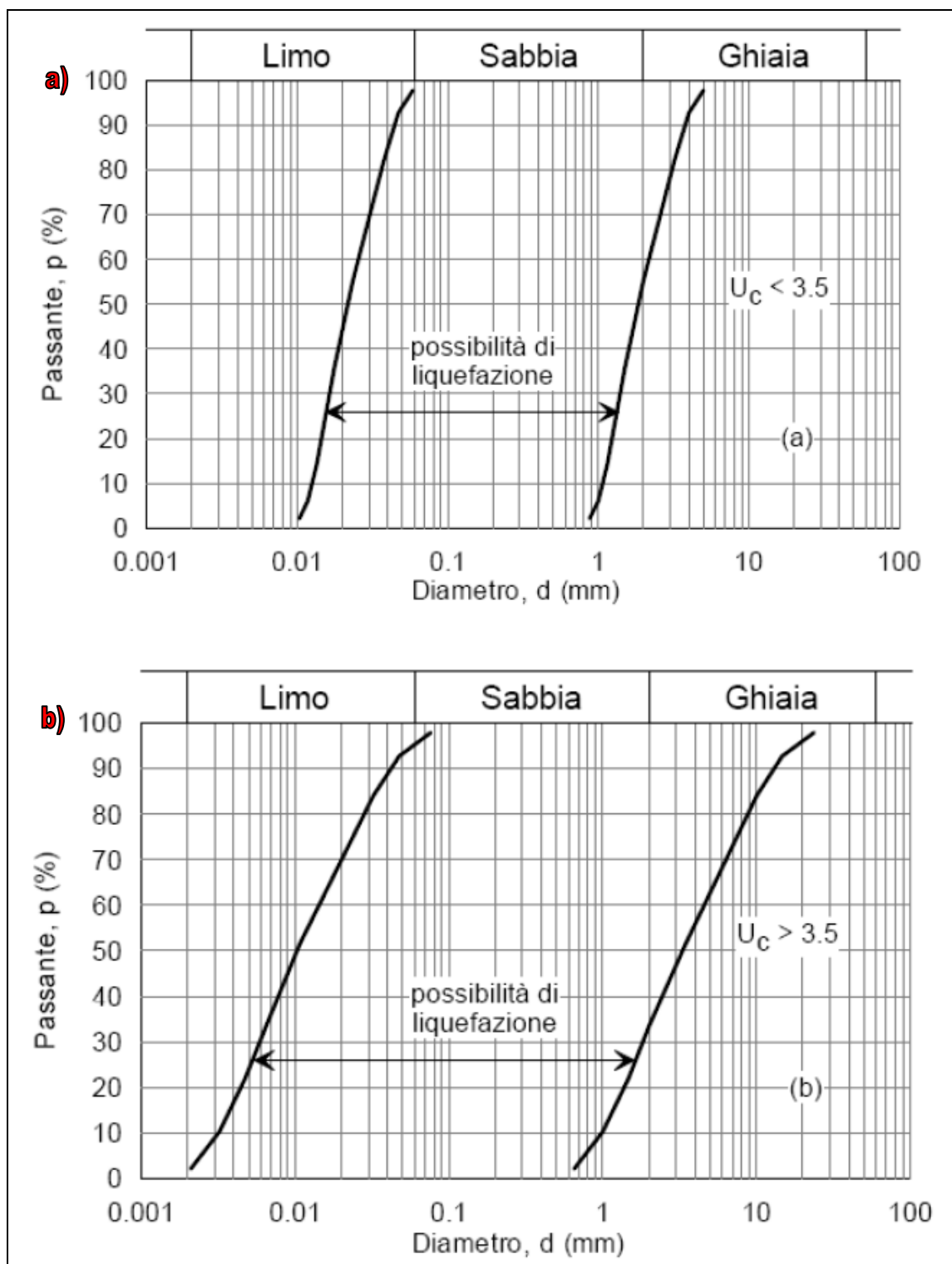


Figura 1.8.4.5-1

Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

1.8.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali di indagine, sono stati individuati livelli coesivo-granulari e granulari saturi, considerando un livello della falda pari a mt. 2.00 (SCPTU1 e CPTU2), a mt 2.65 (CPTU3 e CPTU5) e a mt 2.45 (CPTU4) da piano campagna. Visti gli spessori, le caratteristiche e le profondità a cui si trovano, nella presente sono state effettuate le verifiche di seguito riportate, riferite al caso evento sismico. Nello specifico, è stata valutata la **suscettibilità alla liquefazione** applicando cinque criteri indiretti, corrispondenti a:

- metodo di Robertson (NCEER 2001);
- metodo di Robertson (2009);
- metodo di Moss et al. (2006);
- metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- metodo di Boulanger & Idriss (2014).

In base alla deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione quando $FL < 1$. Le NTC2018 demandano invece al progettista la decisione in merito alla scelta del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione. Per quanto riguarda infine l'OPCM 3274 del 20 marzo 2003, un terreno deve essere considerato suscettibile a liquefazione, allorché lo sforzo di taglio generato dal terremoto ad una data profondità, supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione durante terremoti passati alla medesima profondità; il livello di sforzo di taglio implica un fattore di sicurezza pari a 1.25.

Utilizzando il software CLiq v.2.3.1.15 sono stati determinati gli Indici del Potenziale di Liquefazione, stimati considerando un valore di **ag** pari a **0.25 g** ed una **magnitudo** di **6.14** (magnitudo della zona sismogenetica alla quale appartiene il Comune di Castenaso). **Osservando la storicità degli eventi sismici del Comune di Castenaso si evince come la magnitudo maggiore registrata sia pari a 5.40**, si riporteranno valutazioni anche per questo dato.

L'indice di liquefazione dal software CLiq v. 2.3.1.15 è determinato con la seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0.5z) \times F_L \times d_z$$

Dove:

$$F_L = 1 - F.S. \quad \text{quando } F.S. < 1$$

$$F_L = 0 \quad \text{quando } F.S. \geq 1$$

$$F(z) = 1 - F_L \quad \text{per } F_L \leq 0.95$$

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione I_L si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

- $I_L = 0$: non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
- $0 < I_L \leq 2$: potenziale basso
- $2 < I_L \leq 5$: potenziale moderato
- $5 < I_L \leq 15$: potenziale alto
- $15 < I_L$: potenziale molto alto

Di seguito sono tabulati i valori di IPL valutati con gli approcci sopra elencati, ed in figura 1.9.5-1 sono riportati i diagrammi ad istogrammi dei valori tabulati in corrispondenza delle cinque verticali d'indagine. **Tra parentesi si riportano i valori di IPL calcolati considerando una magnitudo pari a 5.40. Da notare la sostanziale differenza fra le IPL calcolate con le due diverse magnitudo.**

TABELLA 1.8.5-1

VALORI IPL VALUTATI CON VARI APPROCCI

Suscettibilità alla liquefazione	IPL	IPL SCPTU1	IPL CPTU2	IPL CPTU3	IPL CPTU4	IPL CPTU5
NCEER (1998)	Iwasaki	2.283 (0.354)	2.763 (0.481)	3.136 (0.611)	1.727 (0.239)	1.460 (0.052)
Moss et al. (2006)	Iwasaki	7.115 (5.233)	5.876 (4.767)	5.928 (4.776)	6.110 (4.826)	4.266 (3.535)
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	4.124 (1.565)	4.289 (2.437)	4.332 (2.300)	4.015 (1.874)	3.037 (1.800)
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	5.460 (4.215)	5.382 (4.486)	5.302 (4.489)	4.348 (3.527)	2.985 (2.493)

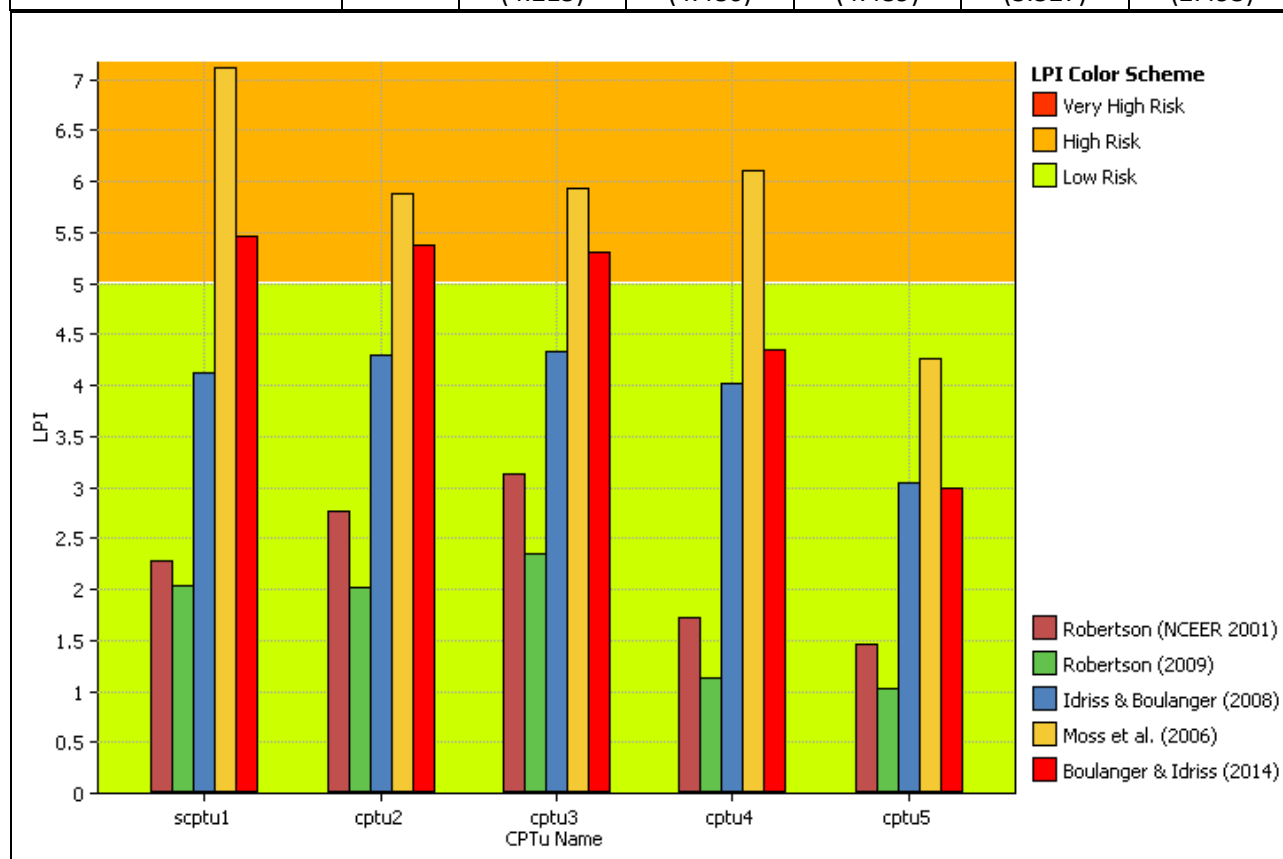


Figura 1.8.5-1

Istogrammi con calcolo valori LPI

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati per una magnitudo di 6.14 (approccio cautelativo), le classi di pericolosità definite secondo Sonmez (2003), in corrispondenza delle prove eseguite, risultano essere le seguenti (figura 1.9.5-1):

SCPTU1

- **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU2

- **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU3

- **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU4

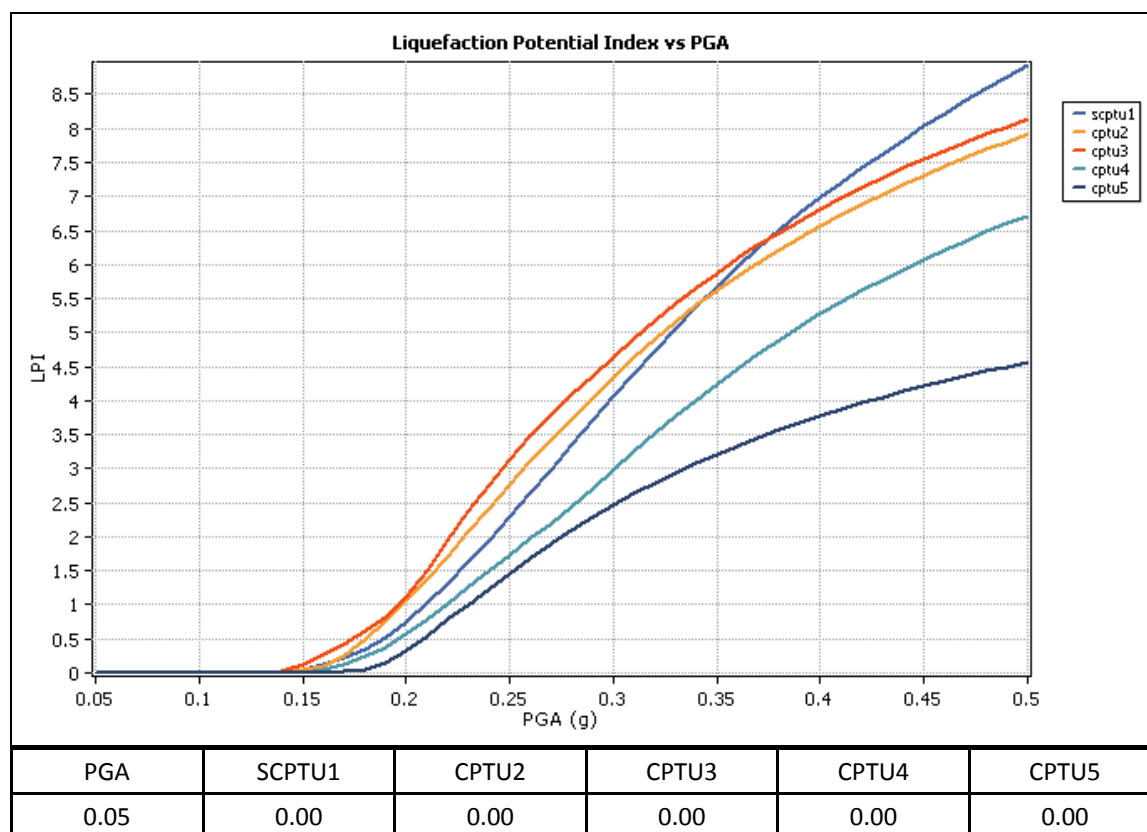
- **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, con il metodo NCEER (1998);
- **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014);
- **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con il metodo di Moss et al. (2006).

CPTU5

- **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, con il metodo NCEER (1998);
- **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi di Moss et al. (2006), di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014).

Il rischio di liquefazione, in corrispondenza dell'area di studio, considerando molte variabili e le litologie desunte dalle indagini eseguite si può definire mediamente moderato.

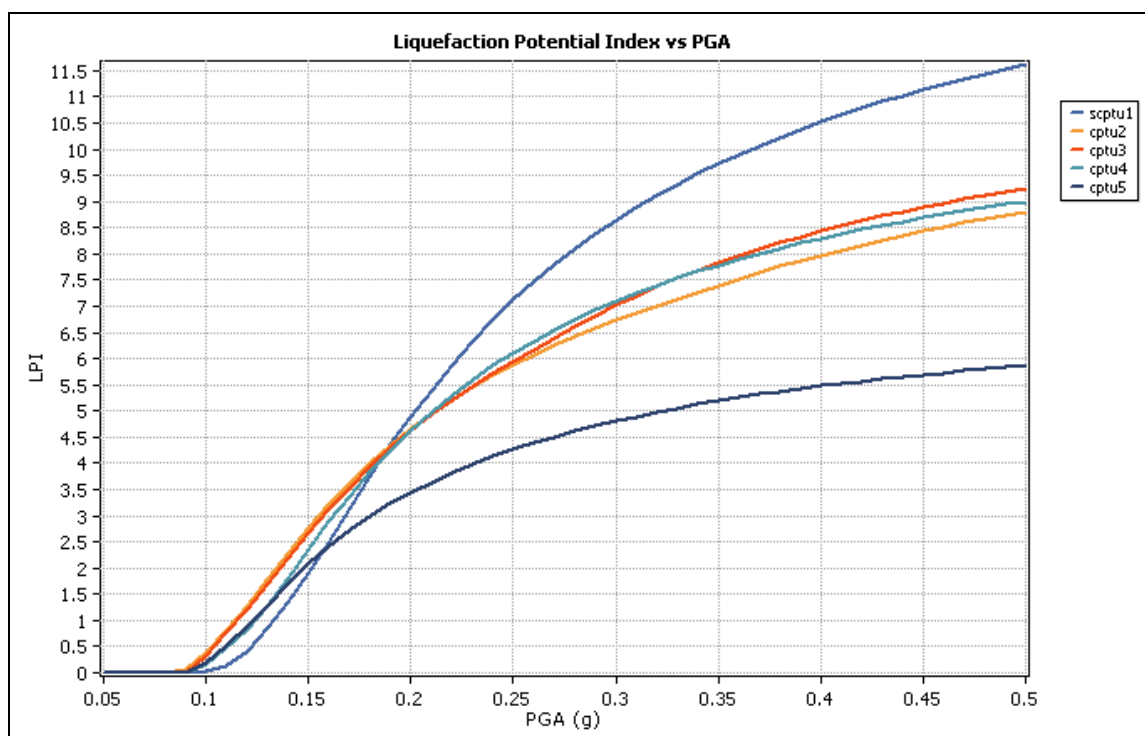
1) Metodo NCEER (1998)



0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00
0.15	0.06	0.05	0.14	0.01	0.00
0.16	0.11	0.11	0.26	0.05	0.00
0.17	0.22	0.24	0.42	0.13	0.02
0.18	0.36	0.48	0.61	0.24	0.05
0.19	0.53	0.77	0.82	0.36	0.14
0.20	0.75	1.06	1.11	0.57	0.32
0.21	1.03	1.37	1.51	0.79	0.55
0.22	1.32	1.71	1.96	1.02	0.78
0.23	1.62	2.06	2.38	1.26	1.00
0.24	1.94	2.41	2.77	1.50	1.23
0.25	2.28	2.76	3.14	1.73	1.46
0.26	2.64	3.10	3.48	1.96	1.68
0.27	3.00	3.42	3.79	2.21	1.89
0.28	3.36	3.74	4.09	2.45	2.10
0.29	3.71	4.05	4.37	2.72	2.29
0.30	4.06	4.35	4.64	2.99	2.47
0.31	4.40	4.63	4.91	3.26	2.64
0.32	4.74	4.90	5.17	3.52	2.80
0.33	5.06	5.16	5.42	3.77	2.95
0.34	5.38	5.39	5.65	4.01	3.09
0.35	5.68	5.62	5.87	4.24	3.22
0.36	5.97	5.83	6.08	4.46	3.34
0.37	6.24	6.03	6.28	4.68	3.46
0.38	6.51	6.22	6.47	4.89	3.57
0.39	6.75	6.40	6.65	5.08	3.68
0.40	6.99	6.57	6.82	5.27	3.78
0.41	7.21	6.73	6.98	5.45	3.87
0.42	7.43	6.89	7.13	5.61	3.97
0.43	7.63	7.04	7.27	5.77	4.05

0.44	7.83	7.18	7.41	5.93	4.14
0.45	8.03	7.31	7.55	6.07	4.21
0.46	8.22	7.44	7.67	6.21	4.29
0.47	8.41	7.57	7.80	6.35	4.36
0.48	8.59	7.68	7.91	6.48	4.43
0.49	8.76	7.80	8.03	6.60	4.50
0.50	8.93	7.91	8.13	6.72	4.56

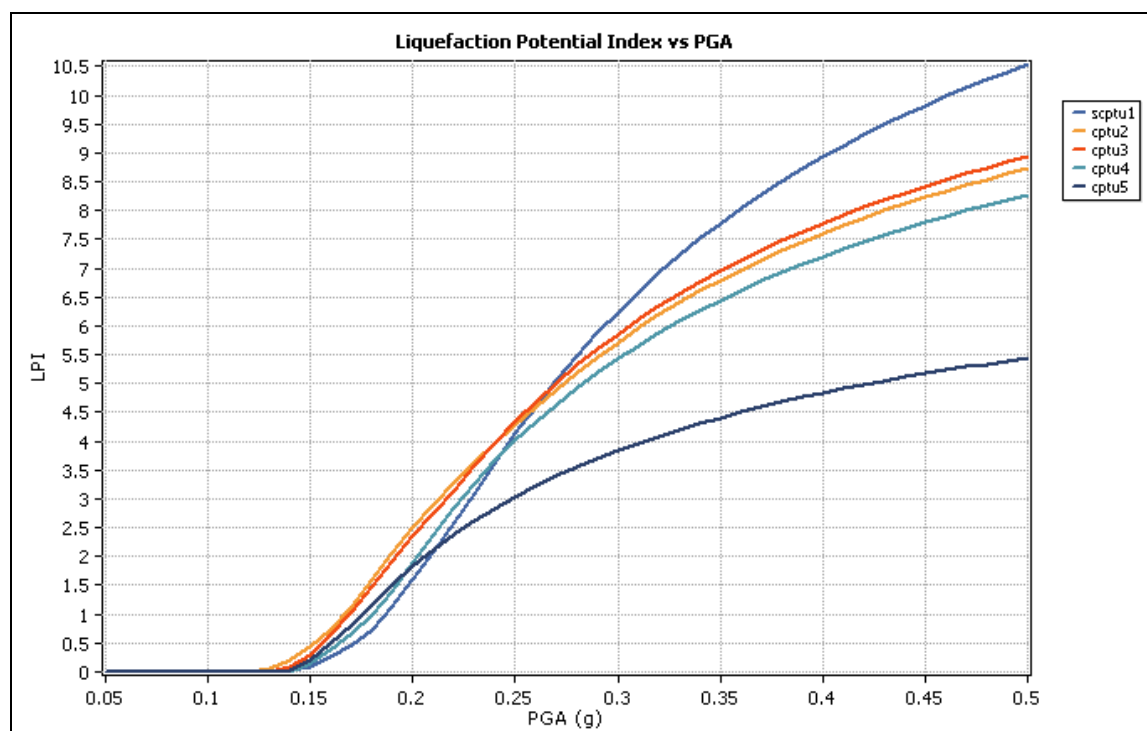
2) Metodo di Moss et al. (2006)



PGA	SCPTU1	CPTU2	CPTU3	CPTU4	CPTU5
0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
0.10	0.03	0.37	0.31	0.17	0.20
0.11	0.12	0.80	0.78	0.48	0.52
0.12	0.43	1.29	1.23	0.82	0.91
0.13	0.87	1.79	1.71	1.30	1.30
0.14	1.36	2.28	2.18	1.80	1.70
0.15	1.88	2.77	2.65	2.35	2.08

0.16	2.49	3.22	3.11	2.89	2.42
0.17	3.14	3.64	3.54	3.39	2.72
0.18	3.77	4.01	3.94	3.84	2.99
0.19	4.35	4.35	4.30	4.25	3.23
0.20	4.90	4.66	4.63	4.63	3.45
0.21	5.41	4.94	4.93	4.99	3.64
0.22	5.88	5.20	5.21	5.31	3.82
0.23	6.32	5.44	5.46	5.60	3.98
0.24	6.73	5.67	5.70	5.86	4.13
0.25	7.12	5.88	5.93	6.11	4.27
0.26	7.47	6.07	6.16	6.34	4.39
0.27	7.79	6.25	6.38	6.55	4.51
0.28	8.09	6.42	6.61	6.74	4.61
0.29	8.37	6.58	6.82	6.92	4.71
0.30	8.64	6.73	7.02	7.09	4.81
0.31	8.88	6.87	7.20	7.25	4.89
0.32	9.11	7.01	7.37	7.39	4.98
0.33	9.32	7.14	7.54	7.53	5.05
0.34	9.53	7.27	7.69	7.66	5.12
0.35	9.72	7.40	7.83	7.78	5.19
0.36	9.89	7.52	7.96	7.90	5.25
0.37	10.06	7.64	8.09	8.01	5.31
0.38	10.22	7.76	8.21	8.11	5.37
0.39	10.37	7.87	8.32	8.20	5.42
0.40	10.52	7.97	8.43	8.30	5.48
0.41	10.65	8.08	8.53	8.38	5.52
0.42	10.78	8.17	8.63	8.47	5.57
0.43	10.91	8.26	8.72	8.55	5.61
0.44	11.02	8.35	8.81	8.62	5.65
0.45	11.14	8.44	8.89	8.69	5.69
0.46	11.24	8.52	8.97	8.76	5.73
0.47	11.34	8.59	9.05	8.83	5.77
0.48	11.44	8.67	9.12	8.89	5.80
0.49	11.53	8.73	9.19	8.95	5.83
0.50	11.62	8.80	9.25	9.00	5.87

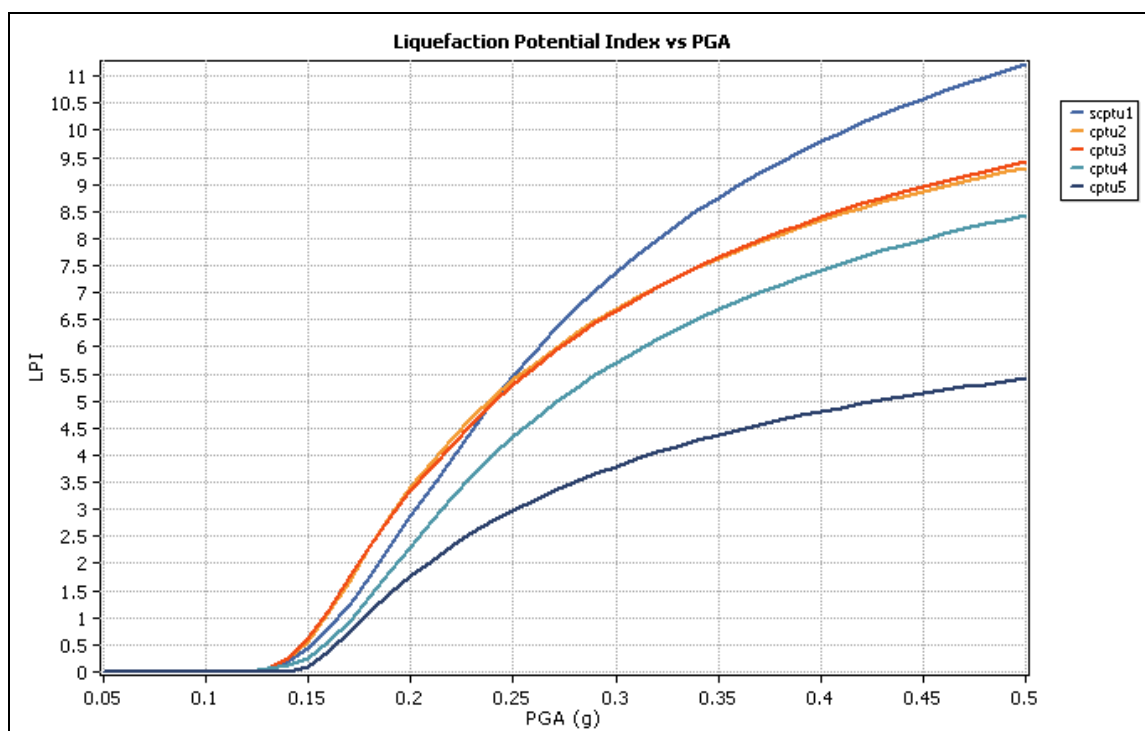
3) Metodo di Idriss & Boulanger (2008)



PGA	SCPTU1	CPTU2	CPTU3	CPTU4	CPTU5
0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00
0.14	0.02	0.21	0.09	0.00	0.03
0.15	0.09	0.44	0.28	0.15	0.21
0.16	0.25	0.73	0.63	0.36	0.50
0.17	0.46	1.15	1.05	0.66	0.82
0.18	0.74	1.60	1.49	0.99	1.17
0.19	1.13	2.06	1.93	1.39	1.52
0.20	1.60	2.50	2.35	1.89	1.84
0.21	2.10	2.91	2.75	2.40	2.12
0.22	2.60	3.28	3.16	2.86	2.38
0.23	3.10	3.64	3.57	3.28	2.62
0.24	3.62	3.97	3.96	3.66	2.84

0.25	4.12	4.29	4.33	4.01	3.04
0.26	4.60	4.59	4.69	4.34	3.22
0.27	5.05	4.88	5.01	4.64	3.39
0.28	5.48	5.18	5.32	4.93	3.55
0.29	5.88	5.46	5.60	5.19	3.70
0.30	6.25	5.72	5.87	5.43	3.84
0.31	6.59	5.96	6.11	5.66	3.97
0.32	6.92	6.19	6.35	5.88	4.09
0.33	7.22	6.40	6.56	6.08	4.20
0.34	7.51	6.60	6.77	6.27	4.31
0.35	7.78	6.79	6.96	6.44	4.41
0.36	8.04	6.97	7.14	6.61	4.51
0.37	8.28	7.14	7.32	6.77	4.60
0.38	8.51	7.30	7.48	6.92	4.68
0.39	8.72	7.46	7.64	7.07	4.76
0.40	8.93	7.60	7.78	7.20	4.84
0.41	9.13	7.74	7.92	7.33	4.91
0.42	9.31	7.87	8.06	7.46	4.98
0.43	9.49	7.99	8.19	7.57	5.05
0.44	9.66	8.11	8.31	7.69	5.11
0.45	9.83	8.23	8.42	7.79	5.17
0.46	9.98	8.34	8.53	7.90	5.23
0.47	10.13	8.44	8.64	8.00	5.29
0.48	10.27	8.54	8.74	8.09	5.34
0.49	10.41	8.64	8.84	8.18	5.39
0.50	10.54	8.73	8.93	8.27	5.44

4) Metodo di Boulanger & Idriss (2014)



PGA	SCPTU1	CPTU2	CPTU3	CPTU4	CPTU5
0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.13	0.05	0.05	0.05	0.06	0.00
0.14	0.18	0.24	0.26	0.13	0.01
0.15	0.44	0.57	0.62	0.25	0.08
0.16	0.80	1.09	1.13	0.55	0.36
0.17	1.25	1.69	1.76	0.94	0.74
0.18	1.77	2.32	2.34	1.38	1.11
0.19	2.32	2.90	2.86	1.85	1.45
0.20	2.87	3.42	3.35	2.31	1.77
0.21	3.41	3.88	3.79	2.79	2.06
0.22	3.94	4.31	4.20	3.23	2.32
0.23	4.46	4.70	4.59	3.64	2.56
0.24	4.98	5.05	4.96	4.01	2.78

0.25	5.46	5.38	5.30	4.35	2.98
0.26	5.90	5.68	5.62	4.66	3.17
0.27	6.31	5.96	5.91	4.95	3.34
0.28	6.70	6.22	6.18	5.22	3.51
0.29	7.05	6.47	6.44	5.47	3.66
0.30	7.38	6.69	6.67	5.71	3.79
0.31	7.69	6.90	6.90	5.93	3.93
0.32	7.98	7.10	7.10	6.14	4.05
0.33	8.25	7.29	7.30	6.33	4.16
0.34	8.51	7.46	7.48	6.51	4.27
0.35	8.75	7.63	7.66	6.68	4.37
0.36	8.98	7.79	7.82	6.84	4.47
0.37	9.20	7.93	7.97	7.00	4.56
0.38	9.40	8.07	8.12	7.14	4.65
0.39	9.60	8.21	8.26	7.28	4.73
0.40	9.78	8.33	8.39	7.41	4.81
0.41	9.96	8.45	8.52	7.54	4.88
0.42	10.13	8.57	8.64	7.65	4.95
0.43	10.29	8.67	8.75	7.77	5.02
0.44	10.44	8.78	8.86	7.88	5.08
0.45	10.58	8.88	8.96	7.98	5.15
0.46	10.72	8.97	9.06	8.08	5.20
0.47	10.86	9.06	9.16	8.17	5.26
0.48	10.98	9.15	9.25	8.26	5.31
0.49	11.11	9.23	9.34	8.35	5.37
0.50	11.22	9.31	9.42	8.43	5.42

In figura 1.8.5-2 si riportano gli istogrammi delle probabilità di inizio liquefazione, valutate in base a diversi approcci, in base ai quali si evidenzia che:

- in corrispondenza della prova SCPTU1, P_L varia da circa il 6.8% a circa il 17.5%;
- in corrispondenza della prova CPTU2, P_L varia da circa il 6.8% a circa il 14%;
- in corrispondenza della prova CPTU3, P_L varia da circa il 7% a circa il 14%;
- in corrispondenza della prova CPTU4, P_L varia da circa il 5.5% a circa il 14.8%;
- in corrispondenza della prova CPTU5, P_L varia da circa il 5.5% a circa il 10.2%.

La probabilità di liquefazione risulta essere prevalentemente bassa in corrispondenza di tutte e cinque le prove effettuate e con tutte le metodiche analizzate.

Con il metodo di Boulanger & Idriss (2014) e con il metodo di Moss et al. (2006) la probabilità risulta essere elevata in corrispondenza delle prove SCPTU1, CPTU2 e CPTU3. Solamente con il metodo di Moss et al. (2006) la probabilità risulta essere elevata in corrispondenza della CPTU4.

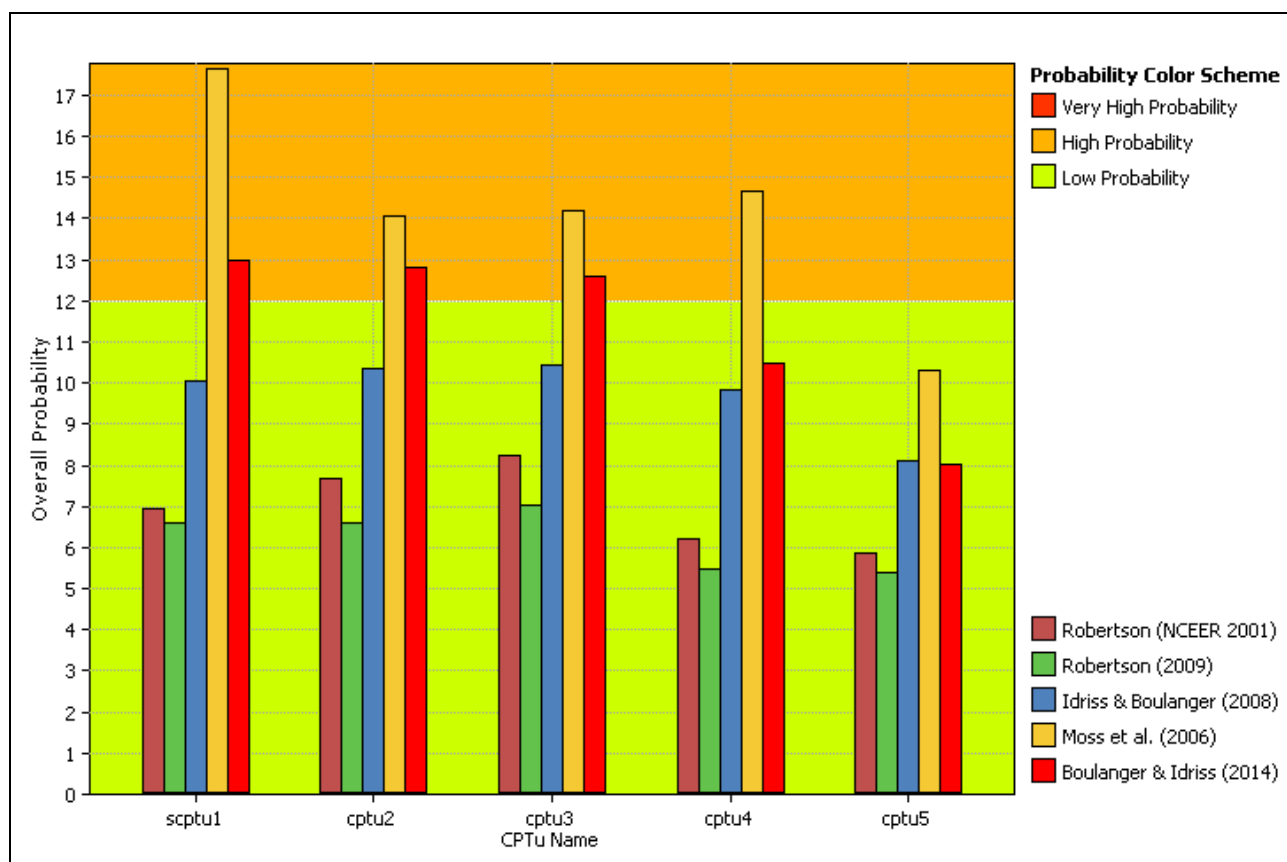


Figura 1.8.5-2

Grafico Probabilità innesco

Nelle immagini seguenti si riportano i grafici sovrapposti delle cinque indagini effettuate; nello specifico i grafici delle resistenze normalizzate alla punta e laterale, della pressione interstiziale normalizzata, dell'indice di comportamento del terreno (SBT), del rapporto di resistenza ciclica (CRR), del Fattore di Sicurezza, dell'Indice di Liquefazione e dei cedimenti verticali con tutti i metodi analizzati.

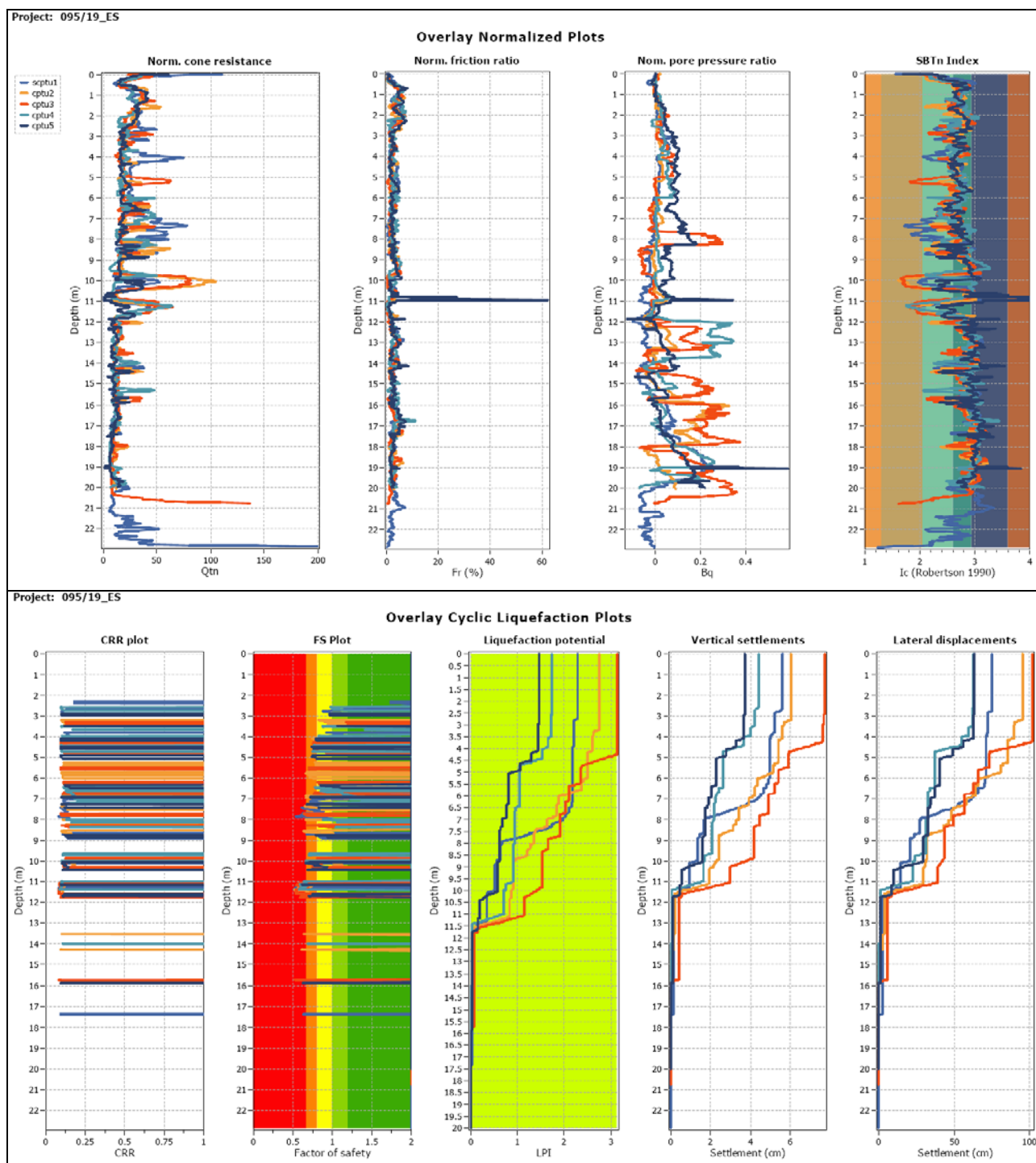


Figura 1.8.5-3

Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica – NCEER (1998)

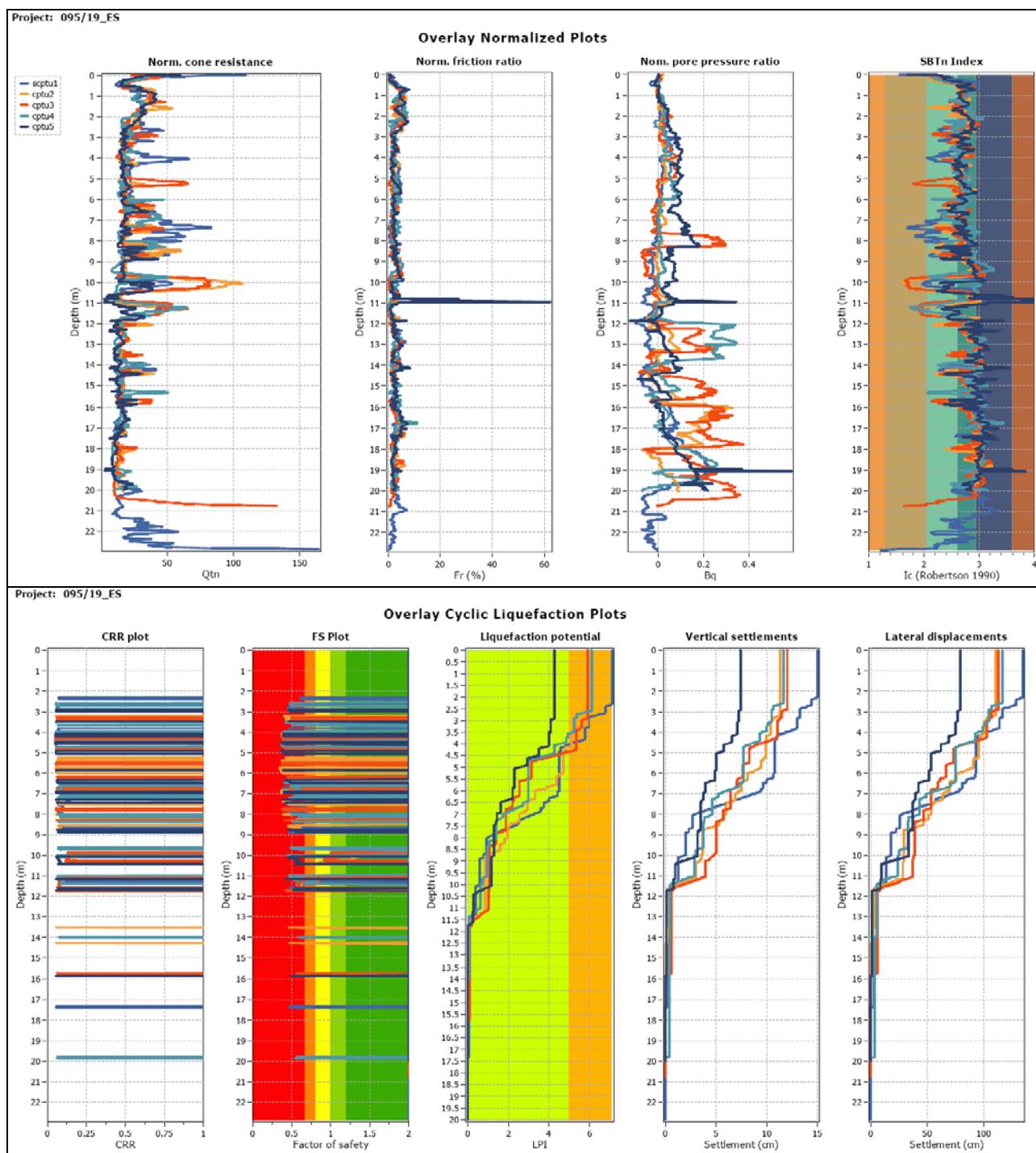


Figura 1.8.5-4

Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Moss et al. (2006)

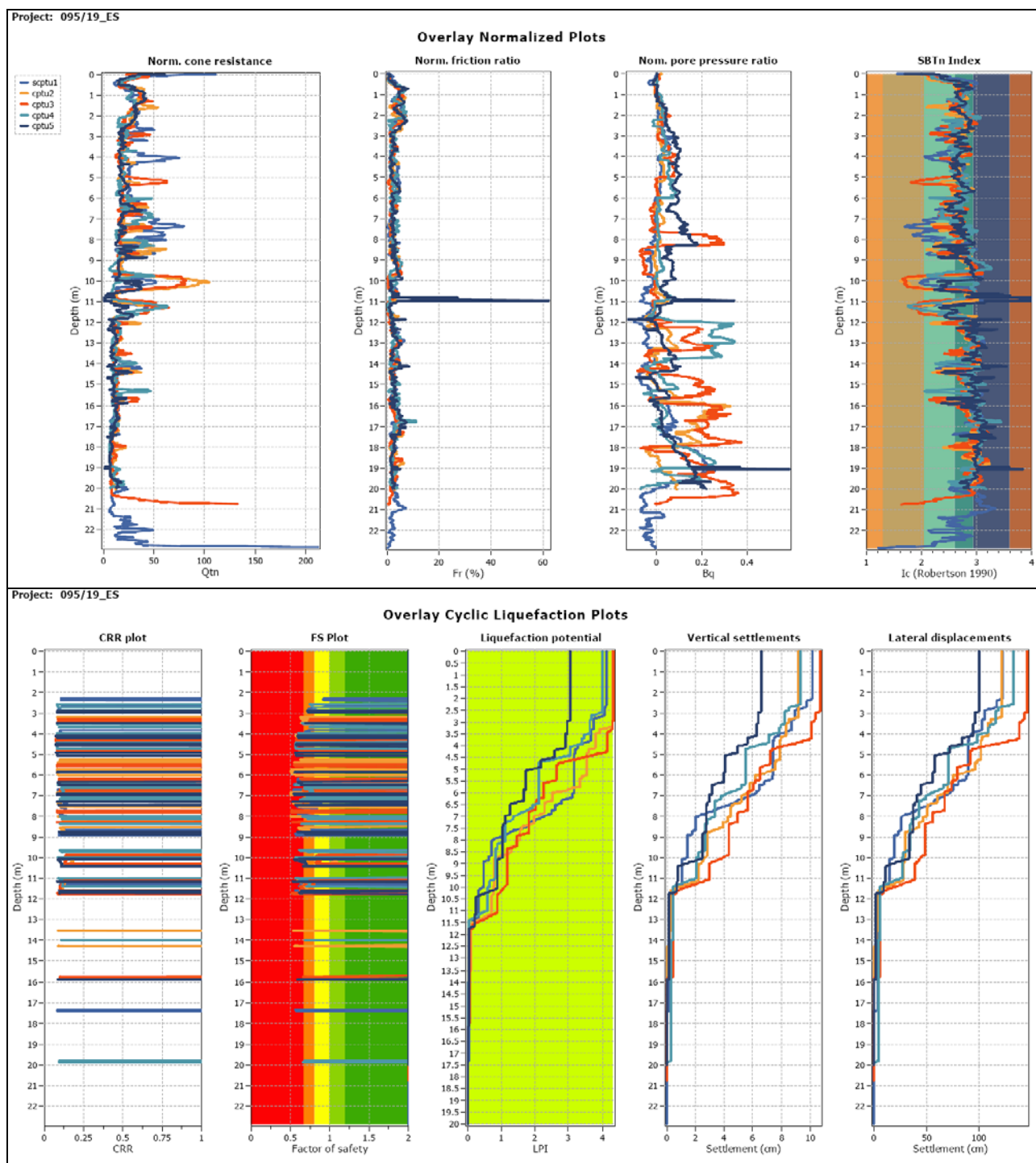
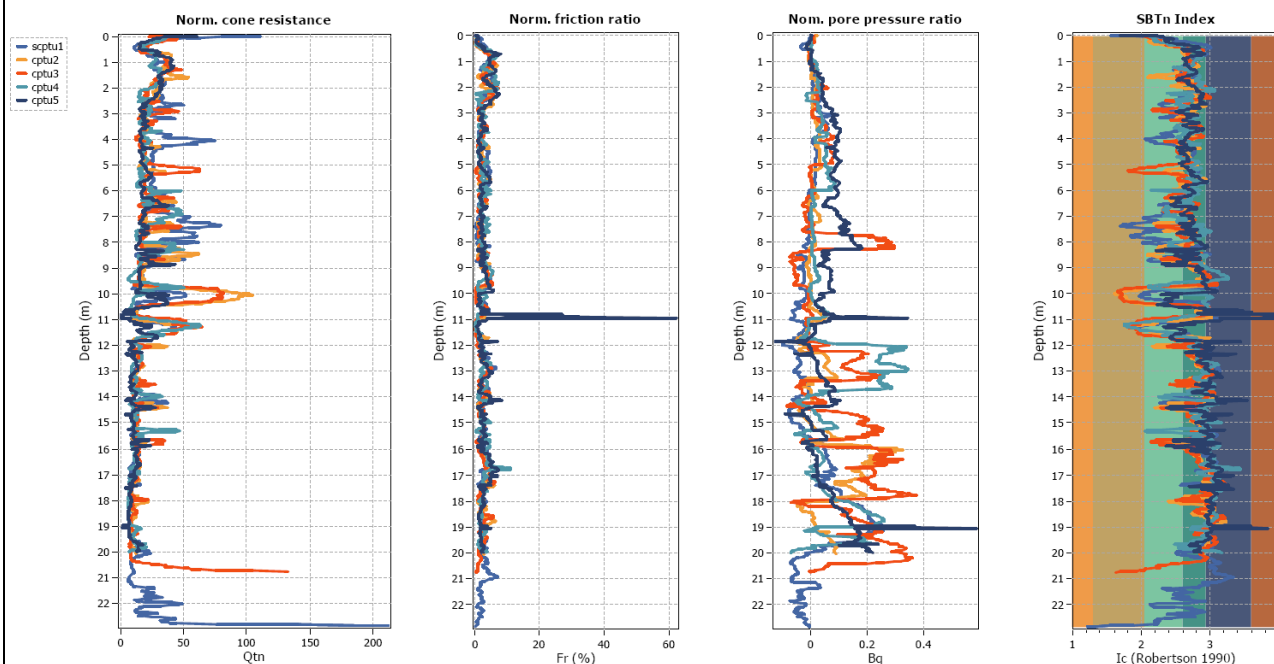


Figura 1.8.5-5

Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Idriss e Boulanger (2008)

Project: 095/19_ES

Overlay Normalized Plots



Project: 095/19_ES

Overlay Cyclic Liquefaction Plots

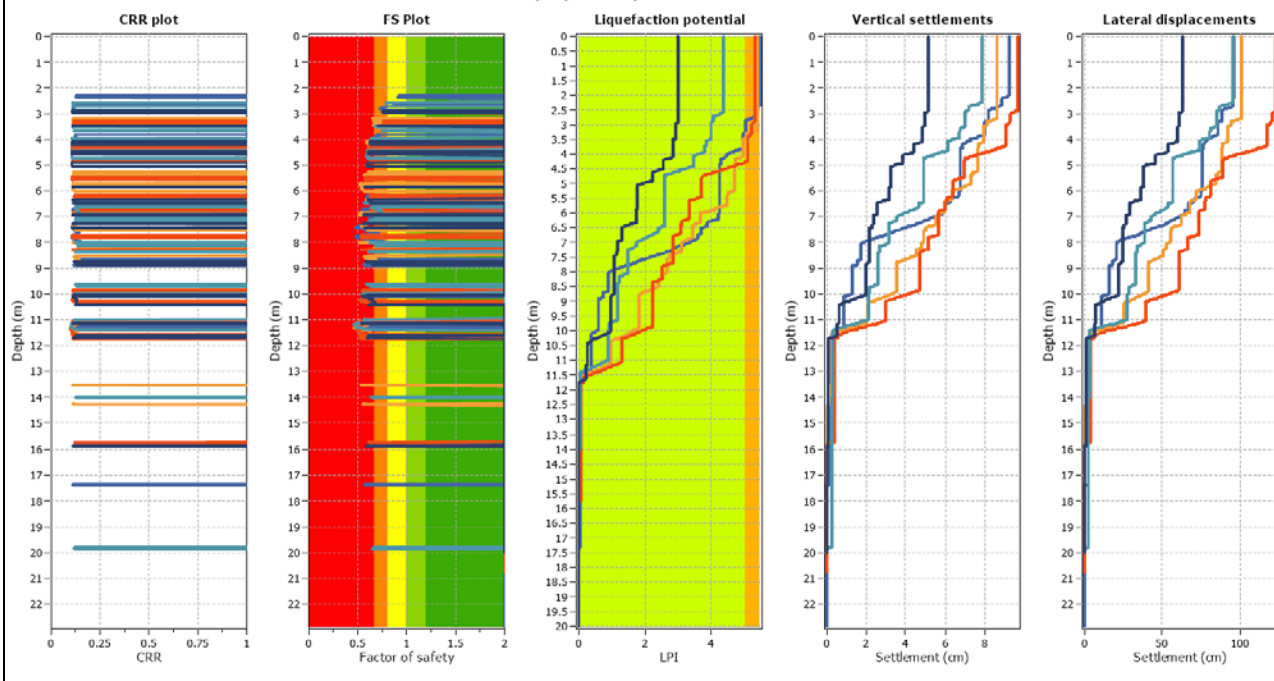


Figura 1.8.5-6

Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Boulanger e Idriss (2014)

1.8.6. CALCOLO DEI CEDIMENTI POST-SISMICI PER I DIVERSI TIPI DI TERRENO

Come riportato nell'Allegato A3 della Delibera della Giunta Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21.12.2015, in merito alla stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica si può fare riferimento alle condizioni edometriche. Il cedimento permanente indotto dall'azione sismica in corrispondenza di una verticale di esplorazione si ottiene dalla somma dei contributi al cedimento stimati per i diversi strati del sottosuolo, fino alla profondità alla quale tali contributi non sono più significativi.

Il cedimento permanente post-sismico può dunque 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:

- terreni granulari saturi;
- terreni granulari insaturi;
- 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 possono richiedere tempi anche molto lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

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

Per la valutazione dell'entità teorica dei cedimenti post-sismici dovuti alla liquefazione delle sabbie è stato utilizzato il software CLiq v.2.3.1.15 considerando un valore di **ag** pari a **0.25 g** ed una **magnitudo** di **6.14**. I relativi valori sono di seguito riportati in tabella.

TABELLA 1.8.6.1-1

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI

SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	IPL	CEDIMENTI TEORICI (CM)				
		SCPTU1	CPTU2	CPTU3	CPTU4	CPTU5
NCEER (1998)	Iwasaki	5.569	6.059	7.717	4.395	3.725
Moss et al. (2006)	Iwasaki	14.964	11.291	11.955	11.600	7.424
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	10.190	9.186	10.707	9.352	6.609
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	9.245	8.638	9.685	7.868	5.130

Da evidenziare come i valori indicati corrispondano di fatto a stime di massima, molto teoriche, basate su una serie di assunzioni che amplificano le approssimazioni, e comunque da valutarsi su base areale.

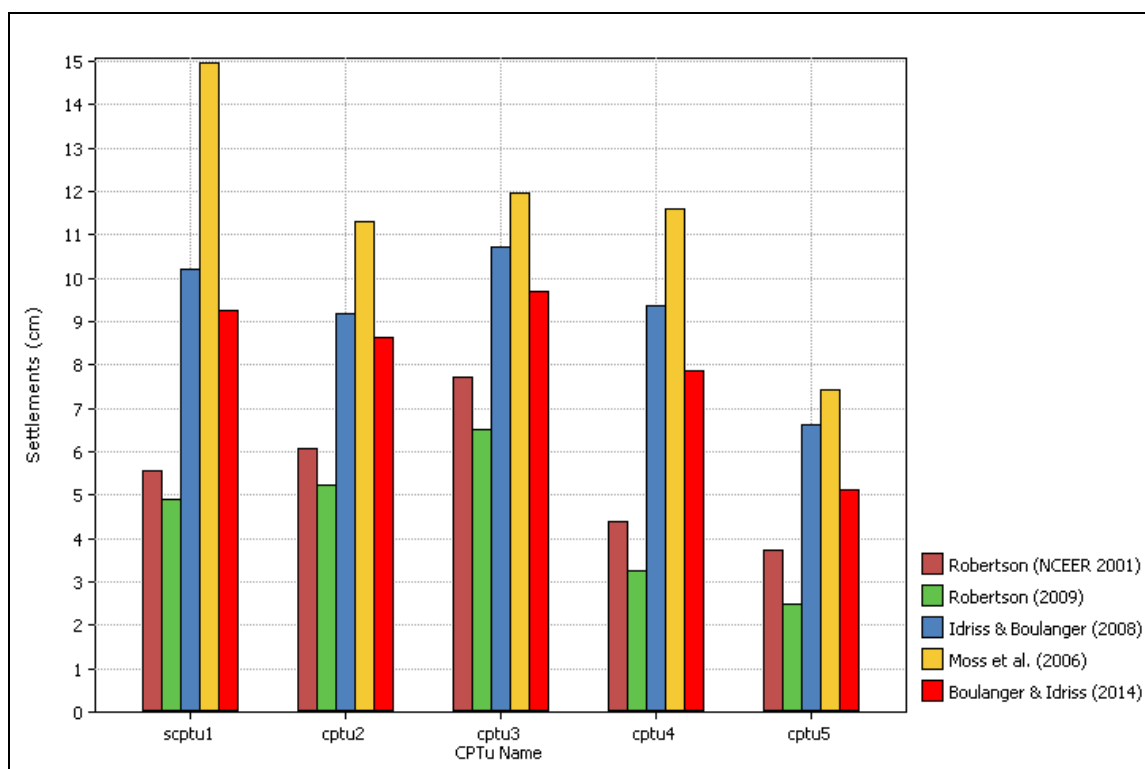
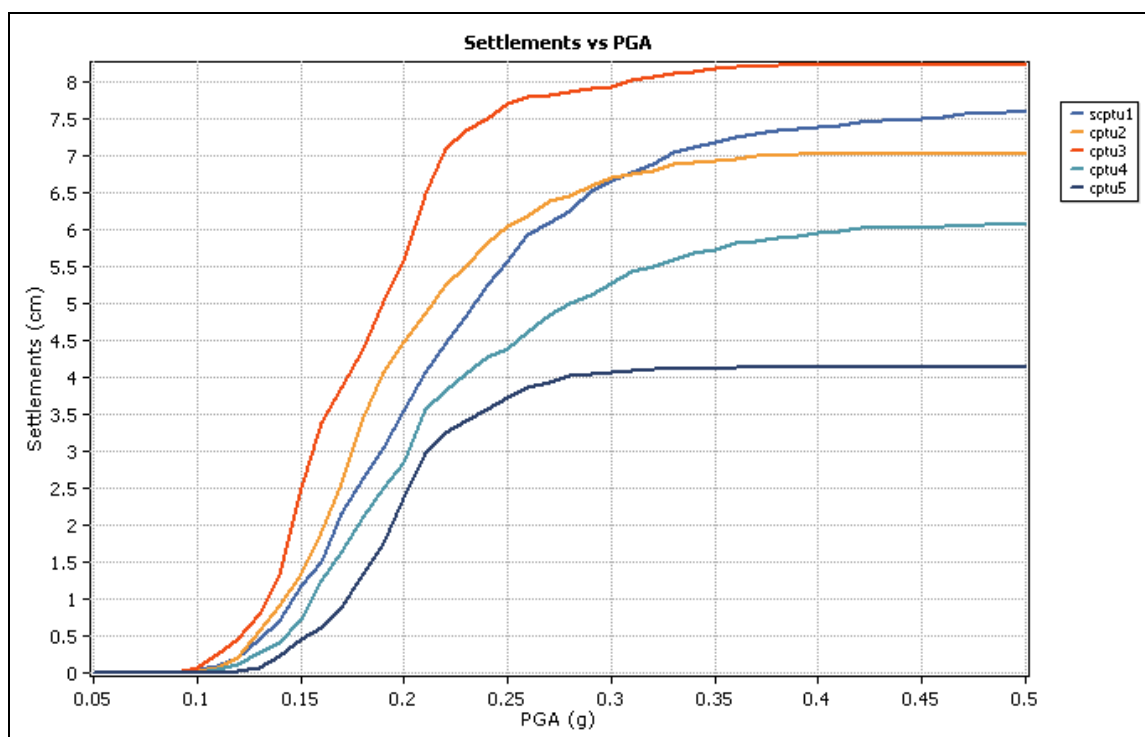


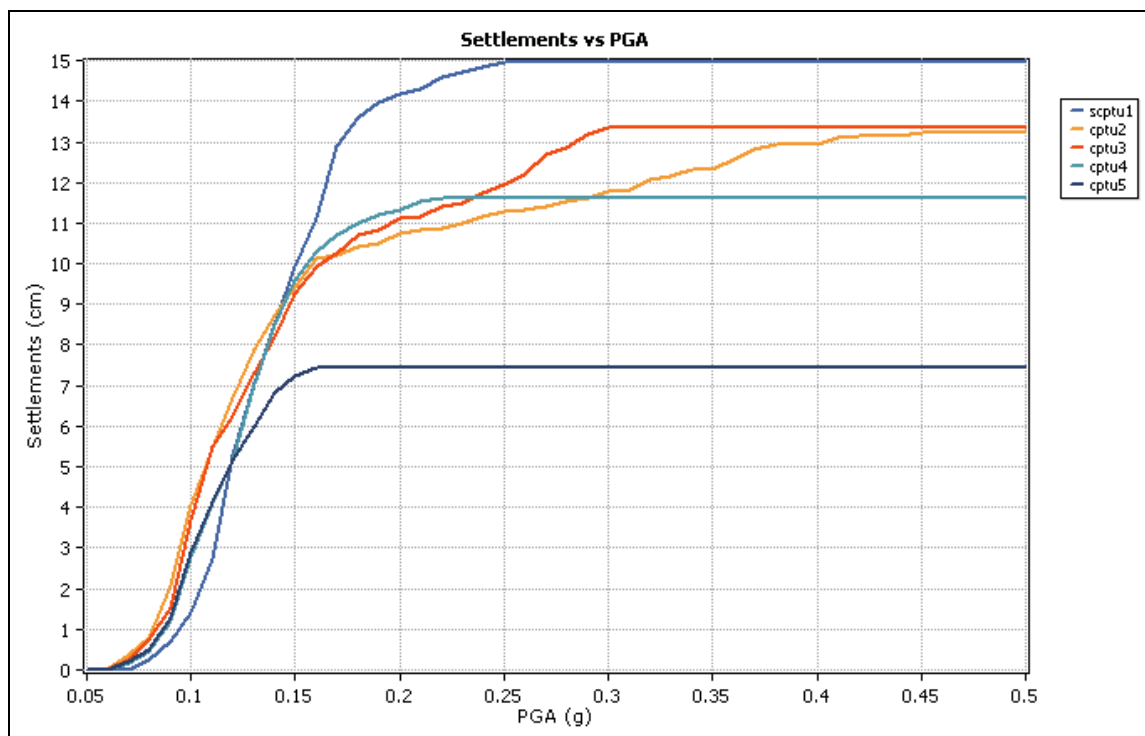
Figura 1.8.6.1-1

Istogramma valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione

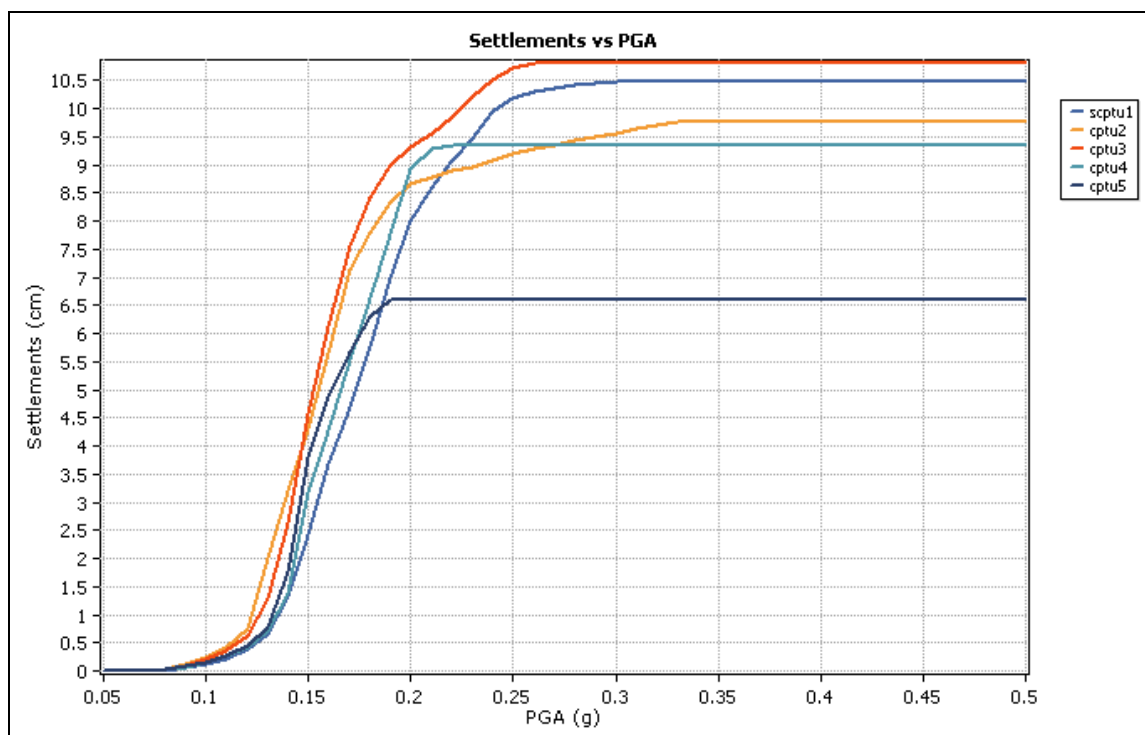
1) Metodo NCEER (1998)



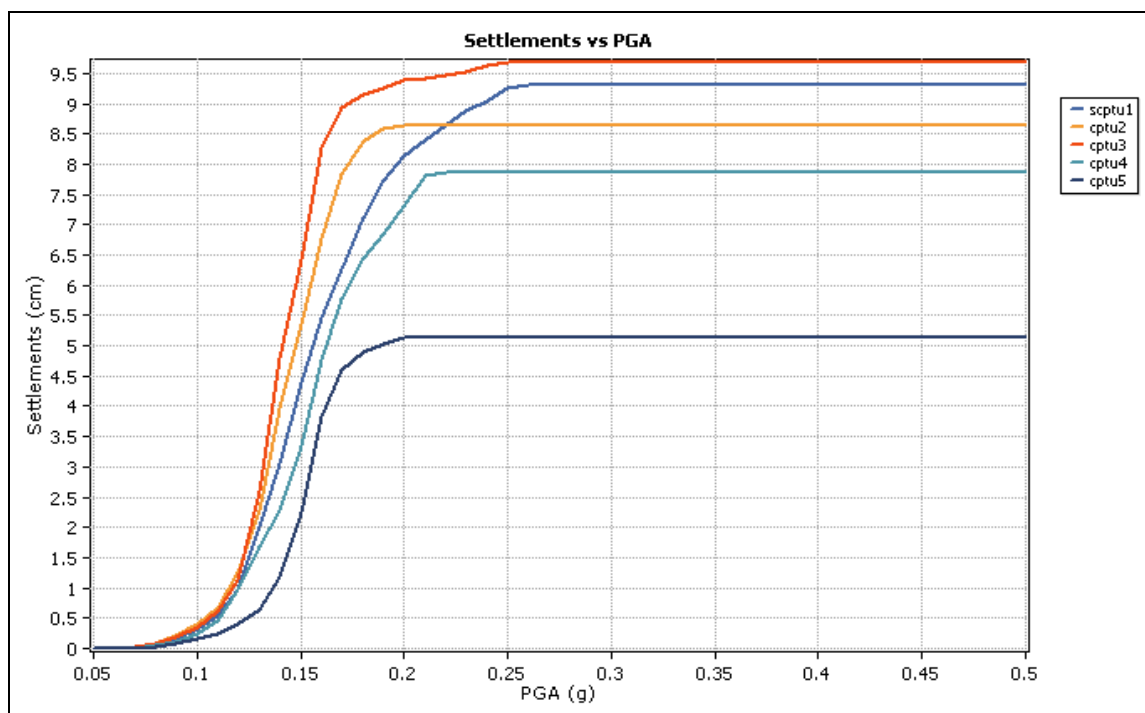
2) Metodo di Moss et al. (2006)



3) Metodo di Idriss & Boulanger (2008)



4) Metodo di Boulanger & Idriss (2014)



1.8.6.2. Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari insaturi

In corrispondenza delle cinque verticali di indagine eseguite non sono presenti terreni granulari insaturi.

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

Per poter definire un deposito coesivo soffice e plastico i criteri da rispettare sono:

- $c_u \leq 70$ Kpa;
- $I_p \geq 30\%$.

Nel caso specifico dalle analisi delle cinque prove penetrometriche più avanti riportate si evince che terreni con valori di $c_u \leq 70$ Kpa sono risultati presenti solamente in corrispondenza di due punti:

- prova CPTU2, da mt 2.60 a mt 3.20 ($c_u = 0.58$ kg/cm²);
- prova CPTU4, da mt 2.30 a mt 2.90 ($c_u = 0.62$ kg/cm²).

In corrispondenza delle profondità sopra riportate sono stati prelevati due campioni indisturbati di terreno, sui quali, grazie ad analisi di laboratorio geotecnico, è stato stimato l'Indice di Plasticità (I_p).

Nel caso specifico:

C1 – CPTU2 - $IP (\%) = 36.2 - 21.8 = 14.4\%$ - terreno poco plastico

C1 – CPTU4 - $IP (\%) = 35.50 - 20.3 = 15.2\%$ - terreno plastico

Da quanto sopra si evince quindi che non sono presenti entrambe le condizioni per definire un deposito coesivo soffice e plastico. Non sono quindi previsti cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici.

1.8.7. ENTITÀ DEI CEDIMENTI TEORICI POST-SISMICI

In base a quanto si evince dai precedenti paragrafi, i possibili cedimenti post-sismici derivano esclusivamente dalla liquefazione delle sabbie. Nel paragrafo 1.8.6.1 sono stati sintetizzati i cedimenti teorici calcolati con diverse metodologie. Pur sottolineando ancora una volta come i valori indicati corrispondano di fatto a stime di massima, molto teoriche, basate su una serie di assunzioni che amplificano le approssimazioni, e come tali dati siano da valutarsi su base areale, al fine di fornire indicazioni per le successive fasi di progettazione, si fa riferimento ai valori ottenuti mediante l'applicazione del metodo di Boulanger e Idriss (2008), in quanto tale metodo è richiamato nella D.G.R. 2015/2193.

TABELLA 1.8.7-1

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON IL METODO DI IDRIS E BOULANGER (2008)

SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	IPL	CEDIMENTI TEORICI (CM)				
		SCPTU1	CPTU2	CPTU3	CPTU4	CPTU5
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	10.190	9.186	10.707	9.352	6.609

I cedimenti devono essere valutati non tanto in termini assoluti, quanto in termini differenziali fra le due verticali d'indagine. Sulla base dei dati riepilogati in tabella e delle distanze fra le verticali di indagine, sono stati calcolati i valori dei cedimenti differenziali teorici ΔS e del rapporto d'inflessione ΔL , così come riepilogati nelle tabelle seguenti

SCPTU1/CPTU2		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
1,004	6300	0,00015937

SCPTU1/CPTU3		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
-0,517	6600	-0,00007833

SCPTU1/CPTU4		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
0,838	3050	0,00027475

SCPTU1/CPTU5		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
3,581	4000	0,00089525

CPTU2/CPTU3		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
-1,521	2750	-0,00055309

CPTU2/CPTU4		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
-0,166	6400	-0,00002594

CPTU2/CPTU5		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
2,577	2400	0,00107375

CPTU3/CPTU4		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
1,355	5400	0,00025093

CPTU3/CPTU5		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
4,098	3050	0,00134361

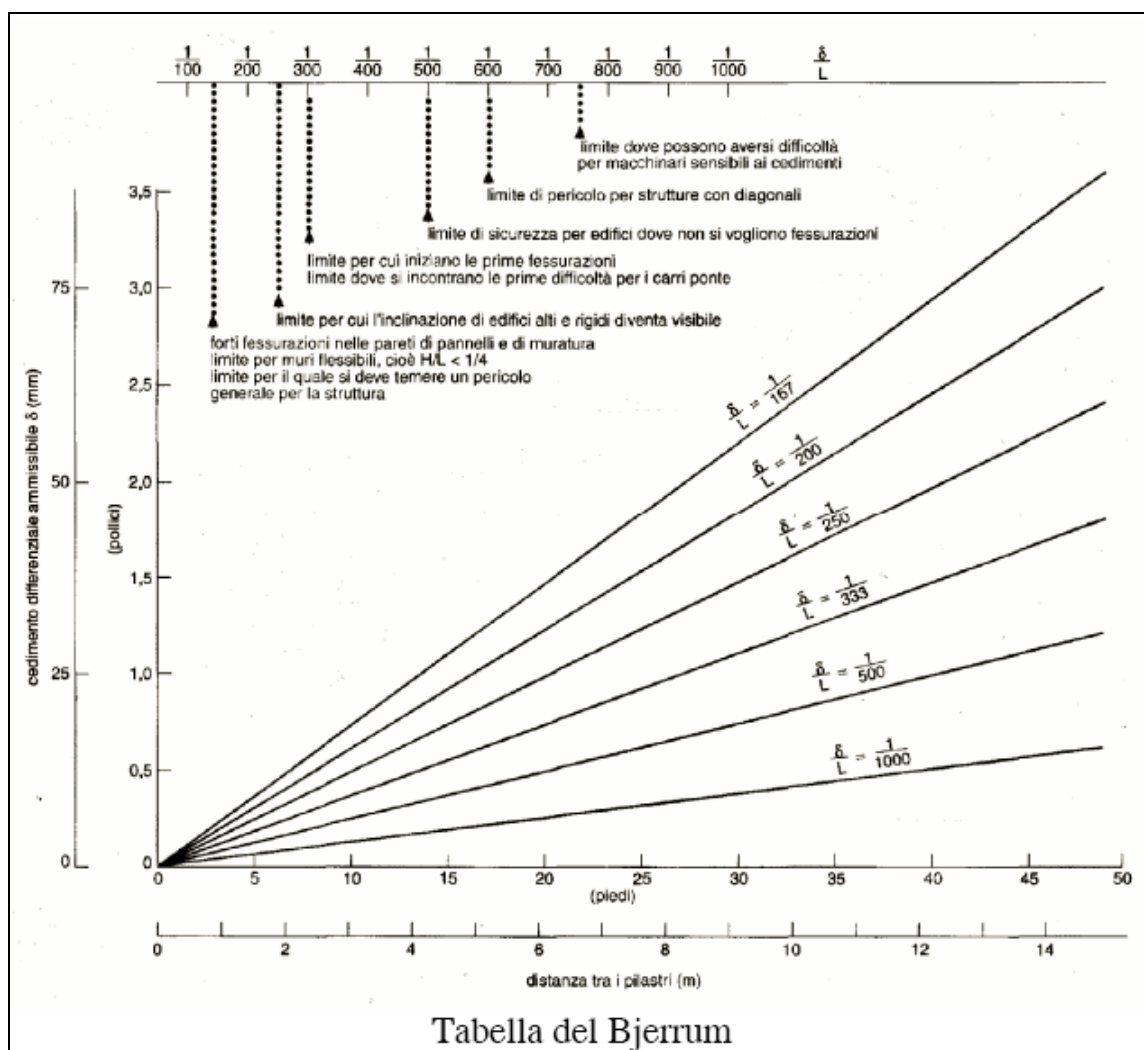
CPTU4/CPTU5		
ΔS (cm)	Distanza (cm)	ΔL
2,743	4150	0,00066096

Come si evince dai dati riportati in tabelle, i valori ΔL risultano bassi. Sarà poi cura dello strutturista calcolare la distorsione angolare imposta alla struttura e la relativa accettabilità della stessa in funzione delle caratteristiche costruttive e in relazione ai cedimenti di consolidazione. In linea di massima si tenga conto che, in base a quanto reperibile in letteratura, telai in c.a. accettano cedimenti differenziali di $0.0025l \div 0.004l$, dove "l" è la distanza fra due pilastri. Di seguito alcune tabelle riepilogative estratte

Va infine evidenziato come le valutazioni dei cedimenti siano state effettuate ipotizzando un sisma di magnitudo 6.14 (valore proprio della zona sismogenetica) e non 5.40 come da serie storiche per il Comune di Castenaso, ed inoltre come non sia identificabile uno spessore liquefacibile spesso e continuo lateralmente, ma una serie di livelletti di spessore limitato.

<i>Tipo di movimento</i>	<i>Fattore di limitazione</i>	<i>Valore ammissibile</i>
Cedimento	Collegamento a reti di servizi	15 ÷ 30 cm
	Accesso	30 ÷ 60 cm
	Probab. di cedimenti differenziali	
	<ul style="list-style-type: none"> • murature portanti • strutture intelaiate • ciminiera, silos 	2,5 ÷ 5 cm 5 ÷ 10 cm 7,5 ÷ 30 cm
Rotazione rigida (tilt)	Stabilità al ribaltamento	Dipende dall'altezza e dal peso
	Rotazione di ciminiera, torri	0,04 H
	operatività di macchine	0,003 L
	<ul style="list-style-type: none"> • macchine tessili • turbogeneratori 	0,0002 L
Cedimenti differenziali	Binari di carro ponte	0,003 L
	Drenaggio di sup. pavimentate	0,01 ÷ 0,02 L
	Murature portanti multipiano	0,0005 ÷ 0,001 L
	Murature portanti ad un piano	0,001 ÷ 0,02 L
	Lesioni di intonaci	0,001 L
	Telai in c.a.	0,0025 ÷ 0,004 L
	Pareti di strutture a telaio in c.a.	0,003 L
	Telaio in acciaio	0,002 L
	Strutture semplici in acciaio	0,005 L

L = distanza fra due pilastri adiacenti



1.9. Note e prescrizioni

Il sito, oggetto del presente studio, risulta caratterizzato da un'alternanza di terreni coesivi prevalenti (argille, argille limose e limi argillosi) con terreni coesivo-granulari e granulari (limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie).

In corrispondenza dei fori residui delle indagini eseguite in data 04 – 13 - 20 giugno 2019, è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), a mt. 2.00 (SCPTU1 e CPTU2), a mt 2.65 (CPTU3 e CPTU5) e a mt 2.45 (CPTU4) da piano campagna.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 e alla Delibera Num. 1164 del 23/07/2018 della Regione Emilia-Romagna, il Comune di Castenaso è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

Nella zona di studio l'insorgere del fenomeno della **dilatanza** risulta **improbabile**. Per quanto riguarda la liquefazione, in base agli **indici di potenziale liquefazione** determinati tramite le analisi delle prove eseguite, il sito è definibile mediamente a **potenziale moderato** ($2 < I_L \leq 5$).

Nello specifico:

SCPTU1

- a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- a **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU2

- a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- a **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU3

- a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi NCEER (1998) e di Idriss e Boulanger (2008);
- a **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014).

CPTU4

- a **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, con il metodo NCEER (1998);
- a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014);
- a **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, con il metodo di Moss et al. (2006).

CPTU5

- a **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, con il metodo NCEER (1998);
- a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, con i metodi di Moss et al. (2006), di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014).

In merito ai cedimenti post-sismici si rileva unicamente la componente dei cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi. Questi, valutati con un'accelerazione pari 0.25g ed una magnitudo di 6.14, risultano variabili a seconda della verticale d'indagine e del metodo di stima considerato. Nello specifico:

SCPTU1 – varia da un minimo di 5.569 cm stimati con NCEER (1998) ad un massimo di 14.964 cm stimati con Moss et al. (2006);

CPTU2 – varia da un minimo di 6.059 cm stimati con NCEER (1998) ad un massimo di 11.291 cm stimati con Moss et al. (2006);

CPTU3 – varia da un minimo di 7.717 cm stimati con NCEER (1998) ad un massimo di 11.955 cm stimati con Moss et al. (2006);

CPTU4 – varia da un minimo di 4.395 cm stimati con NCEER (1998) ad un massimo di 11.600 cm stimati con Moss et al. (2006);

CPTU5 – varia da un minimo di 3.725 cm stimati con NCEER (1998) ad un massimo di 7.424 cm stimati con Moss et al. (2006).

Ai fini della progettazione e della verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché dei requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni, come indicato dalla normativa NTC18 è stato valutato l'effetto della risposta sismica locale.

Il valore di PGA dello spettro finale scelto come rappresentativo del sito è risultato di 0.245g.

I Fattori di Amplificazione dello spettro sono risultati:

F.A. (PGA/PGA0) = 1.4 (spettro in accelerazione)

F.A. (0.1-0.5 sec; Housner) = 1.3 (spettro in pseudovelocità)

F.A. (0.5-1.0 sec; Housner) = 1.9 (spettro in pseudovelocità)

F.A. (0.5-1.5 sec; Housner) = 2.1 (spettro in pseudovelocità)

In allegato 11 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e sismici relativi al sito in esame.

1.10. Fattibilità per usi urbanistici

Con riferimento ai risultati delle indagini effettuate e a quanto riportato nella presente, si esprime un giudizio positivo in merito alla fattibilità per usi urbanistici. Non risultano infatti particolari criticità geologiche, idrogeologiche e sismiche. In merito alla liquefazione delle sabbie in seguito ad eventi sismici, l'eventuale necessità di prevedere interventi finalizzati alla mitigazione degli effetti della liquefazione dovrà essere effettuata dal Progettista, anche tenendo conto dei possibili cedimenti differenziali e delle caratteristiche della struttura in progetto. Il Progettista dovrà anche tenere conto della frequenza di vibrazione del terreno, al fine di escludere fenomeni particolarmente sfavorevoli, quali coincidenze di frequenze di risonanza fra suolo e struttura. Le caratteristiche dei terreni sono tali da consentire la realizzazione di eventuali interventi di mitigazione con le tecniche più comuni.

2. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

2.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Come da accordi con il Progettista, nella presente viene fornita l'interpretazione geotecnica in base alle prove effettuate. Valutazioni in merito alla tipologia di fondazione, ai carichi trasmessi, etc... in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni, saranno eventualmente fornite in seguito, o effettuate direttamente dal Progettista.

2.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per quanto riguarda la campagna di indagini, si deve fare riferimento ai paragrafi 1.5 e 1.6 della presente.

2.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

2.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e non eseguite a supporto del presente lavoro, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri, determinati tramite l'applicazione di un software Geostru. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – correlazioni, bibliografia:

- TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata (Cu): Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Modulo Edometrico (Eed) - Metodo generale del modulo edometrico.

Modulo di deformazione non drenato - Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Peso unità di Volume Gamma

- Peso unità di Volume terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume saturo terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini Righi 1978)

- TERRENI INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio (ϕ): Koppejan (correlazione valida per sabbie N.C. non cementate per profondità > 2 mt terreni saturi o > 1 mt non saturi)

Densità relativa (D_r %): Densità Relativa (Jamiołkowski 1985)

Modulo Edometrico (E_d): Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Peso unità di Volume Gamma:

- Peso unità di Volume Gamma (t/m^3) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume Gamma saturo (t/m^3) (Meyerhof)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini Righi 1978)

Come ampiamente descritto, in corrispondenza del sito sono state effettuate una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico e quattro prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, per mezzo delle quali è stato possibile individuare gli strati di seguito schematizzati. I dati nominali vengono fatti corrispondere in questo caso ai valori medi, riportati nelle tabelle seguenti.

TABELLA 2.3.1-1

SCPTU1 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.24	Limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 26.65 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 100\%$ $\phi = 42.36^\circ$ $OCR > 9$ $E_d = 80.08 \text{ kg/cm}^2$
2	0.24	2.60	Alternanza di argille con argille limose – argille e con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.68 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.66 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ mt } 0.24 \text{ a mt } 2.00} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 0.24 \text{ a mt } 2.00} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ mt } 2.00 \text{ a mt } 2.60} = 1.96 \text{ t/m}^3$

				γ_{sat} da mt 2.00 a mt 2.60 = 2.04 t/m ³ $C_u = 0.83 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9.00 $E_u = 614.99 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.50 \text{ kg/cm}^2$
3	2.60	4.22	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 21.27 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 34.30\%$ $\phi = 25.02^\circ$ OCR = 7.29 $E_d = 31.43 \text{ kg/cm}^2$
4	4.22	5.82	Argille limose – argille localmente interrotte da argille. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.05 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.65 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.85 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 6.76 $E_u = 613.63 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.13 \text{ kg/cm}^2$
5	5.82	6.96	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose.	$q_c = 24.18 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.54 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $D_r = 19.98\%$ $\phi = 23.43^\circ$ OCR = 6.55 $E_d = 29.37 \text{ kg/cm}^2$
6	6.96	8.88	Sabbie limose - limi argillosi alternate con sabbie - sabbie limose e, secondariamente, con limi sabbiosi e limi argillosi. Puntuali livelletti di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille.	$q_c = 39.46 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.42 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 27.66\%$ $\phi = 25.05^\circ$ OCR = 5.99 $E_d = 42.09 \text{ kg/cm}^2$
7	8.88	9.80	Limi argillosi e argille limose e argille limose – argille poggianti su argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.23 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.61 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.81 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 3.81 $E_u = 566.34 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.87 \text{ kg/cm}^2$
8	9.80	10.24	Sabbie limose - limi argillosi localmente interrotte da sabbie	$q_c = 42.34 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$

			- sabbie limose.	$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 22.80\%$ $\phi = 24.38^\circ$ $OCR = 6.03$ $Ed = 42.50 \text{ kg/cm}^2$
9	10.24	11.08	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e, secondariamente, con limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$qc = 15.71 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.38 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.79 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.09$ $Eu = 541.94 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.17 \text{ kg/cm}^2$
10	11.08	11.66	Sabbie limose - limi argillosi alternate con sabbie - sabbie limose e con limi sabbiosi e limi argillosi.	$qc = 36.90 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 15.27\%$ $\phi = 23.12^\circ$ $OCR = 4.02$ $Ed = 37.68 \text{ kg/cm}^2$
11	11.66	21.12	Prevalente alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose - argille. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi e di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$qc = 19.63 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.48 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.98 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.82$ $Eu = 668.33 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 42.84 \text{ kg/cm}^2$
12	21.12	22.86	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi e, secondariamente, con sabbie - sabbie limose.	$qc = 54.92 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.59 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 7.95\%$ $\phi = 22.21^\circ$ $OCR = 3.39$ $Ed = 49.56 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 2.3.1-2

CPTU2 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.46	Limi sabbiosi e limi argillosi localmente interrotti da sabbie limose - limi argillosi e da terreni fini molto sensitivi.	$qc = 15.98 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.06 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.01 \text{ t/m}^3$

				$C_u = 0.80 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $E_u = 597.58 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.03 \text{ kg/cm}^2$
2	0.46	1.66	Limi argillosi e argille limose interrotti da argille. Secondaria presenza di argille limose – argille e puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi e di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 22.24 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.99 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.07 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.11 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $E_u = 826.18 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 44.48 \text{ kg/cm}^2$
3	1.66	2.78	Argille. Puntuali livelli di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.54 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.71 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ mt } 1.66 \text{ a mt } 2.00} = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 1.66 \text{ a mt } 2.00} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ mt } 2.00 \text{ a mt } 2.78} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 2.00 \text{ a mt } 2.78} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.83 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $E_u = 604.59 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.62 \text{ kg/cm}^2$
4	2.78	7.20	Limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose – argille. Puntuali livelletti di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.68 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.73 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.26$ $E_u = 525.22 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.43 \text{ kg/cm}^2$
5	7.20	8.78	Sabbie limose - limi argillosi alternate con limi sabbiosi e limi argillosi e, secondariamente, con limi argillosi e argille limose.	$q_c = 28.76 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 18.93\%$ $\phi = 23.54^\circ$ $OCR = 5.42$ $E_d = 32.88 \text{ kg/cm}^2$
6	8.78	9.74	Limi argillosi e argille limose poggianti su argille limose – argille. Secondaria presenza di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.67 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.57 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.88 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.72$ $E_u = 622.11 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.37 \text{ kg/cm}^2$
7	9.74	10.44	Sabbie - sabbie limose	$q_c = 78.01 \text{ kg/cm}^2$

			localmente interrotte da sabbie. <i>Terreni granulari mediamente addensati</i>		$f_s = 0.40 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 40.63\%$ $\phi = 27.69^\circ$ $\text{OCR} > 9$ $E_d = 61.42 \text{ kg/cm}^2$
8	10.44	11.02	Limi argillosi e argille limose. Puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>		$q_c = 15.21 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.33 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.76 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.84$ $E_u = 524.04 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.36 \text{ kg/cm}^2$
9	11.02	11.60	Sabbie limose - limi argillosi localmente interrotte da sabbie - sabbie limose. <i>Terreni granulari sciolti</i>		$q_c = 46.50 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 22.41\%$ $\phi = 24.46^\circ$ $\text{OCR} = 7.18$ $E_d = 44.81 \text{ kg/cm}^2$
10	11.60	14.20	Prevalente alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose – argille. Puntuali spessori di sabbie limose - limi argillosi e di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>		$q_c = 18.40 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.41 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.92 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.95$ $E_u = 635.68 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.26 \text{ kg/cm}^2$
11	14.20	16.24	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose e, secondariamente, con sabbie limose - limi argillosi.		$q_c = 21.36 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.33 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.07 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.33$ $E_u = 738.39 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 42.72 \text{ kg/cm}^2$
12	16.24	20.00	Limi argillosi e argille limose alternati con argille limose – argille e con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di argille. Puntuale spessore di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>		$q_c = 20.31 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.55 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.93$ $E_u = 688.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 41.21 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 2.3.1-3

CPTU3 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.44	Limi sabbiosi e limi argillosi localmente interrotti da sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 18.24 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.13 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.91 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $E_u = 682.38 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.52 \text{ kg/cm}^2$
2	0.44	5.04	Alternanza di argille con limi argillosi e argille limose e con argille limose – argille. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 15.12 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.45 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ mt } 0.44 \text{ a mt } 2.64} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 0.44 \text{ a mt } 2.64} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ mt } 2.64 \text{ a mt } 5.04} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 2.64 \text{ a mt } 5.04} = 1.98 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.76 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 6.2$ $E_u = 547.49 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.38 \text{ kg/cm}^2$
3	5.04	5.34	Sabbie limose - limi argillosi e sabbie - sabbie limose.	$q_c = 41.50 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 41.92\%$ $\phi = 26.71^\circ$ $OCR > 9$ $Ed = 46.59 \text{ kg/cm}^2$
4	5.34	9.72	Limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.94 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.37 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.90 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.67$ $E_u = 636.28 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.99 \text{ kg/cm}^2$
5	9.72	10.36	Sabbie - sabbie limose alternate con sabbie. <i>Terreni granulari mediamente addensati</i>	$q_c = 76.28 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.22 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 40.28\%$ $\phi = 27.36^\circ$ $OCR < 0.50$ $Ed = 60.42 \text{ kg/cm}^2$
6	10.36	10.96	Argille limose – argille alternate	$q_c = 19.61 \text{ kg/cm}^2$

			con limi argillosi e argille limose. Al tetto e alla base sottili livelli di sabbie limose - limi argillosi e di limi sabbiosi e limi argillosi.		$f_s = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.98 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.94$ $E_u = 687.27 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.88 \text{ kg/cm}^2$
7	10.96	11.60	Sabbie - sabbie limose. <i>Terreni granulari sciolti</i>		$q_c = 51.08 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $\text{Dr} = 25.28\%$ $\phi = 24.74^\circ$ $\text{OCR} < 0.50$ $E_d = 47.43 \text{ kg/cm}^2$
8	11.60	15.58	Prevalente alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con limi argillosi e argille limose. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi e di argille limose – argille. Locali livelletti di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>		$q_c = 18.92 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.38 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.95 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.65$ $E_u = 650.56 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 44.32 \text{ kg/cm}^2$
9	15.58	15.84	Sabbie limose - limi argillosi e sabbie - sabbie limose.		$q_c = 42.82 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.33 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $\text{Dr} = 10.71\%$ $\phi = 22.38^\circ$ $\text{OCR} = 3.41$ $E_d = 41.23 \text{ kg/cm}^2$
10	15.84	20.36	Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con limi argillosi e argille limose, con argille limose – argille e con argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>		$q_c = 18.87 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.94 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.55$ $E_u = 632.48 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 44.42 \text{ kg/cm}^2$
11	20.36	20.76	Prevalenza di sabbie - sabbie limose su sabbie limose - limi argillosi e su sabbie. <i>Terreni granulari sciolti</i>		$q_c = 74.80 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.53 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $\text{Dr} = 18.98\%$ $\phi = 24.07^\circ$ $\text{OCR} = 4.79$ $E_d = 58.81 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 2.3.1-4

CPTU4 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.40	Sabbie limose - limi argillosi poggianti su limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 16.70 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 624.80 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.48 \text{ kg/cm}^2$
2	0.40	2.28	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. Puntuali livelletti di limi sabbiosi e limi argillosi e di terreni fini molto sensibili. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 15.65 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.77 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.78 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 577.02 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.20 \text{ kg/cm}^2$
3	2.28	6.38	Prevalenza di limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose – argille. Secondaria presenza di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.04 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{da mt } 2.28 \text{ a mt } 2.45} = 1.86 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat da mt } 2.28 \text{ a mt } 2.45} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{da mt } 2.45 \text{ a mt } 6.38} = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat da mt } 2.45 \text{ a mt } 6.38} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.65 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 3.27$ $E_u = 464.65 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.84 \text{ kg/cm}^2$
4	6.38	8.42	Prevalenza di limi sabbiosi e limi argillosi su limi argillosi e argille limose e su argille limose – argille. Puntuali livelletti di argille.	$q_c = 25.09 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.58 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $\text{Dr} = 17.40\%$ $\phi = 22.94^\circ$ $\text{OCR} = 6.08$ $E_d = 29.03 \text{ kg/cm}^2$
5	8.42	9.58	Limi argillosi e argille limose alternati con argille limose – argille e poggianti su argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.57 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.44 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.68 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.83$ $E_u = 467.96 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.16 \text{ kg/cm}^2$
6	9.58	9.82	Sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 39.58 \text{ kg/cm}^2$

				$f_s = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 22.56\%$ $\phi = 24.19^\circ$ $\text{OCR} = 4.89$ $E_d = 40.71 \text{ kg/cm}^2$
7	9.82	10.96	Prevalenza di limi argillosi e argille limose su limi sabbiosi e limi argillosi e su argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.58 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.23 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.68 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.27$ $E_u = 463.40 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.17 \text{ kg/cm}^2$
8	10.96	11.88	Sabbie limose - limi argillosi alternate con sabbie - sabbie limose e con limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 38.26 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 16.90\%$ $\phi = 23.33^\circ$ $\text{OCR} = 4.44$ $E_d = 38.80 \text{ kg/cm}^2$
9	11.88	15.58	Limi argillosi e argille limose localmente alternati con argille limose – argille e con limi sabbiosi e limi argillosi. Sottili e sporadici spessori di argille, di sabbie limose - limi argillosi e di sabbie - sabbie limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 19.26 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.41 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.96 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.82$ $E_u = 664.28 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.64 \text{ kg/cm}^2$
10	15.58	20.00	Alternanza di argille limose – argille con limi argillosi e argille limose e con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di argille e di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.99 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.90 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.62$ $E_u = 602.27 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.92 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 2.3.1-5

CPTU5 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.34	Limi sabbiosi e limi argillosi. Sottile livelletto di terreni fini molto sensitivi.	$q_c = 14.90 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.10 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.74 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 557.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.41 \text{ kg/cm}^2$
2	0.34	2.70	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e, secondariamente, da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 18.54 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.92 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.93 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 684.04 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 45.02 \text{ kg/cm}^2$
3	2.70	8.22	Prevalente alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.94 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.98 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.70 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.80$ $E_u = 493.55 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.31 \text{ kg/cm}^2$
4	8.22	8.90	Fitta alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi. Puntuali livelletti di sabbie limose - limi argillosi e di argille limose – argille.	$q_c = 23.59 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $D_r = 11.45\%$ $\phi = 21.95^\circ$ $\text{OCR} = 4.48$ $E_d = 25.97 \text{ kg/cm}^2$
5	8.90	9.94	Argille limose – argille poggianti su argille. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.09 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.59 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.80 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 3.62$ $E_u = 560.38 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.96 \text{ kg/cm}^2$
6	9.94	10.50	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 33.90 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$

				$\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 16.66\%$ $\phi = 23.10^\circ$ $OCR = 4.53$ $Ed = 35.65 \text{ kg/cm}^2$
7	10.50	11.06	Limi argillosi e argille limose alternati con argille e con argille limose - argille. Puntuali livelletti di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$qc = 8.55 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.88 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.43 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.26$ $Eu = 272.64 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 40.03 \text{ kg/cm}^2$
8	11.06	11.76	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi.	$qc = 24.66 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.28 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 5\%$ $\phi = 20.98^\circ$ $OCR = 2.76$ $Ed = 25.61 \text{ kg/cm}^2$
9	11.76	16.16	Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose - argille. Secondaria presenza di argille e di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$qc = 16.48 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.37 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.82 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.60$ $Eu = 558.80 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.67 \text{ kg/cm}^2$
10	16.16	17.36	Argille localmente interrotte da argille limose - argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$qc = 20.42 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.93 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.51$ $Eu = 696.65 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 40.84 \text{ kg/cm}^2$
11	17.36	20.00	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose. Puntuale livelletto di argille limose - argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$qc = 16.41 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.82 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 0.97$ $Eu = 539.50 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.73 \text{ kg/cm}^2$

Note relative alle tabelle:

- i valori dei parametri geotecnici si riferiscono alle singole medie relative agli spessori corrispondenti;
- ove sintetizzabile, in corsivo è indicato il comportamento prevalente dello strato;
- per gli strati coesivo-granulari, sono inseriti i parametri della componente ritenuta prevalente.
- il valore di OCR non può essere inferiore ad 1, ove diversamente indicato a causa di un limite di calcolo deve essere considerato 1.

Nella tavola in allegato, viene proposta un'ipotesi di correlazione stratigrafica e geotecnica, fra i risultati delle prove CPTU2, CPTU5 e CPTU4.

Supporti Grafici:

- Allegato 6. Report prove SCPTU e CPTU
- Tavola Unica. Profilo Litostratigrafico e geotecnico prove CPTU2, CPTU5 e CPTU4

2.4. Considerazioni conclusive

Le elaborazioni delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e non, hanno permesso di definire il modello geotecnico della zona di intervento, il quale risulta caratterizzato come di seguito schematizzato, con riferimento alle litologie prevalenti:

SCPTU1

- da mt 0.00 a mt 0.24, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 0.24 a mt 2.60, terreni coesivi consistenti – argille limose e argille;
- da mt 2.60 a mt 4.22, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 4.22 a mt 5.82, terreni coesivi consistenti – argille limose e argille;
- da mt 5.82 a mt 6.96, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 6.96 a mt 8.88, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 8.88 a mt 9.80, terreni coesivi consistenti – argille limose e argille;
- da mt 9.80 a mt 10.24, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 10.24 a mt 11.08, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 11.08 a mt 11.66, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 11.66 a mt 21.12, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 21.12 a mt 22.86, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi.

CPTU2

- da mt 0.00 a mt 0.46, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 0.46 a mt 1.66, terreni coesivi molto consistenti – argille limose e argille;
- da mt 1.66 a mt 2.78, terreni coesivi consistenti – argille;
- da mt 2.78 a mt 7.20, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 7.20 a mt 8.78, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 8.78 a mt 9.74, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 9.74 a mt 10.44, terreni granulari mediamente addensati – sabbie e sabbie limose;
- da mt 10.44 a mt 11.02, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 11.02 a mt 11.60, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose;
- da mt 11.60 a mt 14.20, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 14.20 a mt 16.24, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;

- da mt 16.24 a mt 20.00, terreni coesivi molto consistenti – limi argillosi e argille limose.

CPTU3

- da mt 0.00 a mt 0.44, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 0.44 a mt 5.04, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 5.04 a mt 5.34, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 5.34 a mt 9.72, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 9.72 a mt 10.36, terreni granulari mediamente addensati – sabbie e sabbie limose;
- da mt 10.36 a mt 10.96, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 10.96 a mt 11.60, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose;
- da mt 11.60 a mt 15.58, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 15.58 a mt 15.84, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 15.84 a mt 20.36, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 20.36 a mt 20.76, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose.


CPTU4

- da mt 0.00 a mt 0.40, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 0.40 a mt 2.28, terreni coesivi consistenti – argille;
- da mt 2.28 a mt 6.38, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 6.38 a mt 8.42, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 8.42 a mt 9.58, terreni coesivi consistenti – argille limose e argille;
- da mt 9.58 a mt 9.82, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 9.82 a mt 10.96, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 10.96 a mt 11.88, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 11.88 a mt 20.00, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose.

CPTU5

- da mt 0.00 a mt 0.34, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 0.34 a mt 2.70, terreni coesivi consistenti – argille;
- da mt 2.70 a mt 8.22, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 8.22 a mt 8.90, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 8.90 a mt 9.94, terreni coesivi consistenti – argille limose e argille;
- da mt 9.94 a mt 10.50, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 10.50 a mt 11.06, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille limose e argille;
- da mt 11.06 a mt 11.76, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 11.76 a mt 16.16, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 16.16 a mt 17.36, terreni coesivi molto consistenti – argille;
- da mt 17.36 a mt 20.00, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose.

Come ampiamente descritto, le indagini geotecniche sono state realizzate con una metodologia che non permette l'analisi diretta dei litotipi e quindi, come si è visto, per tali indagini la ricostruzione litostratigrafica è stata eseguita empiricamente sulla base di teorie tratte da diversi studiosi ed esperienze, così come in base a relazioni empiriche, sono stati valutati tutti i parametri geotecnici. Da notare, inoltre, come la metodologia utilizzata sia caratterizzata da margini di approssimazione interpretativi per quanto riguarda la ricostruzione litologica e per la parametrizzazione geotecnica, per la quale è possibile ottenere valori indicativi, comunque senz'altro meno approssimativi rispetto a quanto ottenibile con le prove penetrometriche meccaniche.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	COMUNE DI CASTENASO - VARIAZIONE ALLA VIGENTE STRUM. URBANISTICA PERMESSO DI COSTRUIRE PER REALIZZAZIONE DI CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

In allegato 11 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

Concludendo, si sottolinea come la valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura alla fondazione, debba derivare dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la struttura, alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Vista la complessità delle valutazioni da effettuarsi e la necessità di eseguirle unitamente al progettista, questo tipo di approccio specifico, se richiesto, potrà eventualmente essere affrontato in fase di progettazione esecutiva.


Copparo, 3 luglio 2019

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



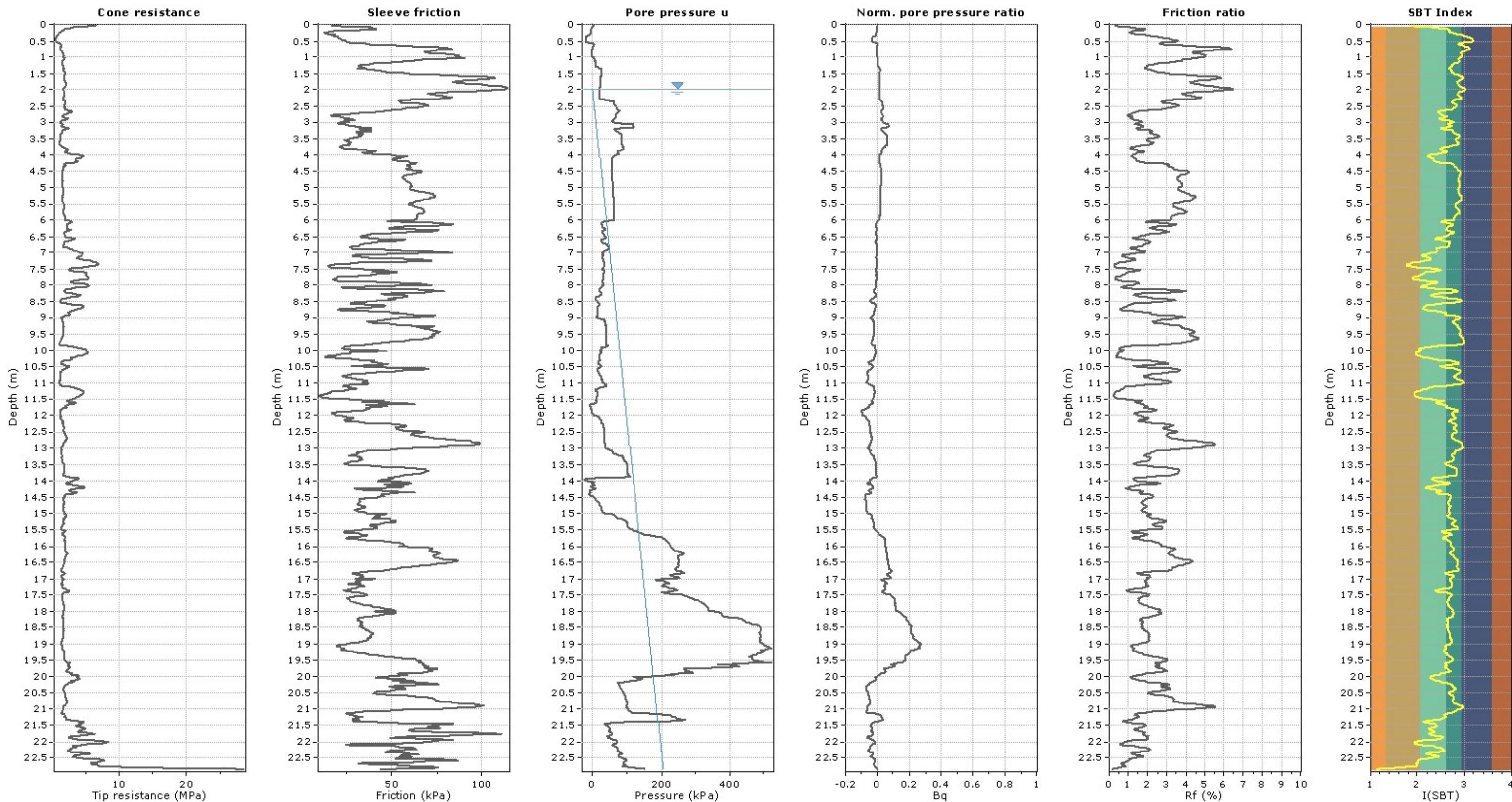
Dr. Geol. Emma Biondani



 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

- Allegati 1/5 -

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO E NON





GEOTE s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO
9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PROVA PENETROMETRICA CON CONO SISMICO

SCPTU - SEISMIC CONE PENETRATION TEST

ASTM D 7400-08

Technical specification

Commessa - Work order
Committente - Commissioner
Località - Locality
Cantiere - Site
SCPT - Seismic cone penetration test
Progressiva (km)
Profondità - Depth (m)
Data esecuzione - Execution date
Operatori - Cone operators
Lat. (°)
long. (°)

19.19
SYNTHESIS S.R.L.
CASTENASO (BO)
VIA G. DI VITTORIO - VIA G. VERDI
1
-
23
04/06/2019
Dott. Brancaleoni- Dott. Menna
-
-

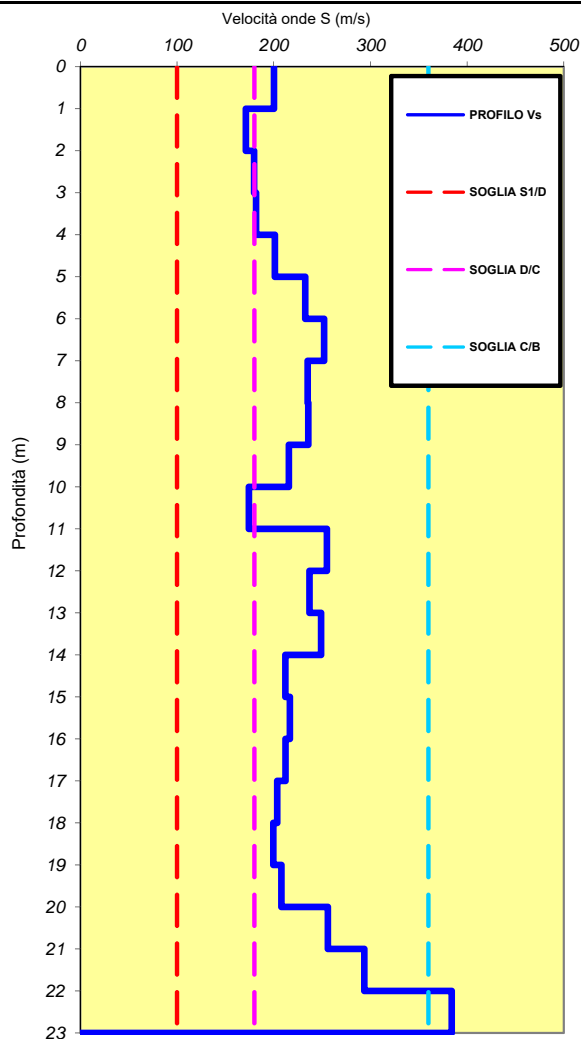
UBICAZIONE PROVA

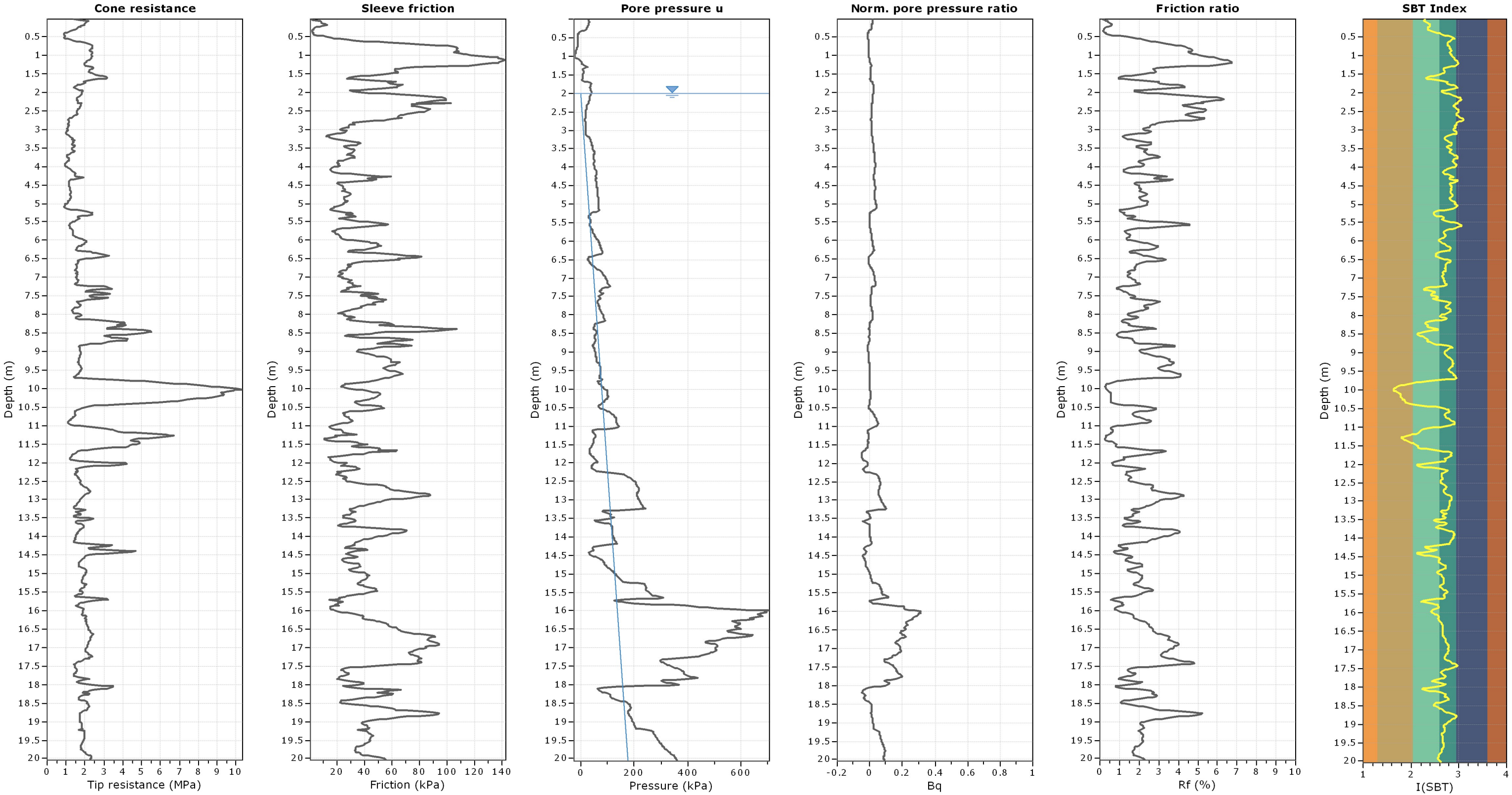
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

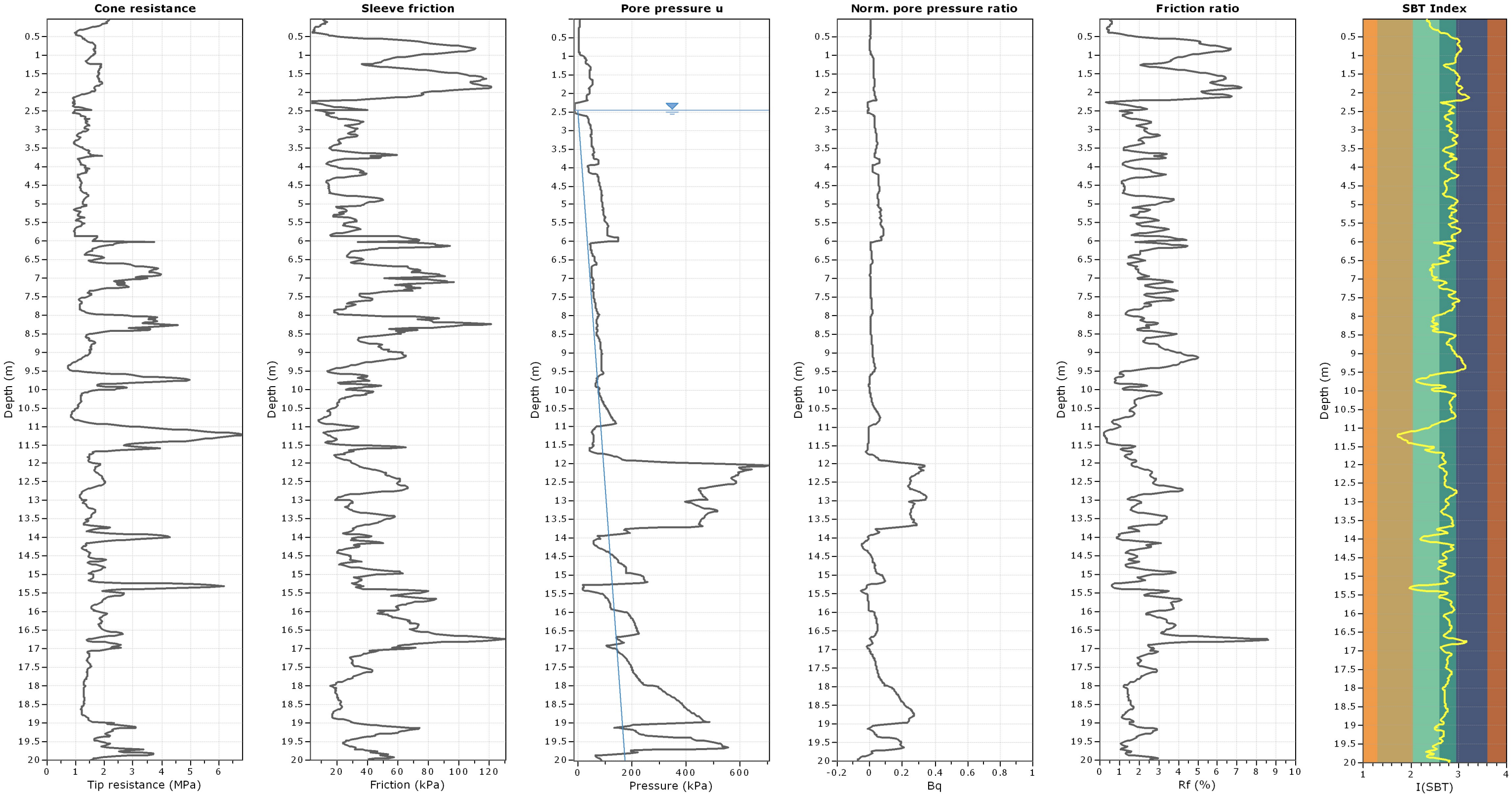
Profondità cono sismico (m)	Tempo arrivo onda S (s)	Spazio effettivo percorso da onda S (m)	Tempo impiegato nel sismostrato (s)	Vs sismostrato (m/s)
1	0.0078	1.56	0.0078	200
2	0.0123	2.33	0.0045	171
3	0.0173	3.23	0.005	180
4	0.0225	4.18	0.0052	182
5	0.0273	5.14	0.0048	201
6	0.0315	6.12	0.0042	233
7	0.0354	7.10	0.0039	252
8	0.0396	8.09	0.0042	235
9	0.0438	9.08	0.0042	236
10	0.0484	10.07	0.0046	216
11	0.0541	11.07	0.0057	174
12	0.0580	12.06	0.0039	255
13	0.0622	13.06	0.0042	237
14	0.0662	14.05	0.004	249
15	0.0709	15.05	0.0047	212
16	0.0755	16.04	0.0046	217
17	0.0802	17.04	0.0047	212
18	0.0851	18.04	0.0049	204
19	0.0901	19.04	0.005	200
20	0.0949	20.04	0.0048	208
21	0.0988	21.03	0.0039	256
22	0.1022	22.03	0.0034	294
23	0.1048	23.03	0.0026	384
24	0.0000	0.00	0	0
25	0.0000	0.00	0	0
26	0.0000	0.00	0	0
27	0.0000	0.00	0	0
28	0.0000	0.00	0	0
29	0.0000	0.00	0	0
30	0.0000	0.00	0	0

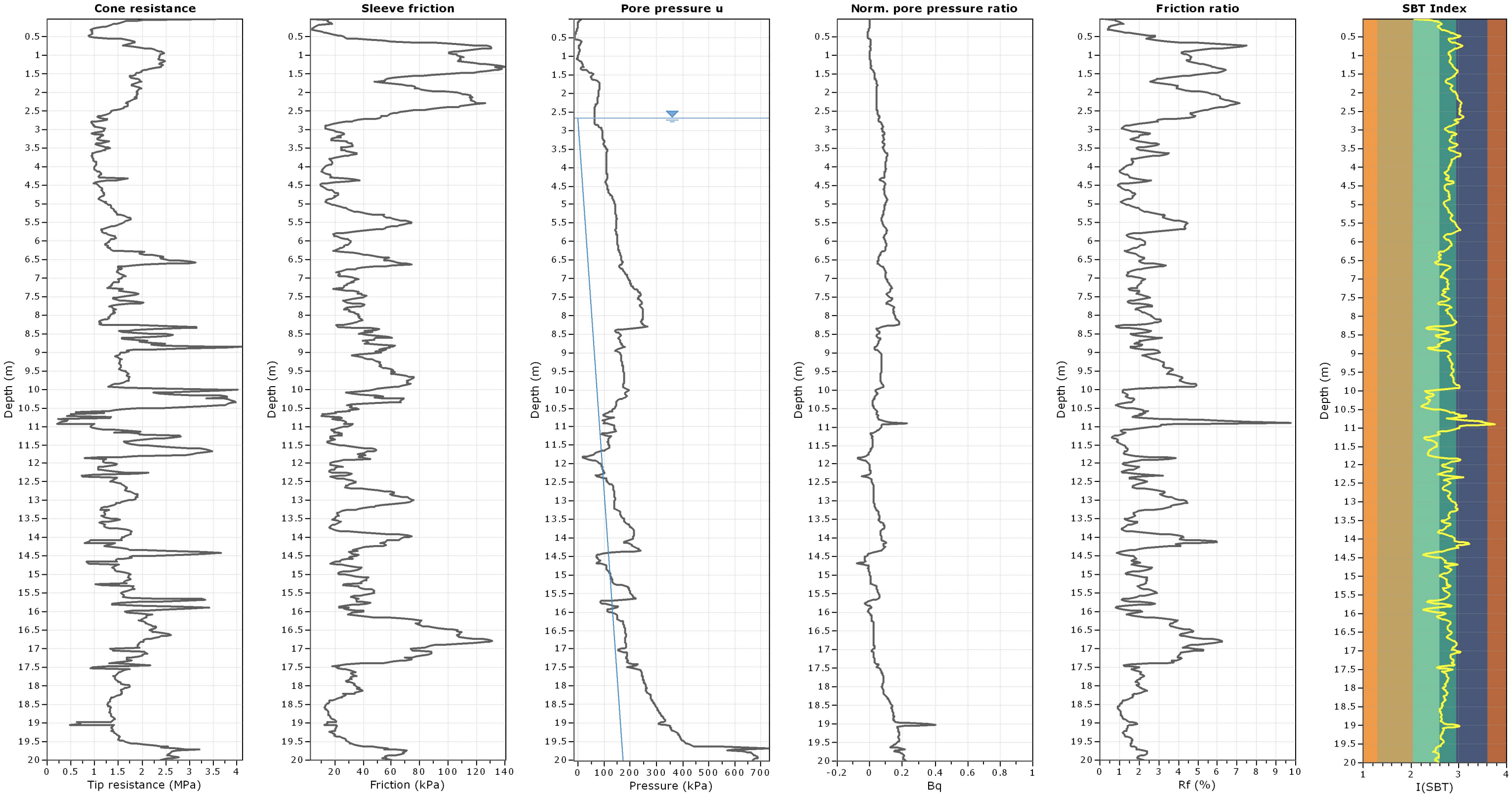
Vs 23
219


Vs espressa in m/s









 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

- Allegato 6 -

REPORT PROVE SCPTU E CPTU

SCPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Terzaghi	1.33
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Terzaghi	0.83
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Terzaghi	1.06
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Terzaghi	0.85
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Terzaghi	1.21
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Terzaghi	1.97
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Terzaghi	0.81
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Terzaghi	2.12
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Terzaghi	0.79
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Terzaghi	1.85
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Terzaghi	0.98
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Terzaghi	2.75

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Metodo generale del modulo Edometrico	53.30
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Metodo generale del modulo Edometrico	47.50
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Metodo generale del modulo Edometrico	42.54
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Metodo generale del modulo Edometrico	47.13
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Metodo generale del modulo Edometrico	48.36
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Metodo generale del modulo Edometrico	78.92
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Metodo generale del modulo Edometrico	47.87
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Metodo generale del modulo Edometrico	84.68
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Metodo generale del modulo Edometrico	48.17
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Metodo generale del modulo Edometrico	73.80
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Metodo generale del modulo Edometrico	42.84
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Metodo generale del modulo Edometrico	109.84

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Cancelli 1980	998.48
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Cancelli 1980	614.99
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Cancelli 1980	777.70
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Cancelli 1980	613.63
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Cancelli 1980	875.98
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Cancelli 1980	1442.99
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Cancelli 1980	566.34
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Cancelli 1980	1542.90
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Cancelli 1980	541.94
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Cancelli 1980	1333.97
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Cancelli 1980	668.33
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Cancelli 1980	1971.26

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Piacentini Righi 1978	4.57
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Piacentini Righi 1978	6.76
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Piacentini Righi 1978	4.67
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Piacentini Righi 1978	3.01
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Piacentini Righi 1978	3.81
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Piacentini Righi 1978	1.42
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Piacentini Righi 1978	2.09
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Piacentini Righi 1978	1.38
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Piacentini Righi 1978	1.82
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Piacentini Righi 1978	1.7

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Meyerhof	2.02
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Meyerhof	1.94
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Meyerhof	1.98
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Meyerhof	1.94
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Meyerhof	2.00
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Meyerhof	2.08
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Meyerhof	1.93
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Meyerhof	2.09
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Meyerhof	1.92
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Meyerhof	2.07
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Meyerhof	1.95
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Meyerhof	2.14

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Meyerhof	2.10
Strato 2	2.60	16.68	0.66	0.28	0.28	Meyerhof	2.02
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Meyerhof	2.06
Strato 4	5.82	17.05	0.65	0.99	0.69	Meyerhof	2.02
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Meyerhof	2.08
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Meyerhof	2.16
Strato 7	9.80	16.23	0.61	1.86	1.13	Meyerhof	2.01
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Meyerhof	2.17
Strato 9	11.08	15.71	0.38	2.12	1.26	Meyerhof	2.00
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Meyerhof	2.15
Strato 11	21.12	19.63	0.48	3.25	1.81	Meyerhof	2.03
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Meyerhof	2.22

SCPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Jamiolkowski 1985	34.30
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Jamiolkowski 1985	19.98
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Jamiolkowski 1985	27.66
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Jamiolkowski 1985	22.80
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Jamiolkowski 1985	15.27
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Jamiolkowski 1985	7.95

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Koppejan	42.36
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Koppejan	25.02
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Koppejan	23.43
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Koppejan	25.05
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Koppejan	24.38
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Koppejan	23.12
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Koppejan	22.21

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Robertson & Campanella da Schmertmann	80.08
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Robertson & Campanella da Schmertmann	31.43
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Robertson & Campanella da Schmertmann	29.37
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Robertson & Campanella da Schmertmann	42.09
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Robertson & Campanella da Schmertmann	42.50
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Robertson & Campanella da Schmertmann	37.68
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Robertson & Campanella da Schmertmann	49.56

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Piacentini Righi 1978	7.29
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Piacentini Righi 1978	6.55
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Piacentini Righi 1978	5.99
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Piacentini Righi 1978	6.03
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Piacentini Righi 1978	4.02
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Piacentini Righi 1978	3.39

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Meyerhof	1.90
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Meyerhof	1.90
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Meyerhof	1.80
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Meyerhof	1.90
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Meyerhof	1.90
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Meyerhof	1.90
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.24	26.65	0.27	0.02	0.02	Meyerhof	2.20
Strato 3	4.22	21.27	0.34	0.67	0.53	Meyerhof	2.20
Strato 5	6.96	24.18	0.54	1.26	0.82	Meyerhof	2.10
Strato 6	8.88	39.46	0.42	1.57	0.98	Meyerhof	2.20
Strato 8	10.24	42.34	0.25	2.00	1.20	Meyerhof	2.20
Strato 10	11.66	36.90	0.27	2.26	1.33	Meyerhof	2.20
Strato 12	22.86	54.92	0.59	4.35	2.35	Meyerhof	2.20

CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Terzaghi	0.80
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Terzaghi	1.11
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Terzaghi	0.83
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Terzaghi	0.73
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Terzaghi	1.44
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Terzaghi	0.88
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Terzaghi	0.76
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Terzaghi	0.92
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Terzaghi	1.07
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Terzaghi	1.02

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Metodo generale del modulo Edometrico	48.03
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Metodo generale del modulo Edometrico	44.48
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Metodo generale del modulo Edometrico	47.62
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Metodo generale del modulo Edometrico	48.43
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Metodo generale del modulo Edometrico	57.52
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Metodo generale del modulo Edometrico	46.37
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Metodo generale del modulo Edometrico	48.36
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Metodo generale del modulo Edometrico	45.26
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Metodo generale del modulo Edometrico	42.72
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Metodo generale del modulo Edometrico	41.21

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Cancelli 1980	597.58
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Cancelli 1980	826.18
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Cancelli 1980	604.59
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Cancelli 1980	525.22
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Cancelli 1980	1042.69
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Cancelli 1980	622.11
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Cancelli 1980	524.04
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Cancelli 1980	635.68
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Cancelli 1980	738.39
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Cancelli 1980	688.53

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Piacentini Righi 1978	3.26
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Piacentini Righi 1978	3.4
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Piacentini Righi 1978	3.72
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Piacentini Righi 1978	1.84
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Piacentini Righi 1978	1.95
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Piacentini Righi 1978	1.33
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Piacentini Righi 1978	1.93

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Meyerhof	1.93
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Meyerhof	1.99
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Meyerhof	1.94
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Meyerhof	1.91
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Meyerhof	2.03
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Meyerhof	1.94
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Meyerhof	1.91
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Meyerhof	1.95
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Meyerhof	1.97
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Meyerhof	1.96

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Meyerhof	2.01
Strato 2	1.66	22.24	0.84	0.21	0.21	Meyerhof	2.07
Strato 3	2.78	16.54	0.71	0.44	0.42	Meyerhof	2.02
Strato 4	7.20	14.68	0.31	0.97	0.67	Meyerhof	1.99
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Meyerhof	2.11
Strato 6	9.74	17.67	0.57	1.81	1.08	Meyerhof	2.02
Strato 8	11.02	15.21	0.33	2.11	1.24	Meyerhof	1.99
Strato 10	14.20	18.40	0.41	2.54	1.45	Meyerhof	2.03
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Meyerhof	2.05
Strato 12	20.00	20.31	0.55	3.56	1.95	Meyerhof	2.04

CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Jamiolkowski 1985	18.93
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Jamiolkowski 1985	40.63
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Jamiolkowski 1985	22.41
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Jamiolkowski 1985	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Koppejan	36.44
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Koppejan	23.54
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Koppejan	27.69
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Koppejan	24.46
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Koppejan	19.08

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Robertson & Campanella da Schmertmann	69.95
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Robertson & Campanella da Schmertmann	32.88
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Robertson & Campanella da Schmertmann	61.42
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Robertson & Campanella da Schmertmann	44.81
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Robertson & Campanella da Schmertmann	24.13

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Piacentini Righi 1978	5.42
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Piacentini Righi 1978	7.18
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Piacentini Righi 1978	2.20

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Meyerhof	1.90
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Meyerhof	1.90
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Meyerhof	1.90
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Meyerhof	1.90
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.46	15.98	0.06	0.04	0.04	Meyerhof	2.20
Strato 5	8.78	28.76	0.46	1.55	0.95	Meyerhof	2.20
Strato 7	10.44	78.01	0.40	1.98	1.17	Meyerhof	2.20
Strato 9	11.60	46.50	0.25	2.23	1.29	Meyerhof	2.20
Strato 11	16.24	21.36	0.33	2.99	1.67	Meyerhof	2.20

CPTU3 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Terzaghi	0.91
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Terzaghi	0.76
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Terzaghi	2.08
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Terzaghi	0.90
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Terzaghi	0.98
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Terzaghi	0.95
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Terzaghi	2.14
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Terzaghi	0.94

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Metodo generale del modulo Edometrico	45.52
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Metodo generale del modulo Edometrico	48.38
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Metodo generale del modulo Edometrico	83.00
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Metodo generale del modulo Edometrico	45.99
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Metodo generale del modulo Edometrico	42.88
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Metodo generale del modulo Edometrico	44.32
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Metodo generale del modulo Edometrico	85.64
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Metodo generale del modulo Edometrico	44.42

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Cancelli 1980	682.38
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Cancelli 1980	547.49
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Cancelli 1980	1528.11
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Cancelli 1980	636.28
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Cancelli 1980	687.27
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Cancelli 1980	650.56
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Cancelli 1980	1539.19
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Cancelli 1980	632.48

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Piacentini Righi 1978	6.2
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Piacentini Righi 1978	2.24
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Piacentini Righi 1978	2.67
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Piacentini Righi 1978	1.94
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Piacentini Righi 1978	1.65
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Piacentini Righi 1978	1.24
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Piacentini Righi 1978	1.55

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Meyerhof	1.96
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Meyerhof	1.92
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Meyerhof	2.09
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Meyerhof	1.95
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Meyerhof	1.96
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Meyerhof	1.95
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Meyerhof	2.09
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Meyerhof	1.94

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Meyerhof	2.04
Strato 2	5.04	15.12	0.45	0.53	0.52	Meyerhof	2.00
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Meyerhof	2.17
Strato 4	9.72	17.94	0.37	1.46	0.97	Meyerhof	2.03
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Meyerhof	2.04
Strato 8	15.58	18.92	0.38	2.67	1.57	Meyerhof	2.03
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Meyerhof	2.17
Strato 10	20.36	18.87	0.46	3.55	2.00	Meyerhof	2.02

CPTU3 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Jamiolkowski 1985	41.92
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Jamiolkowski 1985	40.28
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Jamiolkowski 1985	25.28
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Jamiolkowski 1985	10.71
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Jamiolkowski 1985	18.98

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Koppejan	37.31
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Koppejan	26.71
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Koppejan	27.36
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Koppejan	20.01
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Koppejan	24.74
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Koppejan	22.38
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Koppejan	24.07

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Robertson & Campanella da Schmertmann	74.55
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Robertson & Campanella da Schmertmann	46.59
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Robertson & Campanella da Schmertmann	60.42
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Robertson & Campanella da Schmertmann	19.55
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Robertson & Campanella da Schmertmann	47.43
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Robertson & Campanella da Schmertmann	41.23
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Robertson & Campanella da Schmertmann	58.81

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Piacentini Righi 1978	2.95
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Piacentini Righi 1978	3.41
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Piacentini Righi 1978	4.79

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Meyerhof	1.90
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Meyerhof	1.90
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Meyerhof	1.90
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Meyerhof	1.80
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Meyerhof	1.90
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Meyerhof	1.90
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.44	18.24	0.13	0.04	0.04	Meyerhof	2.20
Strato 3	5.34	41.50	0.24	1.01	0.75	Meyerhof	2.20
Strato 5	10.36	76.28	0.22	1.96	1.22	Meyerhof	2.20
Strato 6	10.96	19.61	0.36	2.08	1.28	Meyerhof	2.10
Strato 7	11.60	51.08	0.15	2.21	1.35	Meyerhof	2.20
Strato 9	15.84	42.82	0.33	3.08	1.77	Meyerhof	2.20
Strato 11	20.76	74.80	0.53	4.03	2.24	Meyerhof	2.20

CPTU4 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coessione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Terzaghi	0.84
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Terzaghi	0.78
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Terzaghi	0.65
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Terzaghi	1.25
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Terzaghi	0.68
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Terzaghi	1.98
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Terzaghi	0.68
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Terzaghi	1.91
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Terzaghi	0.96
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Terzaghi	0.90

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Metodo generale del modulo Edometrico	47.48
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Metodo generale del modulo Edometrico	48.20
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Metodo generale del modulo Edometrico	47.84
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Metodo generale del modulo Edometrico	50.18
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Metodo generale del modulo Edometrico	48.16
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Metodo generale del modulo Edometrico	79.16
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Metodo generale del modulo Edometrico	48.17
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Metodo generale del modulo Edometrico	76.52
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Metodo generale del modulo Edometrico	43.64
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Metodo generale del modulo Edometrico	45.92

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Cancelli 1980	624.80
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Cancelli 1980	577.02
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Cancelli 1980	464.65
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Cancelli 1980	905.81
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Cancelli 1980	467.96
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Cancelli 1980	1440.78
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Cancelli 1980	463.40
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Cancelli 1980	1385.18
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Cancelli 1980	664.28
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Cancelli 1980	602.27

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Piacentini Righi 1978	3.27
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Piacentini Righi 1978	4.39
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Piacentini Righi 1978	2.83
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Piacentini Righi 1978	2.16
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Piacentini Righi 1978	1.27
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Piacentini Righi 1978	1.27
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Piacentini Righi 1978	1.82
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Piacentini Righi 1978	1.62

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Meyerhof	1.94
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Meyerhof	1.93
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Meyerhof	1.89
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Meyerhof	2.00
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Meyerhof	1.89
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Meyerhof	2.08
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Meyerhof	1.89
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Meyerhof	2.08
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Meyerhof	1.95
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Meyerhof	1.94

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Meyerhof	2.02
Strato 2	2.28	15.65	0.77	0.26	0.26	Meyerhof	2.01
Strato 3	6.38	13.04	0.30	0.84	0.65	Meyerhof	1.97
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Meyerhof	2.08
Strato 5	9.58	13.57	0.44	1.75	1.09	Meyerhof	1.97
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Meyerhof	2.16
Strato 7	10.96	13.58	0.23	2.02	1.22	Meyerhof	1.97
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Meyerhof	2.16
Strato 9	15.58	19.26	0.41	2.67	1.55	Meyerhof	2.03
Strato 10	20.00	17.99	0.46	3.46	1.93	Meyerhof	2.02

CPTU4 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Jamiolkowski 1985	17.40
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Jamiolkowski 1985	22.56
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Jamiolkowski 1985	16.90

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Koppejan	37.40
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Koppejan	22.94
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Koppejan	24.19
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Koppejan	23.33

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Robertson & Campanella da Schmertmann	74.15
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Robertson & Campanella da Schmertmann	29.03
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Robertson & Campanella da Schmertmann	40.71
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Robertson & Campanella da Schmertmann	38.80

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Piacentini Righi 1978	6.08
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Piacentini Righi 1978	4.89
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Piacentini Righi 1978	4.44

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Meyerhof	1.90
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Meyerhof	1.80
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Meyerhof	1.90
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.40	16.70	0.08	0.04	0.04	Meyerhof	2.20
Strato 4	8.42	25.09	0.58	1.43	0.93	Meyerhof	2.10
Strato 6	9.82	39.58	0.36	1.88	1.16	Meyerhof	2.20
Strato 8	11.88	38.26	0.25	2.22	1.32	Meyerhof	2.20

CPTU5 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Terzaghi	0.74
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Terzaghi	0.93
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Terzaghi	0.70
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Terzaghi	1.18
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Terzaghi	0.80
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Terzaghi	1.70
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Terzaghi	0.43
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Terzaghi	1.23
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Terzaghi	0.82
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Terzaghi	1.02
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Terzaghi	0.82

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Metodo generale del modulo Edometrico	48.41
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Metodo generale del modulo Edometrico	45.02
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Metodo generale del modulo Edometrico	48.31
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Metodo generale del modulo Edometrico	47.18
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Metodo generale del modulo Edometrico	47.96
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Metodo generale del modulo Edometrico	67.80
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Metodo generale del modulo Edometrico	40.03
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Metodo generale del modulo Edometrico	49.32
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Metodo generale del modulo Edometrico	47.67
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Metodo generale del modulo Edometrico	40.84
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Metodo generale del modulo Edometrico	47.73

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Cancelli 1980	557.53
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Cancelli 1980	684.04
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Cancelli 1980	493.55
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Cancelli 1980	844.74
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Cancelli 1980	560.38
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Cancelli 1980	1225.30
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Cancelli 1980	272.64
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Cancelli 1980	874.53
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Cancelli 1980	558.80
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Cancelli 1980	696.65
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Cancelli 1980	539.50

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Piacentini Righi 1978	2.8
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Piacentini Righi 1978	3.04
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Piacentini Righi 1978	3.62
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Piacentini Righi 1978	2.62
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Piacentini Righi 1978	1.26
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Piacentini Righi 1978	1.42
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Piacentini Righi 1978	1.6
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Piacentini Righi 1978	3.51
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Piacentini Righi 1978	0.97

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Meyerhof	1.92
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Meyerhof	1.96
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Meyerhof	1.90
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Meyerhof	1.99
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Meyerhof	1.92
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Meyerhof	2.06
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Meyerhof	1.80
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Meyerhof	2.00
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Meyerhof	1.92
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Meyerhof	1.96
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Meyerhof	1.92

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Meyerhof	2.00
Strato 2	2.70	18.54	0.92	0.30	0.30	Meyerhof	2.04
Strato 3	8.22	13.94	0.31	1.06	0.78	Meyerhof	1.98
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Meyerhof	2.07
Strato 5	9.94	16.09	0.59	1.82	1.15	Meyerhof	2.00
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Meyerhof	2.14
Strato 7	11.06	8.55	0.24	2.09	1.28	Meyerhof	1.88
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Meyerhof	2.08
Strato 9	16.16	16.48	0.37	2.71	1.58	Meyerhof	2.00
Strato 10	17.36	20.42	0.93	3.25	1.84	Meyerhof	2.04
Strato 11	20.00	16.41	0.30	3.63	2.02	Meyerhof	2.00

CPTU5 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Jamiolkowski 1985	11.45
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Jamiolkowski 1985	16.66
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Jamiolkowski 1985	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Koppejan	37.70
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Koppejan	21.95
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Koppejan	23.10
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Koppejan	20.98

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Robertson & Campanella da Schmertmann	74.40
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Robertson & Campanella da Schmertmann	25.97
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.65
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Robertson & Campanella da Schmertmann	25.61

Grado di sovraconsolidazione


	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Piacentini Righi 1978	4.48
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Piacentini Righi 1978	4.53
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Piacentini Righi 1978	2.76

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Meyerhof	1.90
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Meyerhof	1.80
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Meyerhof	1.90
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Meyerhof	1.90

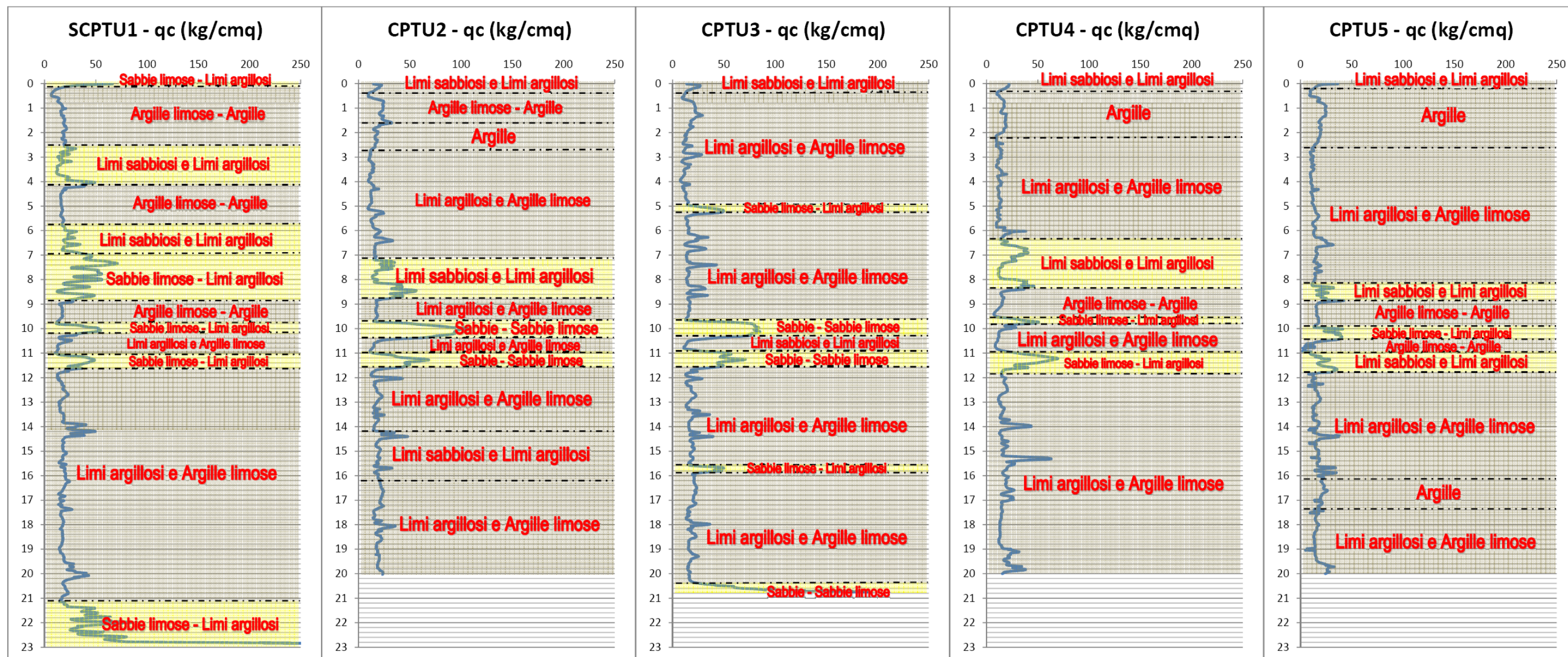
Peso unità di volume saturo


	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.34	14.90	0.10	0.03	0.03	Meyerhof	2.20
Strato 4	8.90	23.59	0.46	1.65	1.06	Meyerhof	2.10
Strato 6	10.50	33.90	0.46	1.98	1.23	Meyerhof	2.20
Strato 8	11.76	24.66	0.28	2.22	1.34	Meyerhof	2.20

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--

- Allegato 7 -

GRAFICI DELL'ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA DELLE PROVE ESEGUITE



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--

- Allegati 8/9 -

CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO



000

3

1929
SYNTHESIS SRL
CASTENASO (BO)
LOTTO VIA G. DI VITTORIO - VIA G. VERDI

Samples identification and performed tests

[illegible]

Note - Remarks:

Il nostro laboratorio esegue le prove commissionate secondo le norme di riferimento riportate su ogni certificato; il laboratorio segue inoltre le raccomandazioni contenute nella norma UNI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura". Questi risultati sono per uso esclusivo del cliente per il quale sono stati ottenuti. Essi sono applicabili solamente ai campioni testati e non sono indicativi di campioni apparentemente simili.

These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not indicative of apparently identical samples.

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI - SETTORE TERRE

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - Test report

Verbale - Acceptance report

Committente - Commissioner

Località - Locality

Cantiere - Site

Sondaggio - Borehole

Campione - Sample

Profondità - Depth

Data ricevimento - Receiving date

Data inizio prove - Test starting date

Data fine prove - Test ending date

Data certificazione - Report date

Data apertura campione - Sample opening date

Classe campione - Sample quality

1929 - 19.190 - 001

1929

SYNTHESIS SRL

CASTENASO (BO)

LOTTO VIA G. DI VITTORIO - VIA G. VERDI

CPTU2

C1

2.60 - 3.20 m

25/06/2019

25/06/2019

27/06/2019

27/06/2019

25/06/2019

Q5

Penetrazione del cono (mm) - Cone penetration

Massa tara (g) - Tara weight

Massa campione umido + tara (g)

Moist specimen + tara

Massa campione secco + tara (g)

Dried specimen + tara

Contenuto in acqua (%) - Moisture content

Provino 1 - Specimen 1

25.40

72.01

120.23

106.93

38.09

Provino 2 - Specimen 2

19.60

72.05

105.19

96.41

36.04

Provino 3 - Specimen 3

15.20

70.89

101.89

93.91

34.67

Limite liquido (%) - Liquid limit

36.2

Massa tara (g) - Tara weight

Massa campione umido + tara (g)

Massa campione secco + tara (g)

Dried specimen + tara

Limite plastico (%) - Plastic limit

Limite plastico (%) - Plastic limit

71.66

70.57

77.81

76.14

76.71

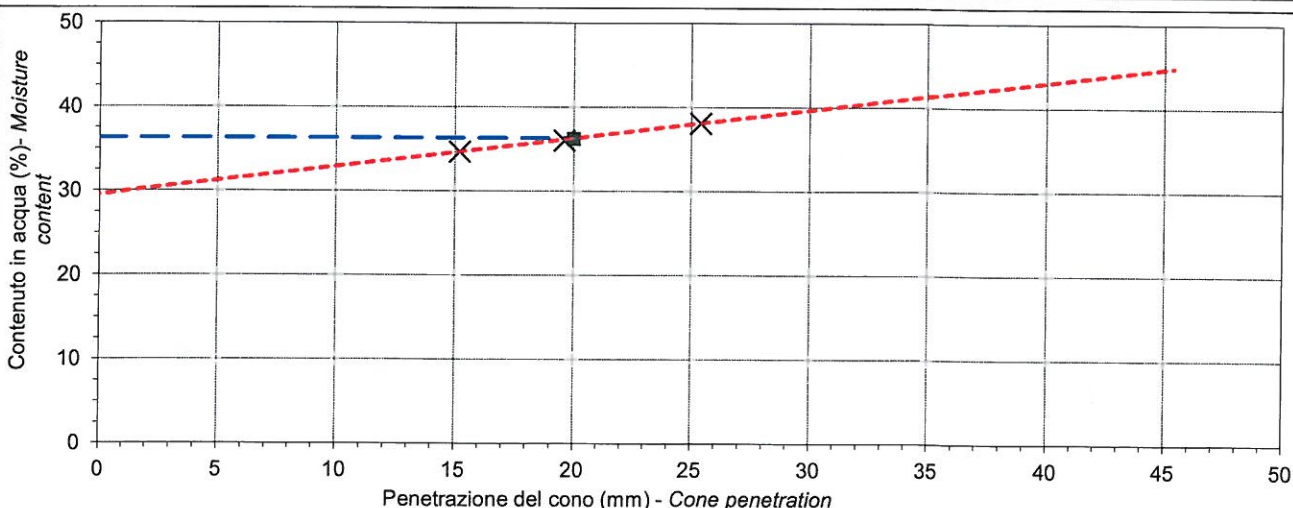
75.14

21.78

21.88

21.8

differenza percentuale 0.46



Note - Remarks

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2



GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

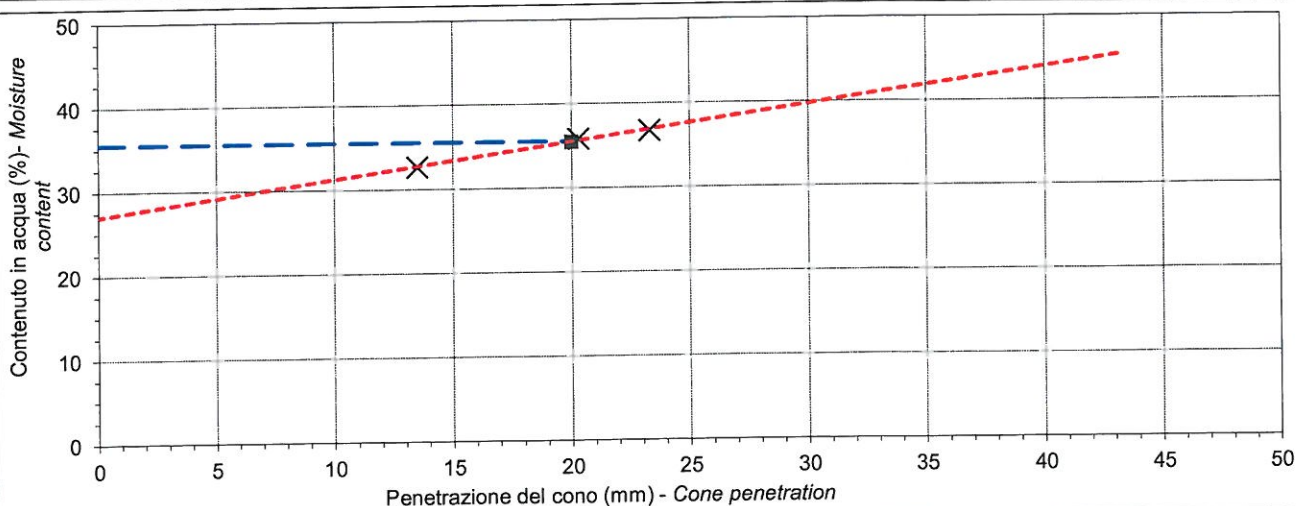
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - Test report
Verbale - Acceptance report
Committente - Commissioner
Località - Locality
Cantiere - Site
Sondaggio - Borehole
Campione - Sample
Profondità - Depth
Data ricevimento - Receiving date
Data inizio prove - Test starting date
Data fine prove - Test ending date
Data certificazione - Report date
Data apertura campione - Sample opening date
Classe campione - Sample quality

1929 - 19.190 - 002
1929
SYNTHESIS SRL
CASTENASO (BO)
LOTTO VIA G. DI VITTORIO - VIA G. VERDI
CPTU4
C1
2.30 - 2.90 m
25/06/2019
25/06/2019
27/06/2019
27/06/2019
25/06/2019
Q5

	Provino 1 - Specimen 1	Provino 2 - Specimen 2	Provino 3 - Specimen 3
Penetrazione del cono (mm) - Cone penetration	13.50	20.30	23.30
Massa tara (g) - Tara weight	71.73	71.97	70.64
Massa campione umido + tara (g) Moist specimen + tara	99.92	106.36	99.78
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	92.98	97.29	91.95
Contenuto in acqua (%) - Moisture content	32.66	35.82	36.74
Limite liquido (%) - Liquid limit	35.5		
Massa tara (g) - Tara weight	70.68	71.88	differenza percentuale 0.15
Massa campione umido + tara (g)	76.62	78.05	
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	75.62	77.01	
Limite plastico (%) - Plastic limit	20.24	20.27	
Limite plastico (%) - Plastic limit	20.3		




Note - Remarks

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

- Allegato 10 -

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MEDIANTE APPROCCIO NUMERICO NON SEMPLIFICATO

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Città Metropolitana di Bologna
Comune di Castenaso

Analisi di risposta sismica locale mediante approccio numerico
non semplificato dell'area sita in via di Vittorio/ via Verdi

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Luglio 2019	Stefano Maggi	Enrico Cumoli	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente:

SYNTHESIS SRL

Redatto da:



Fornitori:




MOD PROD14 REV00

Codice Cliente:


Codice interno: 19.190

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	
------------------	---	---

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____	4
3.	PREMESSE _____	5
4.	DEFINIZIONE DEL MODELLO DI SOTTOSUOLO _____	6
5.	CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE _____	8
6.	SPETTRO DI RISPOSTA FINALE _____	11
7.	SPETTRO NORMALIZZATO _____	14

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 19.190 rev. 1, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.


Dott. Geol. Stefano Maggi.

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 03/07/2019

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n° 14 fogli di testo.

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO


La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario -Norme Tecniche per le Costruzioni

DGR 2193/2015

Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	
------------------	---	---


3. PREMESSE

Nel presente lavoro è stata condotta la valutazione degli effetti sismici di sito (Risposta Sismica Locale) dell'area sita tra le vie di Vittorio e via Verdi nel comune di Castenaso (BO).

L'analisi è stata eseguita mediante approccio numerico non semplificato come previsto dalle NTC 2018 e dalla DGR N. 2193/2015 della Regione Emilia Romagna, utilizzando il **codice di calcolo STRATA** (Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses; STRATA è distribuito con licenza GNU disponibile al sito <http://www.gnu.org/licenses/>).

L'analisi di risposta sismica locale del sito in questione è stata condotta secondo il seguente schema:

- **Definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo** attraverso indagini sia dirette che indirette (geofisiche), sulla base delle conoscenze geologiche dello scrivente e sulla base di dati provenienti dal database del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione E-R e dagli strumenti di pianificazione territoriale (es: PSC, PTCT) relativi al comune a cui appartiene il sito di interesse;
- **Selezione di una serie di accelerogrammi di input** (terremoti target di riferimento, componente orizzontale) rappresentativi del moto sismico atteso nel sito in esame;
- Calcolo del moto atteso al sito: **spettro di risposta finale in accelerazione** (spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un grado di libertà SDOF).

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

4. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI SOTTOSUOLO

Nel sito in esame sono state eseguite le seguenti prove geognostiche:

- **n. 4** prove penetrometriche statiche a punta elettrica con piezocono (**CPTU**) spinte fino alla profondità di circa 20/21 m da p.c. eseguite dagli scriventi;
- **n. 1** prova penetrometrica statica a punta elettrica con piezocono sismico (**SCPTU**) spinte fino alla profondità massima di circa 22 m da p.c. (tetto ghiaia) eseguita dagli scriventi;
- **n.1** profilo in array eseguito con tecnica **MASW-Re.Mi.** e **n. 1** misura a stazione singola con tecnica **HVSR** mediante tomografo digitale eseguiti dalla committenza;

Al fine di ottenere un quadro più preciso e dettagliato possibile circa la natura dei terreni costituenti il sottosuolo del sito investigato, fino al raggiungimento del bedrock sismico (caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s e che rappresenta il livello base del modello), lo scrivente ha consultato e fatto riferimento ai dati contenuti nel database sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli Regione E-R.

La tabella nella pagina seguente mostra il modello di sottosuolo utilizzato per l'analisi:

Coordinate Sito (ED50): 44.510935 N; 11.435556 E

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	Varied
1	0.00	10.00	LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO (Alta Pianura Bolognese - Lo Presti)	180.00	<input checked="" type="checkbox"/> 140.00	<input checked="" type="checkbox"/> 200.00	<input checked="" type="checkbox"/>
2	10.00	15.00	LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO (Alta Pianura Bolognese - Lo Presti)	200.00	<input checked="" type="checkbox"/> 180.00	<input checked="" type="checkbox"/> 280.00	<input checked="" type="checkbox"/>
3	25.00	50.00	LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO (Alta Pianura Bolognese - Lo Presti)	300.00	<input checked="" type="checkbox"/> 250.00	<input checked="" type="checkbox"/> 300.00	<input checked="" type="checkbox"/>
4	75.00	70.00	LIMO CON SABBIA "PROFONDO" (Alta Pianura Bolognese -Lo Presti)	450.00	<input checked="" type="checkbox"/> 400.00	<input checked="" type="checkbox"/> 500.00	<input checked="" type="checkbox"/>
5	145.00	100.00	LIMO CON SABBIA "PROFONDO" (Alta Pianura Bolognese -Lo Presti)	550.00	<input checked="" type="checkbox"/> 500.00	<input checked="" type="checkbox"/> 600.00	<input checked="" type="checkbox"/>
6	245.00	Half-Space	Bedrock	700.00	<input checked="" type="checkbox"/> 650.00	<input checked="" type="checkbox"/> 800.00	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito in studio

Le curve di smorzamento impiegate per le coperture e per il bedrock sono riportate nelle figure seguenti (in assenza di prove di laboratorio specifiche fornite dalla committenza, per poter procedere con l'analisi sono state utilizzate curve di degrado-smorzamento ottenute da prove di laboratorio eseguite su materiali litologicamente simili e compatibili con quelli presenti in sito. Per confronto sono state inserite anche le curve "Argilla" e "Sabbia" ottenute dagli studi di Seed e Idriss.

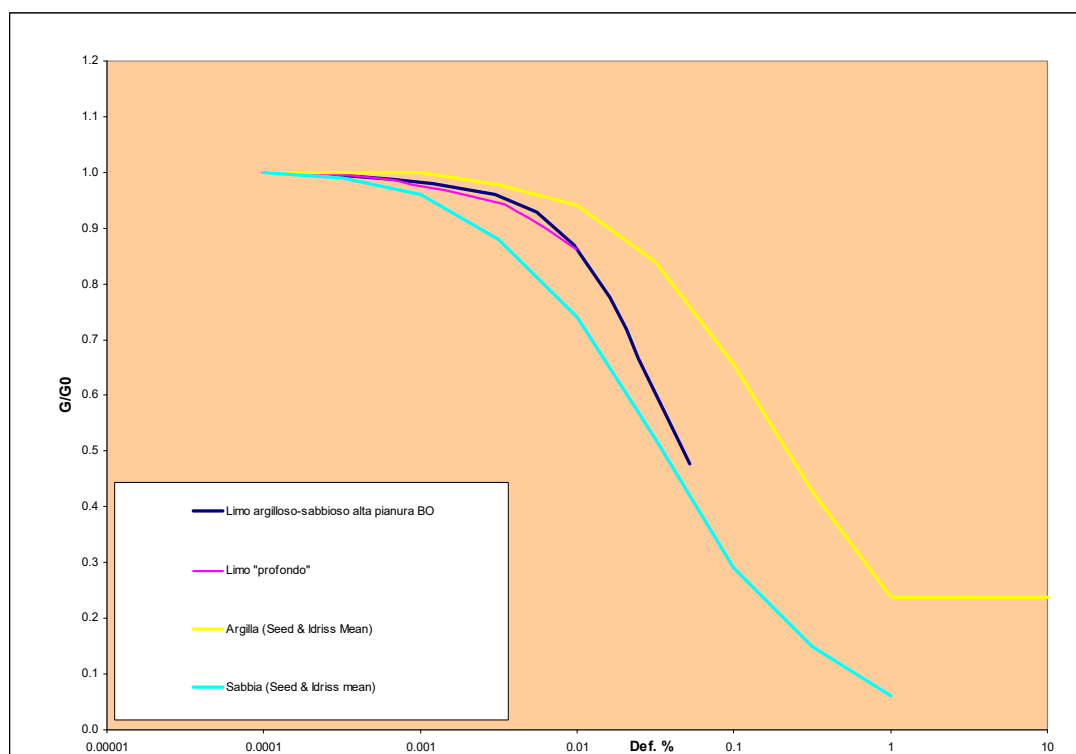


Figura 1 – Curve di degrado (G/G_0) dei terreni utilizzati nell'analisi.

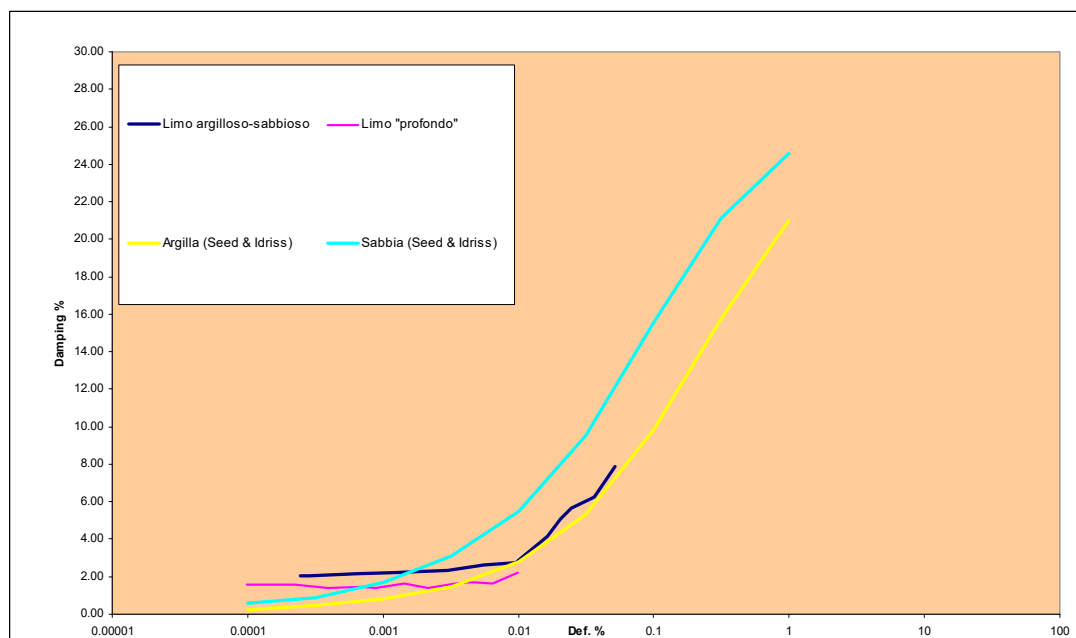



Figura 2 – Curve di smorzamento (Damping %) dei terreni utilizzati nell'analisi.

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEIA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	---

5. CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE

Come accennato in premessa per il calcolo delle accelerazioni e dello scuotimento attesi in superficie sono stati selezionati una serie di accelerogrammi di input, riferiti a siti in roccia ($V_s=800$ m/s), spettro compatibili in media con lo spettro del terremoto target (spettro di riferimento definito su suolo rigido orizzontale di categoria A – NTC 2008 per il sito di interesse).

Lo spettro del terremoto target è stato definito utilizzando i seguenti parametri di ingresso (da Documento Excel SPETTRI-NTC ver 1.0.3).

- Coordinate sito (ED50): **44.510935 N; 11.435556 E**
- Vita nominale (V_n) struttura: **50 anni**
- Classe uso: **II**
- Coefficiente d'uso (C_u): **1.0**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_n \cdot C_u$): **50 anni**
- Stato limite considerato: **Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV)**
- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{vr}): **10% in 50 anni**
- Periodo di ritorno (T_r): **475 anni**


Utilizzando i parametri riportati sopra è stato definito il terremoto di scenario la cui PGA_0 (*Pick Ground Acceleration*, pericolosità sismica di base del sito di interesse) è risultata pari a **$PGA_0 = 0.177$ (g)**.

I segnali di input sono stati ricavati mediante il software **Rexel** dalla banca dati **ITACA** (Italian Accelerometric Archive) utilizzando i seguenti parametri di ricerca (parametri con i quali è stato ottenuto il set migliore di segnali secondo lo scrivente):

- Intervallo di Magnitudo ricercata: **5.3(min) – 6.1 (max)**
- Distanza epicentrale ricercata: **10 Km (min) – 50 Km (max)**
- Periodo spettrale: **0.15s-2.0s**

La coppia magnitudo-distanza utilizzata per la ricerca degli accelerogrammi di input è stata scelta tenendo conto di:

- Storia sismica del comune di appartenenza del sito in esame (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 e Database Macrosismico Italiano DBMI15 - INGV);
- Carta Sismogenetica d'Italia (ZS9 – INGV);
- Database ITACA 3.0 (INGV).

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

Di seguito si riportano le caratteristiche degli **accelerogrammi di input** estratti da **REXEL-Lite ITACA 3.0**

=====

REXELite ELABORATION SUMMARY

=====

Tue Jun 18 08:53:27 CEST 2019

Target spectrum

=====

Latitude: 44.510935

Longitude: 11.435556

Site classification: A

Topography: 1

Nominal life [years]: 50

Building functional type (Cu): 1.0

Limit state probability : 0.1

Preliminary record search

=====

Station site classification: A,A*,B,B*,C,C*,D,D*,E,E*

Magnitude min: 5.3

Magnitude max: 6.1

Types of magnitude considered: WL

Epicentral distance min [km]: 10.0

Epicentral distance max [km]: 50.0

Include late trigger events: yes

Include analog recordings: yes

Spectrum matching parameters and analysis options

=====

Period range min [s]: 0.15

Period range max [s]: 2.0

Tolerance below average [%]: 10.0

Tolerance above average [%]: 30.0

Scaled records: yes

Scaled records and corresponding scale factors

=====

TV.MIR08..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC

IV.T0814..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC

E.SRC0..HNE.D.19760915.092118.C.SA.ASC

TV.MIR03..HNN.D.20120529.110022.C.SA.ASC

IV.T0814..HNN.D.20120529.105556.C.SA.ASC

E.SRC0..HNN.D.19760915.092118.C.SA.ASC

IT.RAV0..HNN.D.20120529.105556.C.SA.ASC

In aggiunta sono stati utilizzati i n. 3 accelerogrammi forniti dalla DGR2193/2015 scalati alla pericolosità sismica di base del comune di Castenaso (BO)

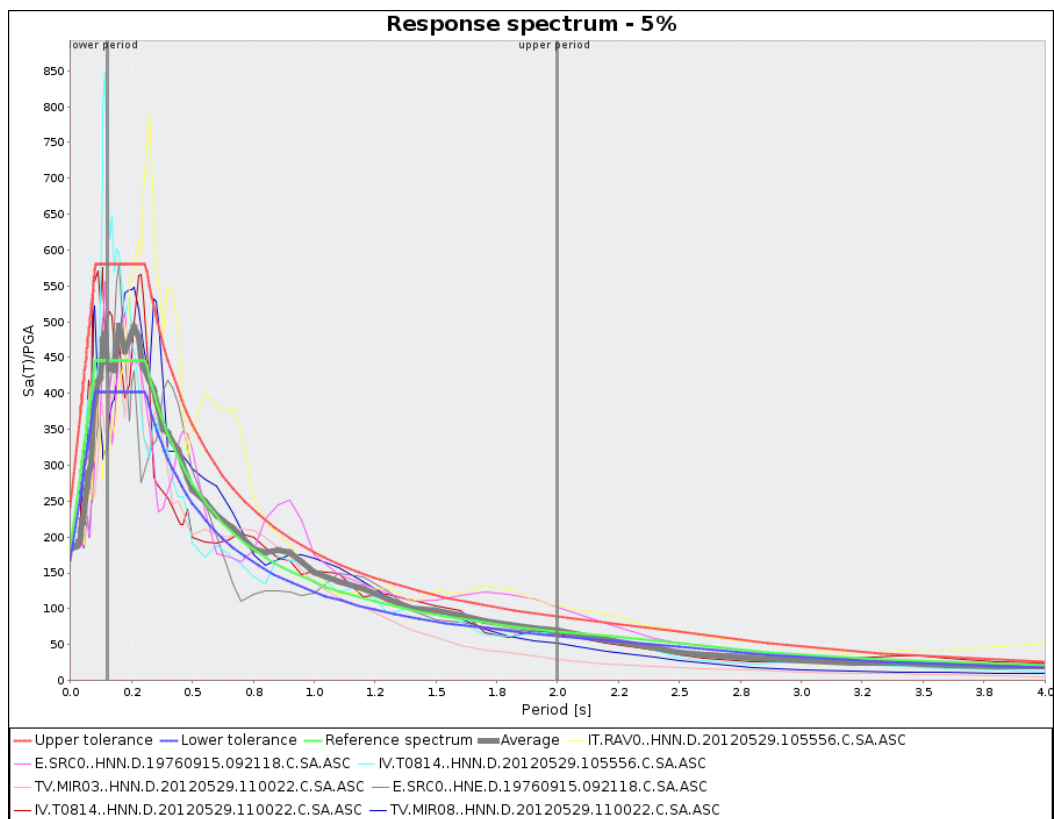


Figura 3- Spettri di risposta in accelerazione dei terremoti di input e confronto con lo spettro NTC 2008 (Target Spectrum).

6. SPETTRO DI RISPOSTA FINALE

A partire dagli accelerogrammi di input e dal modello di sottosuolo utilizzato, sono stati ottenuti gli spettri di risposta in accelerazione attesi al sito (spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un solo grado di libertà SDOF).

Il calcolo eseguito mediante il software **STRATA** è stato condotto con i seguenti vincoli:

- Variazione delle curve degrado-smorzamento relative ai materiali utilizzati nel calcolo (Darendeli);
- Variazione profondità del bedrock (distribuzione Log Normale; prof. min 180 m – prof. max 250 m; $\sigma = 0.50$)
- Variazione delle velocità Vs dei singoli strati (Toro, 1992)
- n° di profili calcolati: 20;
- n° terremoti input utilizzati: 10;
- n° spettri di risposta finali generati: 200

La figura sottostante riporta l'involuppo degli spettri di risposta in accelerazione di output ottenuti (in blu continuo la media degli spettri, mentre in blu tratteggiato la media \pm deviazione standard):

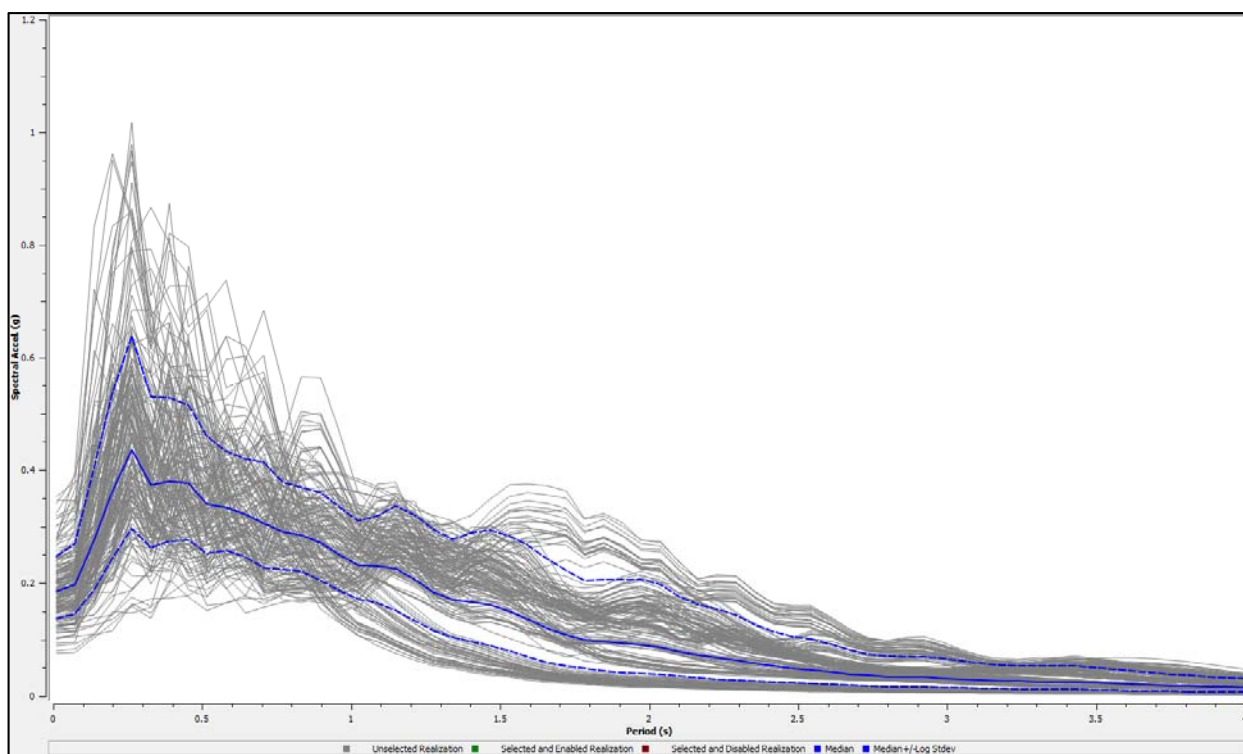


Figura 4 – spettri di risposta in accelerazione attesi al sito

La figura della pagina successiva riporta lo spettro di risposta finale scelto dallo scrivente come rappresentativo del sito investigato (spettro in colore rosso: SPETTRO MEDIO + DEVIAZ STANDARD)

Lo spettro sopra descritto è stato messo a confronto con lo spettro di risposta elastico che si otterrebbe dall'applicazione dell'approccio semplificato basato sul parametro Vs30 (NTC 2018) per lo Stato Limite ultimo SLV ($T_R = 475$ anni e P_{VR} del 10% in 50 anni).

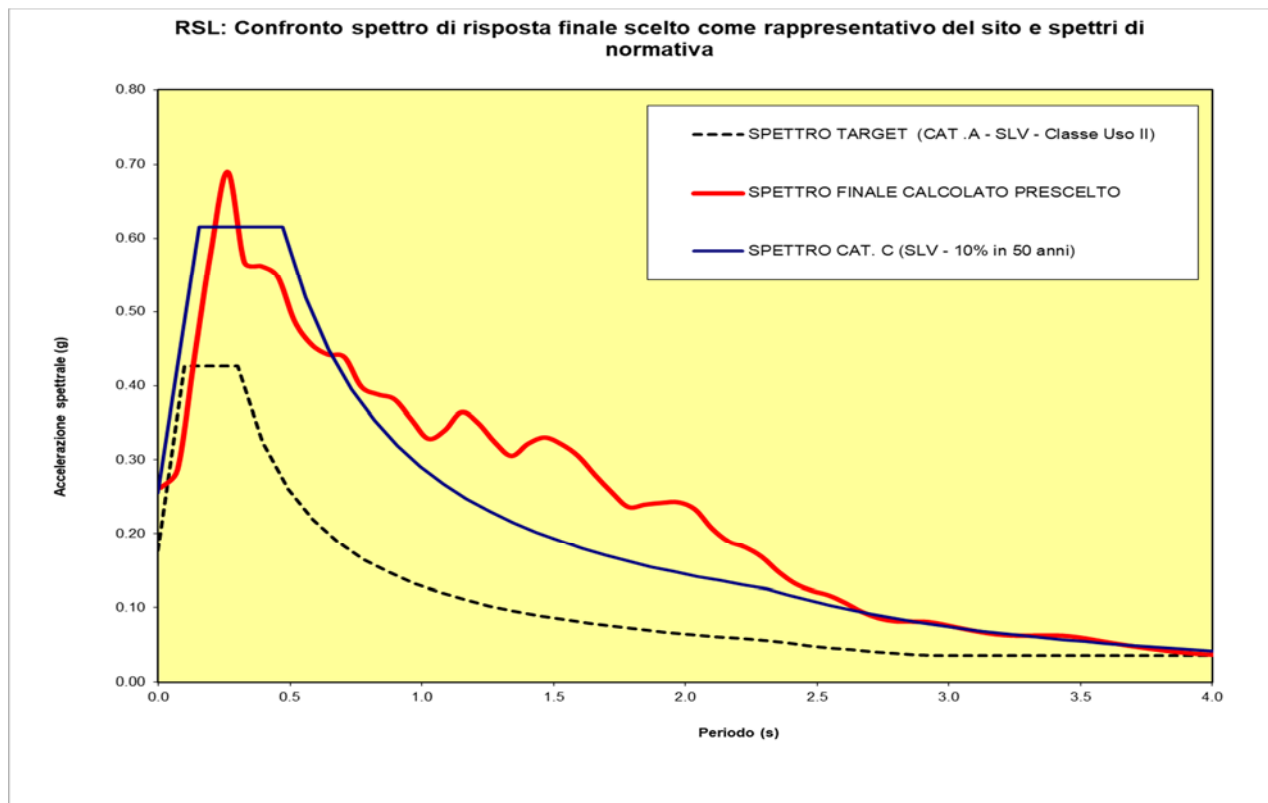


Figura 5 – Spettro di risposta finale scelto come rappresentativo del sito in esame (curva rossa) e confronto con spettri di normativa.

Il valore di PGA dello spettro finale scelto come rappresentativo del sito è risultato:

PGA = 0.245 g

F.A. (PGA/PGA₀) = 1.4 (spettro in accelerazione)

F.A. (0.1-0.5 sec; Housner) = 1.3 (spettro in pseudovelocità)


F.A. (0.5-1.0 sec; Housner) = 1.9 (spettro in pseudovelocità)

F.A. (0.5-1.5 sec; Housner) = 2.1 (spettro in pseudovelocità)

Dove:

P.G.A. = Pick Ground Acceleration, accelerazione massima orizzontale al sito in superficie;

F.A. = Fattore di amplificazione dello spettro

SYNTHESIS S.R.L.	Risposta Sismica Locale Sito: via di Vittorio-via Verdi Castenaso (BO)	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

Di seguito vengono forniti i valori numerici dello spettro finale selezionato come rappresentativo del sito in esame.

T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)
0.01	0.245	1.40	0.288	2.80	0.070
0.07	0.267	1.47	0.293	2.86	0.070
0.14	0.400	1.53	0.283	2.92	0.069
0.20	0.530	1.59	0.267	2.99	0.066
0.26	0.630	1.66	0.244	3.05	0.062
0.33	0.522	1.72	0.223	3.11	0.058
0.39	0.520	1.78	0.205	3.18	0.055
0.45	0.508	1.85	0.206	3.24	0.054
0.52	0.454	1.91	0.207	3.30	0.053
0.58	0.430	1.97	0.206	3.37	0.053
0.64	0.417	2.04	0.198	3.43	0.053
0.71	0.412	2.10	0.177	3.49	0.051
0.77	0.377	2.16	0.161	3.56	0.048
0.83	0.368	2.23	0.154	3.62	0.044
0.90	0.360	2.29	0.143	3.68	0.041
0.96	0.334	2.35	0.126	3.75	0.039
1.02	0.309	2.42	0.113	3.81	0.036
1.09	0.317	2.48	0.105	3.87	0.034
1.15	0.335	2.54	0.100	3.94	0.032
1.21	0.319	2.61	0.091	4.00	0.031
1.28	0.294	2.67	0.081		
1.34	0.277	2.73	0.074		

Tabella 2 – Valori numerici dello spettro di risposta medio finale

7. SPETTRO NORMALIZZATO

Lo spettro finale calcolato è stato normalizzato:

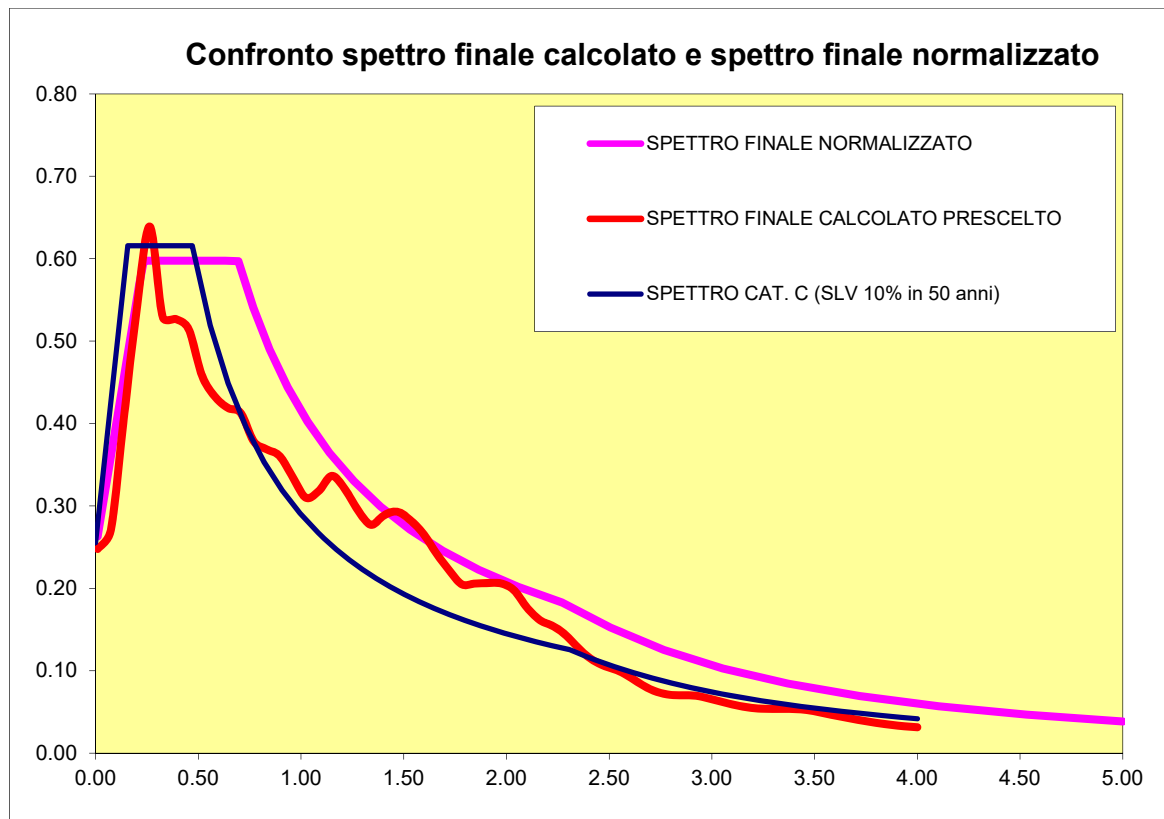


Figura 6 – Spettro di risposta finale normalizzato

Parametri sismici indipendenti del sito investigato:


- Accelerazione massima orizzontale di base = 0.177 g
- F_0 (amplificazione spettrale massima) = 2.411
- $T^*_C = 0.302$ s

I parametri derivati che definiscono lo spettro normalizzato sono i seguenti:

- S (coeff. di amplificazione) = 1.4
- C_c (coefficiente calcolato in funzione dei valori di F_0 e T^*_C) = 2.30
- Smorzamento convenzionale (5%) = 1
- T_B (inizio tratto spettro ad accelerazione costante) = 0.232 s
- T_C (inizio tratto spettro a velocità costante) = 0.695 s
- T_D (inizio tratto spettro a spostamento costante) = 2.308 s



San Lazzaro di Savena (BO), 03/07/2019

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	---	--	--


- Allegato 11 -

SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

Ubicazione sito	Comune di Castenaso - Via G. di Vittorio civ. 5/2
Coordinate WGS84	Latitudine 44.509788°; Longitudine 11.434901°
Intervento previsto	Realizzazione di un nuovo capannone ad uso artigianale per officina e lavaggio automezzi
Profondità falda in data 04-13-20/06/2019	mt 2.00 da p.c. – SCPTU1 mt 2.00 da p.c. – CPTU2 mt 2.64 da p.c. – CPTU3 mt 2.45 da p.c. – CPTU4 mt 2.65 da p.c. – CPTU5
Tipologie indagini eseguite	SCPTU + CPTU + HVSr + MASW + campioni di terreno + analisi di laboratorio geotecnico
Numero indagini eseguite	1 SCPTU 4 CPTU 2 campioni di terreno 1 HVSr 1 MASW
Profondità raggiunte con prove penetrometriche	22.86 mt - SCPTU1 20.00 mt – CPTU2 20.76 mt – CPTU3 20.00 mt – CPTU4 20.00 mt – CPTU5
Zona sismica	3 ($0.05 < PGA < 0.15$ g)
Categoria topografica	T1
Dilatanza	Non attesa - Si veda capitolo dedicato
Liquefazione	Si veda capitolo dedicato
Classe d'uso	II
Coefficiente c_u	1.0
PGA	0.245g
F.A. (PGA/PGA₀)	1.4
F.A. (0.1-0.5 sec; Housner)	1.3
F.A. (0.5-1.0 sec; Housner)	1.9
F.A. (0.5-1.5 sec; Housner)	2.1

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE AD USO ARTIGIANALE PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI UBICATO IN CASTENASO (BO) – VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2 Relazione Geologica, Idrogeologica e Sismica	RIF. 095/19-ES-REV00 DEL 03/07/2019 P095/19-ES-REV00 DEL 29/04/2019
--	--	--

- Tavola Unica -

PROFILO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO PROVE CPTU2, CPTU5 E CPTU4



SYNTHESIS s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)
Tel. 0532 860546 Fax 0532 091680
www.synthesisr.com - info@synthesisr.com

Giacomo Brodolini
Società Cooperativa a r.l.

Viale delle Regioni civ. 35 - Comacchio, loc. Volania (FE)


NUOVA REALIZZAZIONE DI CAPANNONE
AD USO ARTIGIANALE
PER OFFICINA E LAVAGGIO AUTOMEZZI
IN CASTENASO, VIA G. DI VITTORIO CIV. 5/2

TAVOLA UNICA

Scala 1:325/1:125

Profilo litostratigrafico e geotecnico
delle prove CPTU2, CPTU5 e CPTU4

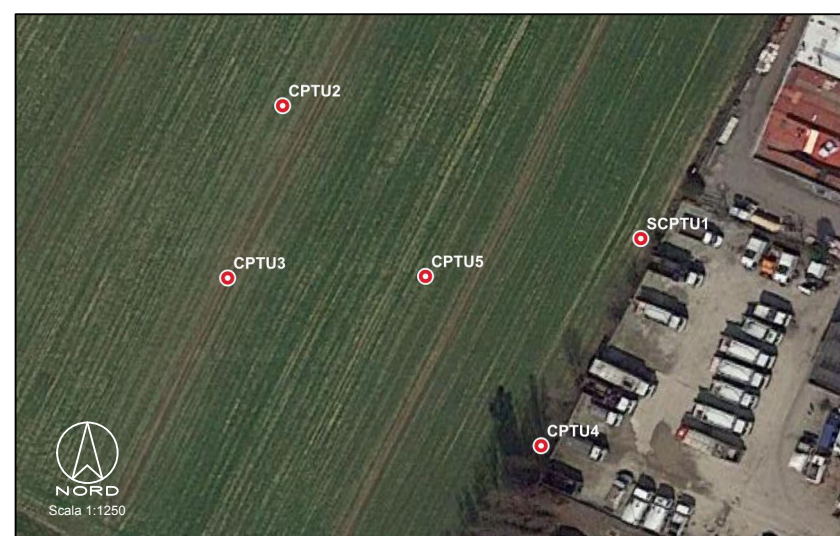
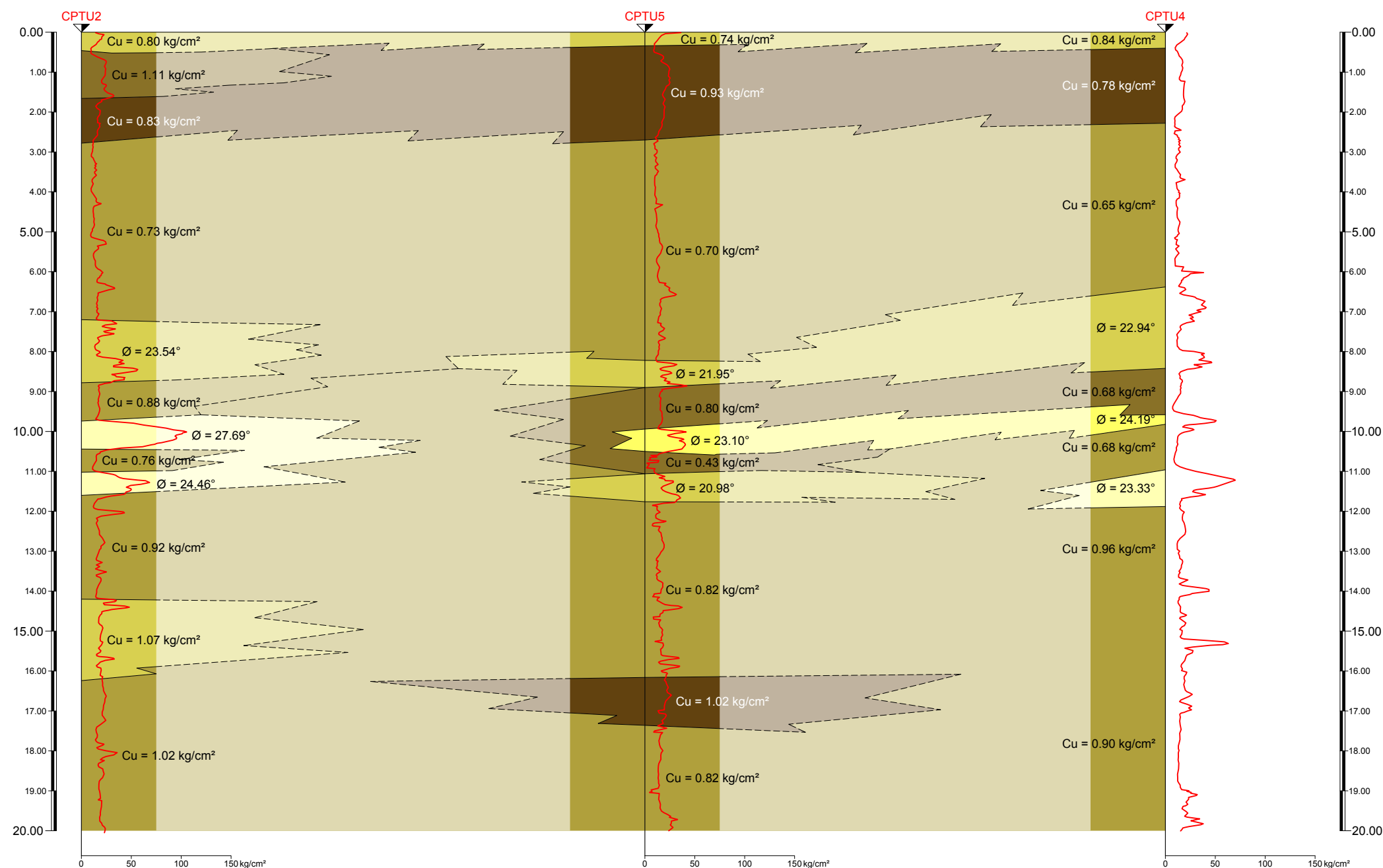
tecnici incaricati:
Dr. Geol. Emanuele Stevanin
Dr. Geol. Emma Biondani

elaborazioni grafiche:
 Massimiliano Stevanin

data:
2 luglio 2019

riferimento interno:
095/19-ES-Rev00

nome file:
Tavola_095_19_ES_Rev00.dwg



Legenda

- Sabbie - sabbie limose
- Sabbie limose - limi argillosi
- Limi sabbiosi - limi argillosi
- Limi argillosi - argille limose
- Argille limose - argille
- Argille
- Cu Valore medio coesione non drenata riferito all'intero strato
- Ø Valore medio angolo di attrito riferito all'intero strato