
RELAZIONE GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI ESEGUITE IN SITO

MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO E CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLA LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE DENOMINATA CORTE NUOVA ATR 502

ANALISI SISMICA DEL SITO RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

D.P.R. 380/2001

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

DGR IX/2616 del 30 novembre 2011

DGR 2129/2014

LR 33/2015

COMMITTENTE: CASTELLETTO 2010 S.R.L.

CANTIERE: CURTATONE – Fraz SAN SILVESTRO – VIA FERRUCCIO PARRI / VIA VITTORINA
GEMENTI

UBICAZIONE CATASTALE: Foglio n. 25; Mappale n.905/906

DATA: GIUGNO 2016



INDICE

INDICE	2
1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. MODELLO GEOLOGICO.....	4
3.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO	4
3.2. DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	9
3.4. FATTIBILITA' GEOLOGICA SECONDO IL PGT.....	11
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	16
4.1. CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE.....	16
4.2. INTERPRETAZIONE LITOLOGICA.....	17
4.3. PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI	24
4.4. ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO	26
5. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO.....	32
5.1. CENNI DI SISMOTETTONICA	32
5.2. SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	35
5.3. PERICOLOSITA' SISMICA.....	39
5.4. ANALISI SISMICA LOCALE	43
5.4.1. Analisi di primo livello	43
5.4.2. Analisi di secondo livello con 3° grado di approfondimento.....	45
5.4.2.1. Modello geofisico del sottosuolo mediante analisi in sismica passiva ed in sismica attiva in onde Rayleigh.....	45
5.4.2.2. Modello sismico del sottosuolo	46
5.4.2.3. Valutazione amplificazione litologica e spettri di risposta elastici	49
5.4.2.4. Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito	55
6. CONCLUSIONI	95
ALLEGATI.....	101

1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Committente si produce una modellazione geologica del sito, un'analisi di pericolosità sismica locale, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda dei terreni interessati dalla lottizzazione residenziale denominata "Corte Nuova ATR 502" sita in Comune di Curtatone presso la frazione di San Silvestro in Via Ferruccio Parri/ Via Vittorina Gementi.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici del profilo stratigrafico nel sito di studio sono ricavati dai risultati di:

- n. 3 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico eseguite in sito in data 27/06/2016;
- n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche di bibliografia eseguite in sito in data 10/10/2012.

Tutte le prove sono state realizzate dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Le prove sono state spinte alla profondità di rifiuto – 20.00 metri dal piano campagna per la definizione in dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota.

Al fine di definire il modello geologico del sottosuolo, il profilo di V_{s30} , la profondità del bedrock per un'analisi di pericolosità sismica locale sito specifica sono state effettuate le seguenti prove in cantiere in data 23/06/2016:

- n. 1 indagine sismica passiva di microtremitori HVSR;
- n.1 indagini sismica passiva ESAC (onde Rayleigh);
- n. 1 indagine sismica attiva MASW (onde Rayleigh).

Si allega in epigrafe la relazione di modellazione sismica redatta dal Dott. Geol. Lorenzo del Maschio (All. n.5).

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello geologico dell'area in epigrafe e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda del sito. Viene prodotta un'analisi di pericolosità sismica locale che riporta il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e i parametri spettrali, viene verificata la predisposizione a fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi e limo-sabbiosi saturi presenti.

I rapporti delle prove penetrometriche statiche meccaniche eseguite in sito e l'ubicazione delle indagini sono allegati alla presente relazione. All. n. 1 e 2.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

D.P.R. 380/2001

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in

zona sismica”

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

DGR IX/2616 del 30 novembre 2011 “Criteri ed indirizzi per la componente geologica dei PGT

DGR 2129/2014 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”

LR 33/2015 “Disposizioni in materia di opere e costruzioni....in zona sismica”

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO

La zona oggetto di studio si trova nel centro cittadino di San Silvestro, in zona residenziale ad una quota media di 23 m slm.

Le coordinate geografiche dell’area sono 45° 07’ 46.99”N e 10° 44’ 40.02”E.

Il sito ha accesso da Via Ferruccio Parri e Via Vittorina Gementi.

I centri abitati vicini sono:

Mantova a circa 4.80 Km a nord-est

Frazione di Levata a circa 1.80 Km a sud-est

Frazione di Buscolto a circa 5.60 Km a sud-ovest

Frazione di Montanara a circa 1.90 Km a ovest-sud-ovest

Frazione di Eremo a circa 0.80 Km a nord-ovest

Oltre che a varie frazioni e località.

Il territorio comunale di Curtatone si estende su una superficie di circa 67 Km² occupando una porzione nel tratto centro meridionale della pianura mantovana.

I confini amministrativi interessano : a Nord i comuni di Rodigo e di Porto Mantovano; a Nord-Est il comune di Mantova; ad Est il comune di Virgilio; a Sud Sud-Est il comune di Borgoforte; ad Ovest i comuni di Marcaria e Castellucchio. A Nord, il confine comunale coincide con il corso principale del fiume Mincio che, in zona, presenta numerose diramazioni.

Secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Mantova, l’area di interesse ricade all’interno dell’unità di paesaggio indicata con il numero 4 “Bassa Pianura”.

Nell’ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

La perimetrazione dell’Unità di Paesaggio n. 4 fa riferimento prevalentemente al pedopaesaggio LF “Porzione meridionale del livello fondamentale della pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un’idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo”. L’Unità di Paesaggio è formata dal punto di vista morfologico da una fascia di bassa pianura alluvionale compresa tra i corsi dei fiumi Oglio e Mincio, oltre ad una porzione di territorio situata in sinistra Mincio. Si tratta complessivamente di un territorio pianeggiante di origine fluviale e fluvio-glaciale rimaneggiato dall’azione erosivo-depositiva dei corsi d’acqua (Oglio, Chiese, Mincio),

dolcemente ondulato e degradante da nord-ovest a sud-est. Nell'ambito si localizzano elementi geomorfologici della pianura legati ai paleo alvei e agli orli di terrazzi di erosione fluvio-torrentizia.

I caratteri del paesaggio della Bassa Pianura sono quelli della pianura irrigua a prevalente destinazione cerealicolo-foraggera, attraversata dalla fitta rete di canali e corsi d'acqua derivati dai fiumi e dai fontanili situati a monte. L'idrografia di queste aree di bassa pianura si compone di due principali reti di flusso, l'una scolante da nord verso sud, l'altra obliquamente da nord-ovest a sud-est, e costituisce per l'intero ambito una forte connotazione paesaggistica. All'interno dell'omogeneità agricola legata alla presenza estensiva e prevalente di cereali e foraggere, è da citare una modesta presenza di colture orticole e florovivaistiche, distribuite in modo diffuso nel territorio. Scarsamente rilevante la presenza della vite e dei frutteti, così come quelle dei prati stabili e delle risaie; queste ultime sono individuabili nella porzione più orientale dell'Unità di Paesaggio, in prossimità dei "paesaggi storici del riso".

La bassa pianura è un ambito a forte vocazione agricola in cui il sistema insediativo è di tipo policentrico e a bassa densità, con una fitta disseminazione nel territorio di centri abitati di medie e piccole dimensioni, borghi rurali, frazioni e case isolate.

La rete delle infrastrutture stradali converge prevalentemente sulla città capoluogo e nel complesso consente una mobilità interna provinciale ed extraprovinciale di buon livello; importante l'A22, autostrada che attraversa verticalmente l'ambito paesistico ad est della città di Mantova e rappresenta l'infrastruttura di supporto più importante dell'area. Tra gli elementi di degrado e compromissione paesaggistica vanno annoverati gli allevamenti zootecnici intensivi, concentrati specialmente nelle zone di Castelbelforte, Borgoforte, Casaloldo e Piubega; in questi territori una particolare attenzione dovrà essere posta allo smaltimento dei reflui aziendali al fine di evitare l'inquinamento della falda. Sono presenti numerosi ambiti estrattivi di cava, per alcuni dei quali è in atto un processo di rinaturalizzazione.

Nella "Carta della zonizzazione dei centri abitati" del Piano delle Regole del PGT comunale di Curtatone, l'area di studio ricade in un "Ambiti di trasformazione urbanistica prevalentemente residenziali in previsione".

SISTEMA INSEDIATIVO




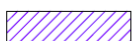

NUCLEO STORICO

 LIMITE DEL TESSUTO DI INTERESSE STORICO, ARCHITETTONICO E/O AMBIENTALE INTERNO AL CENTRO ABITATO



 TESSUTO DI INTERESSE STORICO, ARCHITETTONICO E/O AMBIENTALE INTERNO AL CENTRO ABITATO (Tsl)

 ZONA DI RICOMPOSIZIONE URBANA

TESSUTO URBANO CONSOLIDATO























-  TESSUTO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE AD ALTA DENSITÀ (ZTR1)
-  TESSUTO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE A MEDIA DENSITÀ (ZTR2)
-  TESSUTO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE A BASSA DENSITÀ (ZTR3)
-  TESSUTO PREVALENTEMENTE MULTIFUNZIONALE (ZTM1)
-  TESSUTO PER INSEDIAMENTI MULTIFUNZIONALI INTEGRATI (ZTM2)

AMBITI DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA

-  AMBITI DI TRASFORMAZIONE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI INSERITI NELLA PRECEDENTE PIANIFICAZIONE URBANISTICA
-  AMBITI DI TRASFORMAZIONE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI IN PREVISIONE

SISTEMA DEI SERVIZI

ESISTENTE PROGETTO

-   ATTREZZATURE ED IMPIANTI DI LIVELLO GENERALE
-   ATTREZZATURE ED IMPIANTI DI LIVELLO GENERALE PER LA SICUREZZA
-   ATTREZZATURE CULTURALI, ASSISTENZIALI, SOCIALI, SANITARIE E AMMINISTRATIVE
-   ATTREZZATURE E SERVIZI PER L'ISTRUZIONE
-   VERDE PUBBLICO
-   ATTREZZATURE E SERVIZI PER ATTIVITÀ SPORTIVE
-   SPAZI PER LA SOSTA
-   ATTREZZATURE TECNOLOGICHE
-   ATTREZZATURE RELIGIOSE E DI CULTO
-   STRUTTURE CIMITERIALI
-   SERVIZI ED ATTREZZATURE PRIVATE DI USO PUBBLICO

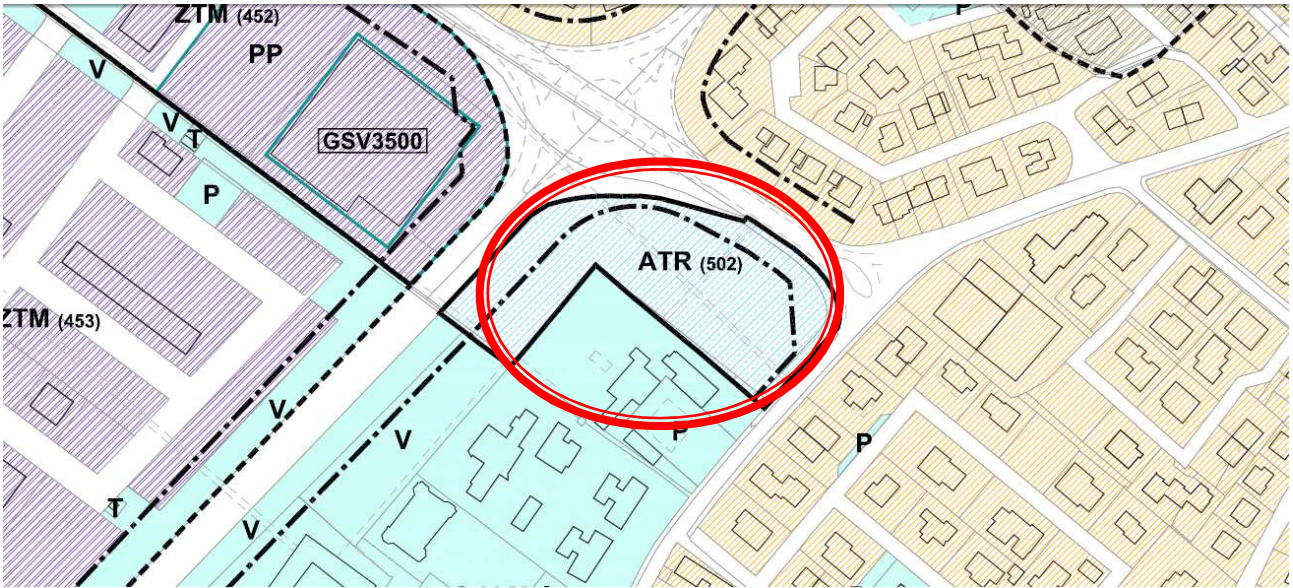


Fig.1. Stralcio "Carta della zonizzazione dei centri abitati" del Piano delle Regole di Curtatone.

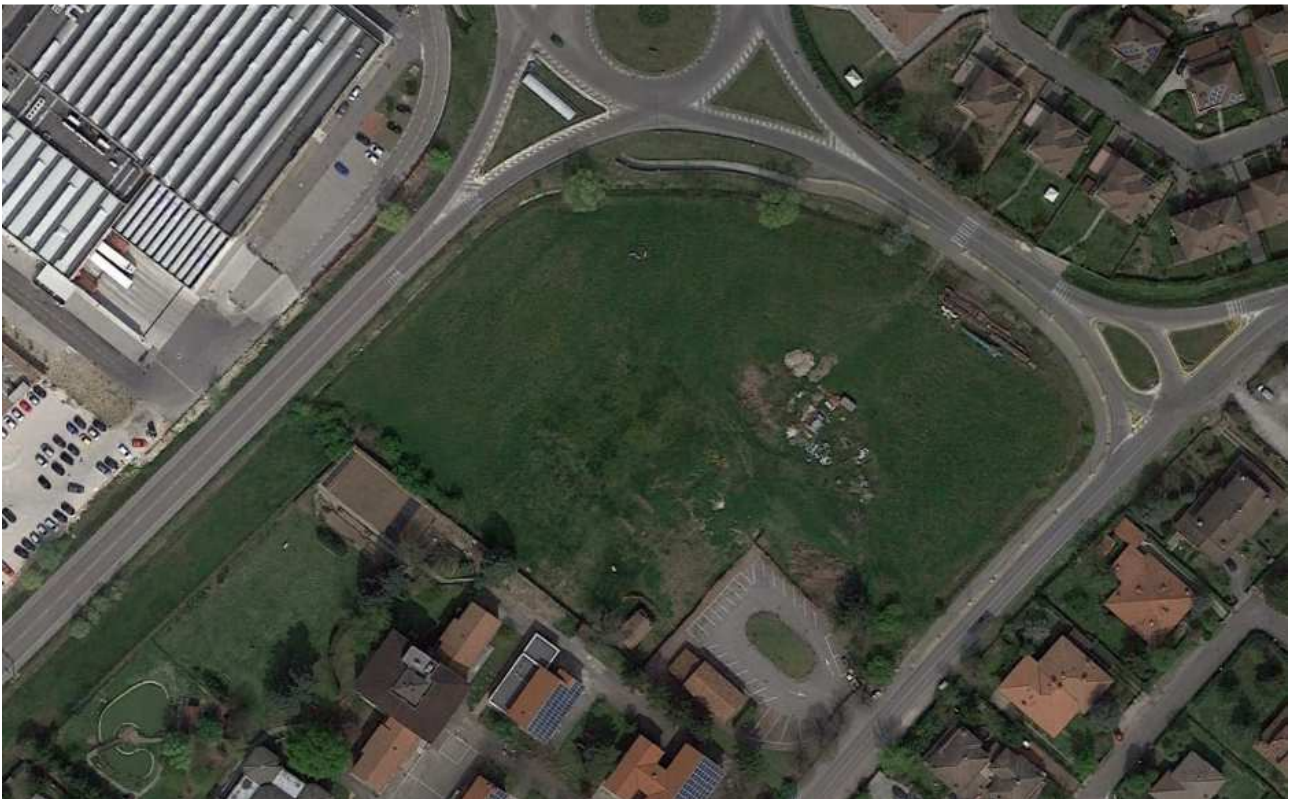


Fig.2. Ortofoto.

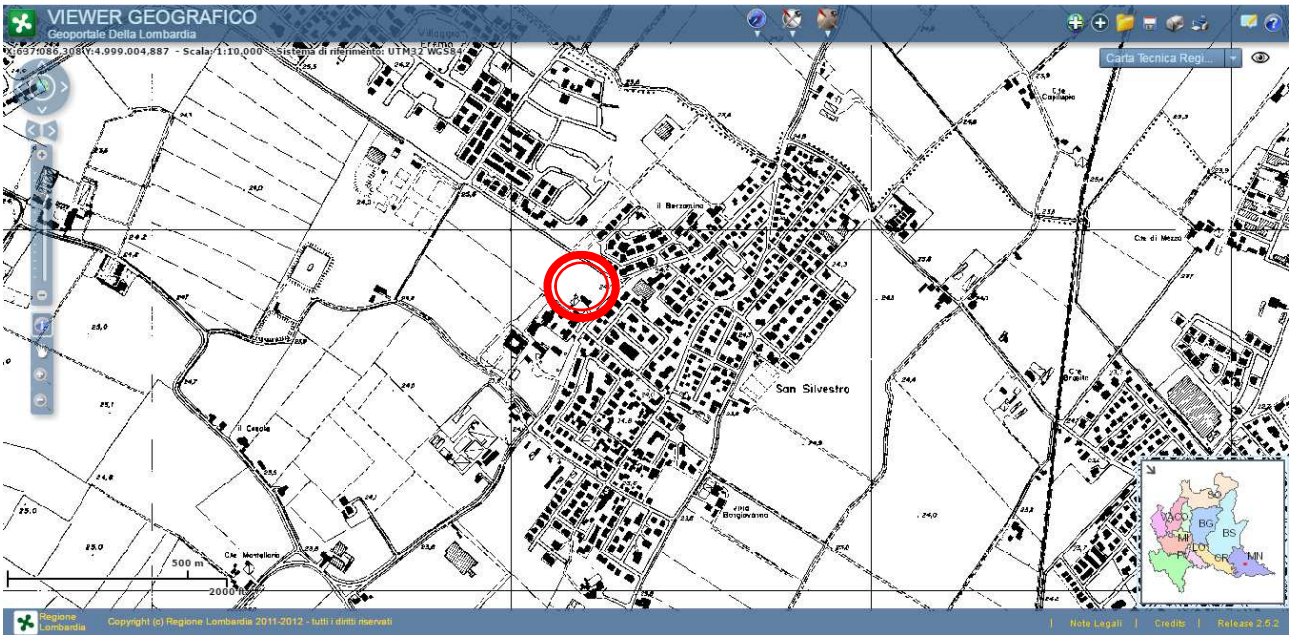


Fig.3. Carta Tecnica Regionale.

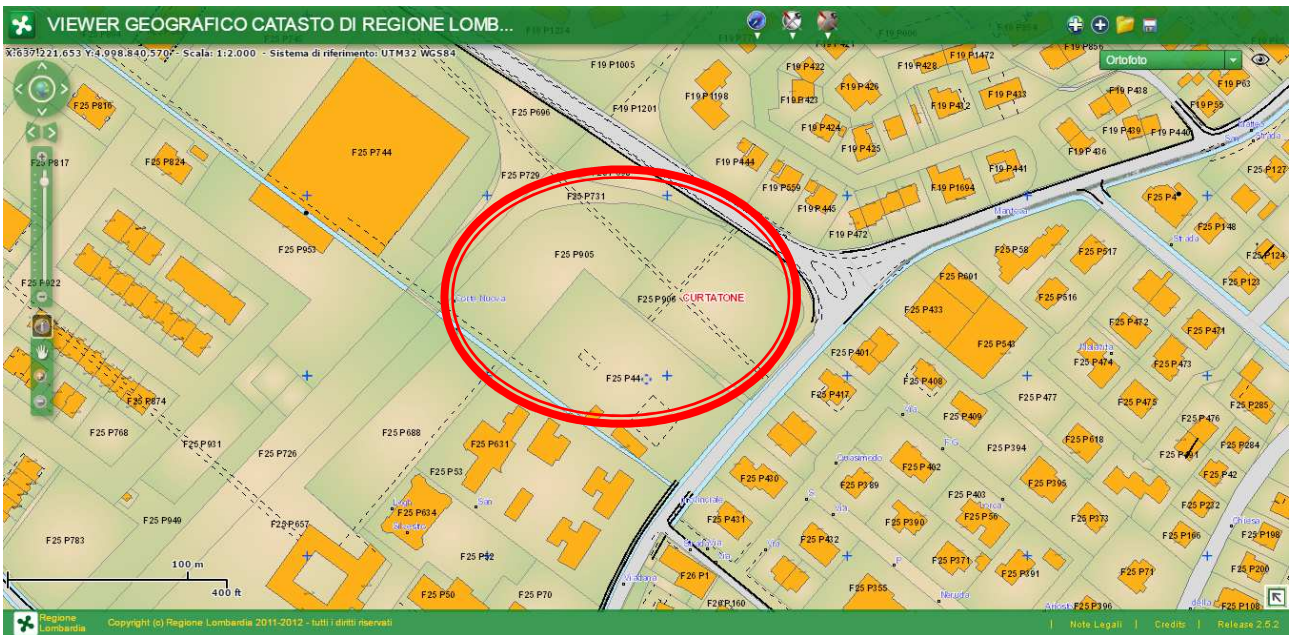


Fig.4. Ubicazione catastale (Foglio:25; Mappali:905/906)

3.2. DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il comune di Curtatone ricade nella Bassa Pianura mantovana, zona in cui le principali forme sono legate a processi dovuti all'azione delle acque superficiali, ovvero ai fenomeni di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua, in particolare il fiume Mincio.

Nel settore lombardo la pianura si è formata come Sandur proglaciale, cioè come un'entità continua, con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (sandur prossimale, medio e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali, da cui è separato da scarpate d'erosione, ben evidenti lungo il Mincio.

Inserito nel contesto della bassa pianura lombarda, il territorio comunale di Curtatone evidenzia una generale monotonia morfologica; risulta infatti subpianeggiante con una generale debolissima pendenza da NW verso SE. Il piano campagna raggiunge le sue quote maggiori (28,70 m s.l.m.) nel tratto settentrionale del territorio, e decresce dolcemente fino a raggiungere i 15,60 m s.l.m. nel settore meridionale.

Le forme più significative che interrompono la monotonia morfologica del territorio comunale sono rappresentate dalle scarpate fluviali che separano i terrazzi del fiume Mincio.

Queste raggiungono un'altezza massima di circa 6÷8 m, hanno andamento sinuoso e spesso sono alterate dall'attività antropica.

L'intero territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di paleoalvei, tra questi un elemento morfologico di pregio è rappresentato dal paleoalveo del fiume Mincio, evidenziato da orli di scarpata di altezza pari a 1÷2 m, in aumento verso nord, che lo delimitano da località Grazie fino all'abitato di Borgoforte.

Lungo tale incisione, che rappresenta l'antico percorso meandriforme del fiume, antecedente alla deviazione in direzione Ovest-Est, avvenuta intorno al VII secolo A.C., odiernamente si è impostata la Fossa Viva, principale corso d'acqua di un sistema, tributario del fiume Po, che comprende anche il Canale Roncocorrente e il Diversivo Fossa Viva.

Di seguito si riporta uno stralcio della "Carta idro-geomorfologica", redatta per l'assetto geologico/idrogeologico/sismico del PGT Comunale, che evidenzia la mancanza di forme morfologiche nel sito di studio.

TERRITORIO



Confine comunale

ALTIMETRIA



Isoipsa in m s.l.m. con equidistanza 5 m



Isoipsa in m s.l.m. con equidistanza 1 m



Corso d'acqua minore compreso nell'elenco delle acque pubbliche



Corso d'acqua minore non compreso nell'elenco delle acque pubbliche

FORME FLUVIALI E FLUVIOGLACIALI



Orlo di terrazzo fluviale



Paleoalveo incassato o a livello della pianura



Terrazzo fluviale

FORME LEGATE AD INTERVENTI ANTROPICI



Rilevato arginale



Rilevato ferroviario

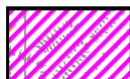


Rilevato strada provinciale



Area urbanizzata

ATTIVITA' ESTRATTIVA DA *DATA-BASE* PROVINCIALE (Situazione aggiornata al 24-11-06)



Cava inattiva sopra falda

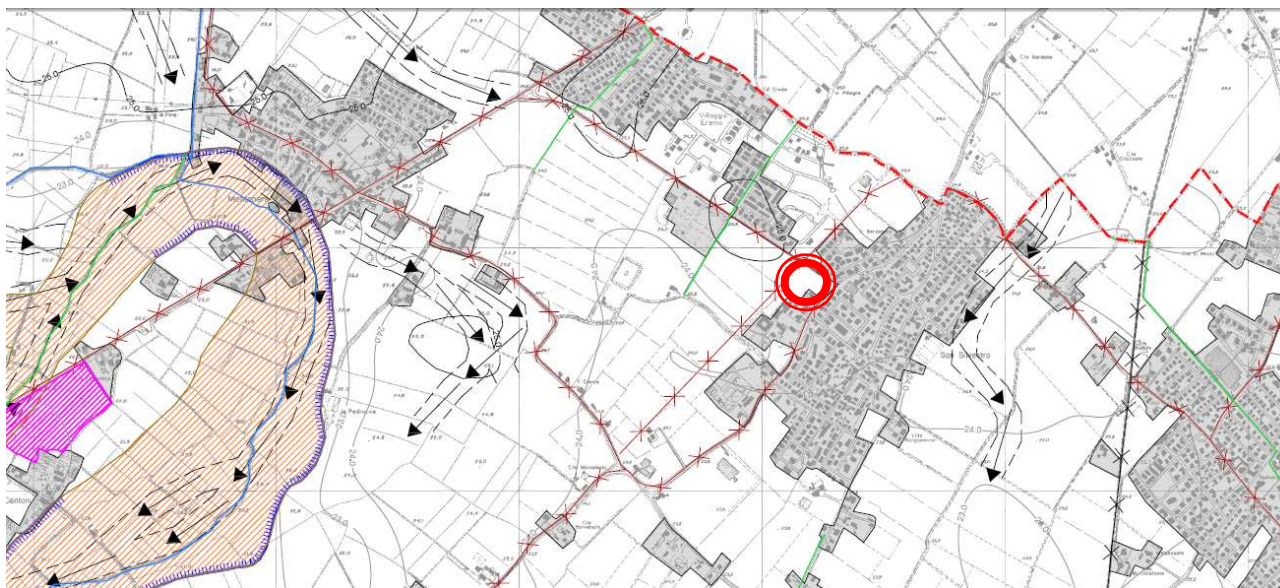


Fig.5. stralcio della "Carta idro-geomorfologica" dell'assetto geologico/idrogeologico/sismico del PGT Comunale.

3.4. FATTIBILITA' GEOLOGICA SECONDO IL PGT

Sulla base di analisi idrogeologiche, idrauliche e geotecniche è stata redatta, per l'assetto geologico/idrogeologico/sismico del PGT comunale, la "Carta di fattibilità e delle azioni di piano", nella quale il sito di studio ricade a ridosso di una fascia di rispetto del reticolo idrico principale.

Dalla carta di sintesi il PGT Comunale ha definito la carta di fattibilità. Questa è una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio e deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di attuazione" (cfr. Elaborato G.13. dei Documenti di Piano) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

Nel territorio del Comune di Curtatone agli ambiti omogenei (per pericolosità geologica, geotecnica, vulnerabilità idraulica e idrogeologica) individuati nella fase di sintesi, sono state attribuite quattro classi di fattibilità e relative sottoclassi, con le colorazioni indicate dalla D.G.R. 7374/2008: (TAV. G.12.1 - CARTA DI FATTIBILITA' E DELLE AZIONI DI PIANO):

- classe 1: bianca;
- classe 2: giallo;
- classe 3: arancione;
- classe 4: rosso.

Il sito di studio ricade nella classe di fattibilità 3 (arancione) e sottoclasse V *“La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all’utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d’uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Sono attribuite a questa classe le seguenti tipologie di area:*

V – Area ad elevata vulnerabilità dell’acquifero superficiale;

I_b – Area appartenente alla fascia fluviale B;

G_t – Area con depositi superficiali argilloso-torbosi.

Quanto alle opere di mitigazione del rischio eventualmente da realizzare, alle specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto, e ai supplementi di indagine da effettuare per le previsioni urbanistiche ricadenti in classe 3, si rimanda, sempre, nell’elaborato Norme geologiche di attuazione”

Per le nuove costruzioni che ricadono in zone con classe di fattibilità 3 esistono modeste criticità idrauliche, idrogeologiche e geotecniche e le norme geologiche di piano dettano quanto è stato eseguito in questa relazione geologica geotecnica e sismica:

Le aree a classe di fattibilità 3 sono caratterizzate (non necessariamente in contemporanea) da:

- ***V – Area ad elevata vulnerabilità dell’acquifero superficiale***
- ***I_b – Area appartenente alla fascia fluviale B***
- ***G_t – Area con depositi superficiali argilloso-torbosi.***

In tutte le aree a Classe di fattibilità 3 è vietata la realizzazione di:

- ***opere che interferiscano direttamente con la falda;***
- ***opere che consentano la dispersione in falda di acque superficiali provenienti da strade, piazze e/o aree pavimentate, ovvero prive di superfici naturalmente o artificialmente drenanti.***

E’ invece consentita la dispersione in falda di acque superficiali provenienti da tetti e/o similari. (come nel sito in oggetto dove è prevista la realizzazione di edifici residenziali).

Per le opere, di esclusivo interesse pubblico, che necessariamente debbano interferire con la falda (fognature e condotte interrato), il progetto deve essere corredato da un adeguato studio geologico ed idrogeologico, così come prescritto dal D.M. LL.PP. 12 dicembre 1985 “Norme tecniche relative alle tubazioni”, che valuti e risolva le problematiche relative alla realizzazione di tali opere in falda, prevedendo nel contempo opere provvisoriale e/o precauzioni esecutive che impediscano la diffusione di inquinanti in acqua.

I piani di attuazione degli ATE ubicati in aree a classe di fattibilità 3 dovranno essere obbligatoriamente corredati da uno studio geologico ed idrogeologico e, ove necessario, geotecnico, che valuti adeguatamente e risolva tutte le problematiche evidenziate nella Carta della Fattibilità. Le indagini e le analisi dovranno risultare compatibili con le problematiche affrontate in ciascun ambito di trasformazione.

Nelle aree con depositi superficiali torbosi (Gt) è sempre obbligatoria la Relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14/1/2008.

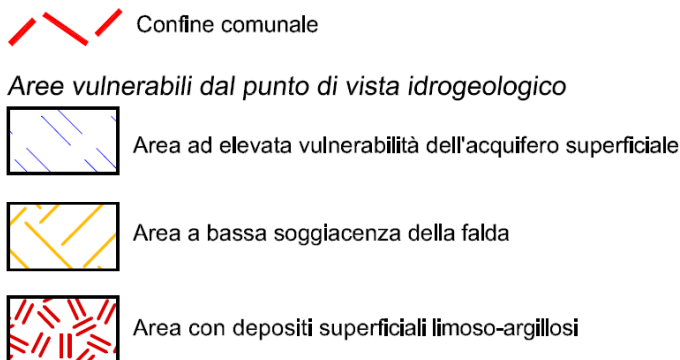
Nelle restanti aree è obbligatorio lo studio geologico e geotecnico ai sensi del D.M. 14/1/2008, limitato al singolo progetto edilizio e all'immediato intorno, per:

- *Nuovi fabbricati di qualsiasi destinazione d'uso;*
- *Ristrutturazione, con demolizione e ricostruzione in loco, di edifici esistenti;*
- *Ampliamenti edifici esistenti.*

La relazione geologica e geotecnica non è obbligatoria per le opere:

- *Ristrutturazione di edifici esistenti che non comportino modifica dei carichi trasmessi alle fondazioni;*
- *Manufatti o interventi di modesta o modestissima rilevanza tecnica (garage in lamiera, autorimesse in muratura se isolate con superficie max di 25 m² e altezza al colmo di 3,5 m, porticati con altezza al colmo di 3,5 m, muri di recinzione ad esclusione dei muri di sostegno a qualsiasi titolo);*

a condizione che il Progettista dichiari, ai sensi del Art. 6.2.2 D.M. 14/1/2008, che le conoscenze disponibili per l'area in questione sono idonee alla progettazione. Nelle aree appartenenti alla fascia fluviale B (Ib) è vietata la realizzazione di scantinati ed opere che prevedano posa di impianti al di sotto della quota del piano campagna attuale.



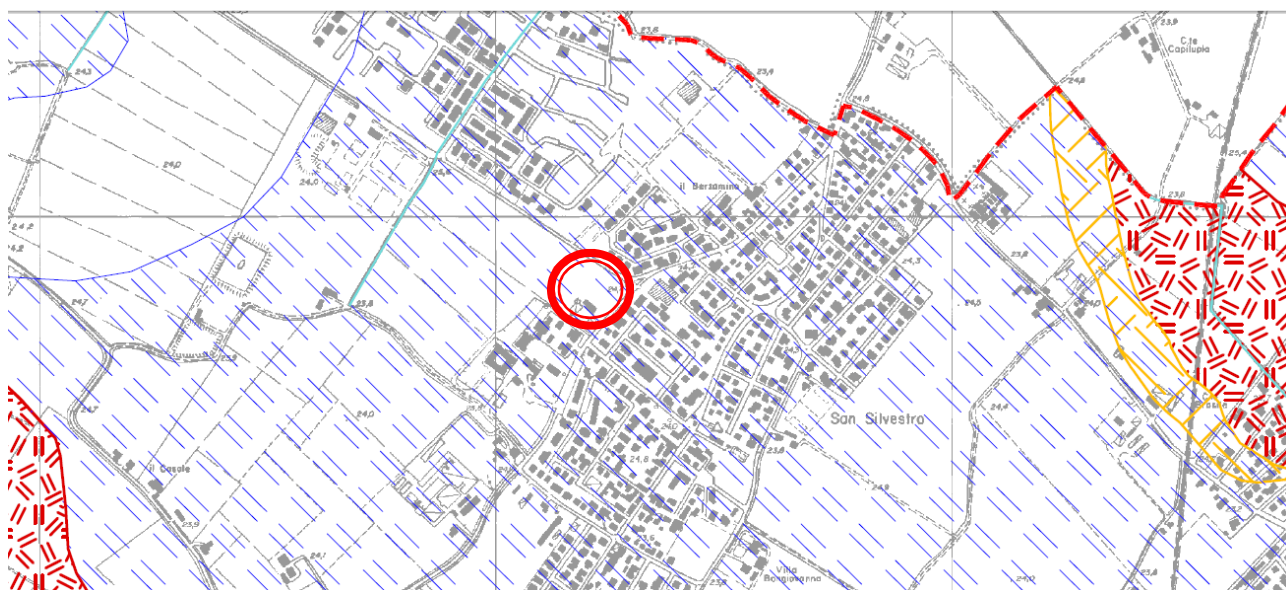



Fig.6. stralcio della "Carta di Sintesi" del PGT Comunale.

Classe 4 (rossa) fattibilità con gravi limitazioni	
I _a	Area appartenente alla Fascia fluviale A all'esterno dei centri edificati
	Area con falda affiorante
Classe 3 (arancione) fattibilità con consistenti limitazioni	
V	Area ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale
I _b	Area appartenente alla Fascia fluviale B
G _t	Area con depositi superficiali argilloso-torbosi
Classe 2 (gialla) fattibilità con modeste limitazioni	
S	Area a bassa soggiacenza della falda
G _l	Area con depositi superficiali limoso-argillosi
Classe 1 (bianca) fattibilità senza particolari limitazioni	

Progetto del P.G.T.



ATR- Ambiti di trasformazione prevalentemente residenziali

Aree soggette ad amplificazione sismica locale



Z2- Zona con possibile presenza di terreni granulari fini saturi associabili a fenomeni di liquefazione
 Z4a- Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi soggetta ad amplificazione litologica



Alveo del fiume Mincio



Limite comunale

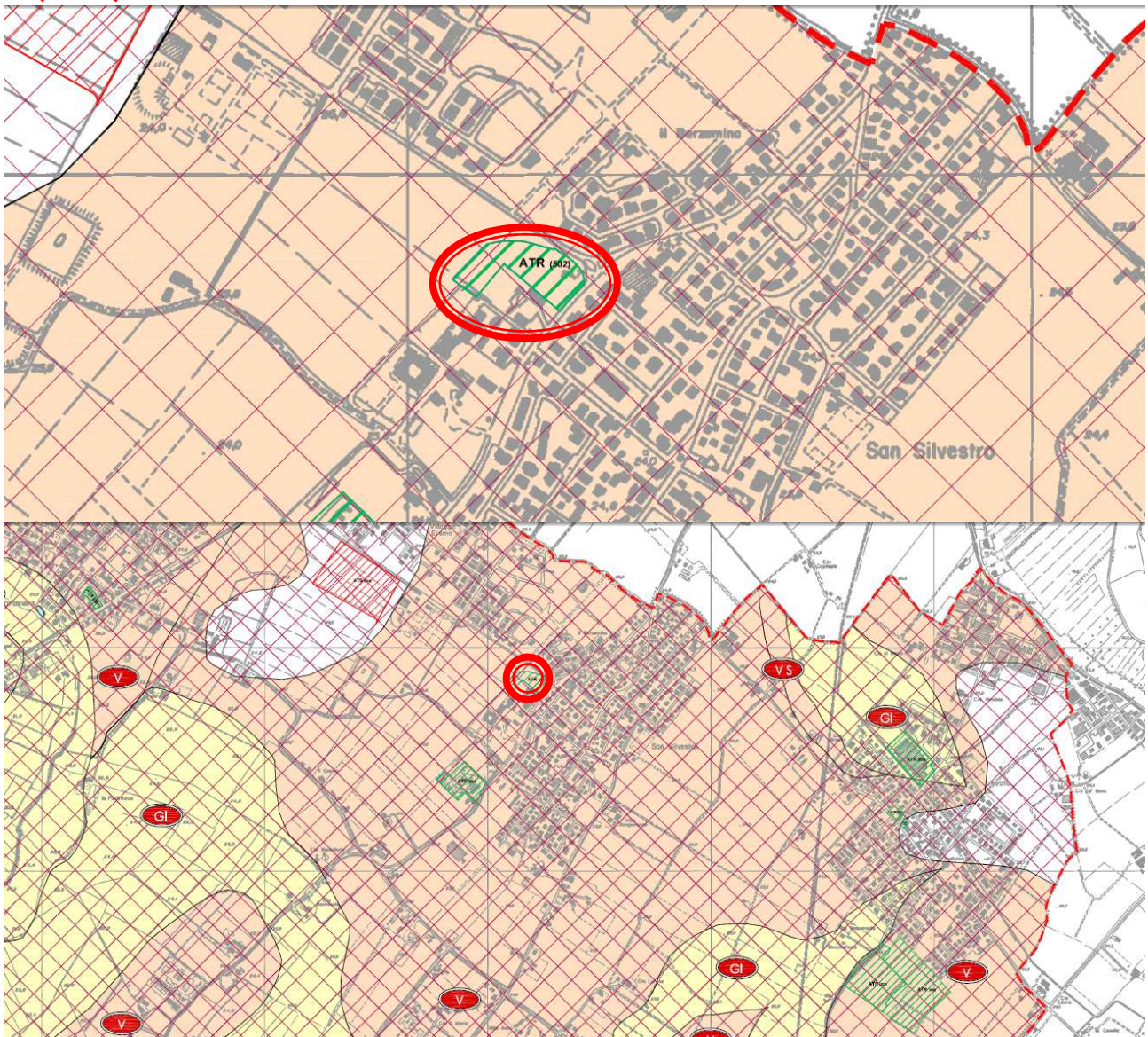


Fig.7. Stralcio della "Carta di Fattibilità" del PGT Comunale

In conclusione il piano di lottizzazione in oggetto è in classe di fattibilità 3 per elevata vulnerabilità dell'acquifero principale dovuta alla presenza di depositi sabbiosi ad alta permeabilità fin dalla superficie. Il livello di falda più alto misurato nei fori di prova si posiziona alla quota di - 2.10 m dal p.c. Il nuovo insediamento è di tipo residenziale, quindi è un'opera il cui uso non è pericoloso per rischio inquinamento falda.

Il progetto prevede superfici a verde pubblico e privato naturalmente drenanti il rapporto superfici a verde ed edificate è pari al 50%, l'area è perimetrata da un fossato di scolo che drena le acque meteoriche provenienti da tetti e/o simili.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1. CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE

Sulla base del contesto geologico dell'area e del tipo di caratterizzazione geotecnica richiesta, l'indagine in sito è stata condotta mediante l'esecuzione di numero 3 prove penetrometriche statiche meccaniche eseguite in sito in data 27/06/2016 e spinte alla profondità di - 20.00 metri dal piano campagna. Vengono inoltre considerate all'interno dello studio numero 2 prove penetrometriche statiche meccaniche di bibliografia eseguite in sito in data 10/10/2012 e spinte alla profondità di - 10.00 m dal piano campagna.

Tutte le prove sono state eseguite dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI SRL di Medolla con sede in Via Genova 1/8.

Il penetrometro utilizzato è lo statico olandese tipo Gouda montato su autocarro FIAT IVECO T80/16 4 x 4 con elica. Capacità di spinta: 300 kN (260 kN alla penetrazione, 300 kN in fase di estrazione). Infissione tramite pistone idraulico a velocità costante di 2 cm/sec, tolleranza di ± 5 mm./sec.

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

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

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

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

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

- punta conica meccanica $\phi = 35.7$ mm - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10$ cm²
- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7$ mm. - h = 133 mm. - sup.lat. $A_m = 150$ cm²
- le aste sono doppie: una cava $\phi = 36$ mm. e una, il cui diametro è tale da essere

contenuta all'interno delle aste cave, peso dell'astina interna è = 1.348 Kg.
Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm, vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta q_c in MPa
- la resistenza laterale locale f_s in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).



Fig.8. Penetrometro statico da 300 KN, montato su camion IVECO, utilizzato in sito.

4.2. INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

La natura litologica dei terreni, oggetto delle prove penetrometriche, è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante "Guide for estimating soil type from dutch friction-cone ratio" (after Schmertmann, 1969), Raccomandazioni A.G.I. 1977.

La sequenza stratigrafica si presenta con strati aventi diverse litologie e caratteristiche meccaniche:

- Da 0.00 m a -6.00/7.00 m si trovano sabbie mediamente addensate alternate da livelli di limi argillosi compatti;
- Da - 6.00/7.00 m a - 20.00 m si trovano sabbie addensate.

Di seguito si riporta lo schema della sequenza stratigrafica dedotta dalla prova.

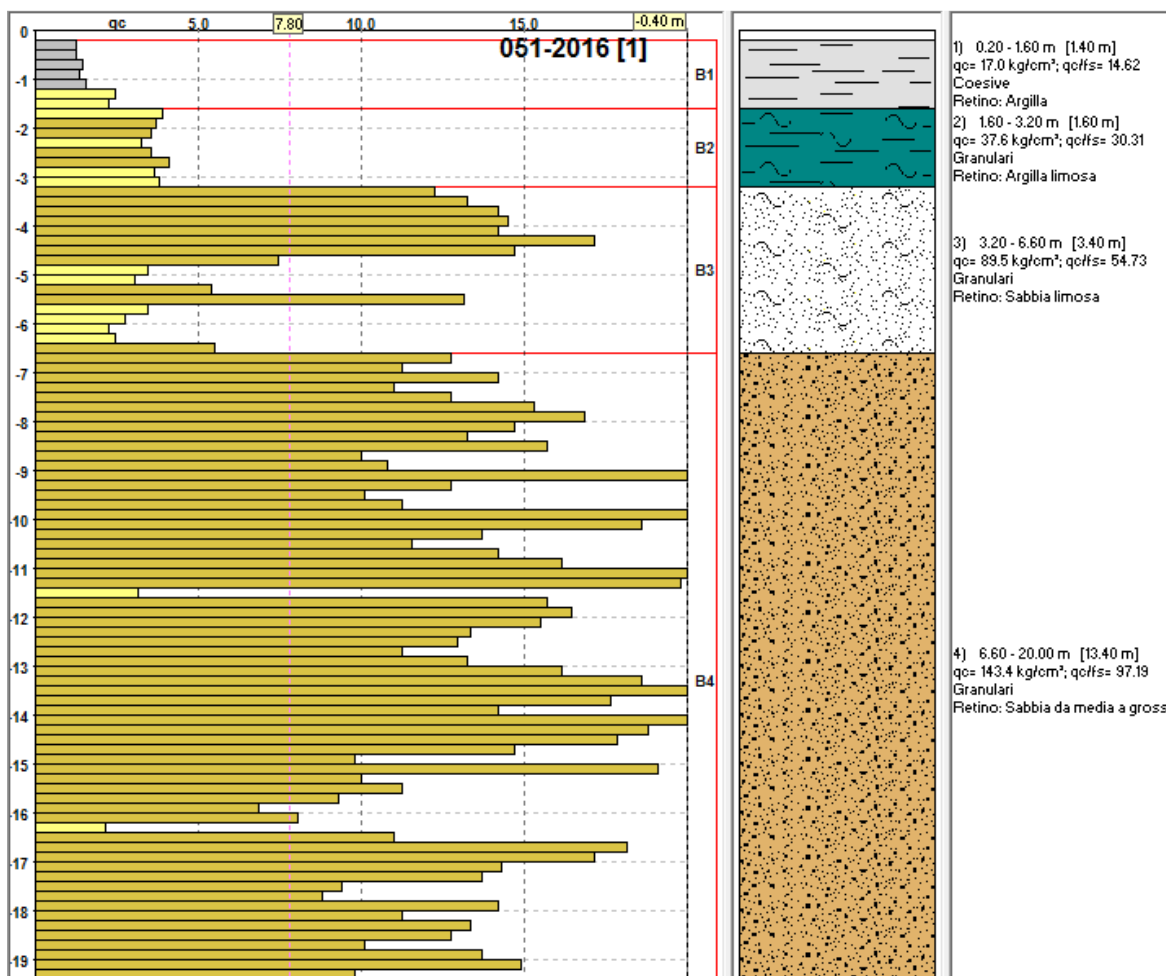


Fig.9. Schema sequenza stratigrafica CPT n.1

Si riportano di seguito tutti i valori delle letture di campagna delle prove. Ogni 20 cm si osservano i relativi valori della qc (in MPa) e fs (in KPa).

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	052-2016

Committente: CASTELLETO 2010 S.R.L.	U.M.: MPa	Data eseg.: 27/06/2016
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi	Pagina: 1	
Località: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi	Elaborato:	Falda: -2.90 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.0	73.00	0		15.20	114.0	140.0		11.2	127.00	90	1.1
0.40	12.0	23.0		1.2	87.00	14	7.3	15.40	113.0	132.0		11.1	127.00	89	1.1
0.60	10.0	23.0		1.0	100.00	10	10.0	15.60	86.0	105.0		8.4	187.00	46	2.2
0.80	18.0	33.0		1.8	40.00	45	2.2	15.80	90.0	118.0		8.8	147.00	61	1.6
1.00	40.0	46.0		3.9	120.00	33	3.0	16.00	78.0	100.0		7.6	160.00	49	2.1
1.20	38.0	56.0		3.7	167.00	23	4.4	16.20	104.0	128.0		10.2	167.00	62	1.6
1.40	27.0	52.0		2.6	120.00	23	4.4	16.40	62.0	87.0		6.1	160.00	39	2.6
1.60	42.0	60.0		4.1	167.00	25	4.0	16.60	50.0	74.0		4.9	153.00	33	3.1
1.80	115.0	140.0		11.3	133.00	86	1.2	16.80	68.0	91.0		6.7	180.00	38	2.6
2.00	130.0	150.0		12.7	100.00	130	0.8	17.00	50.0	77.0		4.9	133.00	38	2.7
2.20	110.0	125.0		10.8	133.00	83	1.2	17.20	150.0	170.0		14.7	213.00	70	1.4
2.40	64.0	84.0		6.3	153.00	42	2.4	17.40	138.0	170.0		13.5	213.00	65	1.5
2.60	24.0	47.0		2.4	87.00	28	3.6	17.60	155.0	187.0		15.2	160.00	97	1.0
2.80	19.0	32.0		1.9	120.00	16	6.3	17.80	150.0	174.0		14.7	167.00	90	1.1
3.00	27.0	45.0		2.6	87.00	31	3.2	18.00	135.0	160.0		13.2	173.00	78	1.3
3.20	27.0	40.0		2.6	100.00	27	3.7	18.20	150.0	176.0		14.7	200.00	75	1.3
3.40	20.0	35.0		2.0	67.00	30	3.4	18.40	200.0	230.0		19.6	113.00	177	0.6
3.60	35.0	45.0		3.4	147.00	24	4.2	18.60	165.0	182.0		16.2	147.00	112	0.9
3.80	64.0	86.0		6.3	160.00	40	2.5	18.80	168.0	190.0		16.5	147.00	114	0.9
4.00	106.0	130.0		10.4	147.00	72	1.4	19.00	118.0	140.0		11.6	167.00	71	1.4
4.20	112.0	134.0		11.0	200.00	56	1.8	19.20	85.0	110.0		8.3	187.00	45	2.2
4.40	120.0	150.0		11.8	173.00	69	1.4	19.40	92.0	120.0		9.0	173.00	53	1.9
4.60	104.0	130.0		10.2	173.00	60	1.7	19.60	84.0	110.0		8.2	167.00	50	2.0
4.80	88.0	114.0		8.6	187.00	47	2.1	19.80	105.0	130.0		10.3	120.00	88	1.1
5.00	72.0	100.0		7.1	133.00	54	1.8	20.00	110.0	128.0		10.8			
5.20	95.0	115.0		9.3	147.00	65	1.5								
5.40	48.0	70.0		4.7	113.00	42	2.4								
5.60	135.0	152.0		13.2	160.00	84	1.2								
5.80	150.0	174.0		14.7	147.00	102	1.0								
6.00	148.0	170.0		14.5	173.00	86	1.2								
6.20	44.0	70.0		4.3	80.00	55	1.8								
6.40	13.0	25.0		1.3	53.00	25	4.1								
6.60	9.0	17.0		0.9	47.00	19	5.2								
6.80	21.0	28.0		2.1	87.00	24	4.1								
7.00	20.0	33.0		2.0	100.00	20	5.0								
7.20	36.0	51.0		3.5	53.00	68	1.5								
7.40	42.0	50.0		4.1	113.00	37	2.7								
7.60	115.0	132.0		11.3	140.00	82	1.2								
7.80	125.0	146.0		12.3	153.00	82	1.2								
8.00	147.0	170.0		14.4	107.00	137	0.7								
8.20	136.0	152.0		13.3	153.00	89	1.1								
8.40	117.0	140.0		11.5	147.00	80	1.3								
8.60	122.0	144.0		12.0	107.00	114	0.9								
8.80	134.0	150.0		13.1	147.00	91	1.1								
9.00	148.0	170.0		14.5	140.00	106	0.9								
9.20	155.0	176.0		15.2	167.00	93	1.1								
9.40	225.0	250.0		22.1	167.00	135	0.7								
9.60	195.0	220.0		19.1	200.00	98	1.0								
9.80	270.0	300.0		26.5	173.00	156	0.6								
10.00	150.0	176.0		14.7	153.00	98	1.0								
10.20	155.0	178.0		15.2	167.00	93	1.1								
10.40	195.0	220.0		19.1	173.00	113	0.9								
10.60	190.0	216.0		18.6	180.00	106	0.9								
10.80	180.0	207.0		17.6	253.00	71	1.4								
11.00	182.0	220.0		17.8	200.00	91	1.1								
11.20	195.0	225.0		19.1	153.00	127	0.8								
11.40	152.0	175.0		14.9	200.00	76	1.3								
11.60	170.0	200.0		16.7	147.00	116	0.9								
11.80	140.0	162.0		13.7	147.00	95	1.1								
12.00	200.0	222.0		19.6	113.00	177	0.6								
12.20	153.0	170.0		15.0	173.00	88	1.1								
12.40	104.0	130.0		10.2	147.00	71	1.4								
12.60	102.0	124.0		10.0	167.00	61	1.6								
12.80	107.0	132.0		10.5	133.00	80	1.2								
13.00	110.0	130.0		10.8	147.00	75	1.3								
13.20	140.0	162.0		13.7	147.00	95	1.1								
13.40	118.0	140.0		11.6	120.00	98	1.0								
13.60	114.0	132.0		11.2	187.00	61	1.6								
13.80	92.0	120.0		9.0	127.00	72	1.4								
14.00	116.0	135.0		11.4	167.00	69	1.4								
14.20	175.0	200.0		17.2	173.00	101	1.0								
14.40	82.0	108.0		8.0	133.00	62	1.6								
14.60	125.0	145.0		12.3	113.00	111	0.9								
14.80	115.0	132.0		11.3	167.00	69	1.5								
15.00	105.0	130.0		10.3	173.00	61	1.6								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota: FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI													CPT		2	
													riferimento		052-2016	
Committente: CASTELLETO 2010 S.R.L.										U.M.: MPa		Data exec.: 27/06/2016				
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi										Pagina: 1						
Località: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi										Elaborato:		Falda: -2.10 m				

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.0	0.0		0.0	107.00	0		15.20	115.0	132.0		11.3	107.00	107	0.9
0.40	20.0	36.0		2.0	93.00	22	4.7	15.40	104.0	120.0		10.2	140.00	74	1.3
0.60	30.0	44.0		2.9	80.00	38	2.7	15.60	115.0	136.0		11.3	167.00	69	1.5
0.80	28.0	40.0		2.7	120.00	23	4.3	15.80	80.0	105.0		7.8	213.00	38	2.7
1.00	24.0	42.0		2.4	173.00	14	7.2	16.00	88.0	120.0		8.6	160.00	55	1.8
1.20	52.0	78.0		5.1	80.00	65	1.5	16.20	78.0	102.0		7.6	120.00	65	1.5
1.40	78.0	90.0		7.6	200.00	39	2.6	16.40	80.0	98.0		7.8	113.00	71	1.4
1.60	65.0	95.0		6.4	153.00	42	2.4	16.60	110.0	127.0		10.8	133.00	83	1.2
1.80	93.0	116.0		9.1	213.00	44	2.3	16.80	70.0	90.0		6.9	73.00	96	1.0
2.00	88.0	120.0		8.6	227.00	39	2.6	17.00	58.0	69.0		5.7	120.00	48	2.1
2.20	68.0	102.0		6.7	167.00	41	2.5	17.20	62.0	80.0		6.1	120.00	52	1.9
2.40	25.0	50.0		2.5	80.00	31	3.2	17.40	100.0	118.0		9.8	187.00	53	1.9
2.60	63.0	75.0		6.2	167.00	38	2.7	17.60	130.0	158.0		12.7	133.00	98	1.0
2.80	35.0	60.0		3.4	147.00	24	4.2	17.80	140.0	160.0		13.7	113.00	124	0.8
3.00	44.0	66.0		4.3	160.00	28	3.6	18.00	135.0	152.0		13.2	120.00	113	0.9
3.20	60.0	84.0		5.9	73.00	82	1.2	18.20	140.0	158.0		13.7	160.00	88	1.1
3.40	57.0	68.0		5.6	107.00	53	1.9	18.40	150.0	174.0		14.7	173.00	87	1.2
3.60	30.0	46.0		2.9	133.00	23	4.4	18.60	130.0	156.0		12.7	147.00	88	1.1
3.80	35.0	55.0		3.4	120.00	29	3.4	18.80	140.0	162.0		13.7	167.00	84	1.2
4.00	44.0	62.0		4.3	107.00	41	2.4	19.00	200.0	225.0		19.6	160.00	125	0.8
4.20	72.0	88.0		7.1	107.00	67	1.5	19.20	170.0	194.0		16.7	147.00	116	0.9
4.40	83.0	99.0		8.1	160.00	52	1.9	19.40	80.0	102.0		7.8	160.00	50	2.0
4.60	56.0	80.0		5.5	127.00	44	2.3	19.60	96.0	120.0		9.4	113.00	85	1.2
4.80	84.0	103.0		8.2	167.00	50	2.0	19.80	103.0	120.0		10.1	113.00	91	1.1
5.00	38.0	63.0		3.7	147.00	26	3.9	20.00	98.0	115.0		9.6			
5.20	112.0	134.0		11.0	153.00	73	1.4								
5.40	60.0	83.0		5.9	147.00	41	2.5								
5.60	130.0	152.0		12.7	147.00	88	1.1								
5.80	110.0	132.0		10.8	173.00	64	1.6								
6.00	42.0	68.0		4.1	107.00	39	2.5								
6.20	14.0	30.0		1.4	80.00	18	5.7								
6.40	24.0	36.0		2.4	133.00	18	5.5								
6.60	50.0	70.0		4.9	93.00	54	1.9								
6.80	110.0	124.0		10.8	167.00	66	1.5								
7.00	125.0	150.0		12.3	147.00	85	1.2								
7.20	140.0	162.0		13.7	180.00	78	1.3								
7.40	143.0	170.0		14.0	180.00	79	1.3								
7.60	145.0	172.0		14.2	147.00	99	1.0								
7.80	98.0	120.0		9.6	167.00	59	1.7								
8.00	165.0	190.0		16.2	180.00	92	1.1								
8.20	155.0	182.0		15.2	153.00	101	1.0								
8.40	170.0	193.0		16.7	167.00	102	1.0								
8.60	180.0	205.0		17.6	153.00	118	0.9								
8.80	182.0	205.0		17.8	173.00	105	1.0								
9.00	124.0	150.0		12.2	173.00	72	1.4								
9.20	180.0	206.0		17.6	167.00	108	0.9								
9.40	275.0	300.0		27.0	147.00	187	0.5								
9.60	200.0	222.0		19.6	147.00	136	0.7								
9.80	170.0	192.0		16.7	160.00	106	0.9								
10.00	160.0	184.0		15.7	133.00	120	0.8								
10.20	150.0	170.0		14.7	167.00	90	1.1								
10.40	160.0	185.0		15.7	160.00	100	1.0								
10.60	180.0	204.0		17.6	167.00	108	0.9								
10.80	190.0	215.0		18.6	173.00	110	0.9								
11.00	200.0	226.0		19.6	147.00	136	0.7								
11.20	170.0	192.0		16.7	160.00	106	0.9								
11.40	150.0	174.0		14.7	133.00	113	0.9								
11.60	160.0	180.0		15.7	147.00	109	0.9								
11.80	140.0	162.0		13.7	133.00	105	1.0								
12.00	130.0	150.0		12.7	160.00	81	1.2								
12.20	180.0	204.0		17.6	147.00	122	0.8								
12.40	170.0	192.0		16.7	113.00	150	0.7								
12.60	105.0	122.0		10.3	133.00	79	1.3								
12.80	130.0	150.0		12.7	107.00	121	0.8								
13.00	100.0	116.0		9.8	147.00	68	1.5								
13.20	98.0	120.0		9.6	107.00	92	1.1								
13.40	110.0	126.0		10.8	120.00	92	1.1								
13.60	100.0	118.0		9.8	100.00	100	1.0								
13.80	115.0	130.0		11.3	113.00	102	1.0								
14.00	98.0	115.0		9.6	160.00	61	1.6								
14.20	160.0	184.0		15.7	120.00	133	0.8								
14.40	100.0	118.0		9.8	100.00	100	1.0								
14.60	90.0	105.0		8.8	120.00	75	1.3								
14.80	110.0	128.0		10.8	127.00	87	1.2								
15.00	100.0	119.0		9.8	113.00	88	1.1								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota: FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI								CPT		3					
								riferimento		052-2016					
Committente: CASTELLETO 2010 S.R.L.						U.M.: MPa		Data exec.: 27/06/2016							
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi						Pagina: 1									
Località: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi						Elaborato:		Falda: -2.10 m							
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.0	100.00	0		15.20	190.0	210.0		18.6	160.00	119	0.8
0.40	13.0	28.0		1.3	100.00	13	7.7	15.40	170.0	194.0		16.7	147.00	116	0.9
0.60	22.0	37.0		2.2	60.00	37	2.7	15.60	108.0	130.0		10.6	160.00	68	1.5
0.80	45.0	54.0		4.4	73.00	62	1.6	15.80	130.0	154.0		12.7	173.00	75	1.3
1.00	43.0	54.0		4.2	180.00	24	4.2	16.00	132.0	158.0		12.9	133.00	99	1.0
1.20	31.0	58.0		3.0	113.00	27	3.6	16.20	135.0	155.0		13.2	107.00	126	0.8
1.40	58.0	75.0		5.7	167.00	35	2.9	16.40	120.0	136.0		11.8	160.00	75	1.3
1.60	110.0	135.0		10.8	187.00	59	1.7	16.60	96.0	120.0		9.4	160.00	60	1.7
1.80	150.0	178.0		14.7	173.00	87	1.2	16.80	76.0	100.0		7.4	180.00	42	2.4
2.00	104.0	130.0		10.2	160.00	65	1.5	17.00	77.0	104.0		7.5	160.00	48	2.1
2.20	80.0	104.0		7.8	160.00	50	2.0	17.20	92.0	116.0		9.0	153.00	60	1.7
2.40	20.0	44.0		2.0	107.00	19	5.4	17.40	97.0	120.0		9.5	173.00	56	1.8
2.60	84.0	116.0		8.2	133.00	63	1.6	17.60	74.0	100.0		7.3	173.00	43	2.3
2.80	18.0	38.0		1.8	113.00	16	6.3	17.80	72.0	98.0		7.1	140.00	51	1.9
3.00	19.0	36.0		1.9	113.00	17	5.9	18.00	63.0	84.0		6.2	193.00	33	3.1
3.20	20.0	37.0		2.0	147.00	14	7.4	18.20	62.0	91.0		6.1	167.00	37	2.7
3.40	42.0	64.0		4.1	173.00	24	4.1	18.40	57.0	82.0		5.6	140.00	41	2.5
3.60	32.0	58.0		3.1	93.00	34	2.9	18.60	103.0	124.0		10.1	153.00	67	1.5
3.80	26.0	40.0		2.5	100.00	26	3.8	18.80	132.0	155.0		12.9	160.00	83	1.2
4.00	27.0	42.0		2.6	87.00	31	3.2	19.00	170.0	194.0		16.7	153.00	111	0.9
4.20	32.0	45.0		3.1	47.00	68	1.5	19.20	165.0	188.0		16.2	133.00	124	0.8
4.40	55.0	62.0		5.4	133.00	41	2.4	19.40	160.0	180.0		15.7	133.00	120	0.8
4.60	42.0	62.0		4.1	73.00	58	1.7	19.60	112.0	132.0		11.0	160.00	70	1.4
4.80	78.0	89.0		7.6	147.00	53	1.9	19.80	150.0	174.0		14.7	140.00	107	0.9
5.00	66.0	88.0		6.5	60.00	110	0.9	20.00	145.0	166.0		14.2			
5.20	55.0	64.0		5.4	140.00	39	2.5								
5.40	28.0	49.0		2.7	80.00	35	2.9								
5.60	28.0	40.0		2.7	133.00	21	4.8								
5.80	40.0	60.0		3.9	107.00	37	2.7								
6.00	114.0	130.0		11.2	220.00	52	1.9								
6.20	63.0	96.0		6.2	133.00	47	2.1								
6.40	22.0	42.0		2.2	53.00	42	2.4								
6.60	8.0	16.0		0.8	73.00	11	9.1								
6.80	18.0	29.0		1.8	113.00	16	6.3								
7.00	24.0	41.0		2.4	107.00	22	4.5								
7.20	72.0	88.0		7.1	113.00	64	1.6								
7.40	125.0	142.0		12.3	153.00	82	1.2								
7.60	152.0	175.0		14.9	160.00	95	1.1								
7.80	140.0	164.0		13.7	167.00	84	1.2								
8.00	165.0	190.0		16.2	173.00	95	1.0								
8.20	148.0	174.0		14.5	120.00	123	0.8								
8.40	90.0	108.0		8.8	140.00	64	1.6								
8.60	114.0	135.0		11.2	147.00	78	1.3								
8.80	160.0	182.0		15.7	160.00	100	1.0								
9.00	120.0	144.0		11.8	160.00	75	1.3								
9.20	150.0	174.0		14.7	187.00	80	1.2								
9.40	170.0	198.0		16.7	133.00	128	0.8								
9.60	150.0	170.0		14.7	160.00	94	1.1								
9.80	126.0	150.0		12.3	153.00	82	1.2								
10.00	132.0	155.0		12.9	120.00	110	0.9								
10.20	142.0	160.0		13.9	153.00	93	1.1								
10.40	147.0	170.0		14.4	160.00	92	1.1								
10.60	176.0	200.0		17.2	147.00	120	0.8								
10.80	140.0	162.0		13.7	160.00	88	1.1								
11.00	124.0	148.0		12.2	167.00	74	1.3								
11.20	105.0	130.0		10.3	147.00	71	1.4								
11.40	140.0	162.0		13.7	140.00	100	1.0								
11.60	155.0	176.0		15.2	160.00	97	1.0								
11.80	96.0	120.0		9.4	153.00	63	1.6								
12.00	99.0	122.0		9.7	147.00	67	1.5								
12.20	148.0	170.0		14.5	147.00	101	1.0								
12.40	210.0	232.0		20.6	167.00	126	0.8								
12.60	205.0	230.0		20.1	153.00	134	0.7								
12.80	185.0	208.0		18.1	160.00	116	0.9								
13.00	186.0	210.0		18.2	220.00	85	1.2								
13.20	215.0	248.0		21.1	140.00	154	0.7								
13.40	155.0	176.0		15.2	213.00	73	1.4								
13.60	145.0	177.0		14.2	147.00	99	1.0								
13.80	190.0	212.0		18.6	167.00	114	0.9								
14.00	215.0	240.0		21.1	147.00	146	0.7								
14.20	198.0	220.0		19.4	187.00	106	0.9								
14.40	160.0	188.0		15.7	167.00	96	1.0								
14.60	145.0	170.0		14.2	213.00	68	1.5								
14.80	38.0	70.0		3.7	100.00	38	2.6								
15.00	13.0	28.0		1.3	133.00	10	10.2								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	142-2012

Committente: Dott ssa VANNA MESSORA	U.M.: MPa	Data exec.: 10/10/2012
Cantiere: CURTATONE DI MANTOVA	Pagina: 1	
Località: CURTATONE DI MANTOVA	Elaborato:	Falda: -3.50 m

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.0	0.0		0.0	100.00	0									
0.40	75.0	90.0		7.4	67.00	112	0.9								
0.60	75.0	85.0		7.4	133.00	56	1.8								
0.80	140.0	160.0		13.7	133.00	105	1.0								
1.00	120.0	140.0		11.8	167.00	72	1.4								
1.20	115.0	140.0		11.3	133.00	86	1.2								
1.40	140.0	160.0		13.7	200.00	70	1.4								
1.60	150.0	180.0		14.7	267.00	56	1.8								
1.80	150.0	190.0		14.7	200.00	75	1.3								
2.00	130.0	160.0		12.7	153.00	85	1.2								
2.20	82.0	105.0		8.0	133.00	62	1.6								
2.40	20.0	40.0		2.0	233.00	9	11.7								
2.60	40.0	75.0		3.9	173.00	23	4.3								
2.80	32.0	58.0		3.1	167.00	19	5.2								
3.00	23.0	48.0		2.3	133.00	17	5.8								
3.20	26.0	46.0		2.5	127.00	20	4.9								
3.40	19.0	38.0		1.9	120.00	16	6.3								
3.60	25.0	43.0		2.5	133.00	19	5.3								
3.80	24.0	44.0		2.4	80.00	30	3.3								
4.00	44.0	56.0		4.3	113.00	39	2.6								
4.20	65.0	82.0		6.4	287.00	23	4.4								
4.40	52.0	95.0		5.1	187.00	28	3.6								
4.60	56.0	84.0		5.5	133.00	42	2.4								
4.80	100.0	120.0		9.8	173.00	58	1.7								
5.00	30.0	56.0		2.9	100.00	30	3.3								
5.20	100.0	115.0		9.8	167.00	60	1.7								
5.40	90.0	115.0		8.8	100.00	90	1.1								
5.60	75.0	90.0		7.4	133.00	56	1.8								
5.80	75.0	95.0		7.4	87.00	86	1.2								
6.00	73.0	86.0		7.2	167.00	44	2.3								
6.20	20.0	45.0		2.0	67.00	30	3.4								
6.40	24.0	34.0		2.4	60.00	40	2.5								
6.60	24.0	33.0		2.4	100.00	24	4.2								
6.80	35.0	50.0		3.4	67.00	52	1.9								
7.00	35.0	45.0		3.4	133.00	26	3.8								
7.20	120.0	140.0		11.8	133.00	90	1.1								
7.40	130.0	150.0		12.7	167.00	78	1.3								
7.60	130.0	155.0		12.7	167.00	78	1.3								
7.80	150.0	175.0		14.7	233.00	64	1.6								
8.00	150.0	185.0		14.7	200.00	75	1.3								
8.20	100.0	130.0		9.8	133.00	75	1.3								
8.40	130.0	150.0		12.7	133.00	98	1.0								
8.60	120.0	140.0		11.8	133.00	90	1.1								
8.80	130.0	150.0		12.7	133.00	98	1.0								
9.00	160.0	180.0		15.7	133.00	120	0.8								
9.20	140.0	160.0		13.7	167.00	84	1.2								
9.40	120.0	145.0		11.8	133.00	90	1.1								
9.60	120.0	140.0		11.8	133.00	90	1.1								
9.80	130.0	150.0		12.7	167.00	78	1.3								
10.00	150.0	175.0		14.7											

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA								CPT	2						
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI								riferimento	142-2012						
Committente: Dott.ssa VANNA MESSORA						U.M.: MPa	Data esec.: 10/10/2012								
Cantiere: CURTATONE DI MANTOVA						Pagina: 1									
Località: CURTATONE DI MANTOVA						Elaborato:	Falda: -3.50 m								
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	-	0.0	133.00	0									
0.40	50.0	70.0	-	4.9	120.00	42	2.4								
0.60	60.0	78.0	-	5.9	100.00	60	1.7								
0.80	80.0	95.0	-	7.8	100.00	80	1.3								
1.00	75.0	90.0	-	7.4	233.00	32	3.1								
1.20	35.0	70.0	-	3.4	267.00	13	7.6								
1.40	35.0	75.0	-	3.4	267.00	13	7.6								
1.60	80.0	120.0	-	7.8	167.00	48	2.1								
1.80	120.0	145.0	-	11.8	213.00	56	1.8								
2.00	28.0	60.0	-	2.7	220.00	13	7.9								
2.20	25.0	58.0	-	2.5	87.00	29	3.5								
2.40	22.0	35.0	-	2.2	87.00	25	4.0								
2.60	23.0	36.0	-	2.3	93.00	25	4.0								
2.80	44.0	58.0	-	4.3	133.00	33	3.0								
3.00	35.0	55.0	-	3.4	153.00	23	4.4								
3.20	62.0	85.0	-	6.1	267.00	23	4.3								
3.40	55.0	95.0	-	5.4	233.00	24	4.2								
3.60	85.0	120.0	-	8.3	167.00	51	2.0								
3.80	90.0	115.0	-	8.8	133.00	68	1.5								
4.00	100.0	120.0	-	9.8	133.00	75	1.3								
4.20	110.0	130.0	-	10.8	100.00	110	0.9								
4.40	75.0	90.0	-	7.4	133.00	56	1.8								
4.60	70.0	90.0	-	6.9	100.00	70	1.4								
4.80	65.0	80.0	-	6.4	200.00	33	3.1								
5.00	30.0	60.0	-	2.9	113.00	27	3.8								
5.20	28.0	45.0	-	2.7	120.00	23	4.3								
5.40	28.0	46.0	-	2.7	73.00	38	2.6								
5.60	25.0	36.0	-	2.5	100.00	25	4.0								
5.80	80.0	95.0	-	7.8	100.00	80	1.3								
6.00	85.0	100.0	-	8.3	147.00	58	1.7								
6.20	20.0	42.0	-	2.0	80.00	25	4.0								
6.40	10.0	22.0	-	1.0	67.00	15	6.7								
6.60	35.0	45.0	-	3.4	113.00	31	3.2								
6.80	19.0	36.0	-	1.9	167.00	11	8.8								
7.00	37.0	62.0	-	3.6	233.00	16	6.3								
7.20	45.0	80.0	-	4.4	133.00	34	3.0								
7.40	120.0	140.0	-	11.8	133.00	90	1.1								
7.60	140.0	160.0	-	13.7	133.00	105	1.0								
7.80	130.0	150.0	-	12.7	100.00	130	0.8								
8.00	90.0	105.0	-	8.8	133.00	68	1.5								
8.20	150.0	170.0	-	14.7	133.00	113	0.9								
8.40	130.0	150.0	-	12.7	133.00	98	1.0								
8.60	130.0	150.0	-	12.7	133.00	98	1.0								
8.80	140.0	160.0	-	13.7	133.00	105	1.0								
9.00	160.0	180.0	-	15.7	100.00	160	0.6								
9.20	170.0	185.0	-	16.7	200.00	85	1.2								
9.40	100.0	130.0	-	9.8	100.00	100	1.0								
9.60	160.0	175.0	-	15.7	133.00	120	0.8								
9.80	150.0	170.0	-	14.7	133.00	113	0.9								
10.00	140.0	160.0	-	13.7											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

nota: FON025

Fig.10. Dati di campagna e valori trasformati ricavati dalla prova penetrometrica.

La stratigrafia di dettaglio è riportata nei diagrammi delle valutazioni litologiche e nelle tabelle dei parametri geotecnici. All. n. 3 e 4.

4.3. PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI

Al fine di caratterizzare i singoli strati della sequenza litologica, riscontrata dall'indagine, si riportano nella tabella di seguito, i parametri geotecnici (valori meccanici del terreno) **medi** per ogni singolo strato individuato.

n'	m1	m2	qc	fs	qc/fs'	Y'	d'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	σSc2	σCa	σKo	σDB	σDM	σMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
	m	m	kg/cm²	kg/cm²	-	t/m³	kg/cm³	m/sec	kg/cm²	-	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	-	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
1	0.20	7.20	61.23	1.22	50.29	1.29	0.58	193	0.85	25.23	178.5	267.8	69.7	66.8	39.3	32.8	30.0	28.0	36.9	31.5	2.00	115.6	173.3	208.00
2	7.20	20.00	131.53	1.56	84.50	1.04	1.63	238	--	--	--	--	--	68.1	39.4	31.4	28.5	26.7	35.6	35.1	--	219.2	328.8	394.58

Fig.11. Valori GEOTECNICI MEDI per ogni strato della sequenza litologica.

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

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

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

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

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

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

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

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

I dati immessi nei calcoli sono i valori di cu e di φ, derivati dalle correlazioni dei valori di qc e fs ricavati direttamente dalla prova penetrometrica mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 - Marsal et al. 1974/1979).

COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI $C_u = R_p/\beta$		
CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et altri 1974 - Marsland et al. 1974/1979		
- Argille normalmente consolidate N.C. ($q_c \leq 10 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 25$	(valore standard: 20)
- Argille intermedie ($10 < q_c < 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta =$ valore interpolato	
- Argille sovra consolidate S.C. ($q_c \geq 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 40$	(valore standard: 30)

Fig.12. Correlazioni per il calcolo di c_u dai valori di q_c e f_s .

I valori immessi nella formula, utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione relativi ai parametri geotecnici di interesse, sono quelli significativi per i singoli strati indagati.

Lo scopo è fornire un valore di c_u e ϕ che caratterizzi lo strato nel suo complesso.

Nei calcoli vengono quindi eliminati, se presenti, i valori di picco di livelli centimetrici non rappresentativi delle caratteristiche litologiche dello strato.

Se si considerano tutti i valori definiti ogni 20 cm dalla prova penetrometrica, senza fare un'analisi ragionata delle proprietà litologiche dello strato, si rischia di ottenere dei parametri geotecnici che falsano le reali caratteristiche dello strato.

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ , derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche, interpretati e "ragionati" dalla scrivente.

Primo strato da 0.00 m a - 6.00/7.00 m: alternanza sabbie mediamente addensate e argille compatte: $\phi_k = 26$; $c_{uk} = 60 \text{ kPa}$;

Terzo strato da - 6.00/7.00 a - 20.00 m: sabbie addensate: $\phi_k = 31^\circ$.

Sintetizzando, nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate. Si precisa che risulta più corretto definire un intervallo di confidenza (range) dei parametri geotecnici in condizioni drenate anziché fissare un unico valore restrittivo in quanto stimati in base a correlazioni empiriche della geotecnica classica (Schmertmann, 1978; Robertson e Campanella, 1983). Si ritiene quindi più opportuno accompagnare la stima dei parametri geotecnici in condizioni drenate con un intervallo di valori anziché fissarne uno unico.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.00 - 6.00/7.00	Alteranza sabbie mediamente addensate e argille compatte	18	20	0	25÷27	0
		17	19	8÷10	16÷18	60
6.00/7.00 - 20.00	Sabbie addensate	18	20	0	30÷32	0

Si riportano, inoltre, i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di

laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff.di Poisson (ν)	Modulo elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 - 6.00/7.00	Alteranza sabbie mediamente addensate e argille compatte	18	20	0.35	15000÷20000	0
		17	19	0.42	0	8000÷9000
6.00/7.00 - 20.00	Sabbie addensate	18	20	0.35	25000÷30000	0

4.4. ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO

La verifica allo stato limite ultimo viene eseguita secondo un'analisi semiprobabilistica includendo per le azioni e le resistenze, fattori di sicurezza parziali FS applicati a valori medi dei parametri di interesse. Tale metodo è detto di primo livello.

Il fattore di sicurezza globale viene quindi diviso in fattori di sicurezza parziali applicati ai singoli valori caratteristici dei carichi o dei parametri geotecnici in modo che la disequazione finale $E_d \leq R_d$ venga sempre verificata.

Cioè l'effetto delle azioni di progetto (E_d) deve essere sempre non superiore alle Resistenze di progetto (R_d) in condizioni di stabilità della struttura.

Gli approcci progettuali da seguire sono i seguenti:

- Approccio 1:

Combinazione 1 - (A1+M1+R1) - STR

Combinazione 2 - (A2+M2+R2) - GEO

- Approccio 2:

Combinazione - (A1+M1+R3) - STR+GEO

I valori di A1, A2, M1, M2, R1, R2 ed R3 si determinano in base alle seguenti tabelle:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

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

Si è proceduto alla determinazione dei valori teorici del carico limite ultimo Qult (SLU) con l'ausilio del programma di calcolo "Loadcap 2016 - 25.2.807".

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni studiati, sono state definite le **resistenze in condizione drenate statiche** considerando una fondazione a platea con piano di posa a - 0.60 m dal p.c.

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	0.6 m
Altezza di incastro	0.6 m
Profondità falda	2.1

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coazione [kN/m ²]	Coazione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Descrizione
6.5	18.0	20.0	26.0	0.0	0.0	0.0	18000.0	0.35	sabbia e argilla
13.5	18.0	20.0	31.0	0.0	0.0	0.0	28000.0	0.35	sabbia

- Approccio 1:

Combinazione 2 – (A2+M2+R2) – GEO

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	A2+M2+R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
4	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
5	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 253.71 kN/m²

Resistenza di progetto [Rd] 140.95 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10148.29 kN/m³
A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	7.3
Fattore [Nc]	16.14
Fattore [Ng]	3.69
Fattore forma [Sc]	1.45
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.39
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	253.71 kN/m ²
Resistenza di progetto	140.95 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	7.3
Fattore [Nc]	16.14
Fattore [Ng]	4.91
Fattore forma [Sc]	1.42
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.36
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.7
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	330.48 kN/m ²
Resistenza di progetto	183.6 kN/m ²

- Approccio 2:

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni e	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 500.0 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 217.39 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 20000.12 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	11.85
Fattore [Nc]	22.25
Fattore [Ng]	7.94
Fattore forma [Sc]	1.53
Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.49
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite 500.0 kN/m²

Resistenza di progetto 217.39 kN/m²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	11.85
Fattore [Nc]	22.25
Fattore [Ng]	10.59
Fattore forma [Sc]	1.48

Fattore profondità [Dc]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.44
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.7
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	663.58 kN/m ²
Resistenza di progetto	288.51 kN/m ²

In sintesi sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni studiati, sono state definite le **resistenze in condizione drenate statiche** per **FONDAZIONE SUPERFICIALE A PLATEA IMPOSTATA A - 0.60 m dal p.c.**

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 1

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 253.71 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 140.95 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10148.29 kN/m³

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 2

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 500.0 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 217.39 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 20000.12 kN/m³

5. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

5.1. CENNI DI SISMOTETTONICA

Nonostante l'apparente monotonia della pianura emiliana e lombarda, la geometria del sottosuolo risulta molto "complessa" (senso Ricci Lucchi, 1986) ed interessata da sovrascorrimenti, duplicazioni, ondulazioni e pieghe, generate dalle stesse spinte orogenetiche che hanno determinato la formazione delle Alpi e degli Appennini.

In profondità sono, infatti, presenti 3 serie di thrusts sepolti, dei quali due a sviluppo sequenziale frontale e uno a sviluppo sequenziale a ritroso (v. Fig. 14), costituenti sistemi di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico. Essi si sono formati attraverso faglie inverse e sovrascorrimenti immergenti verso sud - ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°.

In letteratura geologica queste zone di scollamento tettonico sono note "External Thrust Front", sull'allineamento Parma - Reggio Emilia - Ferrara, "Pedeapenninic Thrust Front", lungo il margine morfologico dell'Appennino Settentrionale, e Pedealpine Thrust Front sull'allineamento Lodi - Peschiera del Garda - Val d'Adige.

Tali zone di scollamento tettonico si estendono su scala regionale in tutto il bacino padano da ovest ad est per convergere verso sud, all'altezza di Ravenna, seguendo l'allineamento Appennini - Mare Adriatico.

Nel complesso le strutture note come Pieghe emiliane e Pieghe Ferraresi costituiscono delle dorsali sepolte (o alti strutturali) che separano o inglobano bacini satelliti subsidenti, nei quali si assiste ad un notevole ispessimento dei sedimenti marini e continentali.

Si tratta di strutture depresse profonde con andamento tipicamente sinclinalico. In questi settori la subsidenza è instaurata da vari milioni di anni ed in maniera più accentuata dall'inizio del Pliocene con tasso di abbassamento di 1 o più mm all'anno.

Il tracciato del Fiume Po nell'area in esame è quindi impostato in corrispondenza della struttura sinclinalica della Monoclinale Pedealpina, compresa tra l'External Thrust Front e il Pedealpine Thrust Front.

Particolare attenzione merita la disposizione delle pieghe emiliane e delle pieghe ferraresi che, presentando delle strutture ad arco, convergono nella zona d'incrocio di Reggio Emilia.

L'anticlinale più interna, quella di Mirandola, è più pronunciata nel settore occidentale (Novi di Modena, Mirandola sud, Medolla Nord), dove il tetto del substrato geologico è < 100 m.

L'anticlinale più esterna, quella di Ferrara, è più pronunciata nel settore orientale dove ha il suo culmine tra Bondeno e Occhiobello dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m.

Queste zone di alto permettendo di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica della struttura.

Il Fiume Po sembra seguire fino a Pomponesco la zona assiale della Monoclinale Pedealpina, dove peraltro si registra il massimo ispessimento dei depositi quaternari, per poi dirigersi verso nord adattandosi alla presenza dell'alto strutturale relativo alle pieghe ferraresi sismicamente attive.

Essendo infatti tali strutture in relativo sollevamento e spostamento verso nord è plausibile ritenere che siano responsabili dell'attuale posizione del corso d'acqua.

Il territorio comunale, sulla base della configurazione sismotettonica ricade nel settore compreso tra la "Monoclinale Pedevalpina" ed il fronte esterno dell'Appennino settentrionale. La Monoclinale Pedevalpina è un'area a carattere prevalentemente omoclinale, con basamento cristallino immergente verso Sud e sepolto da imponenti coperture neogeniche e quaternarie, le quali aumentano gradualmente di potenza da Nord verso Sud, fino a mostrare forti incrementi nelle porzioni più meridionali.

La quasi assenza di strutture deformative dimostrano chiaramente la stabilità tettonica e sismica della Monoclinale Pedevalpina.

A sud risulta essere delimitata dai fronti sepolti delle pieghe emiliane (zona sismogenetica 913) e ferraresi (zona sismogenetica 912) e a nord dal margine pedevalpino bresciano-veronese (zona sismogenetica 906), deformazioni tettonicamente e sismicamente attive, è interessata da un blando regime di compressione e sprofondamento, esercitato essenzialmente da Sud.

Le componenti deformazionali, indotte dalle strutture sismogeniche poste al contorno, comportano modesti accumuli di energia, i quali si liberano saltuariamente nelle aree di minore resistenza rappresentate dalla struttura di Piadena, Mantova e Sanguinetto (v. Fig. 13). Queste ultime sono deformazioni secondarie che, seppur debolmente, risultano tettonicamente e sismicamente attive.

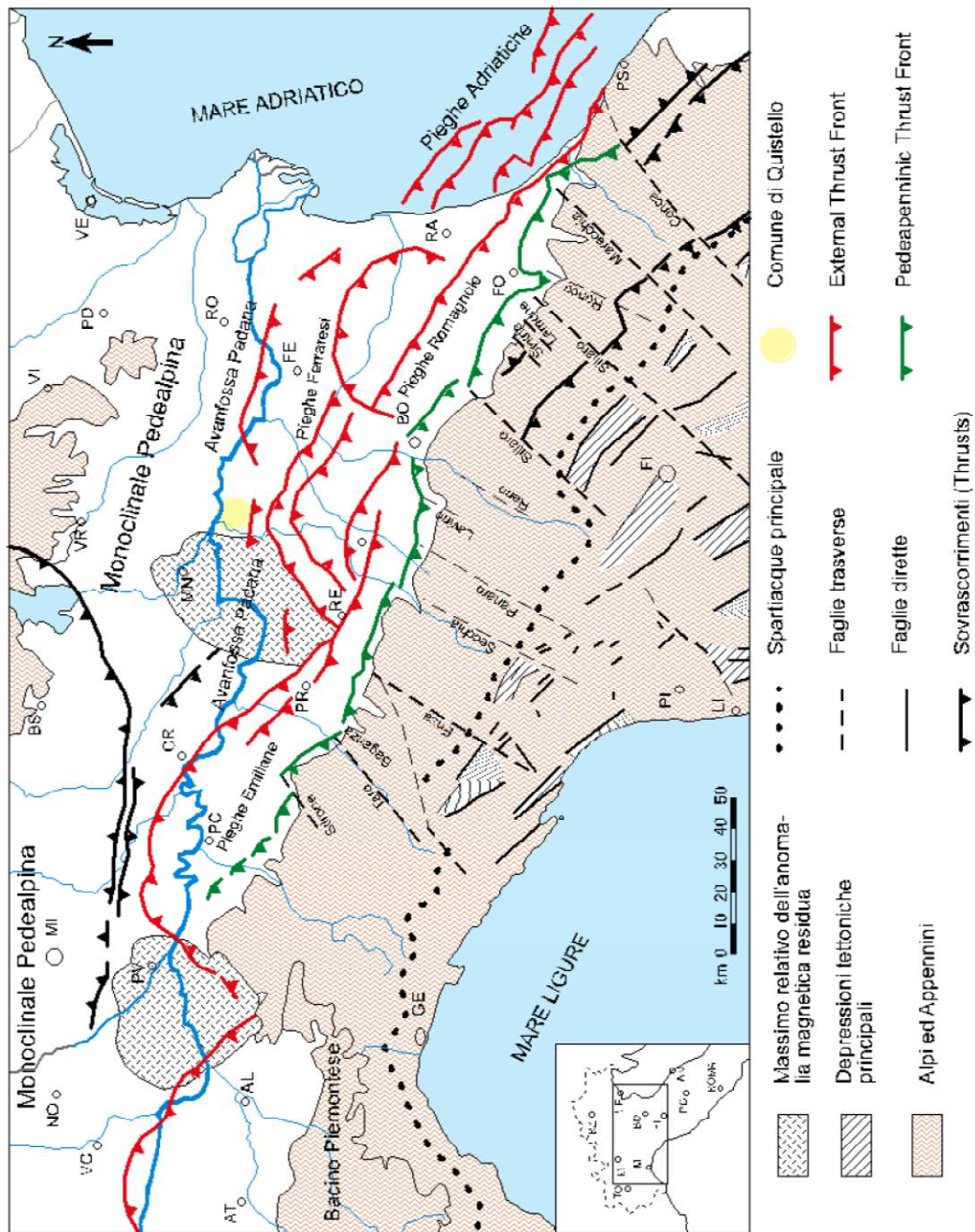


Fig.13. Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato).

5.2. SISMICITA' DEL TERRITORIO

La Carta Sismogenetica d'Italia (ZS9) è stata prodotta dal gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003 n.3274) dell'INGV.

È stata integrata con le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche nazionali (DISS 2.0 – *Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M 5.5 in Italy*, Valensise e Pantosti, 2001) e regionali.

Il territorio nazionale è stato quindi suddiviso in 36 Zone Sismogenetiche.

Il territorio comunale si colloca a circa 6,0 km a sud della Zona Sismogenetica 906 (Garda Veronese); a circa 34 Km a nord della Zona Sismogenetica 912 (Dorsale Ferrarese), e a 46,0 km a nord-ovest della Zona Sismogenetica 913 (Appennino Emiliano Romagnolo):

- Zona Sismogenetica 906 (relativa al sito di studio): zona legata alla convergenza tra la placca tettonica “Adria” e la placca tettonica “Southern Alps” con strutture a pieghe sud-vergenti e faglie inverse associate (thrusts prevalenti); i terremoti storici hanno raggiunto valori superiori a $M > 6$; il valore massimo rilevato è pari a $M_d = 4,7$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 5 e 8 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 906 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 6,60$.
- Zona Sismogenetica 912: rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica “Adria”) sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica “Northern Apenninic Arc”) con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto valori pari a $M = 5,9$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 6 e 8 Km con profondità efficace di 7 km; nella Zona Sismogenetica 912 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 6,14$.
- Zona Sismogenetica 913: zona legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica “Adria”) sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica “Northern Apenninic Arc”) con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella Zona Sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 5,91$.

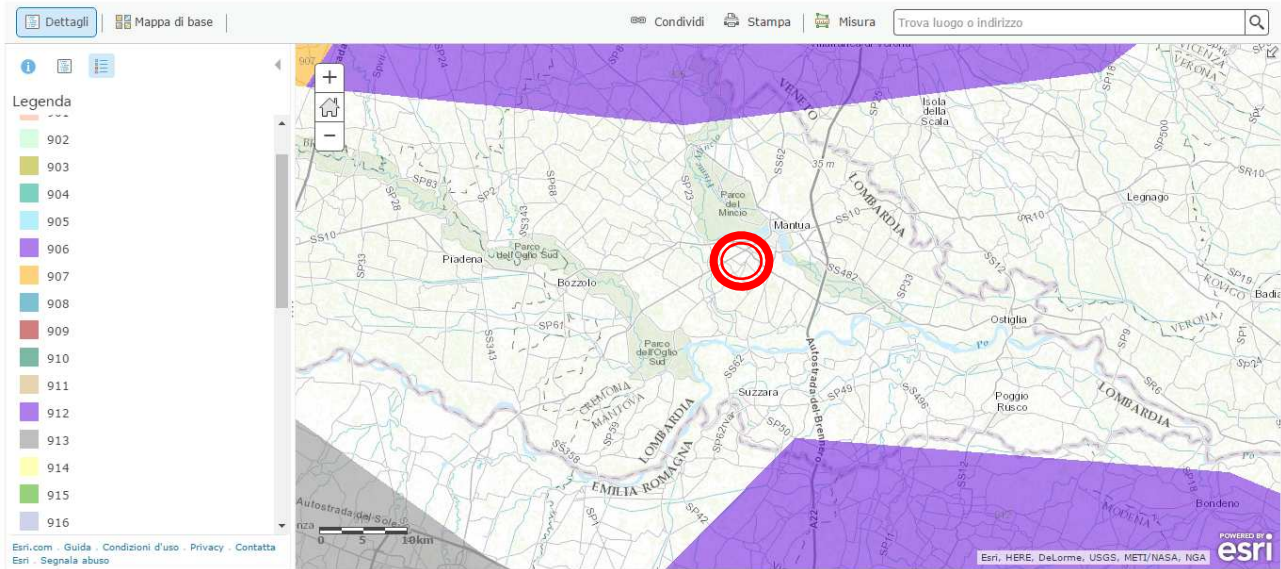


Fig.14. Zonizzazione sismogenetica ZS9.

Nella seguente tabella vengono indicati i parametri relativi alle zone.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	MwMax1	Tassi AR	MwMax2	b	Tassi da CO-04.2	Tassi da GR	Azione	Tassi GR adottati
Savoia	901	5.91	0.21	6.14	-1.18	0.14	0.11	A	0.11
Vallese	902	6.14	0.14	6.14	-1.26	0.14	0.19	A	0.14
Grigioni-Valtellina	903	5.91	0.21	6.14	-1.26	0.14	0.23	A	0.14
Trieste -Monte Nevoso	904	5.68	0.42	6.14	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.60	0.33	6.60	-1.05	0.11	0.37	B	0.37
Garda-Veronese	906	6.60	0.11	6.60	-1.14	0.11	0.11	A	0.11
Bergamasco	907	5.91	0.14	6.14	-1.71	0.14	0.03	C	0.04
Piemonte	908	5.68	0.21	6.14	-1.91	0.14	0.03	C	0.04
Alpi Occidentali	909	5.68	0.21	6.14	-1.27	0.14	0.10	A	0.10
Nizza-Sanremo	910	6.37	0.14	6.37	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Tortona-Bobbio	911	5.68	0.21	6.14	-1.47	0.14	0.05	A	0.05
Dorsale Ferrarese	912	6.14	0.12	6.14	-1.35	0.12	0.13	A	0.12
Appennino Emiliano-Romagn.	913	5.91	0.14	6.14	-1.80	0.14	0.07	A	0.07
Forlivese	914	5.91	0.57	6.14	-1.33	0.14	0.26	A	0.14
Garfagnana-Mugello	915	6.60	0.14	6.60	-1.34	0.14	0.11	A	0.11
Versilia-Chianti	916	5.68	0.21	6.14	-1.96	0.14	0.02	C	0.04
Rimini-Ancona	917	6.14	0.12	6.14	-1.04	0.12	0.43	A	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	6.37	0.14	6.37	-1.10	0.14	0.37	A	0.14
Appennino Umbro	919	6.37	0.25	6.37	-1.22	0.12	0.26	B	0.26
Val di Chiana-Ciociaria	920	5.68	0.28	6.14	-1.96	0.14	0.06	A	0.06
Etruria	921	5.91	0.14	6.14	-2.00	0.14	0.05	A	0.05
Colli Albani	922	5.45	0.42	5.45	-2.00	0.21	0.37	B	0.37
Appennino Abruzzese	923	7.06	0.14	7.06	-1.05	0.14	0.25	A	0.14
Molise-Gargano	924	6.83	0.17	6.83	-1.04	0.17	0.13	A	0.13
Ofanto	925	6.83	0.17	6.83	-0.67	0.17	0.28	A	0.17
Basento	926	5.91	0.21	6.14	-1.28	0.21	0.10	A	0.10
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	7.06	0.33	7.06	-0.74	0.17	0.43	B	0.43
Ischia-Vesuvio	928	5.91	0.21	5.91	-1.04	0.21	0.35	A	0.21
Calabria Tirrenica	929	7.29	0.17	7.29	-0.82	0.17	0.33	A	0.17
Calabria Ionica	930	6.60	0.17	6.60	-0.98	0.17	0.23	A	0.17
Canale d'Otranto	931	6.83	0.21	6.83	-0.63	0.21	0.22	A	0.21
Eolie-Patti	932	6.14	0.21	6.14	-1.21	0.21	0.25	A	0.21
Sicilia settentrionale	933	6.14	0.21	6.14	-1.39	0.21	0.20	A	0.20
Belice	934	6.14	0.21	6.14	-0.96	0.21	0.20	A	0.20
Iblei	935	7.29	0.12	7.29	-0.72	0.12	0.13	A	0.12
Etna	936	5.45	0.33	5.45	-1.63	0.33	0.57	A	0.33

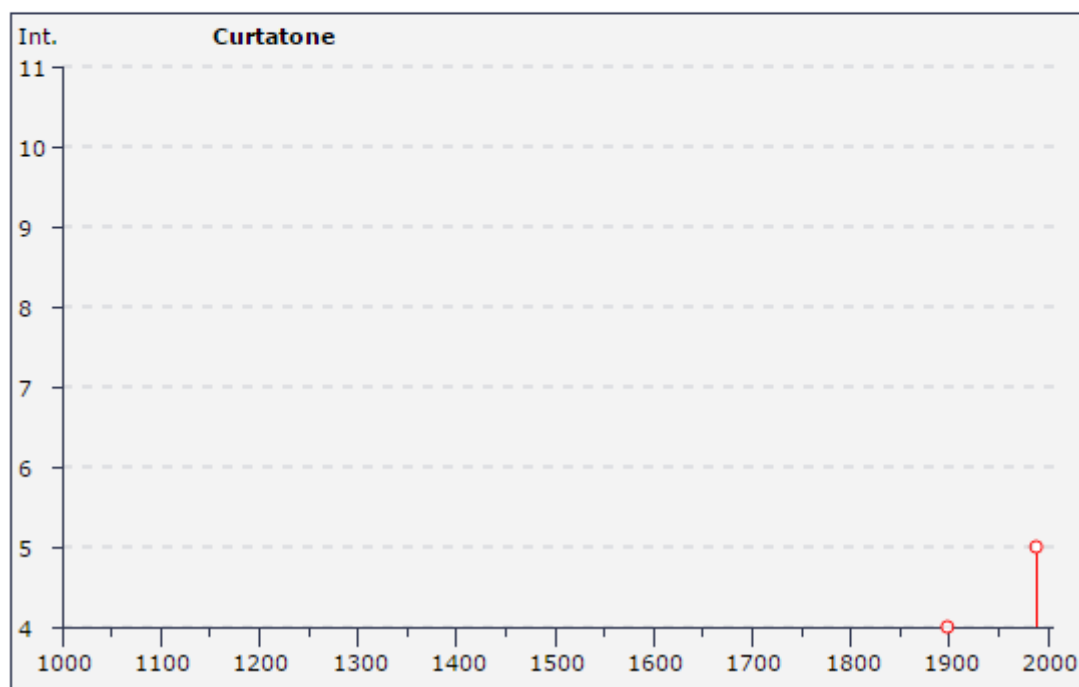
Nella tabella sottostante sono riportati i dati storici del Comune di Curtatone definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Curtatone [45.153, 10.715]



Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
NF	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17



La sismicità storica non tiene conto della recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

5.3. PERICOLOSITA' SISMICA

Il 20 Marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce le norme tecniche costruttive per la progettazione di edifici e per le opere di fondazione.

In ottemperanza all'art. 2 della OPCM 3274 e s.m.i. e secondo quanto disposto dal D.Lgs n. 112/1988 che attribuiva alle Regioni la competenza di classificare il territorio secondo criteri generali, la Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha provveduto ad aggiornare i propri elenchi delle zone sismiche.

L'O.P.C.M. 3274 e s.m.i. è entrata in vigore il 23 ottobre 2005 in concomitanza con le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14 settembre 2005)

A ciascuna zona viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima ag su suolo rigido.

In tempi recenti il 10 aprile 2016 è entrata in vigore la nuova classificazione sismica dei Comuni lombardi, di cui alla D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d)".

Tale classificazione prevede che il comune di Curtatone passi da zona 4 a zona 3.

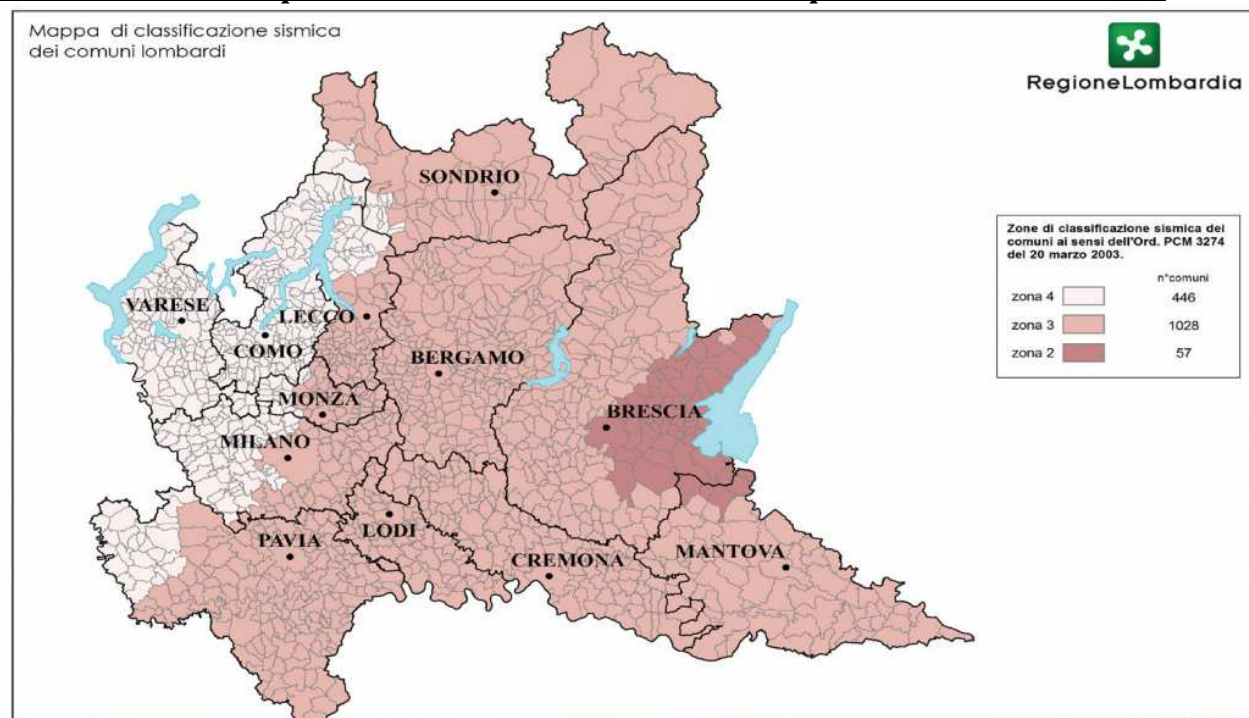


Fig.15. Mappa di classificazione sismica dei Comuni Lombardi D.g.r. 2129/2014 entrata in vigore il 10/04/2016.

In base a tale classificazione, il territorio comunale di Curtatone appartiene alla zona sismica 3 e in pratica risulta identificato da un valore di accelerazione massima

orizzontale, su suolo di riferimento con la probabilità del 10% di essere superato nei prossimi 50 anni (periodo di ritorno uguale a 475 anni), compreso fra 0.05g e 0.15g.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di Superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

La classificazione sismica del territorio nazionale deriva da una semplificazione nella valutazione dei livelli di pericolosità sismica che, seppur necessaria per l'applicazione di una normativa di primo riferimento, deve essere considerata come punto di partenza per la realizzazione di studi sismici a maggior dettaglio e a minor scala (microzonazione sismica).

In questo modo si può indirizzare lo sviluppo edificatorio e, in determinate situazioni, aumentare i livelli di protezione sismica previsti dalla normativa (livello minimo).

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali.

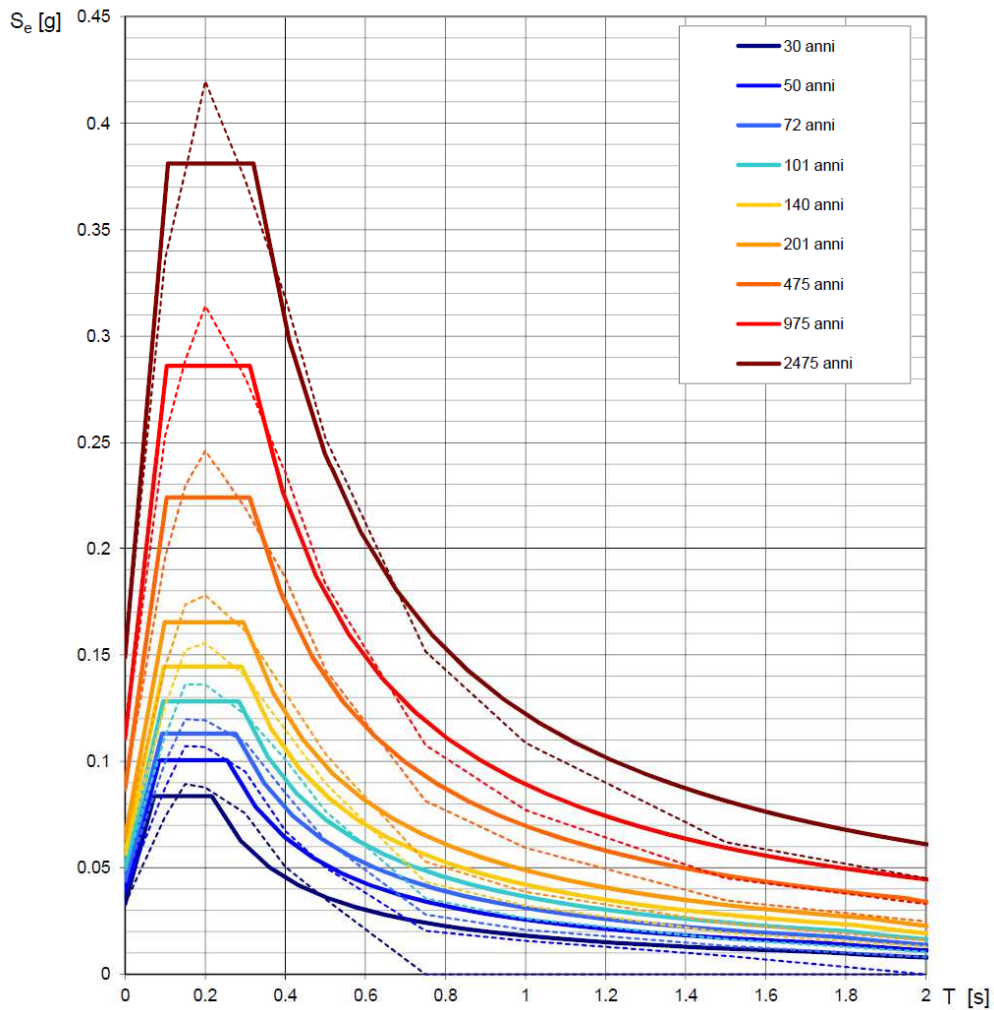
Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera; un valore di pericolosità di base, dunque, viene definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Tuttavia, i soli valori di a_g non sono sufficienti a descrivere le caratteristiche del moto atteso in un sito: esso viene identificato dallo spettro a probabilità uniforme (UHRS), che risulta costituito, per un intervallo di periodi, dai valori di accelerazione che hanno la stessa probabilità del 10% di essere superati nei prossimi 50 anni. Lo spettro UHRS deriva dagli studi di pericolosità sismica condotti a livello nazionale dall'Istituto di geofisica e vulcanologia secondo una metodologia di tipo probabilistico (approccio Cornell).

In Fig.16 si riportano gli spettri UHRS (calcolati dalla media pesata dei valori relativi ai 4 vertici della griglia di accelerazioni - reticolo di riferimento per il calcolo degli studi di PS - INGV, 2006-2008 - che comprendono il sito in esame così come definito nell'Allegato A e B del D.M. 14.01.2008) e i relativi Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

Si rileva come i valori ricavati dal criterio "sito dipendente" (**0.087 g**) (D.M. 14.01.2008) sia più allineato a quanto indicato nella nuova classificazione sismica della Lombardia che classifica il sito in classe sismica 3.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.033	2.539	0.216
50	0.039	2.588	0.255
72	0.044	2.564	0.276
101	0.050	2.581	0.284
140	0.057	2.554	0.291
201	0.064	2.580	0.296
475	0.087	2.572	0.311
975	0.111	2.582	0.312
2475	0.149	2.563	0.320

Fig.16. Spettri di risposta UHRS (calcolati dalla media pesata dei valori relativi ai 4 vertici della griglia di accelerazioni che comprendono il Comune di Piubega) e i relativi Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

Lo spettro UHRS individua la pericolosità sismica di base dell'area, ovvero identifica su base probabilistica le caratteristiche dello scuotimento del suolo (macrozonazione sismica) senza considerare alcuna modificazione che può subire il moto del suolo causata dal contesto geologico e geomorfologico dell'area, cioè senza modificazioni dovute a effetti locali.

Va tuttavia ribadito come le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possano influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

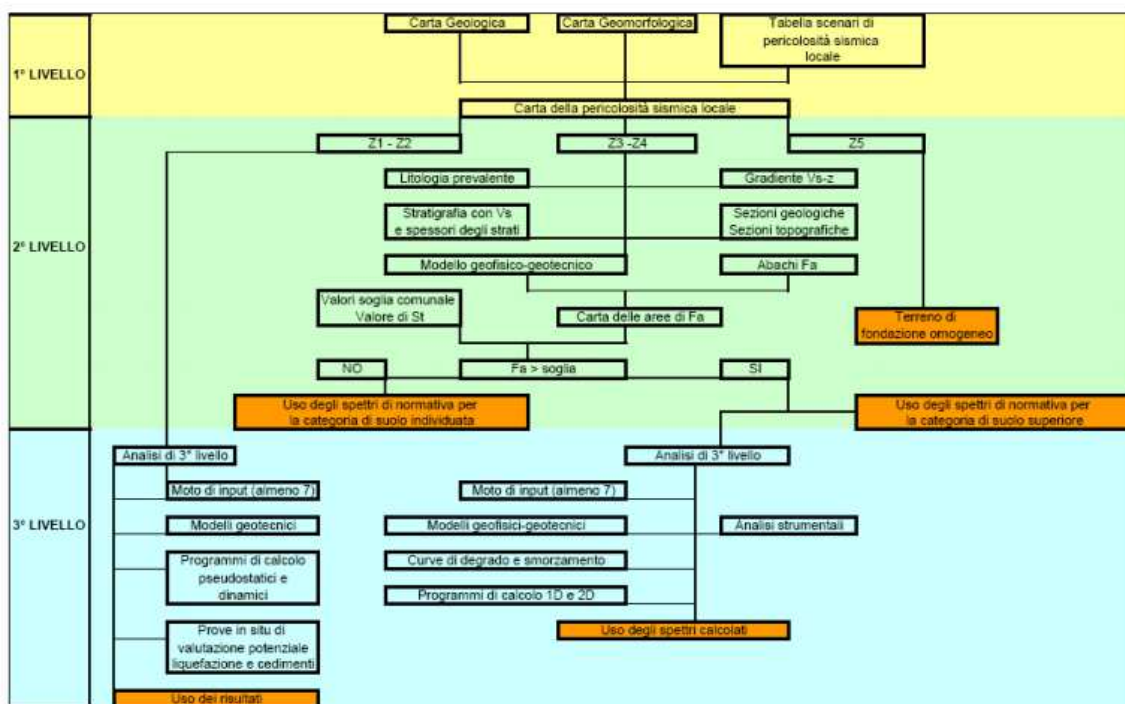
Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).

Mentre gli effetti d'instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali.

Al fine di individuare gli effetti di sito locali, la D.G.R. 8/7374/2008 e la D.g.r. 2616 del novembre 2011 prevedono che, in fase di pianificazione urbanistica, venga affrontata una analisi della pericolosità sismica del territorio secondo livelli di approfondimento successivi.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente secondo lo schema seguente:



5.4. ANALISI SISMICA LOCALE

5.4.1. Analisi di primo livello

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare la suscettibilità del sito di studio a effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'analisi di 1° livello consiste nel stabilire, in base alle caratteristiche litostratigrafiche, geomorfologiche e idrogeologiche definite da dati di bibliografia e dalle indagini geognostiche eseguite in sito e sulla base degli effetti indotti da terremoti nel passato, gli effetti sismici locali per l'area oggetto di intervento.

Considerando che:

- I terreni presenti nel sito di studio sono sabbie mediamente addensate alternate ad argille compatte fino a - 6.00/7.00 metri passanti a sabbie addensate;
- Il livello della falda è stato misurato nel foro di prova in data 27/06/2016, alla quota variabile d - 2.10 m a - 2.90 m; in data 10/10/2012 il livello della falda è stato misurato alla quota di - 3.50 m;
- Il sito è completamente pianeggiante;
- La Magnitudo momento definita sulla base della zona Sismogenetica più vicina al sito $M_{aw} = 6.60$ (Zona Sismogenetica 906)

Risulta che gli elementi geologici e geomorfologici e litostratigrafici che possono generare effetti locali nel sito in questione sulla base dell'intensità e degli effetti dei sismi nel passato sono:

- Litotipi del substrato con Vs intorno a 800 m/sec;
- Depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera a profondità minore di 15 m dal piano che possono generare fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

Quindi secondo la tabella di seguito esposta e la Carta di Pericolosità Sismica Locale, redatta per il PGT Comunale, il sito oggetto d'intervento, si trova **in zona Z4a e Z2 "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi ma con possibile presenza di terreni granulari fini sottofalda a rischio liquefazione"**.

Gli effetti attesi sono: amplificazioni litologiche e geometriche e possibili effetti dovuti a fenomeni di liquefazione.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Fig.17. Scenari di pericolosità sismica locale

0.085 — Curva ad uguale accelerazione sismica (eq. 0.001 a g/g) con tempo di ritorno di 475 anni, riferita a suoli rigidi, ricavate dai punti del reticolo di riferimento riportati nella tabella 1 dell'Allegato B al D.M. 14-01-2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

AREE SOGGETTE AD AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE



Z2- Zona con possibile presenza di terreni granulari fini sotto falda a rischio di liquefazione



Z4a- Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

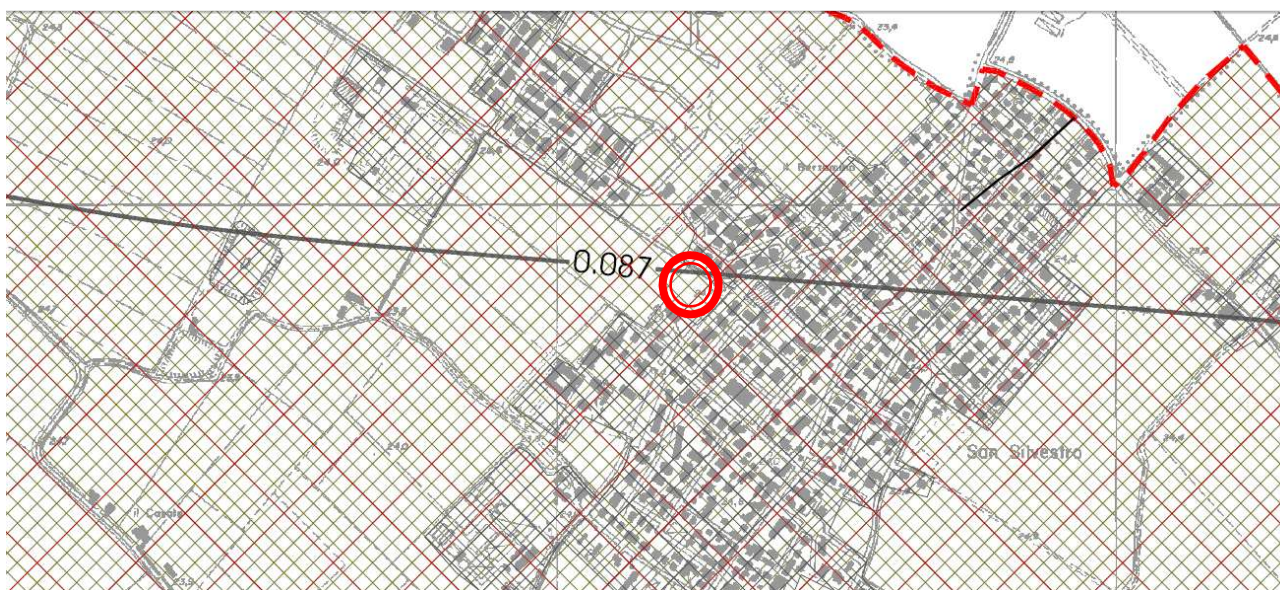


Fig.18. Carta della pericolosità sismica locale del PGT del comune di Curtatone.

5.4.2. Analisi di secondo livello con 3° grado di approfondimento

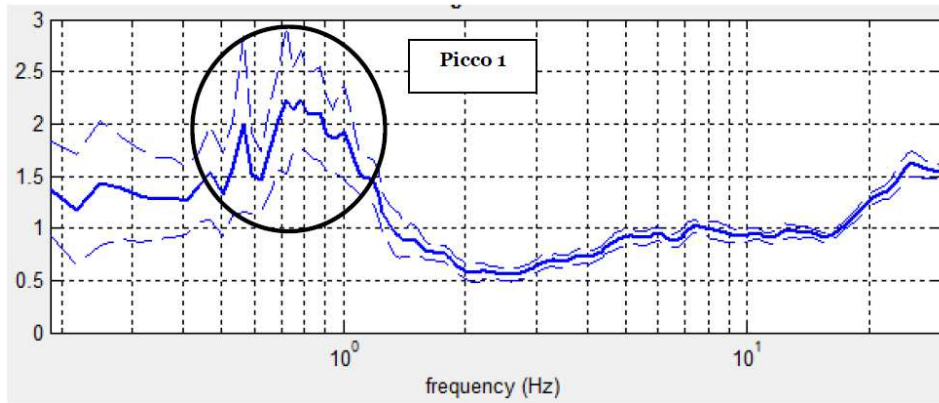
5.4.2.1. Modello geofisico del sottosuolo mediante analisi in sismica passiva ed in sismica attiva in onde Rayleigh

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati da indagini sismiche eseguite in sito costituite da:

- n. 1 indagine sismica passiva di microtremori HVSR;
- n.2 indagini sismica passiva ESAC (onde Rayleigh);
- n. 1 indagine sismica attiva MASW (onde Rayleigh).

Si allega in epigrafe la relazione di modellazione sismica redatta dal Dott. Geol. Lorenzo del Maschio (All. n.5).

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico caratteristico alla frequenza di 0.8 Hz e periodo caratteristico pari a 1.25 s**.
Il rapporto H/V, di ~ 2.2, evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.



Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 2.2	~ 0.8

5.4.2.2. Modello sismico del sottosuolo

Il profilo di Vs con la profondità e la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT.

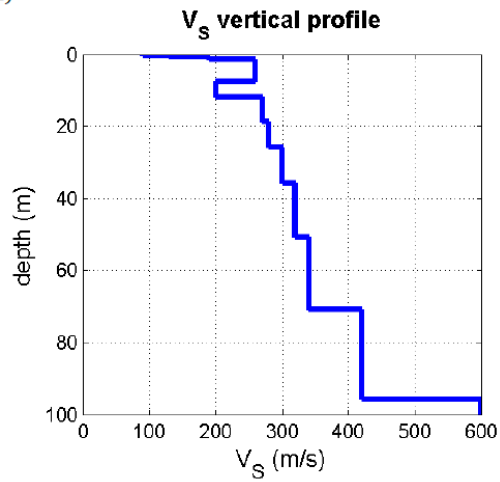
Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

I risultati vengono riassunti di seguito:

Vs₍₃₀₎: 250-251 m/s (categoria di sottosuolo C)

- MASW + ESAC + HV (o1)

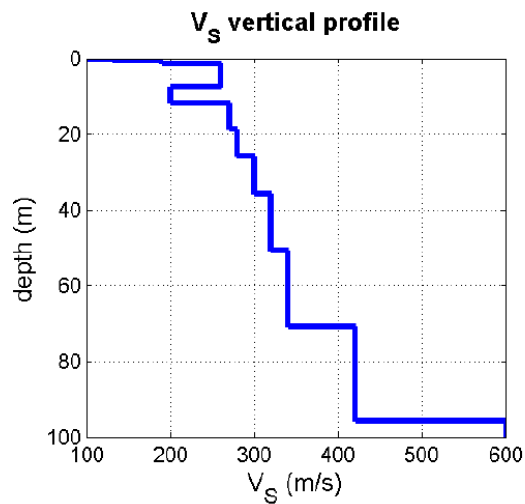


Mean model

V_s (m/s): 90 130 190 260 200 270 280 300 320 340 420 600

Thickness (m): 0.3 0.4 0.8 6.0 4.3 7.0 7.0 10.0 15.0 20.0 25.0

- MASW + ESAC + HV (o2)



Mean model

V_s (m/s): 100, 130, 190, 260, 200, 270, 280, 300, 320, 340, 420, 600

Thickness (m): 0.3, 0.4, 0.8, 6.0, 4.3, 7.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0

Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica del sito, e dei valori di V_{s30} calcolati che non evidenziano inversioni di velocità significative con la profondità, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

A – Amassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa o coesione non drenata $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa, $C_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E – Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con valori di $V_{s30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valore $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

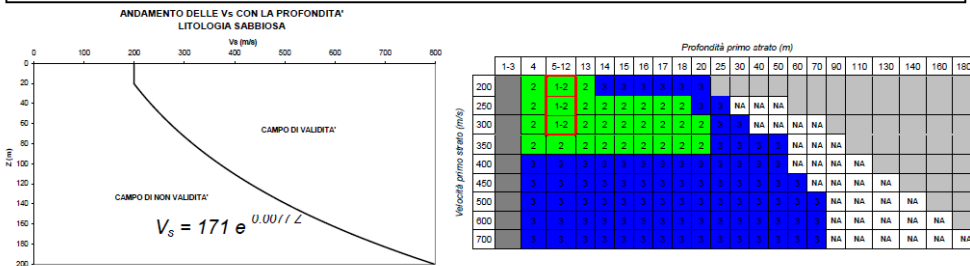
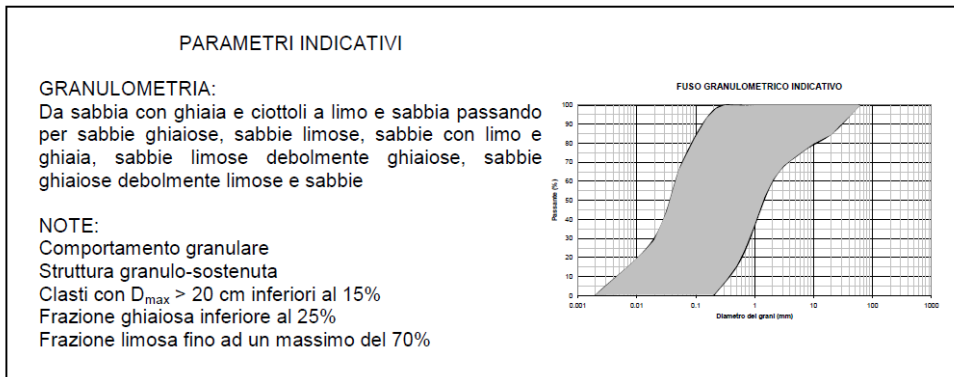
Il sito rientra in classe sismica di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

5.4.2.3. Valutazione amplificazione litologica e spettri di risposta elastici

Se si fa riferimento alle schede messe a punto dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano (2006), (All. n. 5 D.g.r. 2616 del 30 novembre 2011) quella che meglio si adatta al modello geofisico – geotecnico descritto nei capitoli precedenti per il sito è:

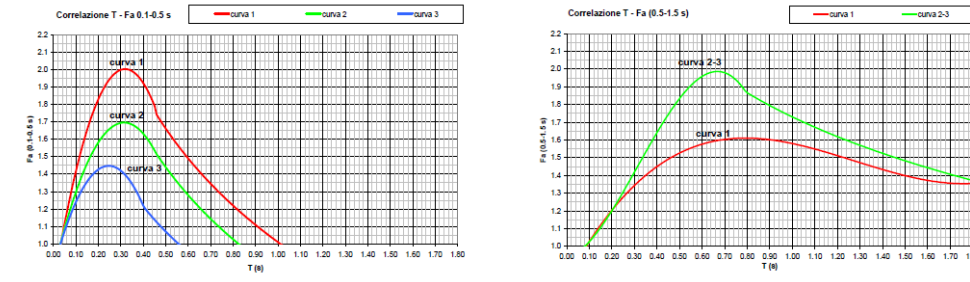
- SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA



ove
la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.78$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.93 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -0.88 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

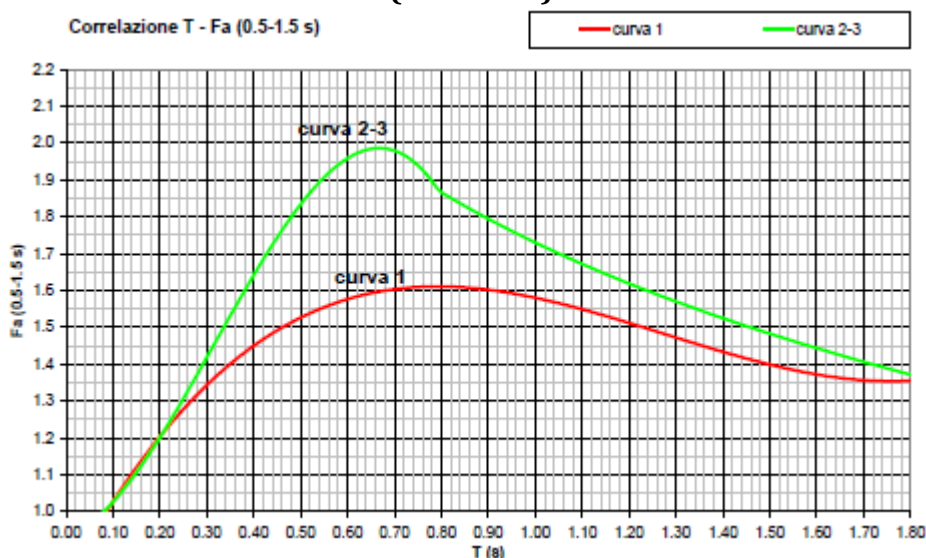
All'interno delle schede di valutazione la curva più appropriata, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, è la curva 2 verde.

Il valore del periodo proprio del sito T calcolato con prove in sito HVSR risulta di 1.25 s.

Il valore di F_a nell'intervallo 0.1 - 0.5 s (curva 2) per $T > 0.8$ è 1.00

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$	$0.45 < T \leq 0.80$	$T > 0.80$
	$F_{a\ 0.1-0.5} = -8.85 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$F_{a\ 0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$F_{a\ 0.1-0.5} = 1.00$

Il valore di F_a nell'intervallo 0.5 - 1.5 s (curva 2-3) è 1.60



I valori calcolati vengono confrontati con i valori di F_a di soglia comunale per un sito di tipo C:

INTERVALLO

Valori soglia

	S	B	C	D	E
0.1 - 0.5		1,4	1,8	2,1	1,9
0.5 - 1.5		1,7	2,3	3,9	2,9

I valori di F_a calcolati risultano essere inferiori ai valori di soglia F_a comunali.

Al fatto che i valori di F_a risultano inferiori ai valori di soglia corrispondenti consegue che il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa stessa (DM 2008).

I valori dei fattori di amplificazione sono stati quindi calcolati direttamente per il sito in esame conformemente a quanto riportato nell'allegato A D.M. 14.1.2008, utilizzando informazioni disponibili nel reticolo di riferimento e utilizzando il criterio "sito dipendente". Gli spettri di Norma sono quindi stati ottenuti per il sito d'interesse a partire dalle coordinate geografiche del sito secondo la tecnica indicata dalle NTC08 della media pesata dei parametri sismici relativi ai quattro vertici più vicini del reticolo in cui è stato suddiviso il territorio italiano tramite il foglio di calcolo Spettri - NTC ver. 1.0.03 (fonte ministero Infrastrutture e Trasporti).

Le coordinate in forma decimale ED50 del sito di ampliamento sono:

45.130648 °N - 10.745468 °E

Di seguito vengono indicati per il sito in oggetto i diversi spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite per un suolo di tipo A.

Per spettro di risposta s'intende la massima accelerazione di un oscillatore (edificio di progetto) a un particolare input (terremoto) in funzione del periodo proprio e dello smorzamento.

Gli spettri di risposta su suolo rigido di seguito riportati vengono dati per gli stati limite di esercizio: lo stato limite di Operatività (SLO) e lo stato limite di Danno (SLD) e per gli stati limite ultimi: lo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e lo stato limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le forme spettrali sono definite in base a dei parametri il cui valore dipende dai periodi di ritorno associato a ciascun stato limite.

Nella tabella di seguito riportata vengono definiti i parametri base degli spettri per i vari periodi di ritorno.

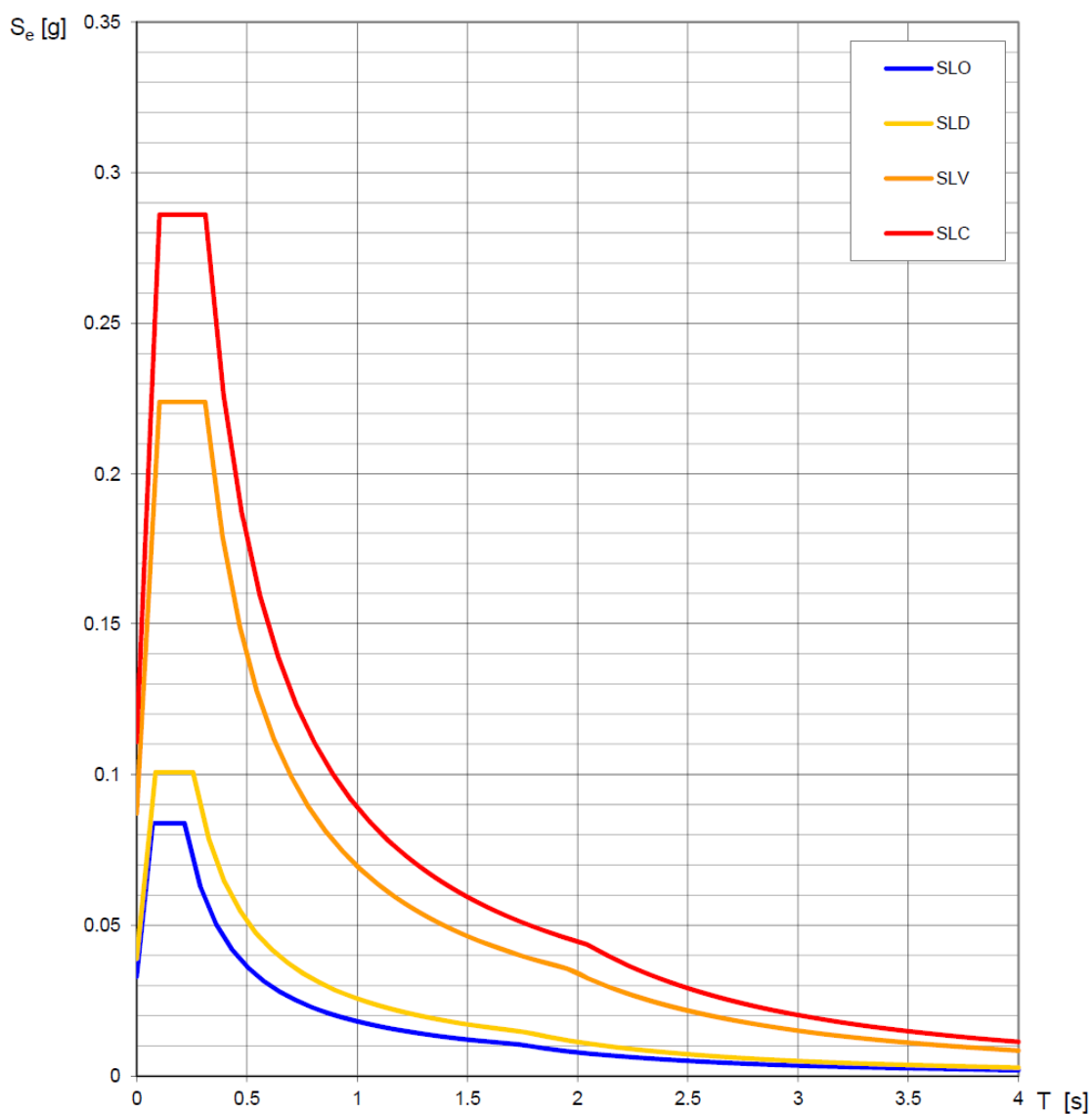
I parametri definiti sono

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c = periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.033	2.539	0.217
SLD	50	0.039	2.587	0.255
SLV	475	0.087	2.572	0.311
SLC	975	0.111	2.582	0.312

Fig.19. Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite su suolo di tipo A e tabella dei parametri relativa.

Viene inoltre riportato lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ in superficie su suolo sia di tipo C:

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = 0.087 che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il Comune di Curtatone scalato per un coefficiente d'uso 1.0 che corrisponde ad una classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a 2.572.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c è uguale a 0.311 s

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (categoria del suolo C) risulta pari a 1.500.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a 1 poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie PGA risulta = $a_g \times S_s = 0.13g$.

$K_h = 0.026$

$K_v = 0.013$

$\beta = 0.20$

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

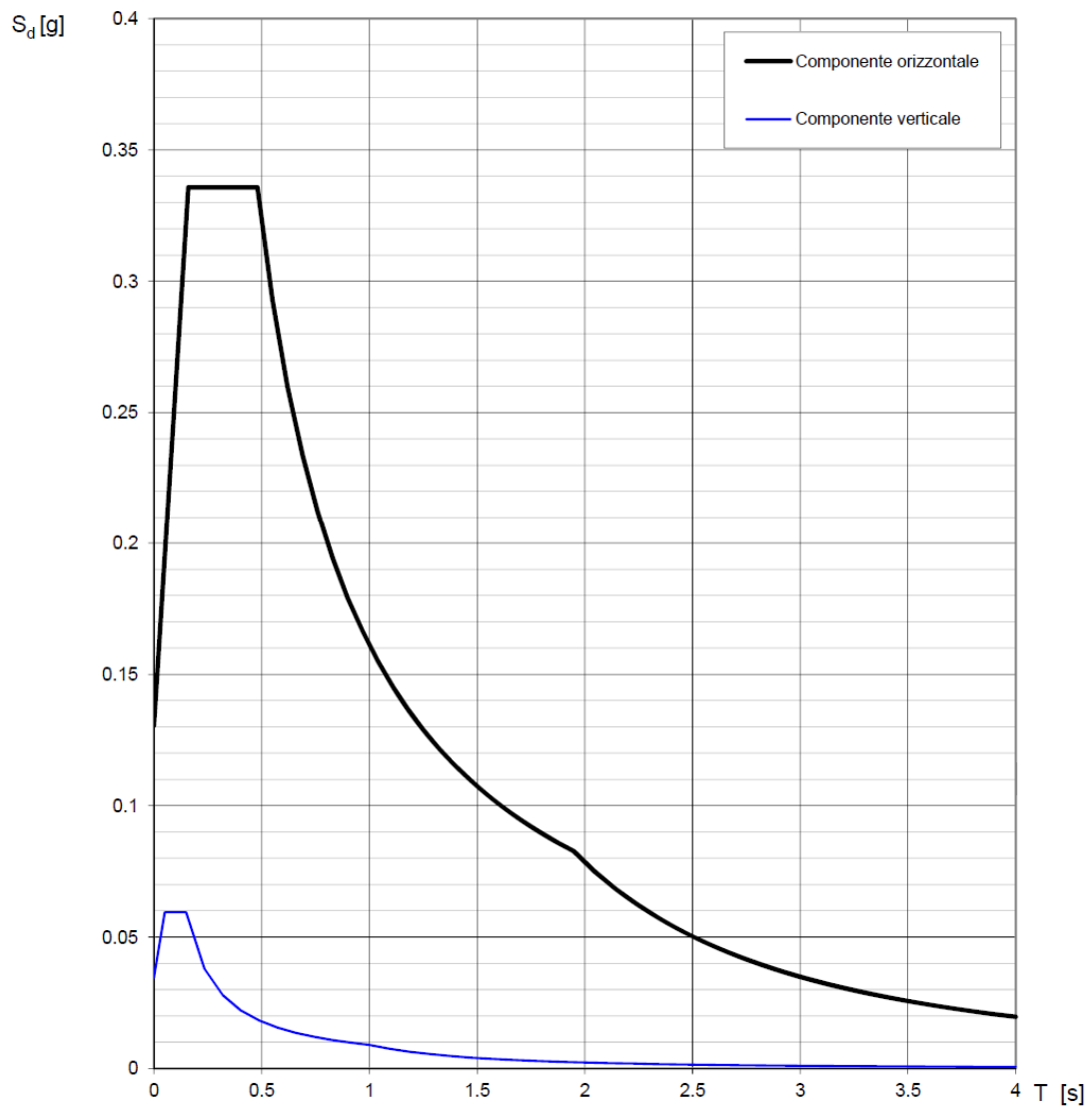


Fig.20. *Spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita su suolo di studio di tipo C.*

5.4.2.4. Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).

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

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

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

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

La sequenza stratigrafica nel sito di studio ha evidenziato la presenza di terreni sabbiosi sottofalda alternati a livelli argillosi compatti sottofalda fino alla profondità di - 6.00/7.00 m.

Da tale quota fino alla profondità di fine prova sono presenti sabbie addensate. Sulla stratigrafia riscontrata sulle verticali di prova spinte a 20 m dal p.c. è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate “metodi semplificati” con due metodi: Robertson e Wride (1997) e Idriss e Boulanger (2008) con il software Liquiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software.

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata;

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

f_s è l'attrito del manicotto;

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

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

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

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

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

Metodo di Idriss e Boulanger (2008)

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

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

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

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

dove

q_c è la resistenza alla punta misurata

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

f_s è l'attrito del manicotto

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

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

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

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

dove n si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

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

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

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

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

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

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

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

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

Per $z_w > z$, con z_w profondità della falda, e per $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$ il terreno è non liquefacibile (NL).
Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) risulta che:

- $IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;
- $0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;
- $2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;
- $5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;
- $IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione calcolata in superficie da norma per un suolo di tipo C e tempo di ritorno = 475 anni (classe d'uso II edificio con normali affollamenti):

a_{\max} in superficie (g) = 0.13

$M_w = 6.60$ (M_w max Zona 903 di ZS9, come suggerito dagli ICMS)

Il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nel foro di prova nel giugno 2016 è pari a - 2.10 m dal p.c.

VERIFICA CPT N.1

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: COSTRUZIONE NUOVI EDIFICI

Cliente: CASTELLETTO 2010

Indirizzo, Coordinate: CURTATONE VIA PARRI VIA GEMENTI

Data 27/06/2016

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

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.087

Fattore amplificazione 2.572

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6.6
Distanza epicentro	20 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.13

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza laterale attrito fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	0.8	17	19	0	0	1300	80	120
2	Sabbia	0.8	1.6	18	20	0	0	3600	110	200
3	Sabbia	1.6	2.2	18	20	0	0	10270	130	300
4	Argilla limosa	2.2	3.6	17	19.5	0	0	2480	100	180
5	Sabbia	3.6	5.2	18	20	0	0	9320	160	290
6	Sabbia	5.2	5.4	18	20	0	0	4700	140	240
7	Sabbia	5.4	6	18	20	0	0	14140	140	350
8	Limo argilloso	6	7.4	17	19	0	0	2590	80	180
9	Sabbia	7.4	9.2	18	20	0	0	13000	130	340
10	Sabbia	9.2	10	18	20	0	0	22540	170	420
11	Sabbia	10	12.2	18	20	0	0	16840	170	350
12	Sabbia	12.2	16.2	18	20	0	0	10730	150	300
13	Sabbia	16.2	17	18	20	0	0	5640	160	240
14	Sabbia	17	19	18	20	0	0	14980	160	350
15	Sabbia	19	20	18	20	0	0	9700	170	300

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.39

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normale lizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquazione	Rischi
2.30	40.950	38.989	50.263	4.100	2.547	1.7	127.236	0.982	0.272	0.063	4.319	0	Molto basso
2.50	44.850	40.927	48.466	4.107	2.559	1.7	129.955	0.981	0.284	0.066	4.337	0	Molto basso
2.70	48.750	42.866	46.813	4.113	2.570	1.7	132.621	0.979	0.297	0.068	4.375	0	Molto basso
2.90	52.650	44.805	45.286	4.120	2.580	1.7	135.236	0.978	0.310	0.070	4.428	0	Molto basso

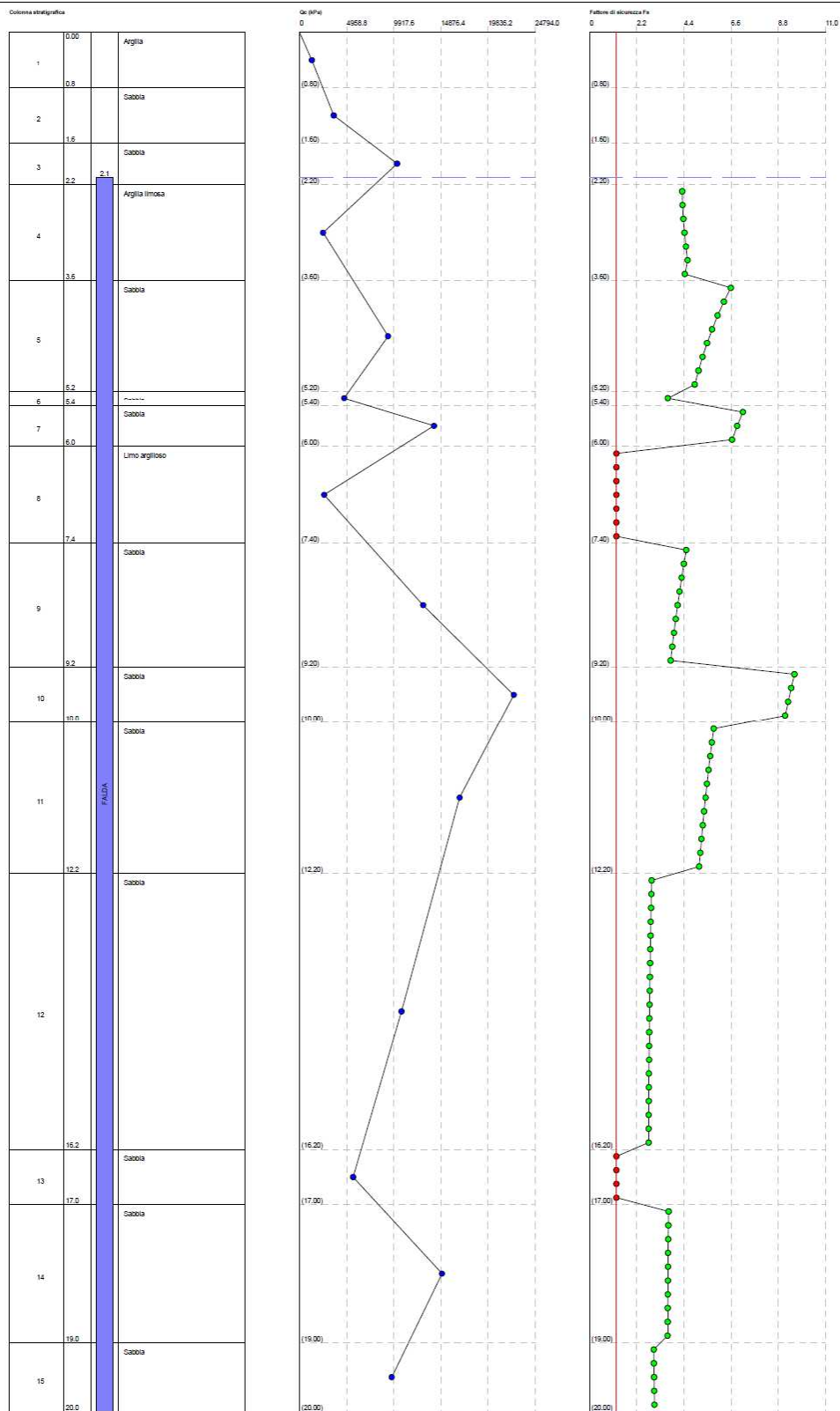
3.10	56.550	46.743	43.869	4.126	2.590	1.7	137.804	0.976	0.323	0.072	4.493	0	Molto basso
3.30	60.450	48.682	42.553	4.133	2.600	1.7	140.326	0.975	0.337	0.074	4.569	0	Molto basso
3.50	64.350	50.621	41.324	4.140	2.610	1.666303	139.974	0.973	0.335	0.075	4.444	0	Molto basso
3.70	68.300	52.609	128.495	1.729	1.995	1.378696	166.131	0.972	0.506	0.077	6.588	0	Molto basso
3.90	72.300	54.648	126.075	1.730	2.000	1.352735	163.947	0.970	0.490	0.078	6.262	0	Molto basso
4.10	76.300	56.687	123.787	1.731	2.006	1.328188	161.885	0.969	0.475	0.079	5.973	0	Molto basso
4.30	80.300	58.725	121.619	1.732	2.011	1.30493	159.935	0.967	0.460	0.081	5.714	0	Molto basso
4.50	84.300	60.764	119.562	1.732	2.017	1.282852	158.087	0.966	0.447	0.082	5.481	0	Molto basso
4.70	88.300	62.803	117.605	1.733	2.022	1.261859	156.333	0.964	0.435	0.083	5.271	0	Molto basso
4.90	92.300	64.841	115.742	1.734	2.027	1.241863	154.666	0.963	0.424	0.083	5.079	0	Molto basso
5.10	96.300	66.880	113.964	1.735	2.031	1.22279	153.078	0.961	0.414	0.084	4.905	0	Molto basso
5.30	100.300	68.919	56.615	3.044	2.419	1.204568	135.317	0.959	0.310	0.085	3.648	0	Molto basso
5.50	104.300	70.957	167.861	0.997	1.742	1.187138	179.010	0.958	0.613	0.086	7.150	0	Molto basso
5.70	108.300	72.996	165.501	0.998	1.747	1.170443	176.996	0.956	0.596	0.086	6.889	0	Molto basso
5.90	112.300	75.035	163.237	0.998	1.751	1.154433	175.061	0.955	0.579	0.087	6.648	0	Molto basso
6.10	116.200	76.973	32.138	3.234	2.616	1.29915	115.354	0.953	0.223	0.088	2.540	0	Molto basso
6.30	120.000	78.812	31.340	3.239	2.625	1.268841	114.468	0.952	0.219	0.088	2.485	0	Molto basso
6.50	123.800	80.651	30.579	3.244	2.633	1.239914	113.617	0.950	0.216	0.089	2.434	0	Molto basso
6.70	127.600	82.489	29.851	3.249	2.642	1.212277	112.797	0.949	0.213	0.089	2.387	0	Molto basso
6.90	131.400	84.328	29.155	3.254	2.650	1.185845	112.007	0.947	0.211	0.090	2.342	0	Molto basso
7.10	135.200	86.167	28.489	3.259	2.658	1.16054	111.245	0.946	0.208	0.090	2.301	0	Molto basso
7.30	139.000	88.005	27.851	3.264	2.666	1.136294	110.510	0.944	0.206	0.091	2.262	0	Molto basso
7.50	142.900	89.944	137.075	1.011	1.810	1.05442	152.732	0.943	0.411	0.091	4.507	0	Molto basso
7.70	146.900	91.983	135.547	1.011	1.814	1.04267	151.402	0.941	0.403	0.092	4.397	0	Molto basso

7.90	150.900	94.021	134.070	1.012	1.818	1.031304	150.114	0.940	0.395	0.092	4.294	0	Molto basso
8.10	154.900	96.060	132.639	1.012	1.821	1.020301	148.868	0.938	0.387	0.092	4.197	0	Molto basso
8.30	158.900	98.099	131.254	1.012	1.825	1.009644	147.660	0.937	0.379	0.092	4.104	0	Molto basso
8.50	162.900	100.138	129.911	1.013	1.828	0.9993135	146.489	0.935	0.372	0.093	4.017	0	Molto basso
8.70	166.900	102.176	128.608	1.013	1.831	0.9892938	145.353	0.933	0.366	0.093	3.935	0	Molto basso
8.90	170.900	104.215	127.344	1.013	1.835	0.9795697	144.251	0.932	0.359	0.093	3.857	0	Molto basso
9.10	174.900	106.254	126.117	1.014	1.838	0.9701267	143.180	0.930	0.353	0.093	3.782	0	Molto basso
9.30	178.900	108.292	216.599	0.760	1.581	0.9609516	205.816	0.926	0.891	0.093	9.559	0	Molto basso
9.50	182.900	110.331	214.588	0.760	1.584	0.9520322	204.435	0.920	0.875	0.093	9.407	0	Molto basso
9.70	186.900	112.370	212.633	0.761	1.587	0.9433565	203.084	0.915	0.859	0.093	9.262	0	Molto basso
9.90	190.900	114.408	210.730	0.761	1.590	0.9349137	201.761	0.910	0.844	0.092	9.123	0	Molto basso
10.10	194.900	116.447	156.055	1.021	1.772	0.9266936	169.618	0.904	0.534	0.092	5.788	0	Molto basso
10.30	198.900	118.486	154.707	1.022	1.775	0.9186867	168.454	0.899	0.525	0.092	5.704	0	Molto basso
10.50	202.900	120.524	153.393	1.022	1.778	0.9108838	167.319	0.894	0.516	0.092	5.624	0	Molto basso
10.70	206.900	122.563	152.112	1.022	1.780	0.9032763	166.211	0.888	0.507	0.091	5.549	0	Molto basso
10.90	210.900	124.602	150.862	1.022	1.783	0.8958564	165.129	0.883	0.499	0.091	5.476	0	Molto basso
11.10	214.900	126.640	149.643	1.023	1.786	0.8886163	164.073	0.878	0.491	0.091	5.408	0	Molto basso
11.30	218.900	128.679	148.453	1.023	1.788	0.8815489	163.042	0.872	0.483	0.090	5.342	0	Molto basso
11.50	222.900	130.718	147.291	1.023	1.791	0.8746477	162.034	0.867	0.476	0.090	5.280	0	Molto basso
11.70	226.900	132.756	146.155	1.023	1.793	0.8679059	161.050	0.862	0.468	0.090	5.220	0	Molto basso
11.90	230.900	134.795	145.046	1.024	1.796	0.8613177	160.087	0.856	0.462	0.089	5.164	0	Molto basso
12.10	234.900	136.834	143.961	1.024	1.798	0.8548772	159.145	0.851	0.455	0.089	5.110	0	Molto basso
12.30	238.900	138.872	91.053	1.430	2.043	0.8485792	123.858	0.846	0.257	0.089	2.896	0	Molto basso
12.50	242.900	140.911	90.391	1.430	2.045	0.8424183	123.294	0.840	0.254	0.088	2.881	0	Molto basso

12.70	246.900	142.950	89.745	1.431	2.048	0.8363897	122.743	0.835	0.252	0.088	2.867	0	Molto basso
12.90	250.900	144.988	89.111	1.431	2.050	0.8304886	122.205	0.830	0.250	0.087	2.855	0	Molto basso
13.10	254.900	147.027	88.491	1.432	2.053	0.8247107	121.678	0.824	0.248	0.087	2.843	0	Molto basso
13.30	258.900	149.066	87.884	1.433	2.055	0.8190518	121.163	0.819	0.245	0.087	2.832	0	Molto basso
13.50	262.900	151.104	87.289	1.433	2.057	0.8135078	120.659	0.814	0.243	0.086	2.821	0	Molto basso
13.70	266.900	153.143	86.706	1.434	2.059	0.8080748	120.165	0.808	0.241	0.086	2.812	0	Molto basso
13.90	270.900	155.182	86.135	1.434	2.062	0.8027494	119.683	0.803	0.239	0.085	2.803	0	Molto basso
14.10	274.900	157.220	85.575	1.435	2.064	0.7975277	119.210	0.798	0.238	0.085	2.795	0	Molto basso
14.30	278.900	159.259	85.025	1.435	2.066	0.7924067	118.747	0.792	0.236	0.085	2.788	0	Molto basso
14.50	282.900	161.298	84.486	1.436	2.068	0.7873831	118.293	0.787	0.234	0.084	2.782	0	Molto basso
14.70	286.900	163.336	83.957	1.436	2.070	0.7824538	117.848	0.782	0.232	0.084	2.776	0	Molto basso
14.90	290.900	165.375	83.438	1.437	2.073	0.7776161	117.413	0.776	0.231	0.083	2.771	0	Molto basso
15.10	294.900	167.414	82.929	1.437	2.075	0.7728668	116.986	0.771	0.229	0.083	2.766	0	Molto basso
15.30	298.900	169.452	82.428	1.438	2.077	0.7682036	116.567	0.765	0.227	0.082	2.762	0	Molto basso
15.50	302.900	171.491	81.937	1.439	2.079	0.7636238	116.156	0.760	0.226	0.082	2.759	0	Molto basso
15.70	306.900	173.530	81.454	1.439	2.081	0.7591249	115.753	0.755	0.224	0.081	2.756	0	Molto basso
15.90	310.900	175.568	80.980	1.440	2.083	0.7547047	115.357	0.749	0.223	0.081	2.754	0	Molto basso
16.10	314.900	177.607	80.514	1.440	2.085	0.7503607	114.969	0.744	0.221	0.080	2.753	0	Molto basso
16.30	318.900	179.646	29.620	3.007	2.622	0.5566517	108.849	0.739	0.200	0.080	2.502	0	Molto basso
16.50	322.900	181.684	29.266	3.009	2.627	0.5504054	108.461	0.733	0.199	0.079	2.501	0	Molto basso
16.70	326.900	183.723	28.919	3.011	2.631	0.5442979	108.081	0.728	0.197	0.079	2.501	0	Molto basso
16.90	330.900	185.762	28.580	3.014	2.635	0.5383244	107.707	0.723	0.196	0.078	2.501	0	Molto basso
17.10	334.900	187.800	109.311	1.093	1.906	0.7297127	130.564	0.717	0.287	0.078	3.681	0	Molto basso
17.30	338.900	189.839	108.722	1.093	1.908	0.7257839	130.053	0.712	0.285	0.077	3.674	0	Molto basso

17.50	342.900	191.878	108.143	1.093	1.910	0.721918	129.551	0.707	0.282	0.077	3.667	0	Molto basso
17.70	346.900	193.916	107.573	1.093	1.911	0.7181131	129.057	0.701	0.280	0.076	3.661	0	Molto basso
17.90	350.900	195.955	107.012	1.094	1.913	0.7143678	128.571	0.696	0.278	0.076	3.655	0	Molto basso
18.10	354.900	197.994	106.460	1.094	1.915	0.7106805	128.093	0.691	0.275	0.075	3.651	0	Molto basso
18.30	358.900	200.032	105.916	1.094	1.917	0.7070497	127.622	0.685	0.273	0.075	3.647	0	Molto basso
18.50	362.900	202.071	105.380	1.095	1.918	0.703474	127.159	0.680	0.271	0.074	3.644	0	Molto basso
18.70	366.900	204.110	104.853	1.095	1.920	0.699952	126.703	0.675	0.269	0.074	3.642	0	Molto basso
18.90	370.900	206.148	104.333	1.095	1.922	0.6964824	126.254	0.669	0.267	0.073	3.640	0	Molto basso
19.10	374.900	208.187	67.227	1.823	2.211	0.6930639	113.965	0.664	0.218	0.073	2.987	0	Molto basso
19.30	378.900	210.226	66.900	1.824	2.213	0.6896951	113.699	0.659	0.217	0.072	2.995	0	Molto basso
19.50	382.900	212.264	66.578	1.825	2.215	0.6863751	113.437	0.653	0.216	0.072	3.004	0	Molto basso
19.70	386.900	214.303	66.261	1.825	2.216	0.6831025	113.180	0.648	0.215	0.071	3.013	0	Molto basso
19.90	390.900	216.342	65.948	1.826	2.218	0.6798763	112.926	0.643	0.214	0.071	3.023	0	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.27

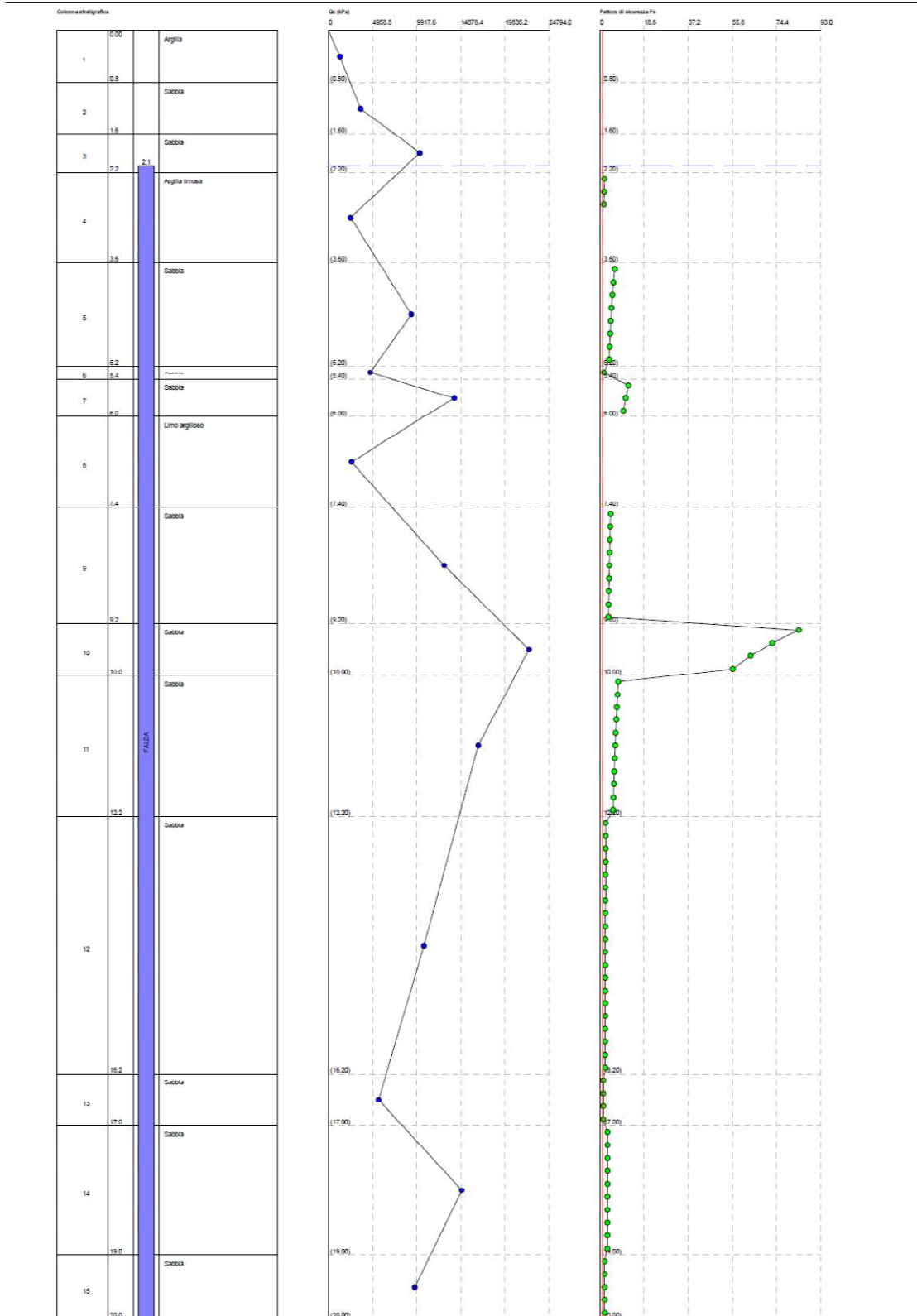
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normale lizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
2.30	40.950	38.989	24.476	4.100	2.581	1.867406	90.784	1.021	0.128	0.091	1.841	0.00	Molto basso
2.50	44.850	40.927	24.476	4.107	2.590	1.818547	89.244	1.018	0.126	0.094	1.736	0.00	Molto basso
2.70	48.750	42.866	24.476	4.113	2.599	1.769818	87.707	1.014	0.124	0.097	1.646	0.00	Molto basso
2.90	52.650	44.805	24.476	4.120	2.608	1.726009	87.707	1.010	0.124	0.097	0.000	0.00	Molto basso
3.10	56.550	46.743	24.476	4.126	2.617	1.68252	87.707	1.006	0.124	0.097	0.000	0.00	Molto basso
3.30	60.450	48.682	24.476	4.133	2.625	1.642976	87.707	1.003	0.124	0.097	0.000	0.00	Molto basso
3.50	64.350	50.621	24.476	4.140	2.634	1.603881	87.707	0.999	0.124	0.097	0.000	0.00	Molto basso
3.70	68.300	52.609	91.981	1.729	1.999	1.3878	178.987	0.995	0.520	0.109	6.262	0.00	Molto basso
3.90	72.300	54.648	91.981	1.730	2.005	1.361667	176.450	0.991	0.483	0.111	5.718	0.00	Molto basso
4.10	76.300	56.687	91.981	1.731	2.010	1.336958	174.047	0.987	0.452	0.112	5.269	0.00	Molto basso
4.30	80.300	58.725	91.981	1.732	2.016	1.313546	171.765	0.982	0.426	0.114	4.896	0.00	Molto basso
4.50	84.300	60.764	91.981	1.732	2.021	1.291323	169.594	0.978	0.403	0.115	4.580	0.00	Molto basso
4.70	88.300	62.803	91.981	1.733	2.026	1.270191	167.526	0.974	0.384	0.116	4.311	0.00	Molto basso
4.90	92.300	64.841	91.981	1.734	2.032	1.250064	165.553	0.970	0.367	0.117	4.080	0.00	Molto basso
5.10	96.300	66.880	91.981	1.735	2.037	1.230864	163.668	0.965	0.352	0.117	3.879	0.00	Molto basso
5.30	100.300	68.919	46.385	3.044	2.414	1.264257	106.274	0.961	0.153	0.118	1.664	0.00	Molto basso
5.50	104.300	70.957	139.551	0.997	1.747	1.194977	199.111	0.956	1.093	0.119	11.994	0.00	Molto basso
5.70	108.300	72.996	139.551	0.998	1.751	1.178172	197.043	0.952	0.997	0.119	10.864	0.00	Molto basso

5.90	112.300	75.035	139.551	0.998	1.756	1.162056	195.060	0.947	0.917	0.120	9.922	0.00	Molto basso
6.10	116.200	76.973	25.561	3.234	2.641	1.218937	195.060	0.943	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.30	120.000	78.812	25.561	3.239	2.648	1.199232	195.060	0.938	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.50	123.800	80.651	25.561	3.244	2.654	1.180135	195.060	0.933	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.70	127.600	82.489	25.561	3.249	2.660	1.161618	195.060	0.929	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.90	131.400	84.328	25.561	3.254	2.666	1.143594	195.060	0.924	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
7.10	135.200	86.167	25.561	3.259	2.672	1.126176	195.060	0.919	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
7.30	139.000	88.005	25.561	3.264	2.678	1.109264	195.060	0.914	0.917	0.120	0.000	0.00	Molto basso
7.50	142.900	89.944	128.300	1.011	1.816	1.061383	172.251	0.910	0.431	0.122	4.508	0.00	Molto basso
7.70	146.900	91.983	128.300	1.011	1.820	1.049555	170.893	0.905	0.417	0.122	4.349	0.00	Molto basso
7.90	150.900	94.021	128.300	1.012	1.823	1.038114	169.577	0.900	0.403	0.122	4.206	0.00	Molto basso
8.10	154.900	96.060	128.300	1.012	1.827	1.027039	168.302	0.895	0.391	0.122	4.076	0.00	Molto basso
8.30	158.900	98.099	128.300	1.012	1.831	1.016311	167.066	0.890	0.380	0.122	3.959	0.00	Molto basso
8.50	162.900	100.138	128.300	1.013	1.834	1.005912	165.866	0.885	0.370	0.122	3.852	0.00	Molto basso
8.70	166.900	102.176	128.300	1.013	1.838	0.9958264	164.702	0.880	0.360	0.121	3.754	0.00	Molto basso
8.90	170.900	104.215	128.300	1.013	1.841	0.986038	163.570	0.875	0.351	0.121	3.664	0.00	Molto basso
9.10	174.900	106.254	128.300	1.014	1.844	0.9765326	162.470	0.870	0.343	0.121	3.582	0.00	Molto basso
9.30	178.900	108.292	222.453	0.760	1.585	0.967297	230.876	0.865	8.071	0.121	83.932	0.00	Molto basso
9.50	182.900	110.331	222.453	0.760	1.588	0.9583187	229.137	0.860	6.992	0.121	72.705	0.00	Molto basso
9.70	186.900	112.370	222.453	0.761	1.591	0.9495857	227.449	0.855	6.109	0.120	63.529	0.00	Molto basso
9.90	190.900	114.408	222.453	0.761	1.594	0.9410871	225.810	0.850	5.380	0.120	55.976	0.00	Molto basso
10.10	194.900	116.447	166.198	1.021	1.778	0.9328128	189.657	0.845	0.741	0.120	7.776	0.00	Molto basso
10.30	198.900	118.486	166.198	1.022	1.781	0.924753	188.469	0.840	0.710	0.119	7.458	0.00	Molto basso
10.50	202.900	120.524	166.198	1.022	1.784	0.9168985	187.309	0.835	0.681	0.119	7.169	0.00	Molto basso

10.70	206.900	122.563	166.198	1.022	1.786	0.9092408	186.179	0.830	0.654	0.118	6.907	0.00	Molto basso
10.90	210.900	124.602	166.198	1.022	1.789	0.9017719	185.076	0.825	0.630	0.118	6.667	0.00	Molto basso
11.10	214.900	126.640	166.198	1.023	1.792	0.894484	183.998	0.820	0.608	0.118	6.448	0.00	Molto basso
11.30	218.900	128.679	166.198	1.023	1.795	0.88737	182.947	0.815	0.587	0.117	6.248	0.00	Molto basso
11.50	222.900	130.718	166.198	1.023	1.797	0.8804231	181.919	0.810	0.568	0.117	6.063	0.00	Molto basso
11.70	226.900	132.756	166.198	1.023	1.800	0.8736369	180.914	0.805	0.551	0.116	5.893	0.00	Molto basso
11.90	230.900	134.795	166.198	1.024	1.802	0.8670052	179.932	0.800	0.535	0.116	5.736	0.00	Molto basso
12.10	234.900	136.834	166.198	1.024	1.805	0.8605222	178.971	0.795	0.519	0.115	5.592	0.00	Molto basso
12.30	238.900	138.872	105.897	1.430	2.055	0.8482409	135.378	0.791	0.218	0.115	2.370	0.00	Molto basso
12.50	242.900	140.911	105.897	1.430	2.057	0.8413495	134.616	0.786	0.216	0.114	2.355	0.00	Molto basso
12.70	246.900	142.950	105.897	1.431	2.060	0.8345733	133.866	0.781	0.214	0.114	2.340	0.00	Molto basso
12.90	250.900	144.988	105.897	1.431	2.063	0.8279093	133.127	0.776	0.211	0.113	2.326	0.00	Molto basso
13.10	254.900	147.027	105.897	1.432	2.066	0.8213547	132.400	0.771	0.209	0.113	2.313	0.00	Molto basso
13.30	258.900	149.066	105.897	1.433	2.069	0.8146482	131.654	0.766	0.207	0.112	2.300	0.00	Molto basso
13.50	262.900	151.104	105.897	1.433	2.072	0.8082887	130.947	0.761	0.205	0.112	2.288	0.00	Molto basso
13.70	266.900	153.143	105.897	1.434	2.074	0.8020308	130.250	0.756	0.204	0.111	2.278	0.00	Molto basso
13.90	270.900	155.182	105.897	1.434	2.077	0.795872	129.563	0.752	0.202	0.111	2.267	0.00	Molto basso
14.10	274.900	157.220	105.897	1.435	2.080	0.7898098	128.886	0.747	0.200	0.110	2.258	0.00	Molto basso
14.30	278.900	159.259	105.897	1.435	2.082	0.7838421	128.220	0.742	0.198	0.110	2.249	0.00	Molto basso
14.50	282.900	161.298	105.897	1.436	2.085	0.7776127	127.522	0.737	0.197	0.109	2.239	0.00	Molto basso
14.70	286.900	163.336	105.897	1.436	2.088	0.7718112	126.873	0.733	0.195	0.109	2.231	0.00	Molto basso
14.90	290.900	165.375	105.897	1.437	2.091	0.7660979	126.232	0.728	0.194	0.108	2.223	0.00	Molto basso
15.10	294.900	167.414	105.897	1.437	2.093	0.7604704	125.601	0.723	0.192	0.108	2.216	0.00	Molto basso
15.30	298.900	169.452	105.897	1.438	2.096	0.754927	124.978	0.719	0.191	0.107	2.209	0.00	Molto basso

15.50	302.900	171.491	105.897	1.439	2.099	0.7494658	124.364	0.714	0.189	0.107	2.203	0.00	Molto basso
15.70	306.900	173.530	105.897	1.439	2.101	0.7436368	123.707	0.710	0.188	0.106	2.196	0.00	Molto basso
15.90	310.900	175.568	105.897	1.440	2.104	0.7383189	123.107	0.705	0.186	0.106	2.191	0.00	Molto basso
16.10	314.900	177.607	105.897	1.440	2.107	0.7330776	122.516	0.701	0.185	0.105	2.185	0.00	Molto basso
16.30	318.900	179.646	55.662	3.007	2.564	0.6733007	79.631	0.696	0.112	0.104	1.339	0.00	Molto basso
16.50	322.900	181.684	55.662	3.009	2.568	0.667547	79.225	0.692	0.112	0.104	1.339	0.00	Molto basso
16.70	326.900	183.723	55.662	3.011	2.571	0.6618873	78.826	0.687	0.111	0.103	1.339	0.00	Molto basso
16.90	330.900	185.762	55.662	3.014	2.574	0.6563191	78.433	0.683	0.111	0.103	1.340	0.00	Molto basso
17.10	334.900	187.800	147.841	1.093	1.915	0.7345311	149.037	0.679	0.267	0.102	3.208	0.00	Molto basso
17.30	338.900	189.839	147.841	1.093	1.917	0.7305764	148.489	0.674	0.265	0.102	3.194	0.00	Molto basso
17.50	342.900	191.878	147.841	1.093	1.919	0.7266849	147.950	0.670	0.262	0.101	3.182	0.00	Molto basso
17.70	346.900	193.916	147.841	1.093	1.921	0.722855	147.419	0.666	0.260	0.101	3.170	0.00	Molto basso
17.90	350.900	195.955	147.841	1.094	1.923	0.7190849	146.896	0.662	0.258	0.100	3.159	0.00	Molto basso
18.10	354.900	197.994	147.841	1.094	1.925	0.7153733	146.381	0.658	0.256	0.100	3.149	0.00	Molto basso
18.30	358.900	200.032	147.841	1.094	1.927	0.7117185	145.873	0.654	0.254	0.099	3.139	0.00	Molto basso
18.50	362.900	202.071	147.841	1.095	1.929	0.7081192	145.373	0.650	0.252	0.099	3.130	0.00	Molto basso
18.70	366.900	204.110	147.841	1.095	1.930	0.7045739	144.880	0.646	0.250	0.098	3.121	0.00	Molto basso
18.90	370.900	206.148	147.841	1.095	1.932	0.7010814	144.394	0.642	0.248	0.098	3.113	0.00	Molto basso
19.10	374.900	208.187	95.732	1.823	2.249	0.6504469	107.686	0.638	0.156	0.097	1.982	0.00	Molto basso
19.30	378.900	210.226	95.732	1.824	2.252	0.6461331	107.212	0.634	0.155	0.097	1.981	0.00	Molto basso
19.50	382.900	212.264	95.732	1.825	2.254	0.6411926	106.667	0.630	0.154	0.096	1.979	0.00	Molto basso
19.70	386.900	214.303	95.732	1.825	2.257	0.6369787	106.202	0.626	0.153	0.096	1.978	0.00	Molto basso
19.90	390.900	216.342	95.732	1.826	2.259	0.6328192	105.744	0.623	0.152	0.095	1.977	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPT N.2

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: COSTRUZIONE NUOVI EDIFICI

Cliente: CASTELLETTO 2010

Indirizzo, Coordinate: CURTATONE VIA PARRI VIA GEMENTI

Data 27/06/2016

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

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.087

Fattore amplificazione 2.572

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.6

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.13

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limo sabbioso	0	1	17	19	0	0	2500	100	180
2	Sabbia	1	2.4	18	20	0	0	7250	170	280
3	Sabbia	2.4	4	18	20	0	0	4280	130	220
4	Sabbia	4	5	18	20	0	0	6530	130	260
5	Sabbia	5	6	18	20	0	0	10100	150	300
6	Sabbia	6	6.6	17	19	0	0	3190	120	200
7	Sabbia	6.6	7.8	18	20	0	0	12430	150	320
8	Sabbia	7.8	9	18	20	0	0	16180	160	350
9	Sabbia	9	9.4	18	20	0	0	23280	150	450
10	Sabbia	9.4	12.6	18	20	0	0	16170	150	350
11	Sabbia	12.6	15.8	18	20	0	0	10720	120	300
12	Sabbia	15.8	17.2	18	20	0	0	7900	130	280
13	Sabbia	17.2	19.4	18	20	0	0	14540	150	320
14	Sabbia	19.4	20	18	20	0	0	9240	130	300

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.39

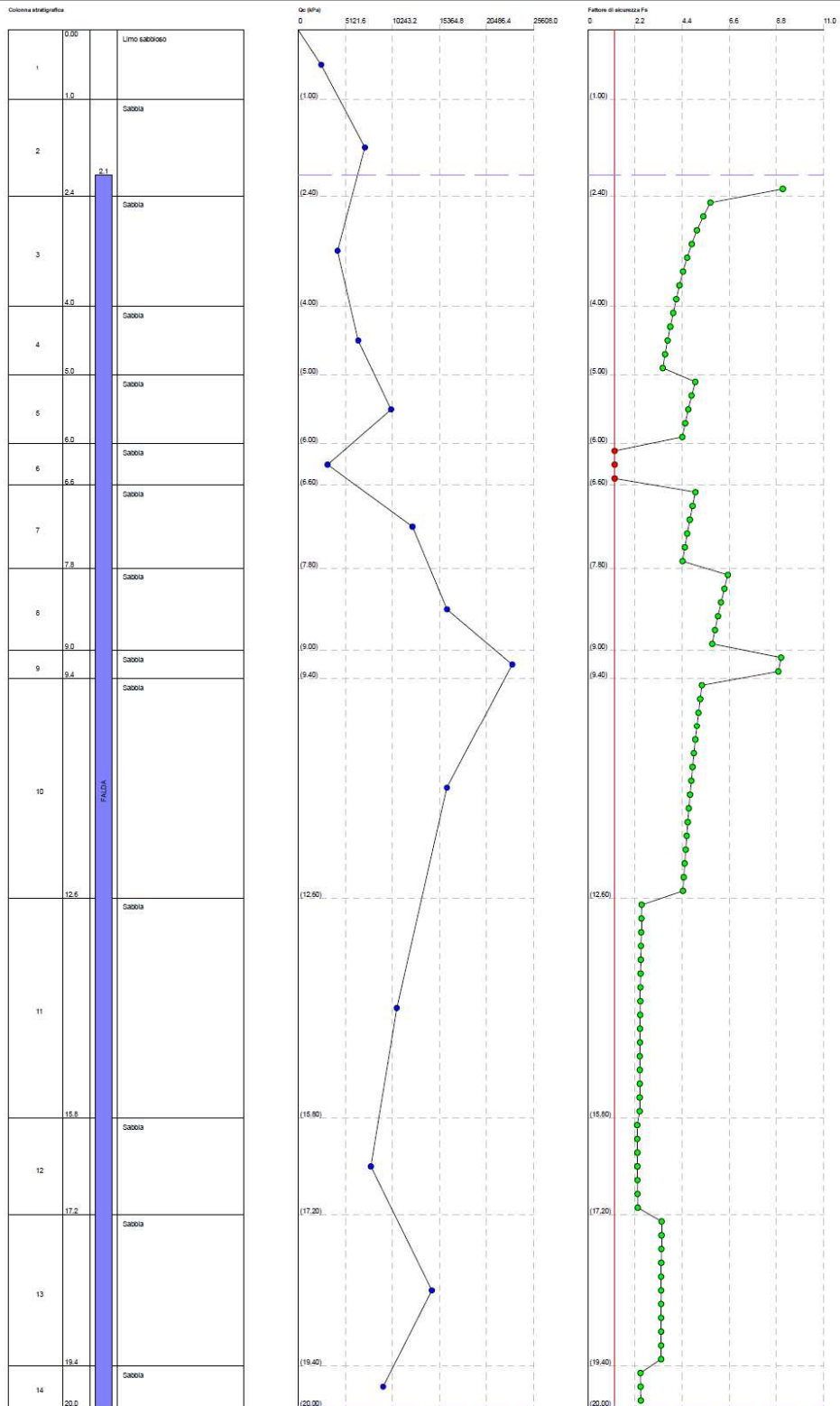
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale (KPa)	Attrito laterale normale (KPa)	Indice di compattamento (Ic)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CQ)	Resistenza alla punta corretta (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Indice di liquefazione	Rischio
2.30	40.800	38.839	116.334	2.358	2.123	1.604604	174.327	0.982	0.573	0.063	9.106	0	Molto basso
2.50	44.800	40.877	66.943	3.070	2.370	1.564079	146.924	0.981	0.375	0.066	5.724	0	Molto basso
2.70	48.800	42.916	65.333	3.072	2.378	1.526477	145.310	0.979	0.365	0.068	5.384	0	Molto basso
2.90	52.800	44.955	63.835	3.075	2.385	1.491463	143.805	0.978	0.357	0.070	5.095	0	Molto basso
3.10	56.800	46.993	62.435	3.078	2.392	1.458753	142.395	0.976	0.349	0.072	4.847	0	Molto basso
3.30	60.800	49.032	61.123	3.081	2.399	1.428105	141.073	0.975	0.341	0.074	4.631	0	Molto basso
3.50	64.800	51.071	59.890	3.084	2.405	1.399311	139.827	0.973	0.334	0.075	4.442	0	Molto basso
3.70	68.800	53.109	58.730	3.087	2.412	1.372191	138.652	0.972	0.328	0.077	4.275	0	Molto basso
3.90	72.800	55.148	57.634	3.090	2.418	1.346589	137.541	0.970	0.322	0.078	4.126	0	Molto basso
4.10	76.800	57.187	86.351	2.015	2.162	1.322369	136.368	0.969	0.316	0.079	3.984	0	Molto basso
4.30	80.800	59.225	84.851	2.016	2.168	1.29941	135.050	0.967	0.309	0.080	3.844	0	Molto basso
4.50	84.800	61.264	83.428	2.017	2.173	1.277607	133.801	0.966	0.303	0.081	3.717	0	Molto basso
4.70	88.800	63.303	82.073	2.018	2.179	1.256866	132.615	0.964	0.297	0.082	3.603	0	Molto basso
4.90	92.800	65.341	80.783	2.020	2.184	1.237103	131.487	0.963	0.291	0.083	3.498	0	Molto basso
5.10	96.800	67.380	123.043	1.500	1.963	1.218244	154.347	0.961	0.422	0.084	5.016	0	Molto basso
5.30	100.800	69.419	121.223	1.500	1.968	1.200222	152.723	0.959	0.411	0.085	4.844	0	Molto basso
5.50	104.800	71.457	119.481	1.501	1.972	1.182977	151.172	0.958	0.401	0.086	4.687	0	Molto basso
5.70	108.800	73.496	117.812	1.501	1.977	1.166455	149.688	0.956	0.392	0.086	4.543	0	Molto basso

5.90	112.800	75.535	116.211	1.502	1.981	1.150606	148.266	0.955	0.383	0.087	4.409	0	Molto basso
6.10	116.700	77.473	39.669	3.905	2.605	1.290766	138.171	0.953	0.325	0.088	1.250	0.00	Molto basso
6.30	120.500	79.312	38.702	3.909	2.613	1.260842	136.992	0.952	0.319	0.088	1.250	0.00	Molto basso
6.50	124.300	81.151	37.778	3.914	2.621	1.232275	135.858	0.950	0.313	0.089	1.250	0.00	Molto basso
6.70	128.200	83.089	136.364	1.219	1.868	1.097052	158.184	0.949	0.448	0.089	5.023	0	Molto basso
6.90	132.200	85.128	134.721	1.220	1.872	1.083836	156.727	0.947	0.438	0.090	4.887	0	Molto basso
7.10	136.200	87.167	133.136	1.220	1.876	1.071086	155.321	0.946	0.428	0.090	4.758	0	Molto basso
7.30	140.200	89.205	131.606	1.221	1.879	1.058777	153.965	0.944	0.419	0.090	4.638	0	Molto basso
7.50	144.200	91.244	130.127	1.221	1.883	1.046882	152.655	0.943	0.411	0.091	4.526	0	Molto basso
7.70	148.200	93.283	128.698	1.221	1.886	1.035379	151.389	0.941	0.403	0.091	4.420	0	Molto basso
7.90	152.200	95.321	165.723	0.998	1.747	1.024247	177.205	0.940	0.598	0.091	6.536	0	Molto basso
8.10	156.200	97.360	163.979	0.999	1.750	1.013467	175.716	0.938	0.585	0.092	6.374	0	Molto basso
8.30	160.200	99.399	162.289	0.999	1.753	1.00302	174.270	0.937	0.572	0.092	6.221	0	Molto basso
8.50	164.200	101.438	160.650	0.999	1.757	0.9928893	172.867	0.935	0.560	0.092	6.076	0	Molto basso
8.70	168.200	103.476	159.059	0.999	1.760	0.9830598	171.503	0.933	0.549	0.092	5.939	0	Molto basso
8.90	172.200	105.515	157.515	1.000	1.763	0.9735166	170.178	0.932	0.538	0.093	5.809	0	Molto basso
9.10	176.200	107.554	224.477	0.649	1.522	0.9642459	201.281	0.930	0.838	0.093	9.026	0	Molto basso
9.30	180.200	109.592	222.379	0.649	1.525	0.9552352	200.080	0.926	0.825	0.093	8.893	0	Molto basso
9.50	184.200	111.631	153.045	0.938	1.753	0.9464725	164.327	0.920	0.493	0.093	5.324	0	Molto basso
9.70	188.200	113.670	151.666	0.939	1.756	0.9379466	163.154	0.915	0.484	0.092	5.242	0	Molto basso
9.90	192.200	115.708	150.324	0.939	1.759	0.9296469	162.010	0.910	0.475	0.092	5.164	0	Molto basso
10.10	196.200	117.747	149.017	0.939	1.762	0.9215638	160.894	0.904	0.467	0.092	5.090	0	Molto basso
10.30	200.200	119.786	147.743	0.939	1.765	0.9136879	159.807	0.899	0.460	0.092	5.019	0	Molto basso
10.50	204.200	121.824	146.502	0.940	1.767	0.9060107	158.745	0.894	0.452	0.091	4.952	0	Molto basso

10.70	208.200	123.863	145.291	0.940	1.770	0.8985236	157.709	0.888	0.445	0.091	4.888	0	Molto basso
10.90	212.200	125.902	144.110	0.940	1.773	0.8912192	156.697	0.883	0.438	0.091	4.828	0	Molto basso
11.10	216.200	127.940	142.957	0.940	1.776	0.8840901	155.709	0.878	0.431	0.090	4.770	0	Molto basso
11.30	220.200	129.979	141.832	0.940	1.778	0.8771294	154.743	0.872	0.425	0.090	4.715	0	Molto basso
11.50	224.200	132.018	140.733	0.941	1.781	0.8703306	153.799	0.867	0.418	0.090	4.663	0	Molto basso
11.70	228.200	134.056	139.658	0.941	1.783	0.8636874	152.877	0.862	0.412	0.089	4.613	0	Molto basso
11.90	232.200	136.095	138.608	0.941	1.786	0.8571941	151.974	0.856	0.406	0.089	4.565	0	Molto basso
12.10	236.200	138.134	137.582	0.941	1.788	0.850845	151.091	0.851	0.401	0.089	4.520	0	Molto basso
12.30	240.200	140.172	136.578	0.942	1.791	0.844635	150.226	0.846	0.395	0.088	4.477	0	Molto basso
12.50	244.200	142.211	135.595	0.942	1.793	0.838559	149.380	0.840	0.390	0.088	4.436	0	Molto basso
12.70	248.200	144.250	89.256	1.146	1.986	0.8326123	114.453	0.835	0.219	0.088	2.507	0	Molto basso
12.90	252.200	146.288	88.632	1.146	1.989	0.8267903	113.923	0.830	0.218	0.087	2.496	0	Molto basso
13.10	256.200	148.327	88.021	1.147	1.991	0.8210887	113.405	0.824	0.216	0.087	2.486	0	Molto basso
13.30	260.200	150.366	87.422	1.147	1.993	0.8155035	112.898	0.819	0.214	0.086	2.476	0	Molto basso
13.50	264.200	152.404	86.835	1.148	1.996	0.8100308	112.402	0.814	0.212	0.086	2.468	0	Molto basso
13.70	268.200	154.443	86.260	1.148	1.998	0.8046668	111.917	0.808	0.210	0.086	2.460	0	Molto basso
13.90	272.200	156.482	85.697	1.149	2.000	0.799408	111.441	0.803	0.209	0.085	2.452	0	Molto basso
14.10	276.200	158.520	85.144	1.149	2.003	0.7942508	110.976	0.798	0.207	0.085	2.446	0	Molto basso
14.30	280.200	160.559	84.601	1.149	2.005	0.7891923	110.520	0.792	0.206	0.084	2.440	0	Molto basso
14.50	284.200	162.598	84.069	1.150	2.007	0.7842292	110.073	0.787	0.204	0.084	2.434	0	Molto basso
14.70	288.200	164.636	83.547	1.150	2.009	0.7793585	109.635	0.782	0.203	0.083	2.430	0	Molto basso
14.90	292.200	166.675	83.035	1.151	2.011	0.7745776	109.205	0.776	0.201	0.083	2.425	0	Molto basso
15.10	296.200	168.714	82.532	1.151	2.014	0.7698835	108.784	0.771	0.200	0.082	2.422	0	Molto basso
15.30	300.200	170.752	82.037	1.152	2.016	0.7652737	108.371	0.765	0.198	0.082	2.419	0	Molto basso

15.50	304.200	172.791	81.552	1.152	2.018	0.7607458	107.966	0.760	0.197	0.082	2.416	0	Molto basso
15.70	308.200	174.830	81.075	1.153	2.020	0.7562973	107.568	0.755	0.196	0.081	2.414	0	Molto basso
15.90	312.200	176.868	59.402	1.713	2.234	0.7519259	104.200	0.749	0.185	0.081	2.298	0	Molto basso
16.10	316.200	178.907	59.063	1.714	2.236	0.7476295	103.930	0.744	0.184	0.080	2.301	0	Molto basso
16.30	320.200	180.946	58.729	1.715	2.238	0.7434059	103.665	0.739	0.184	0.080	2.305	0	Molto basso
16.50	324.200	182.984	58.401	1.716	2.240	0.7392531	103.405	0.733	0.183	0.079	2.309	0	Molto basso
16.70	328.200	185.023	58.078	1.717	2.242	0.7351691	103.150	0.728	0.182	0.079	2.313	0	Molto basso
16.90	332.200	187.062	57.761	1.718	2.244	0.731152	102.899	0.723	0.181	0.078	2.318	0	Molto basso
17.10	336.200	189.100	57.449	1.719	2.246	0.7272002	102.652	0.717	0.181	0.078	2.323	0	Molto basso
17.30	340.200	191.139	105.170	1.056	1.909	0.7233116	125.929	0.712	0.266	0.077	3.440	0	Molto basso
17.50	344.200	193.178	104.613	1.057	1.911	0.7194848	125.448	0.707	0.264	0.077	3.435	0	Molto basso
17.70	348.200	195.216	104.065	1.057	1.913	0.7157181	124.975	0.701	0.262	0.076	3.430	0	Molto basso
17.90	352.200	197.255	103.526	1.057	1.914	0.71201	124.510	0.696	0.260	0.076	3.427	0	Molto basso
18.10	356.200	199.294	102.995	1.058	1.916	0.7083588	124.052	0.691	0.258	0.075	3.423	0	Molto basso
18.30	360.200	201.332	102.473	1.058	1.918	0.7047634	123.602	0.685	0.256	0.075	3.421	0	Molto basso
18.50	364.200	203.371	101.958	1.058	1.920	0.701222	123.158	0.680	0.254	0.074	3.419	0	Molto basso
18.70	368.200	205.410	101.451	1.058	1.921	0.6977336	122.722	0.675	0.252	0.074	3.418	0	Molto basso
18.90	372.200	207.448	100.951	1.059	1.923	0.6942967	122.292	0.669	0.250	0.073	3.417	0	Molto basso
19.10	376.200	209.487	100.458	1.059	1.925	0.69091	121.869	0.664	0.248	0.073	3.417	0	Molto basso
19.30	380.200	211.526	99.973	1.059	1.926	0.6875725	121.452	0.659	0.247	0.072	3.418	0	Molto basso
19.50	384.200	213.564	63.228	1.468	2.170	0.6842829	100.934	0.653	0.176	0.072	2.452	0	Molto basso
19.70	388.200	215.603	62.928	1.469	2.172	0.68104	100.698	0.648	0.175	0.071	2.461	0	Molto basso
19.90	392.200	217.642	62.633	1.469	2.173	0.6778429	100.466	0.643	0.174	0.071	2.470	0	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.27

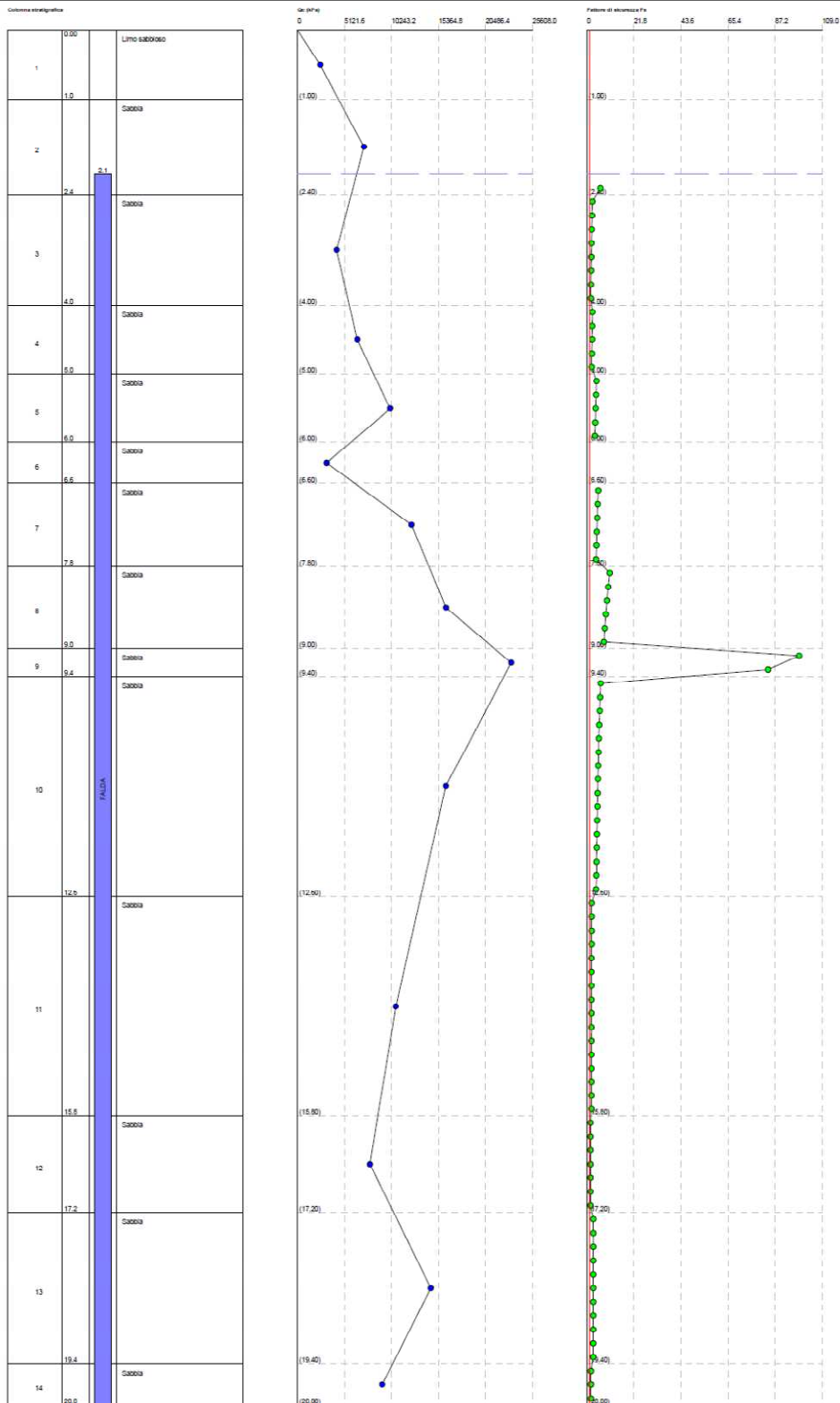
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normale lizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale lizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischi
2.30	40.800	38.839	71.552	2.358	2.127	1.615199	171.921	1.021	0.428	0.091	6.276	0.00	Molto basso
2.50	44.800	40.877	42.240	3.070	2.356	1.679435	121.555	1.018	0.183	0.094	2.541	0.00	Molto basso
2.70	48.800	42.916	42.240	3.072	2.364	1.63883	119.442	1.014	0.178	0.097	2.392	0.00	Molto basso
2.90	52.800	44.955	42.240	3.075	2.371	1.602696	117.559	1.010	0.174	0.100	2.269	0.00	Molto basso
3.10	56.800	46.993	42.240	3.078	2.379	1.566292	115.660	1.006	0.171	0.103	2.161	0.00	Molto basso
3.30	60.800	49.032	42.240	3.081	2.386	1.533446	113.945	1.003	0.167	0.105	2.069	0.00	Molto basso
3.50	64.800	51.071	42.240	3.084	2.393	1.500573	112.225	0.999	0.164	0.107	1.987	0.00	Molto basso
3.70	68.800	53.109	42.240	3.087	2.400	1.470551	110.654	0.995	0.161	0.109	1.916	0.00	Molto basso
3.90	72.800	55.148	42.240	3.090	2.406	1.440675	109.088	0.991	0.158	0.111	1.851	0.00	Molto basso
4.10	76.800	57.187	64.446	2.015	2.163	1.352445	137.123	0.987	0.223	0.112	2.586	0.00	Molto basso
4.30	80.800	59.225	64.446	2.016	2.169	1.32968	135.456	0.982	0.218	0.113	2.495	0.00	Molto basso
4.50	84.800	61.264	64.446	2.017	2.174	1.308571	133.908	0.978	0.214	0.114	2.415	0.00	Molto basso
4.70	88.800	63.303	64.446	2.018	2.179	1.288138	132.408	0.974	0.209	0.115	2.343	0.00	Molto basso
4.90	92.800	65.341	64.446	2.020	2.185	1.267839	130.914	0.970	0.205	0.116	2.276	0.00	Molto basso
5.10	96.800	67.380	99.679	1.500	1.968	1.226288	169.902	0.965	0.406	0.117	4.495	0.00	Molto basso
5.30	100.800	69.419	99.679	1.500	1.973	1.208148	168.058	0.961	0.389	0.118	4.265	0.00	Molto basso
5.50	104.800	71.457	99.679	1.501	1.977	1.190789	166.291	0.956	0.373	0.119	4.064	0.00	Molto basso
5.70	108.800	73.496	99.679	1.501	1.982	1.174157	164.594	0.952	0.359	0.119	3.888	0.00	Molto basso

5.90	112.800	75.535	99.679	1.502	1.986	1.158204	162.964	0.947	0.347	0.120	3.732	0.00	Molto basso
6.10	116.700	77.473	31.483	3.905	2.631	1.202802	162.964	0.943	0.347	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.30	120.500	79.312	31.483	3.909	2.637	1.18423	162.964	0.938	0.347	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.50	124.300	81.151	31.483	3.914	2.642	1.16635	162.964	0.933	0.347	0.120	0.000	0.00	Molto basso
6.70	128.200	83.089	122.675	1.219	1.873	1.104296	177.385	0.929	0.496	0.121	5.253	0.00	Molto basso
6.90	132.200	85.128	122.675	1.220	1.877	1.090993	175.840	0.924	0.475	0.121	5.014	0.00	Molto basso
7.10	136.200	87.167	122.675	1.220	1.881	1.078159	174.347	0.919	0.456	0.121	4.801	0.00	Molto basso
7.30	140.200	89.205	122.675	1.221	1.885	1.065768	172.903	0.914	0.439	0.121	4.611	0.00	Molto basso
7.50	144.200	91.244	122.675	1.221	1.889	1.053795	171.506	0.910	0.423	0.121	4.441	0.00	Molto basso
7.70	148.200	93.283	122.675	1.221	1.892	1.042216	170.153	0.905	0.409	0.121	4.287	0.00	Molto basso
7.90	152.200	95.321	159.684	0.998	1.752	1.03101	197.330	0.900	1.010	0.121	10.589	0.00	Molto basso
8.10	156.200	97.360	159.684	0.999	1.755	1.020159	195.803	0.895	0.946	0.121	9.907	0.00	Molto basso
8.30	160.200	99.399	159.684	0.999	1.758	1.009643	194.324	0.890	0.889	0.121	9.310	0.00	Molto basso
8.50	164.200	101.438	159.684	0.999	1.762	0.9994456	192.888	0.885	0.839	0.121	8.782	0.00	Molto basso
8.70	168.200	103.476	159.684	0.999	1.765	0.9895511	191.495	0.880	0.795	0.121	8.315	0.00	Molto basso
8.90	172.200	105.515	159.684	1.000	1.768	0.9799449	190.141	0.875	0.755	0.121	7.900	0.00	Molto basso
9.10	176.200	107.554	229.756	0.649	1.527	0.970613	232.693	0.870	9.424	0.120	98.346	0.00	Molto basso
9.30	180.200	109.592	229.756	0.649	1.530	0.9615428	230.842	0.865	8.048	0.120	83.956	0.00	Molto basso
9.50	184.200	111.631	159.586	0.938	1.759	0.9527222	183.964	0.860	0.607	0.120	6.370	0.00	Molto basso
9.70	188.200	113.670	159.586	0.939	1.762	0.94414	182.772	0.855	0.584	0.120	6.135	0.00	Molto basso
9.90	192.200	115.708	159.586	0.939	1.765	0.9357856	181.612	0.850	0.563	0.119	5.922	0.00	Molto basso
10.10	196.200	117.747	159.586	0.939	1.768	0.927649	180.482	0.845	0.544	0.119	5.728	0.00	Molto basso
10.30	200.200	119.786	159.586	0.939	1.771	0.9197212	179.380	0.840	0.526	0.119	5.550	0.00	Molto basso
10.50	204.200	121.824	159.586	0.940	1.774	0.9119932	178.306	0.835	0.509	0.118	5.387	0.00	Molto basso

10.70	208.200	123.863	159.586	0.940	1.776	0.9044568	177.257	0.830	0.494	0.118	5.238	0.00	Molto basso
10.90	212.200	125.902	159.586	0.940	1.779	0.8971041	176.234	0.825	0.480	0.118	5.101	0.00	Molto basso
11.10	216.200	127.940	159.586	0.940	1.782	0.8899279	175.235	0.820	0.467	0.117	4.974	0.00	Molto basso
11.30	220.200	129.979	159.586	0.940	1.785	0.8829212	174.260	0.815	0.455	0.117	4.857	0.00	Molto basso
11.50	224.200	132.018	159.586	0.941	1.787	0.8760775	173.306	0.810	0.443	0.116	4.749	0.00	Molto basso
11.70	228.200	134.056	159.586	0.941	1.790	0.8693905	172.374	0.805	0.433	0.116	4.648	0.00	Molto basso
11.90	232.200	136.095	159.586	0.941	1.793	0.8628543	171.463	0.800	0.423	0.115	4.555	0.00	Molto basso
12.10	236.200	138.134	159.586	0.941	1.795	0.8564633	170.571	0.795	0.413	0.115	4.468	0.00	Molto basso
12.30	240.200	140.172	159.586	0.942	1.798	0.8502123	169.699	0.791	0.404	0.114	4.388	0.00	Molto basso
12.50	244.200	142.211	159.586	0.942	1.800	0.8440962	168.844	0.786	0.396	0.114	4.313	0.00	Molto basso
12.70	248.200	144.250	105.798	1.146	1.999	0.8302525	129.664	0.781	0.202	0.114	2.223	0.00	Molto basso
12.90	252.200	146.288	105.798	1.146	2.002	0.8236569	128.977	0.776	0.200	0.113	2.212	0.00	Molto basso
13.10	256.200	148.327	105.798	1.147	2.005	0.8169161	128.273	0.771	0.199	0.113	2.201	0.00	Molto basso
13.30	260.200	150.366	105.798	1.147	2.008	0.8105176	127.605	0.766	0.197	0.112	2.192	0.00	Molto basso
13.50	264.200	152.404	105.798	1.148	2.011	0.8042217	126.947	0.761	0.195	0.112	2.183	0.00	Molto basso
13.70	268.200	154.443	105.798	1.148	2.014	0.7980257	126.298	0.756	0.194	0.111	2.174	0.00	Molto basso
13.90	272.200	156.482	105.798	1.149	2.016	0.7919275	125.658	0.752	0.192	0.110	2.166	0.00	Molto basso
14.10	276.200	158.520	105.798	1.149	2.019	0.7859244	125.028	0.747	0.191	0.110	2.159	0.00	Molto basso
14.30	280.200	160.559	105.798	1.149	2.022	0.7796664	124.369	0.742	0.189	0.109	2.151	0.00	Molto basso
14.50	284.200	162.598	105.798	1.150	2.025	0.7738314	123.755	0.737	0.188	0.109	2.144	0.00	Molto basso
14.70	288.200	164.636	105.798	1.150	2.028	0.7680851	123.149	0.733	0.186	0.108	2.138	0.00	Molto basso
14.90	292.200	166.675	105.798	1.151	2.030	0.7624255	122.552	0.728	0.185	0.108	2.132	0.00	Molto basso
15.10	296.200	168.714	105.798	1.151	2.033	0.7568508	121.963	0.723	0.184	0.107	2.127	0.00	Molto basso
15.30	300.200	170.752	105.798	1.152	2.036	0.7513589	121.382	0.719	0.183	0.107	2.122	0.00	Molto basso

15.50	304.200	172.791	105.798	1.152	2.039	0.7455059	120.761	0.714	0.181	0.106	2.116	0.00	Molto basso
15.70	308.200	174.830	105.798	1.153	2.041	0.7401586	120.194	0.710	0.180	0.106	2.112	0.00	Molto basso
15.90	312.200	176.868	77.967	1.713	2.272	0.7074928	98.966	0.705	0.141	0.105	1.667	0.00	Molto basso
16.10	316.200	178.907	77.967	1.714	2.275	0.7019292	98.467	0.701	0.140	0.105	1.665	0.00	Molto basso
16.30	320.200	180.946	77.967	1.715	2.278	0.6964513	97.976	0.696	0.139	0.104	1.664	0.00	Molto basso
16.50	324.200	182.984	77.967	1.716	2.281	0.691057	97.492	0.692	0.138	0.104	1.662	0.00	Molto basso
16.70	328.200	185.023	77.967	1.717	2.284	0.6857446	97.014	0.687	0.138	0.103	1.661	0.00	Molto basso
16.90	332.200	187.062	77.967	1.718	2.287	0.680512	96.543	0.683	0.137	0.102	1.660	0.00	Molto basso
17.10	336.200	189.100	77.967	1.719	2.290	0.6748661	96.035	0.679	0.136	0.102	1.659	0.00	Molto basso
17.30	340.200	191.139	143.499	1.056	1.919	0.7280878	144.352	0.674	0.248	0.101	3.003	0.00	Molto basso
17.50	344.200	193.178	143.499	1.057	1.921	0.7242357	143.837	0.670	0.246	0.101	2.994	0.00	Molto basso
17.70	348.200	195.216	143.499	1.057	1.923	0.7204441	143.330	0.666	0.244	0.100	2.985	0.00	Molto basso
17.90	352.200	197.255	143.499	1.057	1.925	0.7167115	142.831	0.662	0.242	0.100	2.977	0.00	Molto basso
18.10	356.200	199.294	143.499	1.058	1.927	0.7130362	142.339	0.658	0.240	0.099	2.970	0.00	Molto basso
18.30	360.200	201.332	143.499	1.058	1.928	0.709417	141.854	0.654	0.239	0.099	2.963	0.00	Molto basso
18.50	364.200	203.371	143.499	1.058	1.930	0.7058523	141.376	0.650	0.237	0.098	2.957	0.00	Molto basso
18.70	368.200	205.410	143.499	1.058	1.932	0.7023408	140.905	0.646	0.235	0.098	2.951	0.00	Molto basso
18.90	372.200	207.448	143.499	1.059	1.934	0.6988813	140.440	0.642	0.234	0.097	2.945	0.00	Molto basso
19.10	376.200	209.487	143.499	1.059	1.936	0.6953673	139.967	0.638	0.232	0.097	2.939	0.00	Molto basso
19.30	380.200	211.526	143.499	1.059	1.938	0.691451	139.439	0.634	0.231	0.096	2.931	0.00	Molto basso
19.50	384.200	213.564	91.192	1.468	2.215	0.6333722	100.861	0.630	0.144	0.096	1.857	0.00	Molto basso
19.70	388.200	215.603	91.192	1.469	2.217	0.6291612	100.435	0.626	0.143	0.095	1.857	0.00	Molto basso
19.90	392.200	217.642	91.192	1.469	2.220	0.6250052	100.013	0.623	0.143	0.095	1.858	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPT3

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: COSTRUZIONE NUOVI EDIFICI

Cliente: CASTELLETTO 2010

Indirizzo, Coordinate: CURTATONE VIA PARRI VIA GEMENTI

Data 27/06/2016

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

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.1 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.087

Fattore amplificazione 2.572

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.6

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.13

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza laterale attrito fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limo sabbioso	0	0.6	17	19	0	0	1720	100	160
2	Sabbia	0.6	1.2	18	20	0	0	4340	100	280
3	Sabbia	1.2	2.6	18	20	0	0	8950	160	320
4	Limo sabbioso	2.6	4.4	17	19.5	0	0	2650	120	200
5	Sabbia	4.4	5.2	18	20	0	0	5800	90	280
6	Limo argilloso	5.2	5.8	17	19	0	0	3130	120	200
7	Sabbia	5.8	6.2	18	20	0	0	8670	160	290
8	Limo argilloso	6.2	7.2	17	19.5	0	0	3380	110	220
9	Sabbia	7.2	12	18	20	0	0	13380	150	350
10	Sabbia	12	14.6	18	20	0	0	18000	160	380
11	Limo argilloso	14.6	15	17	19	0	0	2500	150	2001
12	Sabbia	15	15.4	18	20	0	0	17640	140	360
13	Sabbia	15.4	16.6	18	20	0	0	11780	140	320
14	Sabbia	16.6	18.4	18	20	0	0	7500	160	280

15 Sabbia 18.4 20 18 20 0 0 13930 140 350

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.39

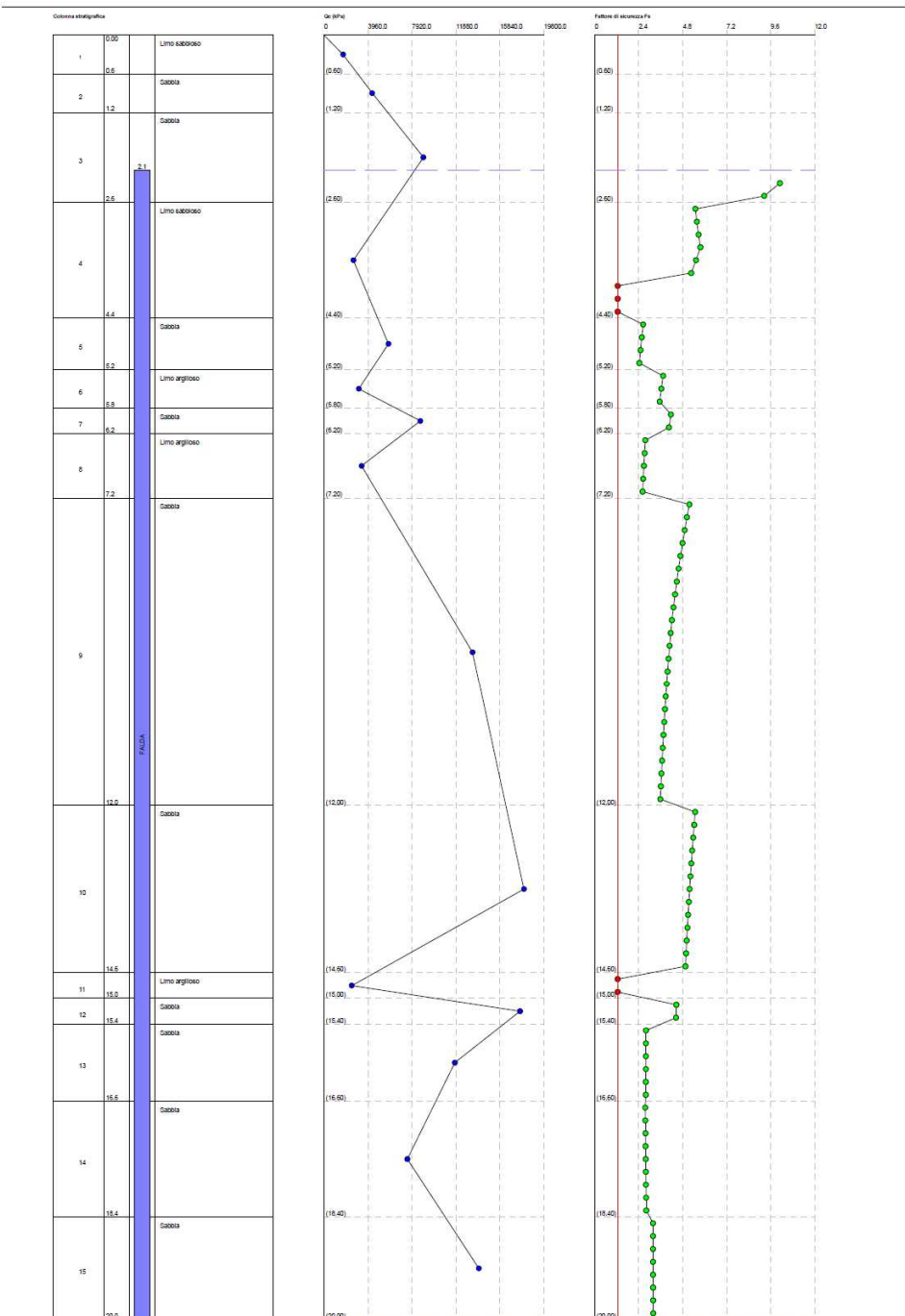
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normale lizzato o F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale lizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
2.30	41.200	39.239	142.878	1.796	1.976	1.596404	181.364	0.982	0.635	0.063	10.099	0	Molto basso
2.50	45.200	41.277	139.305	1.797	1.983	1.556482	178.099	0.981	0.605	0.065	9.249	0	Molto basso
2.70	49.150	43.266	49.675	4.614	2.588	1.7	146.519	0.979	0.373	0.068	5.495	0	Molto basso
2.90	53.050	45.205	48.068	4.621	2.598	1.7	149.319	0.978	0.390	0.070	5.572	0	Molto basso
3.10	56.950	47.143	46.578	4.628	2.608	1.7	152.066	0.976	0.407	0.072	5.663	0	Molto basso
3.30	60.850	49.082	45.191	4.635	2.617	1.7	154.764	0.975	0.425	0.074	5.768	0	Molto basso
3.50	64.750	51.021	43.897	4.642	2.627	1.656495	153.386	0.973	0.416	0.075	5.522	0	Molto basso
3.70	68.650	52.959	42.686	4.649	2.636	1.610805	151.625	0.972	0.404	0.077	5.266	0	Molto basso
3.90	72.550	54.898	46.950	4.656	2.607	1.7	151.930	0.970	0.406	0.078	1.250	0.00	Molto basso
4.10	76.450	56.837	45.280	4.663	2.619	1.7	155.135	0.969	0.427	0.079	1.250	0.00	Molto basso
4.30	80.350	58.775	43.720	4.670	2.630	1.7	158.317	0.967	0.449	0.081	1.250	0.00	Molto basso
4.50	84.300	60.764	74.405	1.575	2.136	1.282852	113.406	0.966	0.216	0.082	2.642	0	Molto basso
4.70	88.300	62.803	73.188	1.576	2.142	1.261859	112.383	0.964	0.212	0.083	2.567	0	Molto basso
4.90	92.300	64.841	72.028	1.577	2.147	1.241863	111.412	0.963	0.209	0.083	2.499	0	Molto basso
5.10	96.300	66.880	70.922	1.578	2.152	1.22279	110.489	0.961	0.205	0.084	2.436	0	Molto basso
5.30	100.200	68.819	41.425	3.961	2.596	1.323488	136.687	0.959	0.318	0.085	3.730	0	Molto basso
5.50	104.000	70.657	40.614	3.966	2.602	1.297573	135.628	0.958	0.312	0.086	3.632	0	Molto basso

5.70	107.800	72.496	39.839	3.971	2.608	1.272812	134.610	0.956	0.307	0.087	3.541	0	Molto basso
5.90	111.700	74.435	100.492	1.870	2.093	1.159077	144.899	0.955	0.363	0.087	4.156	0	Molto basso
6.10	115.700	76.473	99.143	1.870	2.097	1.143523	143.709	0.953	0.356	0.088	4.051	0	Molto basso
6.30	119.650	78.462	38.158	3.374	2.573	1.128938	120.860	0.952	0.244	0.088	2.761	0	Molto basso
6.50	123.550	80.401	37.695	3.378	2.578	1.115244	120.331	0.950	0.242	0.089	2.720	0	Molto basso
6.70	127.450	82.339	37.249	3.382	2.582	1.102037	119.819	0.949	0.240	0.089	2.682	0	Molto basso
6.90	131.350	84.278	36.818	3.386	2.586	1.089288	119.324	0.947	0.238	0.090	2.646	0	Molto basso
7.10	135.250	86.217	36.402	3.390	2.590	1.076971	118.845	0.946	0.236	0.090	2.612	0	Molto basso
7.30	139.200	88.205	142.465	1.133	1.832	1.064762	161.088	0.944	0.469	0.091	5.163	0	Molto basso
7.50	143.200	90.244	140.847	1.133	1.836	1.052666	159.662	0.943	0.459	0.091	5.030	0	Molto basso
7.70	147.200	92.283	139.282	1.134	1.839	1.040974	158.283	0.941	0.449	0.091	4.906	0	Molto basso
7.90	151.200	94.321	137.769	1.134	1.843	1.029662	156.949	0.940	0.440	0.092	4.789	0	Molto basso
8.10	155.200	96.360	136.304	1.134	1.846	1.018712	155.657	0.938	0.431	0.092	4.679	0	Molto basso
8.30	159.200	98.399	134.884	1.135	1.850	1.008104	154.406	0.937	0.422	0.092	4.574	0	Molto basso
8.50	163.200	100.437	133.508	1.135	1.853	0.99782	153.193	0.935	0.414	0.093	4.476	0	Molto basso
8.70	167.200	102.476	132.174	1.135	1.856	0.9878448	152.017	0.933	0.407	0.093	4.382	0	Molto basso
8.90	171.200	104.515	130.878	1.136	1.859	0.9781628	150.876	0.932	0.399	0.093	4.294	0	Molto basso
9.10	175.200	106.554	129.620	1.136	1.862	0.9687601	149.768	0.930	0.392	0.093	4.210	0	Molto basso
9.30	179.200	108.592	128.398	1.136	1.866	0.9596234	148.692	0.926	0.386	0.093	4.144	0	Molto basso
9.50	183.200	110.631	127.209	1.137	1.869	0.9507405	147.646	0.920	0.379	0.093	4.084	0	Molto basso
9.70	187.200	112.670	126.053	1.137	1.872	0.9420998	146.628	0.915	0.373	0.093	4.028	0	Molto basso
9.90	191.200	114.708	124.928	1.137	1.875	0.9336904	145.639	0.910	0.367	0.092	3.975	0	Molto basso
10.10	195.200	116.747	123.832	1.138	1.877	0.9255022	144.676	0.904	0.362	0.092	3.925	0	Molto basso
10.30	199.200	118.786	122.765	1.138	1.880	0.9175259	143.738	0.899	0.356	0.092	3.877	0	Molto basso

10.50	203.200	120.824	121.725	1.138	1.883	0.9097523	142.824	0.894	0.351	0.092	3.832	0	Molto basso
10.70	207.200	122.863	120.711	1.139	1.886	0.9021729	141.934	0.888	0.346	0.091	3.789	0	Molto basso
10.90	211.200	124.902	119.722	1.139	1.889	0.8947799	141.066	0.883	0.341	0.091	3.749	0	Molto basso
11.10	215.200	126.940	118.756	1.139	1.891	0.8875657	140.219	0.878	0.336	0.091	3.710	0	Molto basso
11.30	219.200	128.979	117.814	1.140	1.894	0.8805232	139.393	0.872	0.332	0.090	3.674	0	Molto basso
11.50	223.200	131.018	116.894	1.140	1.897	0.8736458	138.587	0.867	0.328	0.090	3.639	0	Molto basso
11.70	227.200	133.056	115.995	1.140	1.899	0.866927	137.800	0.862	0.323	0.090	3.607	0	Molto basso
11.90	231.200	135.095	115.116	1.141	1.902	0.8603609	137.031	0.856	0.319	0.089	3.576	0	Molto basso
12.10	235.200	137.134	153.710	0.901	1.740	0.8539416	163.637	0.851	0.487	0.089	5.481	0	Molto basso
12.30	239.200	139.172	152.580	0.901	1.742	0.8476641	162.685	0.846	0.480	0.089	5.425	0	Molto basso
12.50	243.200	141.211	151.474	0.901	1.744	0.8415229	161.753	0.840	0.474	0.088	5.370	0	Molto basso
12.70	247.200	143.250	150.392	0.901	1.747	0.8355134	160.840	0.835	0.467	0.088	5.319	0	Molto basso
12.90	251.200	145.288	149.334	0.901	1.749	0.8296309	159.945	0.830	0.461	0.087	5.269	0	Molto basso
13.10	255.200	147.327	148.297	0.902	1.752	0.8238707	159.067	0.824	0.454	0.087	5.222	0	Molto basso
13.30	259.200	149.366	147.281	0.902	1.754	0.8182288	158.207	0.819	0.448	0.087	5.177	0	Molto basso
13.50	263.200	151.404	146.286	0.902	1.756	0.8127015	157.364	0.814	0.442	0.086	5.133	0	Molto basso
13.70	267.200	153.443	145.311	0.902	1.758	0.8072847	156.537	0.808	0.437	0.086	5.092	0	Molto basso
13.90	271.200	155.482	144.355	0.902	1.760	0.8019747	155.725	0.803	0.431	0.085	5.053	0	Molto basso
14.10	275.200	157.520	143.418	0.903	1.763	0.796768	154.928	0.798	0.426	0.085	5.015	0	Molto basso
14.30	279.200	159.559	142.499	0.903	1.765	0.7916615	154.146	0.792	0.421	0.084	4.980	0	Molto basso
14.50	283.200	161.598	141.597	0.903	1.767	0.7866519	153.379	0.787	0.416	0.084	4.945	0	Molto basso
14.70	287.100	163.536	13.532	6.778	3.111	0.6114853	123.231	0.782	0.254	0.084	1.250	0.00	Molto basso
14.90	290.900	165.375	13.358	6.790	3.115	0.6046867	122.765	0.776	0.252	0.083	1.250	0.00	Molto basso
15.10	294.800	167.314	136.374	0.807	1.747	0.7730978	145.885	0.771	0.369	0.083	4.455	0	Molto basso

15.30	298.800	169.352	135.551	0.807	1.749	0.7684304	145.196	0.765	0.365	0.082	4.431	0	Molto basso
15.50	302.800	171.391	89.981	1.220	2.001	0.7638465	117.099	0.760	0.229	0.082	2.802	0	Molto basso
15.70	306.800	173.430	89.451	1.220	2.003	0.7593437	116.649	0.755	0.228	0.081	2.797	0	Molto basso
15.90	310.800	175.468	88.930	1.221	2.005	0.7549196	116.208	0.749	0.226	0.081	2.793	0	Molto basso
16.10	314.800	177.507	88.417	1.221	2.007	0.750572	115.774	0.744	0.224	0.080	2.789	0	Molto basso
16.30	318.800	179.546	87.914	1.222	2.009	0.7462986	115.349	0.739	0.223	0.080	2.786	0	Molto basso
16.50	322.800	181.584	87.419	1.222	2.011	0.7420974	114.931	0.733	0.221	0.079	2.784	0	Molto basso
16.70	326.800	183.623	55.347	2.231	2.333	0.7379663	113.936	0.728	0.218	0.079	2.755	0	Molto basso
16.90	330.800	185.662	55.043	2.232	2.335	0.7339034	113.682	0.723	0.217	0.078	2.761	0	Molto basso
17.10	334.800	187.700	54.743	2.233	2.337	0.729907	113.431	0.717	0.216	0.078	2.766	0	Molto basso
17.30	338.800	189.739	54.448	2.234	2.339	0.7259752	113.185	0.712	0.215	0.077	2.773	0	Molto basso
17.50	342.800	191.778	54.158	2.236	2.340	0.7221061	112.943	0.707	0.214	0.077	2.780	0	Molto basso
17.70	346.800	193.816	53.872	2.237	2.342	0.7182983	112.705	0.701	0.213	0.076	2.787	0	Molto basso
17.90	350.800	195.855	53.591	2.238	2.344	0.7145501	112.472	0.696	0.212	0.076	2.795	0	Molto basso
18.10	354.800	197.894	53.315	2.239	2.346	0.71086	112.242	0.691	0.212	0.075	2.803	0	Molto basso
18.30	358.800	199.932	53.042	2.241	2.348	0.7072265	112.015	0.685	0.211	0.075	2.811	0	Molto basso
18.50	362.800	201.971	98.018	1.032	1.926	0.7036481	119.000	0.680	0.237	0.074	3.180	0	Molto basso
18.70	366.800	204.010	97.527	1.032	1.927	0.7001234	118.580	0.675	0.235	0.074	3.180	0	Molto basso
18.90	370.800	206.048	97.044	1.033	1.929	0.6966513	118.166	0.669	0.233	0.073	3.180	0	Molto basso
19.10	374.800	208.087	96.567	1.033	1.931	0.6932303	117.758	0.664	0.232	0.073	3.181	0	Molto basso
19.30	378.800	210.126	96.097	1.033	1.933	0.6898592	117.356	0.659	0.230	0.072	3.183	0	Molto basso
19.50	382.800	212.164	95.635	1.033	1.934	0.6865368	116.961	0.653	0.229	0.072	3.185	0	Molto basso
19.70	386.800	214.203	95.178	1.034	1.936	0.6832619	116.572	0.648	0.227	0.071	3.188	0	Molto basso
19.90	390.800	216.242	94.729	1.034	1.938	0.6800334	116.188	0.643	0.226	0.071	3.191	0	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.27

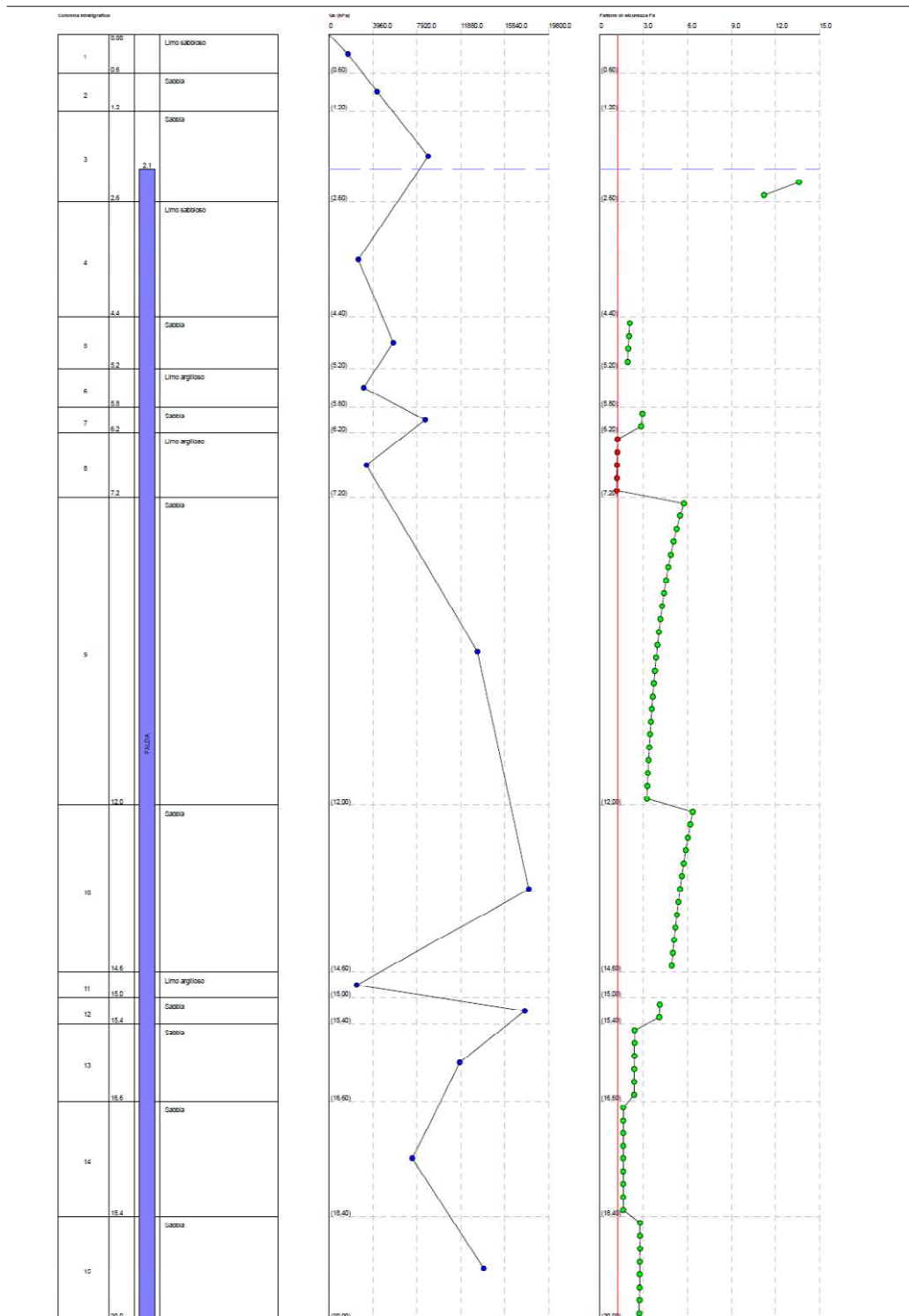
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata F(%)	Indice di comporamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
2.30	41.200	39.239	88.330	1.796	1.979	1.606946	195.053	1.021	0.916	0.091	13.603	0.00	Molto basso
2.50	45.200	41.277	88.330	1.797	1.986	1.56676	191.311	1.018	0.789	0.094	11.217	0.00	Molto basso
2.70	49.150	43.266	26.153	4.614	2.619	1.745161	191.311	1.014	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
2.90	53.050	45.205	26.153	4.621	2.627	1.702949	191.311	1.010	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
3.10	56.950	47.143	26.153	4.628	2.636	1.660979	191.311	1.006	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
3.30	60.850	49.082	26.153	4.635	2.643	1.622805	191.311	1.003	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
3.50	64.750	51.021	26.153	4.642	2.652	1.585013	191.311	0.999	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
3.70	68.650	52.959	26.153	4.649	2.659	1.550292	191.311	0.995	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
3.90	72.550	54.898	26.153	4.656	2.667	1.517036	191.311	0.991	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
4.10	76.450	56.837	26.153	4.663	2.675	1.4843	191.311	0.987	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
4.30	80.350	58.775	26.153	4.670	2.682	1.453833	191.311	0.982	0.789	0.094	0.000	0.00	Molto basso
4.50	84.300	60.764	57.242	1.575	2.134	1.329007	121.693	0.978	0.183	0.115	2.064	0.00	Molto basso
4.70	88.300	62.803	57.242	1.576	2.140	1.30721	120.329	0.974	0.180	0.116	2.010	0.00	Molto basso
4.90	92.300	64.841	57.242	1.577	2.145	1.285609	118.974	0.970	0.177	0.117	1.960	0.00	Molto basso
5.10	96.300	66.880	57.242	1.578	2.151	1.265296	117.698	0.965	0.175	0.117	1.915	0.00	Molto basso
5.30	100.200	68.819	30.891	3.961	2.615	1.299802	117.698	0.961	0.175	0.117	0.000	0.00	Molto basso
5.50	104.000	70.657	30.891	3.966	2.621	1.277927	117.698	0.956	0.175	0.117	0.000	0.00	Molto basso
5.70	107.800	72.496	30.891	3.971	2.627	1.257079	117.698	0.952	0.175	0.117	0.000	0.00	Molto basso

5.90	111.700	74.435	85.566	1.870	2.099	1.16673	150.398	0.947	0.273	0.120	2.923	0.00	Molto basso
6.10	115.700	76.473	85.566	1.870	2.103	1.151363	148.947	0.943	0.267	0.121	2.840	0.00	Molto basso
6.30	119.650	78.462	33.358	3.374	2.572	1.189906	82.658	0.938	0.116	0.121	1.228	0.00	Molto basso
6.50	123.550	80.401	33.358	3.378	2.578	1.170992	81.853	0.933	0.115	0.121	1.212	0.00	Molto basso
6.70	127.450	82.339	33.358	3.382	2.584	1.152785	81.078	0.929	0.114	0.121	1.197	0.00	Molto basso
6.90	131.350	84.278	33.358	3.386	2.590	1.135124	80.325	0.924	0.113	0.122	1.184	0.00	Molto basso
7.10	135.250	86.217	33.358	3.390	2.595	1.117935	79.592	0.919	0.112	0.122	1.171	0.00	Molto basso
7.30	139.200	88.205	132.050	1.133	1.837	1.071792	180.808	0.914	0.549	0.122	5.757	0.00	Molto basso
7.50	143.200	90.244	132.050	1.133	1.841	1.059617	179.326	0.910	0.525	0.122	5.494	0.00	Molto basso
7.70	147.200	92.283	132.050	1.134	1.845	1.047847	177.891	0.905	0.503	0.122	5.260	0.00	Molto basso
7.90	151.200	94.321	132.050	1.134	1.848	1.036461	176.502	0.900	0.484	0.122	5.050	0.00	Molto basso
8.10	155.200	96.360	132.050	1.134	1.852	1.025439	175.155	0.895	0.466	0.122	4.861	0.00	Molto basso
8.30	159.200	98.399	132.050	1.135	1.855	1.01476	173.849	0.890	0.450	0.122	4.691	0.00	Molto basso
8.50	163.200	100.437	132.050	1.135	1.859	1.004409	172.582	0.885	0.435	0.122	4.537	0.00	Molto basso
8.70	167.200	102.476	132.050	1.135	1.862	0.9943677	171.351	0.880	0.421	0.121	4.397	0.00	Molto basso
8.90	171.200	104.515	132.050	1.136	1.866	0.9846218	170.155	0.875	0.409	0.121	4.270	0.00	Molto basso
9.10	175.200	106.554	132.050	1.136	1.869	0.975157	168.992	0.870	0.398	0.121	4.154	0.00	Molto basso
9.30	179.200	108.592	132.050	1.136	1.872	0.96596	167.861	0.865	0.387	0.121	4.048	0.00	Molto basso
9.50	183.200	110.631	132.050	1.137	1.875	0.9570184	166.760	0.860	0.377	0.120	3.950	0.00	Molto basso
9.70	187.200	112.670	132.050	1.137	1.878	0.9483206	165.688	0.855	0.368	0.120	3.861	0.00	Molto basso
9.90	191.200	114.708	132.050	1.137	1.881	0.9398558	164.643	0.850	0.360	0.120	3.778	0.00	Molto basso
10.10	195.200	116.747	132.050	1.138	1.884	0.9316136	163.625	0.845	0.352	0.119	3.702	0.00	Molto basso
10.30	199.200	118.786	132.050	1.138	1.887	0.9235845	162.632	0.840	0.344	0.119	3.632	0.00	Molto basso
10.50	203.200	120.824	132.050	1.138	1.890	0.9157596	161.663	0.835	0.337	0.119	3.567	0.00	Molto basso

10.70	207.200	122.863	132.050	1.139	1.893	0.9081301	160.718	0.830	0.331	0.118	3.506	0.00	Molto basso
10.90	211.200	124.902	132.050	1.139	1.896	0.9006883	159.795	0.825	0.325	0.118	3.450	0.00	Molto basso
11.10	215.200	126.940	132.050	1.139	1.899	0.8934264	158.893	0.820	0.319	0.118	3.398	0.00	Molto basso
11.30	219.200	128.979	132.050	1.140	1.901	0.8863375	158.012	0.815	0.314	0.117	3.350	0.00	Molto basso
11.50	223.200	131.018	132.050	1.140	1.904	0.8794146	157.150	0.810	0.308	0.117	3.304	0.00	Molto basso
11.70	227.200	133.056	132.050	1.140	1.907	0.8726515	156.308	0.805	0.303	0.116	3.262	0.00	Molto basso
11.90	231.200	135.095	132.050	1.141	1.909	0.866042	155.484	0.800	0.299	0.116	3.223	0.00	Molto basso
12.10	235.200	137.134	177.646	0.901	1.746	0.8595804	183.170	0.795	0.592	0.115	6.363	0.00	Molto basso
12.30	239.200	139.172	177.646	0.901	1.749	0.8532614	182.204	0.791	0.574	0.115	6.189	0.00	Molto basso
12.50	243.200	141.211	177.646	0.901	1.751	0.8470797	181.259	0.786	0.557	0.114	6.028	0.00	Molto basso
12.70	247.200	143.250	177.646	0.901	1.753	0.8410305	180.335	0.781	0.541	0.114	5.880	0.00	Molto basso
12.90	251.200	145.288	177.646	0.901	1.756	0.8351091	179.429	0.776	0.527	0.113	5.741	0.00	Molto basso
13.10	255.200	147.327	177.646	0.902	1.758	0.8293108	178.543	0.771	0.513	0.113	5.613	0.00	Molto basso
13.30	259.200	149.366	177.646	0.902	1.761	0.8236318	177.674	0.766	0.500	0.112	5.493	0.00	Molto basso
13.50	263.200	151.404	177.646	0.902	1.763	0.8180678	176.823	0.761	0.488	0.112	5.382	0.00	Molto basso
13.70	267.200	153.443	177.646	0.902	1.765	0.8126153	175.989	0.756	0.477	0.111	5.278	0.00	Molto basso
13.90	271.200	155.482	177.646	0.902	1.768	0.8072702	175.171	0.752	0.466	0.111	5.181	0.00	Molto basso
14.10	275.200	157.520	177.646	0.903	1.770	0.8020292	174.368	0.747	0.456	0.110	5.090	0.00	Molto basso
14.30	279.200	159.559	177.646	0.903	1.772	0.796889	173.581	0.742	0.446	0.110	5.005	0.00	Molto basso
14.50	283.200	161.598	177.646	0.903	1.774	0.7918463	172.809	0.737	0.438	0.109	4.925	0.00	Molto basso
14.70	287.100	163.536	24.673	6.778	3.082	0.6770543	172.809	0.733	0.438	0.109	0.000	0.00	Molto basso
14.90	290.900	165.375	24.673	6.790	3.086	0.6704996	172.809	0.728	0.438	0.109	0.000	0.00	Molto basso
15.10	294.800	167.314	174.093	0.807	1.755	0.7782027	164.763	0.723	0.361	0.108	4.112	0.00	Molto basso
15.30	298.800	169.352	174.093	0.807	1.757	0.7735045	164.076	0.719	0.355	0.107	4.069	0.00	Molto basso

15.50	302.800	171.391	116.260	1.220	2.016	0.7584369	131.121	0.714	0.206	0.107	2.394	0.00	Molto basso
15.70	306.800	173.430	116.260	1.220	2.019	0.7531903	130.510	0.710	0.204	0.106	2.386	0.00	Molto basso
15.90	310.800	175.468	116.260	1.221	2.021	0.7480183	129.907	0.705	0.203	0.106	2.379	0.00	Molto basso
16.10	314.800	177.507	116.260	1.221	2.024	0.7424214	129.252	0.701	0.201	0.105	2.371	0.00	Molto basso
16.30	318.800	179.546	116.260	1.222	2.027	0.7373776	128.663	0.696	0.200	0.104	2.364	0.00	Molto basso
16.50	322.800	181.584	116.260	1.222	2.029	0.7324037	128.081	0.692	0.198	0.104	2.358	0.00	Molto basso
16.70	326.800	183.623	74.019	2.231	2.376	0.6849684	95.136	0.687	0.135	0.103	1.621	0.00	Molto basso
16.90	330.800	185.662	74.019	2.232	2.379	0.6796337	94.659	0.683	0.134	0.103	1.620	0.00	Molto basso
17.10	334.800	187.700	74.019	2.233	2.382	0.6739076	94.147	0.679	0.133	0.102	1.619	0.00	Molto basso
17.30	338.800	189.739	74.019	2.234	2.385	0.668721	93.684	0.674	0.132	0.102	1.618	0.00	Molto basso
17.50	342.800	191.778	74.019	2.236	2.387	0.6636117	93.226	0.670	0.132	0.101	1.617	0.00	Molto basso
17.70	346.800	193.816	74.019	2.237	2.390	0.6585783	92.776	0.666	0.131	0.101	1.617	0.00	Molto basso
17.90	350.800	195.855	74.019	2.238	2.393	0.6536189	92.332	0.662	0.130	0.100	1.617	0.00	Molto basso
18.10	354.800	197.894	74.019	2.239	2.396	0.6487319	91.894	0.658	0.130	0.100	1.617	0.00	Molto basso
18.30	358.800	199.932	74.019	2.241	2.399	0.643916	91.462	0.654	0.129	0.099	1.616	0.00	Molto basso
18.50	362.800	201.971	137.478	1.032	1.938	0.7055886	136.756	0.650	0.222	0.099	2.764	0.00	Molto basso
18.70	366.800	204.010	137.478	1.032	1.940	0.7014627	136.224	0.646	0.220	0.098	2.758	0.00	Molto basso
18.90	370.800	206.048	137.478	1.033	1.942	0.6973869	135.698	0.642	0.219	0.098	2.752	0.00	Molto basso
19.10	374.800	208.087	137.478	1.033	1.945	0.6925753	135.074	0.638	0.217	0.097	2.742	0.00	Molto basso
19.30	378.800	210.126	137.478	1.033	1.947	0.688581	134.558	0.634	0.215	0.097	2.736	0.00	Molto basso
19.50	382.800	212.164	137.478	1.033	1.949	0.6846341	134.047	0.630	0.214	0.096	2.731	0.00	Molto basso
19.70	386.800	214.203	137.478	1.034	1.951	0.6807338	133.541	0.626	0.213	0.096	2.726	0.00	Molto basso
19.90	390.800	216.242	137.478	1.034	1.953	0.6768793	133.042	0.623	0.211	0.095	2.721	0.00	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Basso



**Sulla base delle verifiche eseguite con diversi metodi sulle tre verticali di prova CPT, il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta = 0 molto basso.
I terreni presenti in sito non sono liquefacibili o a rischio liquefazione molto basso.**

6. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Committente si produce una modellazione geologica del sito, un'analisi di pericolosità sismica locale, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda dei terreni interessati dalla lottizzazione residenziale denominata "Corte Nuova ATR 502" sito in Comune di Curtatone presso la frazione di San Silvestro in Via Ferruccio Parri/ Via Vittorina Gementi.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici del profilo stratigrafico nel sito di studio sono ricavati dai risultati di:

- n. 3 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico eseguite in sito in data 27/06/2016;
- n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche di bibliografia eseguite in sito in data 10/10/2012.

Tutte le prove sono state realizzate dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Le prove sono state spinte alla profondità di rifiuto - 20.00 metri dal piano campagna per la definizione in dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota.

Al fine di definire il modello geologico del sottosuolo, il profilo di V_{s30} , la profondità del bedrock per un'analisi di pericolosità sismica locale sito specifica sono state effettuate le seguenti prove in cantiere in data 23/06/2016:

- n. 1 indagine sismica passiva di microtremitori HVSR;
- n.1 indagini sismica passiva ESAC (onde Rayleigh);
- n. 1 indagine sismica attiva MASW (onde Rayleigh).

Si allega in epigrafe la relazione di modellazione sismica redatta dal Dott. Geol. Lorenzo del Maschio (All. n.5).

La zona oggetto di studio si trova nel centro cittadino di San Silvestro, in zona residenziale ad una quota media di 23 m slm.

Le coordinate geografiche dell'area sono 45° 07' 46.99"N e 10° 44' 40.02"E.

Il sito ha accesso da Via Ferruccio Parri e Via Vittorina Gementi.

I centri abitati vicini sono:

Mantova a circa 4.80 Km a nord-est

Frazione di Levata a circa 1.80 Km a sud-est

Frazione di Buscolto a circa 5.60 Km a sud-ovest

Frazione di Montanara a circa 1.90 Km a ovest-sud-ovest

Frazione di Eremo a circa 0.80 Km a nord-ovest

Oltre che a varie frazioni e località.

Il territorio comunale di Curtatone si estende su una superficie di circa 67 Km² occupando una porzione nel tratto centro meridionale della pianura mantovana.

I confini amministrativi interessano : a Nord i comuni di Rodigo e di Porto Mantovano; a Nord-Est il comune di Mantova; ad Est il comune di Virgilio; a Sud Sud-Est il comune di Borgoforte; ad Ovest i comuni di Marcaria e Castellucchio. A Nord, il confine comunale coincide con il corso principale del fiume Mincio che, in zona, presenta numerose diramazioni.

Secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Mantova, l'area di interesse ricade all'interno dell'unità di paesaggio indicata con il numero 4 "Bassa Pianura".

La perimetrazione dell'Unità di Paesaggio n. 4 fa riferimento prevalentemente al pedopaesaggio LF "Porzione meridionale del livello fondamentale della pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo". L'Unità di Paesaggio è formata dal punto di vista morfologico da una fascia di bassa pianura alluvionale compresa tra i corsi dei fiumi Oglio e Mincio, oltre ad una porzione di territorio situata in sinistra Mincio. Si tratta complessivamente di un territorio pianeggiante di origine fluviale e fluvioglaciale rimaneggiato dall'azione erosivo-deposizionale dei corsi d'acqua (Oglio, Chiese, Mincio), dolcemente ondulato e degradante da nord-ovest a sud-est. Nell'ambito si localizzano elementi geomorfologici della pianura legati ai paleo alvei e agli orli di terrazzi di erosione fluvio-torrentizia.

L'area si trova ubicata in una zona priva di evidenze morfologiche.

Nel territorio del Comune di Curtatone la Componente geologica del PGT Comunale definisce, agli ambiti omogenei (per pericolosità geologica, geotecnica, vulnerabilità idraulica e idrogeologica) individuati nella fase di sintesi, quattro classi di fattibilità e relative sottoclassi, nella CARTA DI FATTIBILITÀ E DELLE AZIONI DI PIANO.

Il sito di studio ricade nella classe di fattibilità 3 e sottoclasse V "La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

In tutte le aree a Classe di fattibilità 3 è vietata la realizzazione di:

- *opere che interferiscano direttamente con la falda;*
- *opere che consentano la dispersione in falda di acque superficiali provenienti da strade, piazze e/o aree pavimentate, ovvero prive di superfici naturalmente o artificialmente drenanti.*

E' invece consentita la dispersione in falda di acque superficiali provenienti da tetti e/o similari (come nel sito in oggetto dove è prevista la realizzazione di edifici residenziali).

Quindi il piano di lottizzazione in oggetto è in classe di fattibilità 3 per elevata vulnerabilità dell'acquifero principale dovuta alla presenza di depositi sabbiosi ad alta permeabilità fin dalla superficie. Il livello di falda più alto misurato nei fori di prova si posiziona alla quota di - 2.10 m dal p.c. Il nuovo insediamento è di tipo residenziale, quindi è un'opera il cui uso non è pericoloso per rischio inquinamento falda.

Il progetto prevede superfici a verde pubblico e privato naturalmente drenanti il rapporto superfici a verde ed edificate è pari al 50%, l'area è perimetrata da un fossato di scolo che drena le acque meteoriche provenienti da tetti e/o simili.

La sequenza stratigrafica si presenta con strati aventi diverse litologie e caratteristiche meccaniche:

- Da 0.00 m a -6.00/7.00 m si trovano sabbie mediamente addensate alternate da livelli di limi argillosi compatti;
- Da - 6.00/7.00 m a - 20.00 m si trovano sabbie addensate.

Sintetizzando, nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate. Si precisa che risulta più corretto definire un intervallo di confidenza (range) dei parametri geotecnici in condizioni drenate anziché fissare un unico valore restrittivo in quanto stimati in base a correlazioni empiriche della geotecnica classica (Schmertmann, 1978; Robertson e Campanella, 1983). Si ritiene quindi più opportuno accompagnare la stima dei parametri geotecnici in condizioni drenate con un intervallo di valori anziché fissarne uno unico.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c' _k (kPa)	ϕ'_k (°)	C _{uk} (kPa)
0.00 - 6.00/7.00	Alteranza sabbie mediamente addensate e argille compatte	18	20	0	25÷27	0
		17	19	8÷10	16÷18	60
6.00/7.00 - 20.00	Sabbie addensate	18	20	0	30÷32	0

Si riportano, inoltre, i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff.di Poisson (v)	Modulo elastico E'(kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 - 6.00/7.00	Alteranza sabbie mediamente addensate e argille compatte	18	20	0.35	15000÷20000	0
		17	19	0.42	0	8000÷9000
6.00/7.00 - 20.00	Sabbie addensate	18	20	0.35	25000÷30000	0

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni studiati, sono state definite le **resistenze in condizione drenate e statiche per FONDAZIONE SUPERFICIALE A PLATEA IMPOSTATA A - 0.60 m dal p.c.**

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 1

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 253.71 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 140.95 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10148.29 kN/m³

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 2

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 500.0 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 217.39 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 20000.12 kN/m³

Per quanto attiene l'analisi di pericolosità sismica del sito, considerando in una analisi di primo livello che:

- I terreni presenti nel sito di studio sono sabbie mediamente addensate alternate ad argille compatte fino a - 6.00/7.00 metri passanti a sabbie addensate;
- Il livello della falda è stato misurato nel foro di prova in data 27/06/2016, alla quota variabile d - 2.10 m a - 2.90 m; in data 10/10/2012 il livello della falda è stato misurato alla quota di - 3.50 m;
- Il sito è completamente pianeggiante;
- La Magnitudo momento definita sulla base della zona Sismogenetica più vicina al sito $M_w = 6.60$ (Zona Sismogenetica 906)

Risulta che gli elementi geologici e geomorfologici e litostratigrafici che possono generare effetti locali nel sito in questione sulla base dell'intensità e degli effetti dei sismi nel passato sono:

- Litotipi del substrato con Vs intorno a 800 m/sec;
- Depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera a profondità minore di 15 m dal piano che possono generare fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

Quindi secondo la tabella di seguito esposta e la Carta di Pericolosità Sismica Locale, redatta per il PGT Comunale, il sito oggetto d'intervento, si trova **in zona Z4a e Z2 "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi ma con possibile presenza di terreni granulari fini sottofalda a rischio liquefazione"**.

Si è eseguita quindi un'analisi di secondo livello per la definizione dell'amplificazione litostratigrafica e un approfondimento di 3° grado per l'analisi rischio liquefazione in terreni sabbiosi sottofalda.

La ricostruzione del modello geofisico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi di

- n. 1 indagine sismica passiva di microtremitori HVSR;
- n.2 indagini sismica passiva ESAC (onde Rayleigh);
- n. 1 indagine sismica attiva MASW (onde Rayleigh).

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico caratteristico alla frequenza di 0.8 Hz e periodo caratteristico pari a 1.25 s.**

Il rapporto H/V, di ~ 2.2, evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.

Il profilo di V_s con la profondità e la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT.

Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

V_s (30): 250-251 m/s (categoria di sottosuolo C)

Se si fa riferimento alle schede messe a punto dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano (2006), (All. n. 5 D.g.r. 2616 del 30 novembre 2011) quella che meglio si adatta al modello geofisico - geotecnico descritto nei capitoli precedenti per il sito è:

SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

All'interno delle schede di valutazione la curva più appropriata, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, è la curva 2 verde.

Il valore di F_a nell'intervallo 0.1 - 0.5 s e nell'intervallo 0.5 - 1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T calcolato con prove in sito HVSR = 1.25 s. risulta uguale a:

F_a (0.1-0.5 s) = 1.00

F_a (0.5-1.5 s) = 1.60

I valori calcolati vengono confrontati con i valori di F_a di soglia comunale per un sito di tipo C e si ottiene:

F_a sito (0.1-0.5 s) = 1.00 < F_a soglia comunale (0.1-0.5 s) = 1.8

F_a sito (0.5-1.5 s) = 1.60 < F_a soglia comunale (0.5-1.5 s) = 2.3

Al fatto che i valori di F_a risultano inferiori ai valori di soglia corrispondenti consegue che il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa stessa (DM 2008).

E' stato quindi riportato in Fig.20 lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ in superficie su suolo sia di tipo C

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = 0.087 che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il Comune di Curtatone scalato per un coefficiente d'uso 1.0 che corrisponde ad una classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a 2.572.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c è uguale a 0.311 s

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (categoria del suolo C) risulta pari a 1.500.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a 1 poiché il sito è pianeggiante.
Accelerazione attesa in superficie PGA risulta = $a_g \times S_S = 0.13g$.
 $K_h = 0.026$ $K_v = 0.013$ $\beta = 0.20$

La sequenza stratigrafica nel sito di studio ha evidenziato la presenza di terreni sabbiosi alternati a livelli argillosi compatti sottofalda fino alla profondità di - 6.00/7.00 m. Da tale quota fino alla profondità di fine prova sono presenti sabbie addensate.

Sulla stratigrafia riscontrata sulle verticali di prova spinte a 20 metri dal p.c. è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati" con due metodi: Robertson e Wride (1997) e Idriss e Boulanger (2008) con il software Liqueiter Versione 2016.18.4.400 producer by Geostru Software.

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione calcolata in superficie da norma per un suolo di tipo C e tempo di ritorno = 475 anni (classe d'uso II edificio con normali affollamenti):

a_{\max} in superficie (g) = 0.13

$M_w = 6.60$ (M_w max Zona 903 di ZS9, come suggerito dagli ICMS)

Il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nel foro di prova nel giugno 2016 è pari a - 2.10 m dal p.c.

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

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

dove:

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

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

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

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

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) risulta che:

- $IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;
- $0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;
- $2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;
- $5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;
- $IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

Sulla base delle verifiche eseguite con diversi metodi su le tre verticale di prova CPT, il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta = 0 molto basso.
I terreni presenti in sito non sono liquefacibili o a rischio liquefazione molto basso.

Il livello della falda è stato misurato nel foro di prova in data 27/06/2016, alla quota variabile d - 2.10 m a - 2.90 m; in data 10/10/2012 il livello della falda è stato misurato alla quota di - 3.50 m.

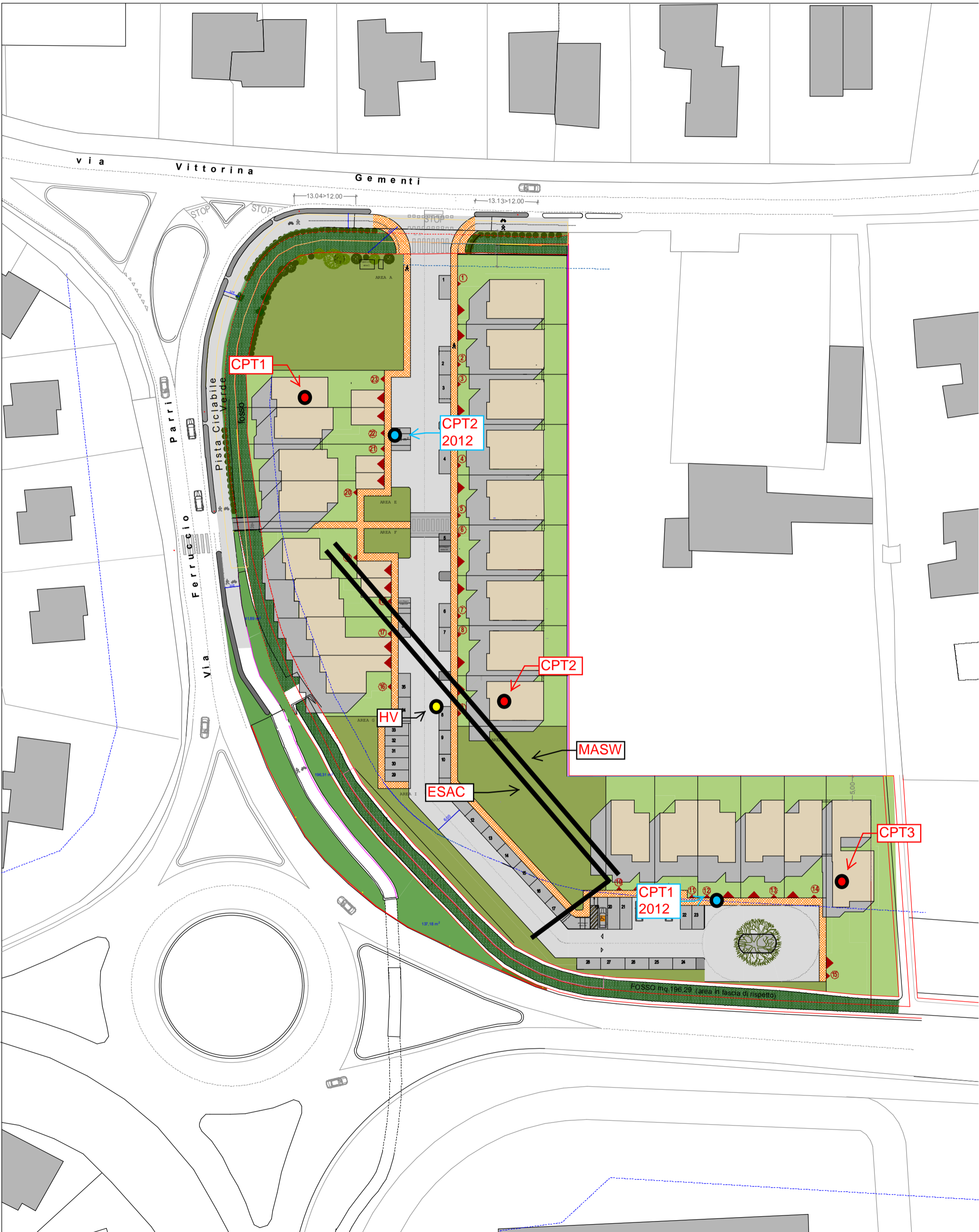
Dott. Geol. RITA BALLISTA



ALLEGATI

1. UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
2. DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT
3. LITOLOGIE DI DETTAGLIO PROVE
4. PARAMETRI GEOTECNICI
5. RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA REDATTA DAL DOTT GEOL LORENZO DEL MASCHIO

Planivolumetrico scala 1:500



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

All.n.2

Strumento utilizzato:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

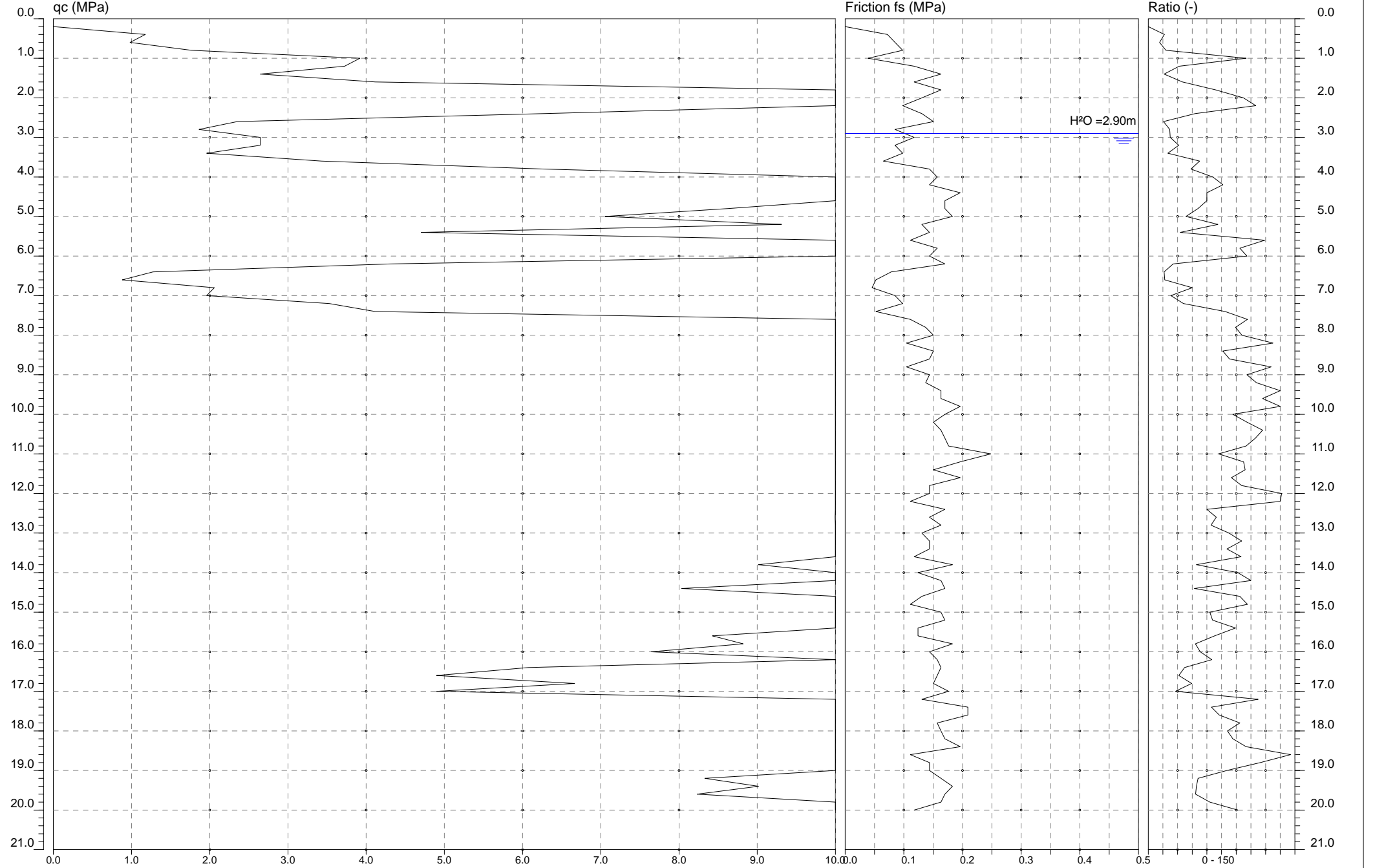


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.90

Prova n° 1



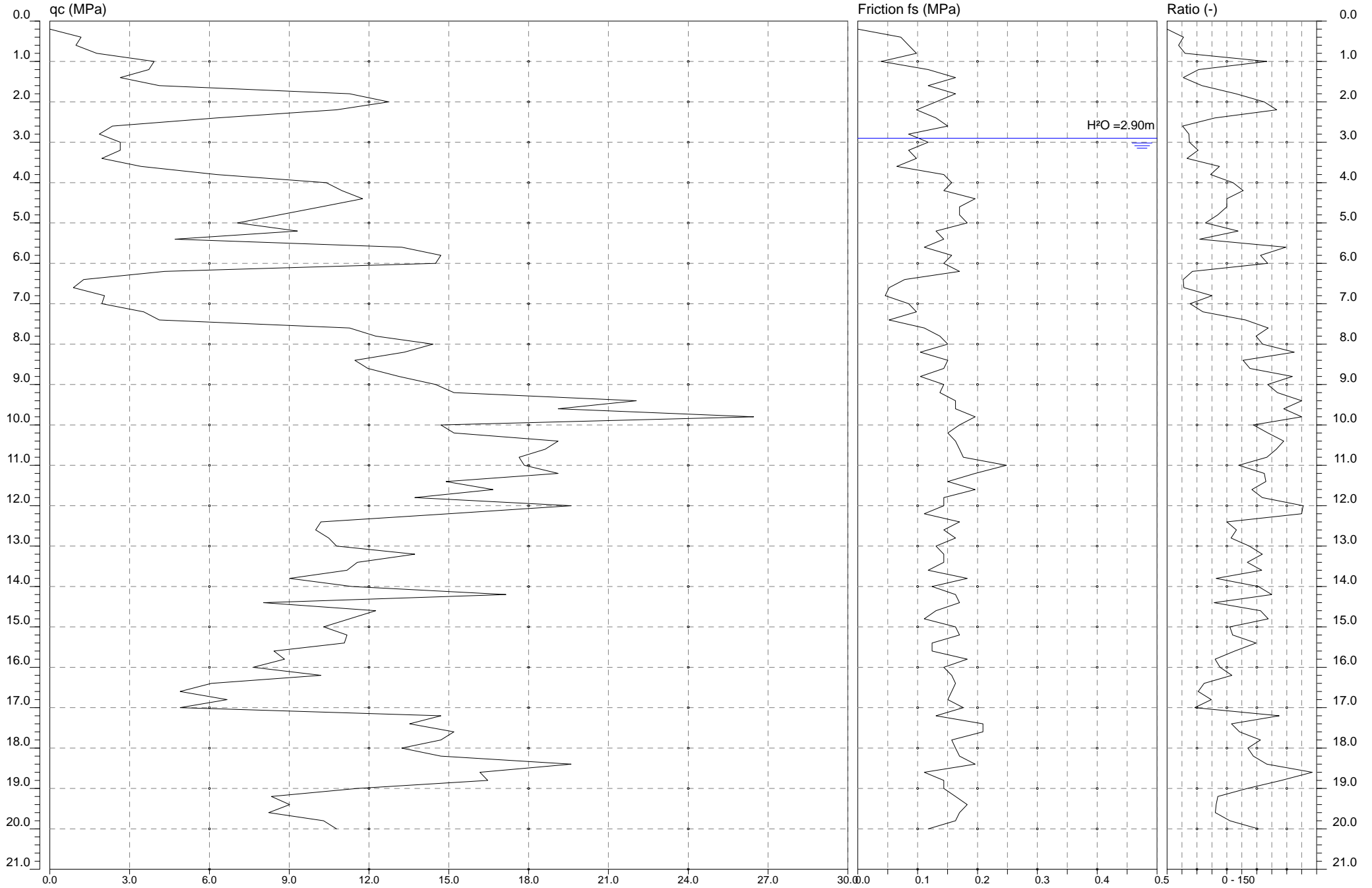


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.90

Prova n° 1



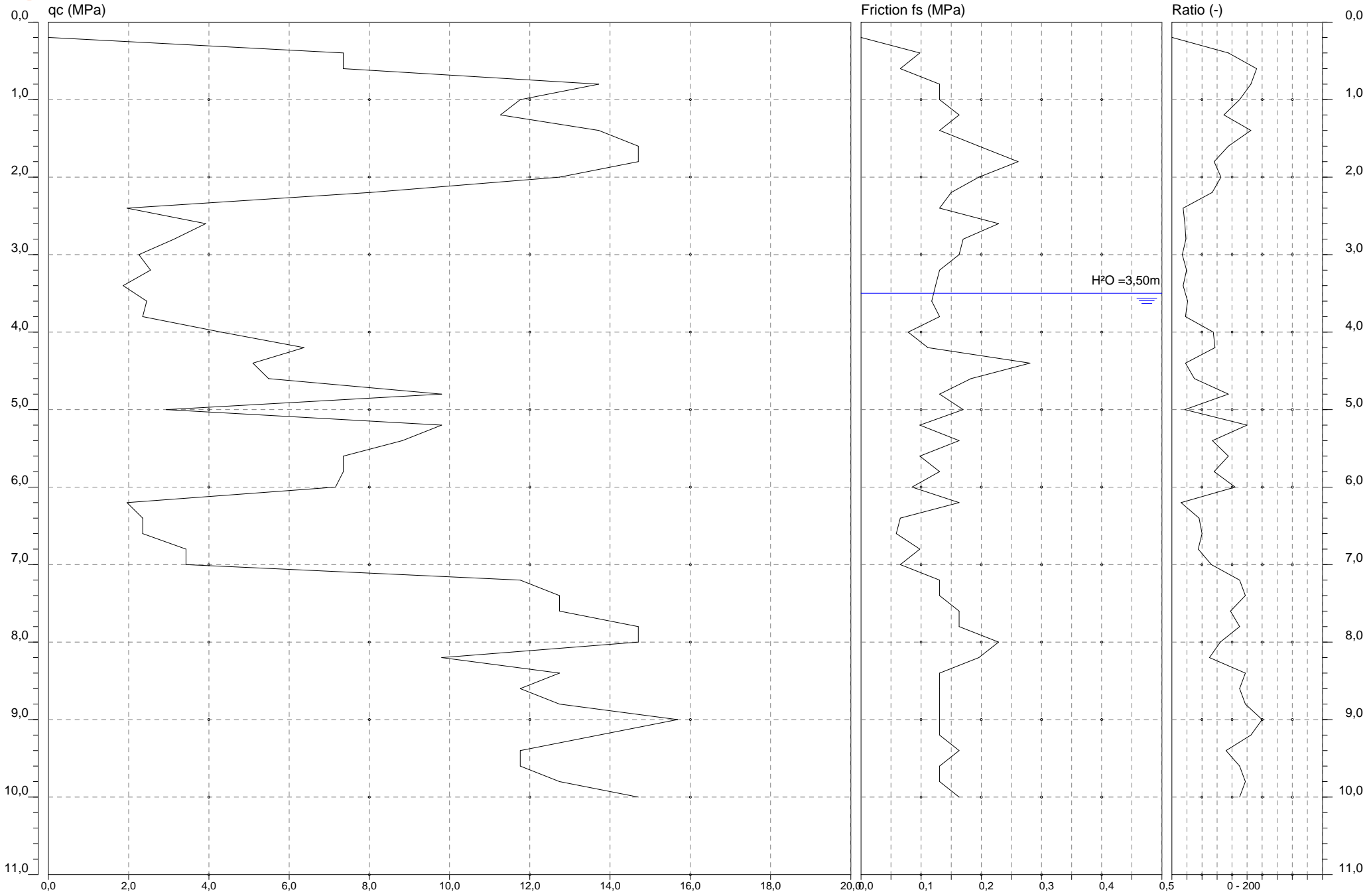


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: Dott ssa VANNA MESSORA
Cantiere: CURTATONE DI MANTOVA
Data: 10/10/2012

Quota: -3,50
Preforo:
Falda: -3,50

Prova n° 1



10,000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

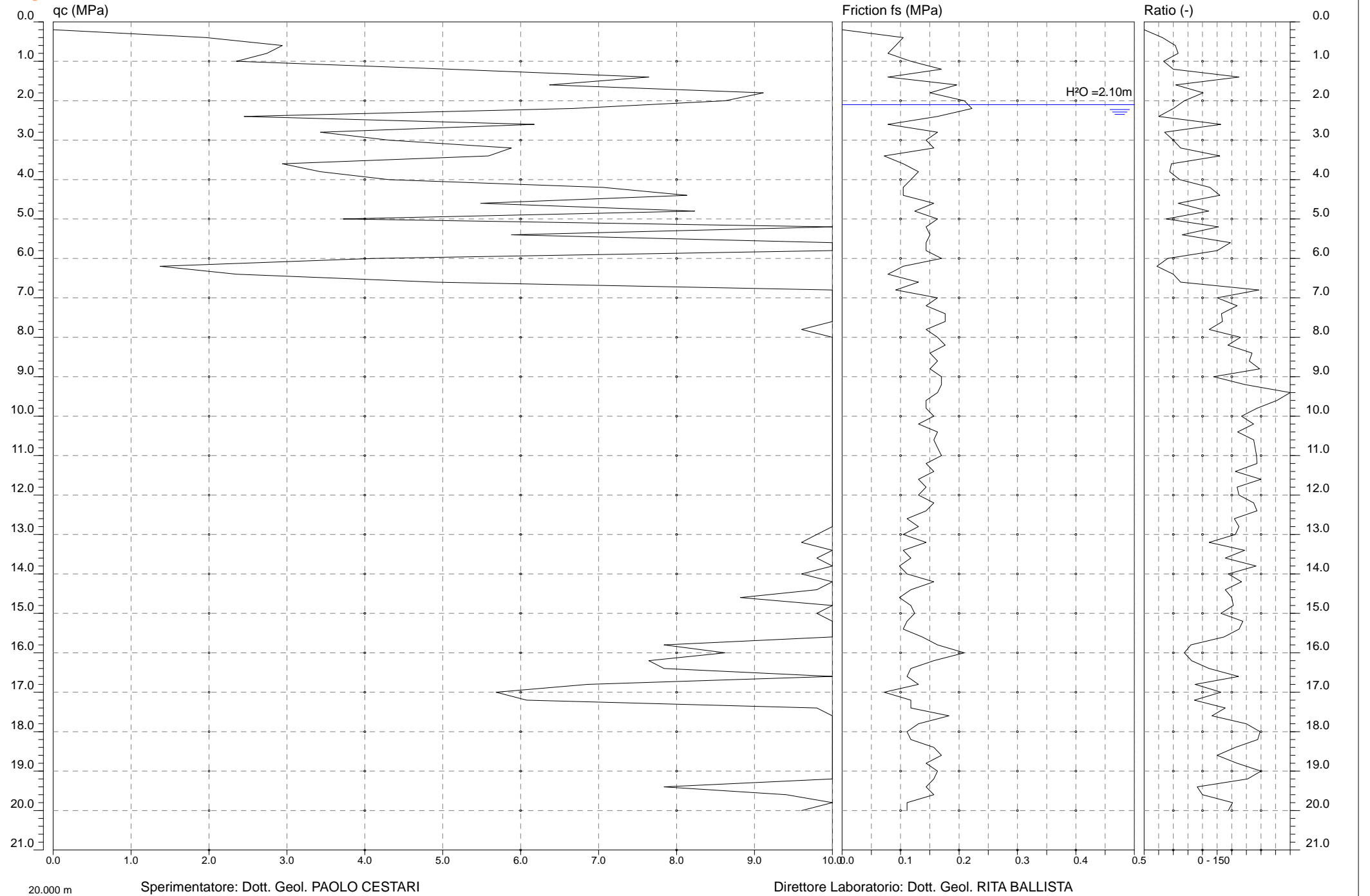


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.10

Prova n° 2



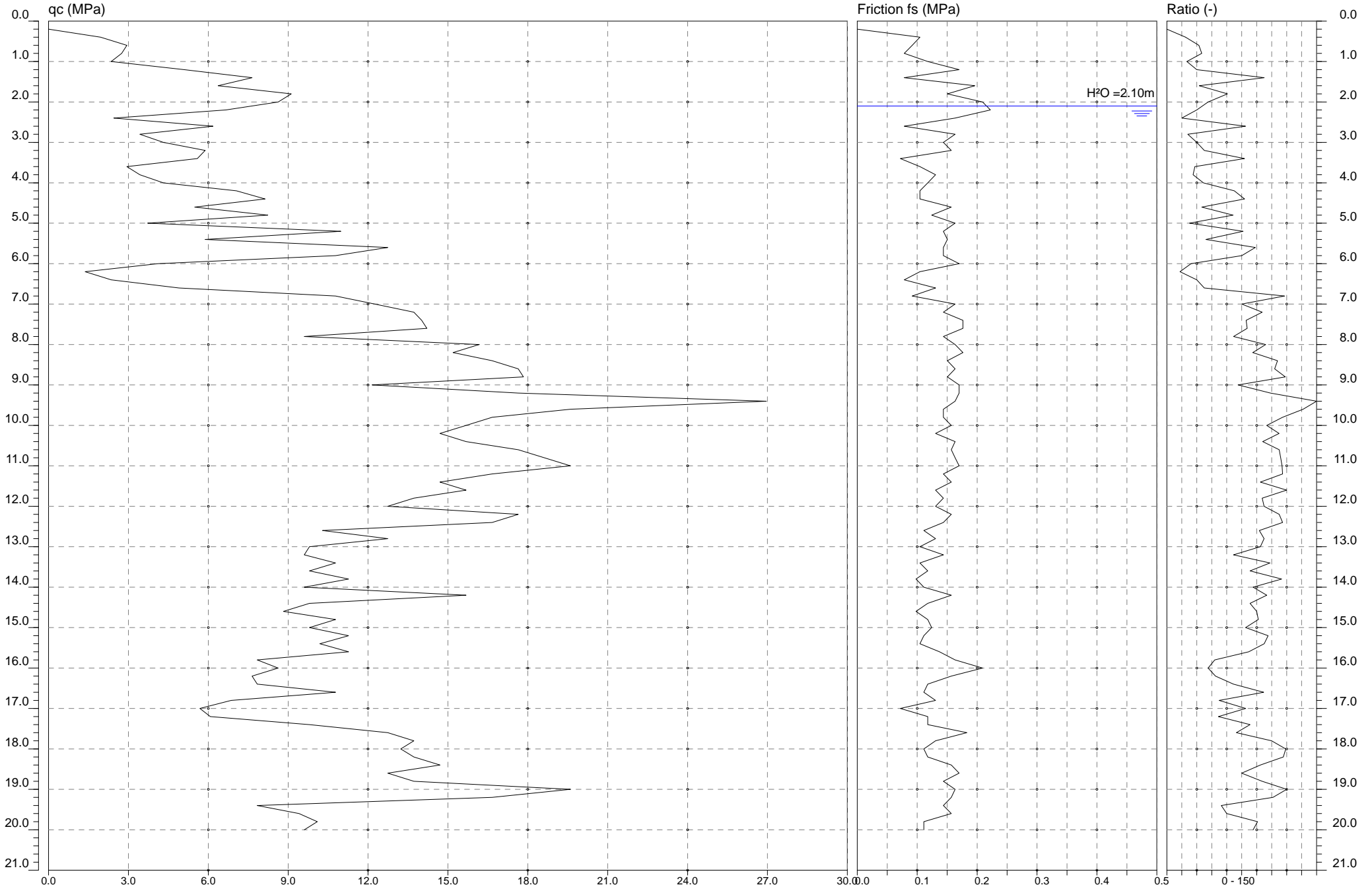


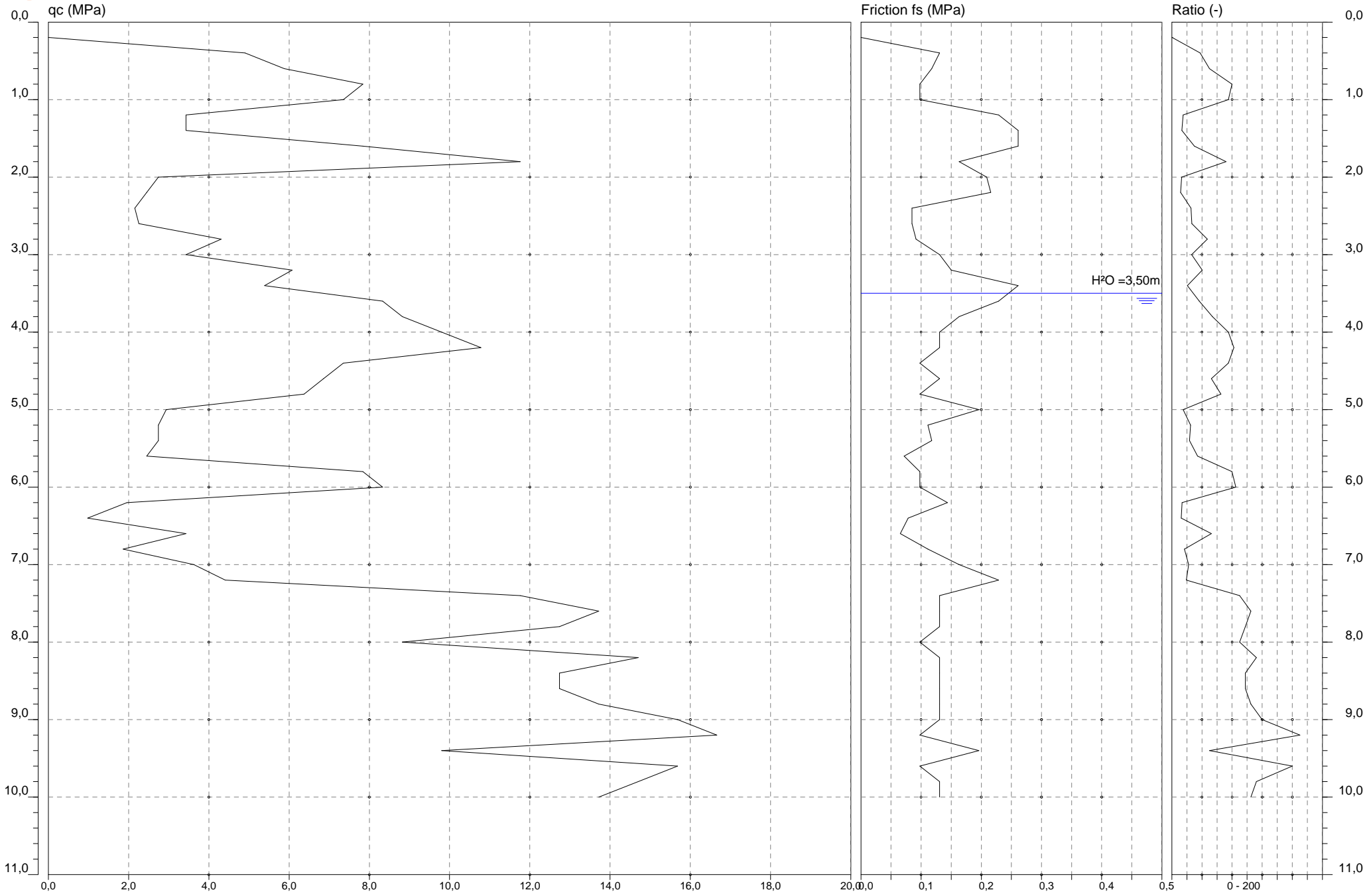
GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.10

Prova n° 2





10,000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

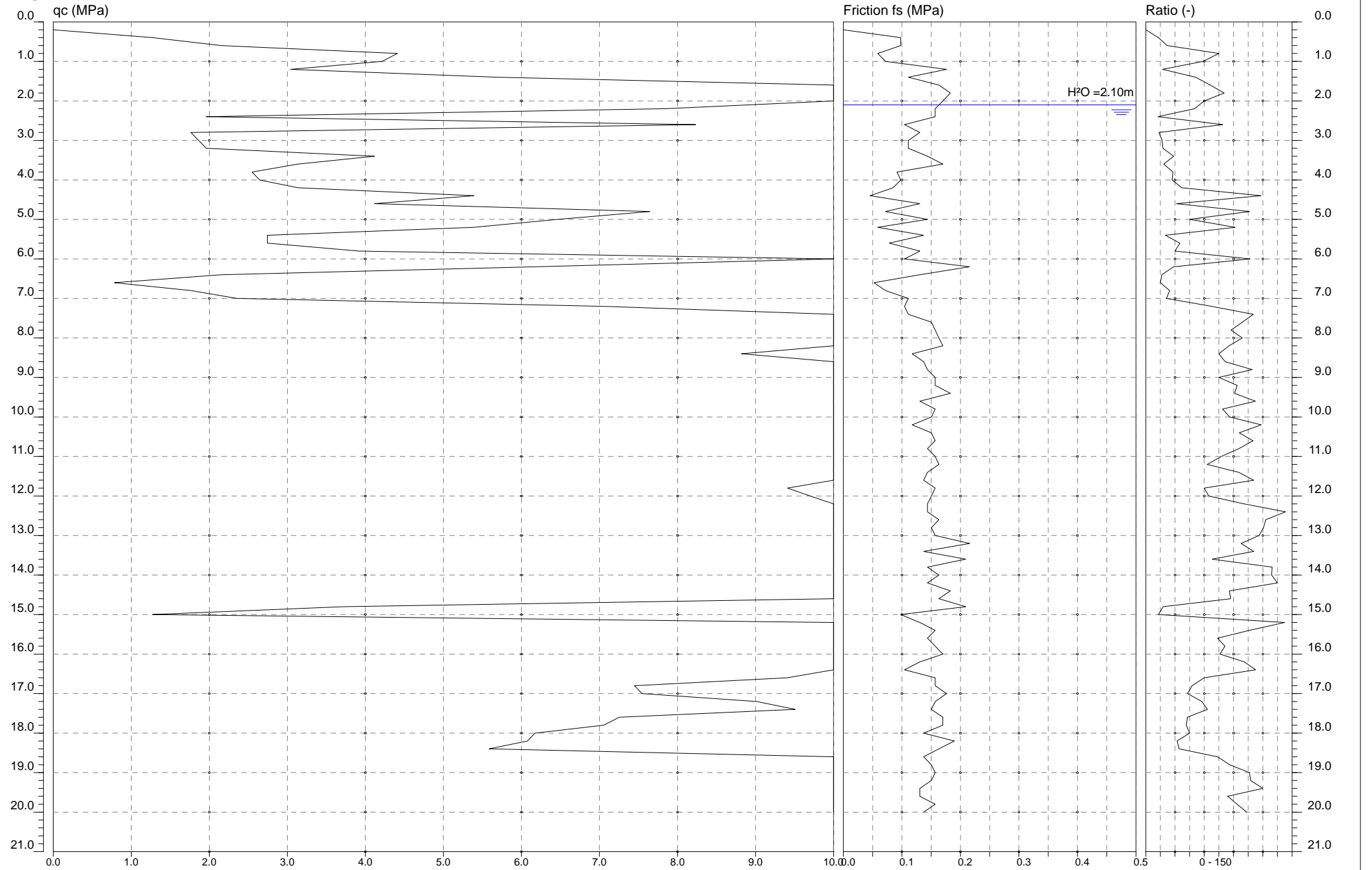


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.10

Prova n° 3



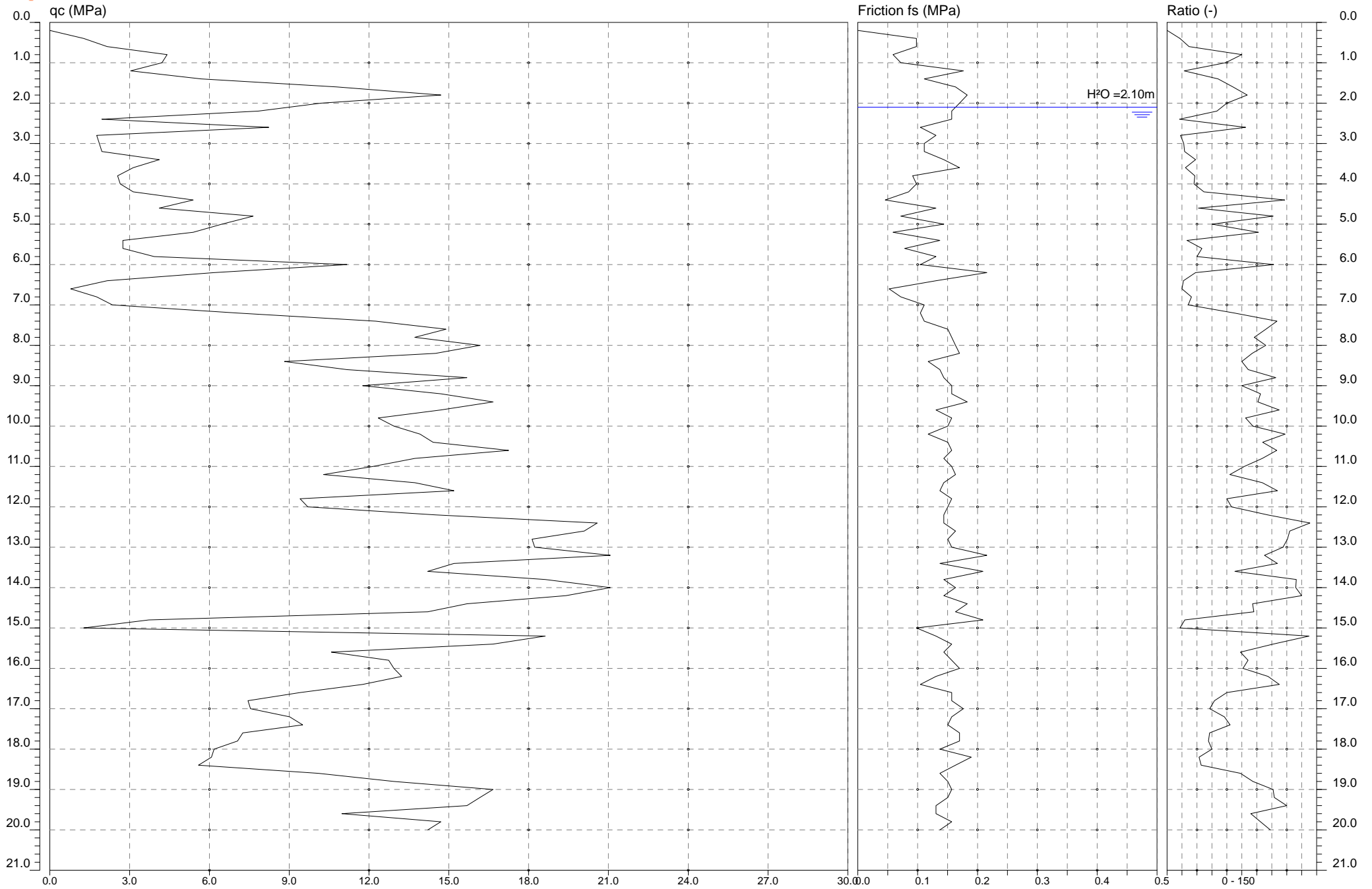


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: CASTELLETTO 2010 S.R.L.
Cantiere: San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi
Data: 27/06/2016

Quota:
Preforo:
Falda: -2.10

Prova n° 3



20.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

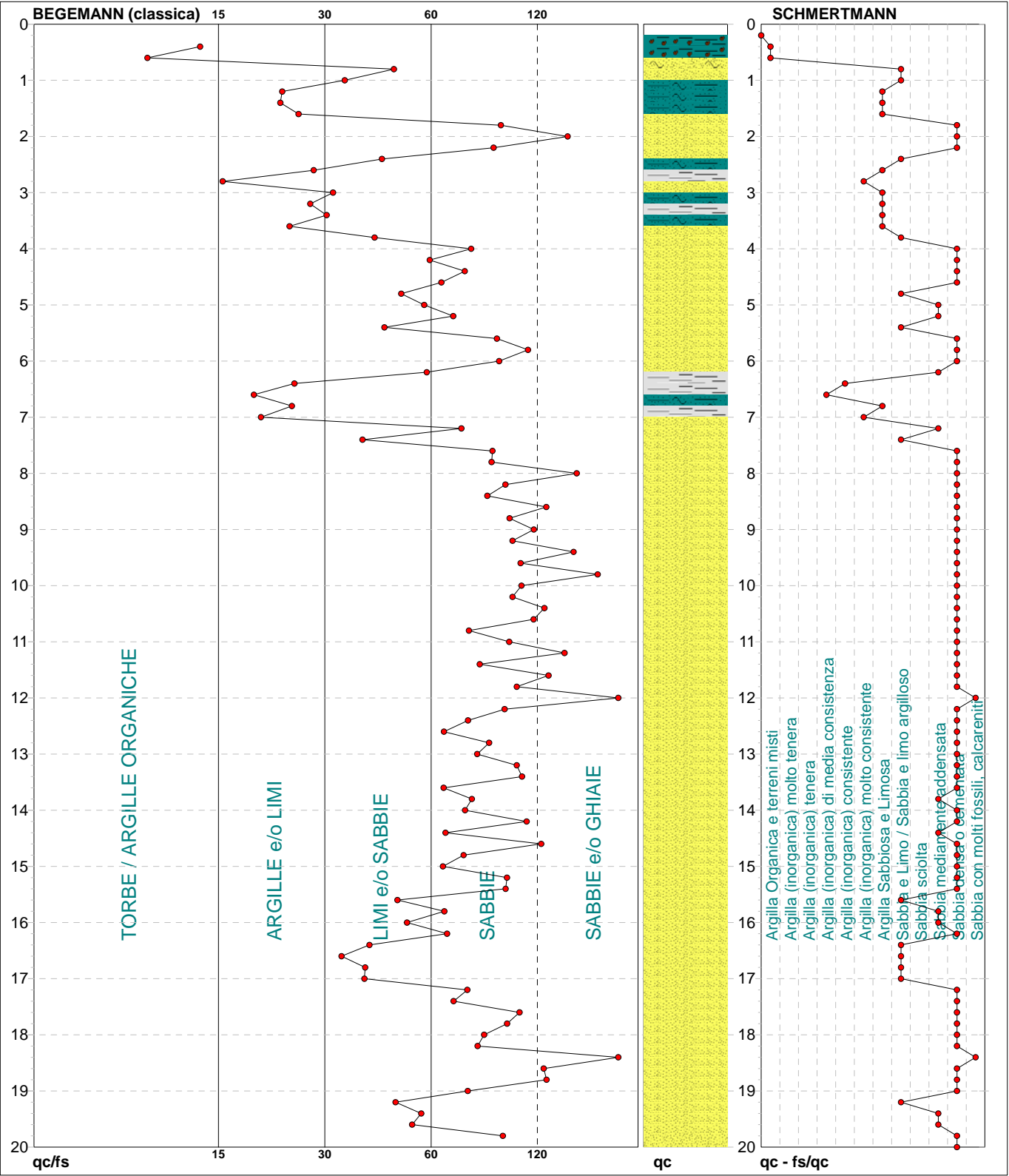
1

riferimento

052-2016

Committente: **CASTELLETTO 2010 S.R.L.**
 Cantiere: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**
 Località: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -2.90 m**
 Data exec.: **27/06/2016**



Torbe / Argille org. :	3 punti, 3.03%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 2.02%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	9 punti, 9.09%
Argille e/o Limi :	12 punti, 12.12%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 1.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	13 punti, 13.13%
Limi e/o Sabbie :	20 punti, 20.20%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1.01%	Sabbia mediamente addensata:	10 punti, 10.10%
Sabbie:	57 punti, 57.58%	Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 2.02%	Sabbia densa o cementata:	58 punti, 58.59%
Sabbie e/o Ghiaie :	7 punti, 7.07%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 2.02%

nota:

FON025

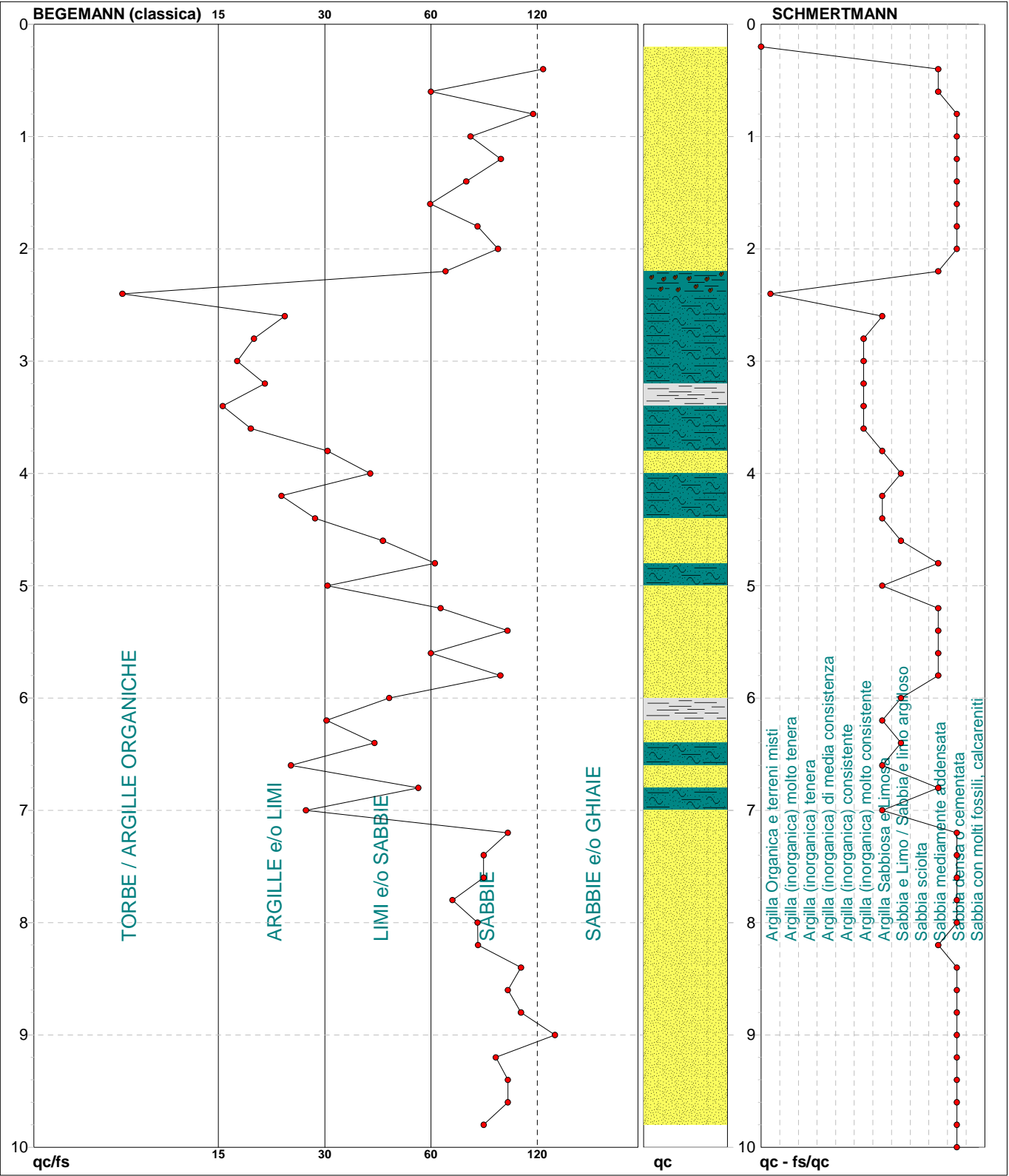
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	142-2012

Committente: **Dott ssa VANNA MESSORA**
 Cantiere: **CURTATONE DI MANTOVA**
 Località: **CURTATONE DI MANTOVA**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -3,50 m**
 Data exec.: **10/10/2012**



Torbe / Argille org. :	2 punti, 4,08%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 2,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	8 punti, 16,33%
Argille e/o Limi :	13 punti, 26,53%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 10,20%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 8,16%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 20,41%			Sabbia mediamente addensata:	10 punti, 20,41%
Sabbie:	23 punti, 46,94%			Sabbia densa o cementata:	20 punti, 40,82%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 2,04%				

nota: FON025

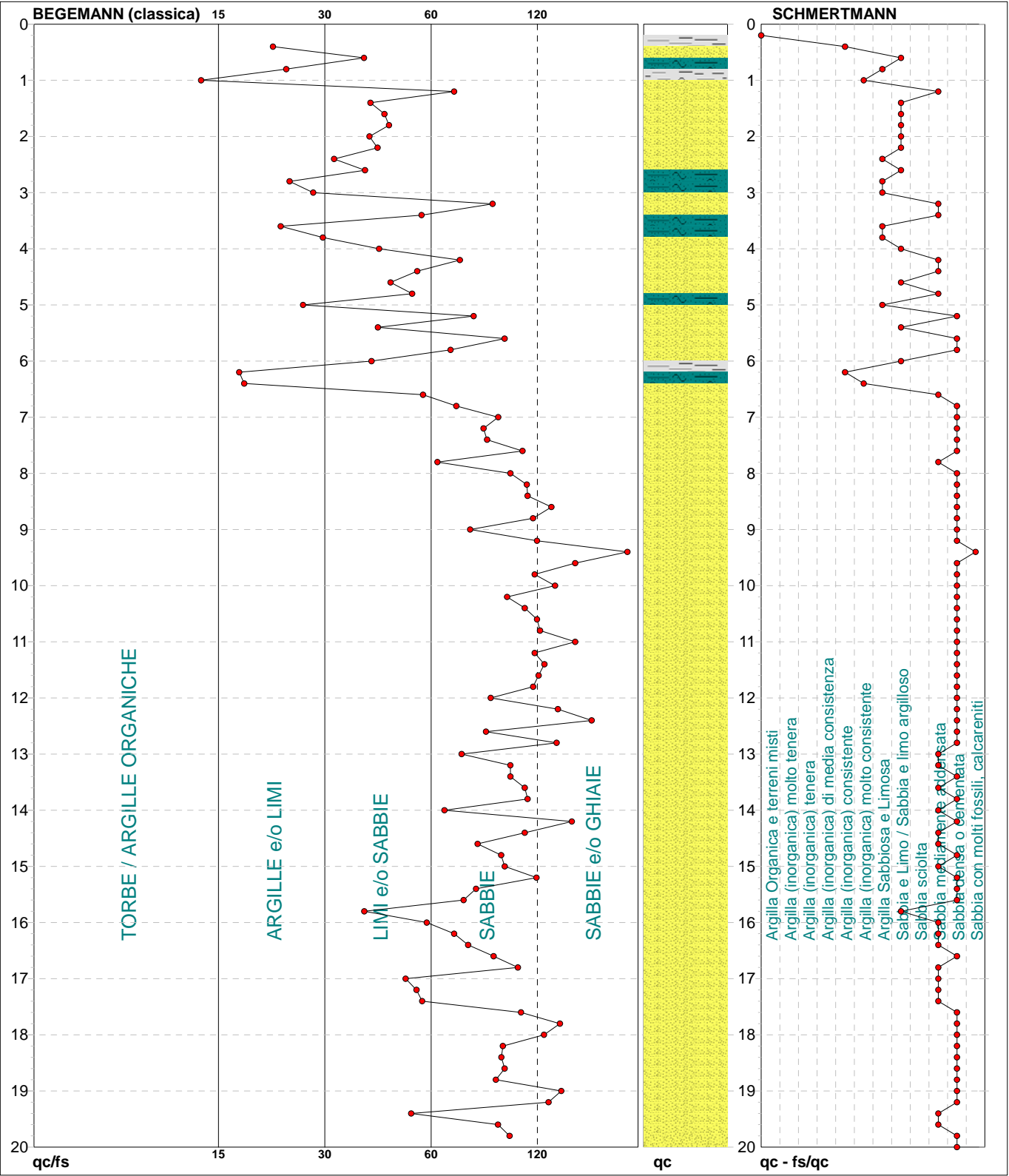
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	052-2016

Committente: **CASTELLETTO 2010 S.R.L.**
 Cantiere: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**
 Località: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -2.10 m**
 Data exec.: **27/06/2016**



Torbe / Argille org. :	2 punti, 2.02%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 2.02%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 7.07%
Argille e/o Limi :	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 2.02%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	12 punti, 12.12%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 23.23%			Sabbia mediamente addensata:	24 punti, 24.24%
Sabbie:	55 punti, 55.56%			Sabbia densa o cementata:	50 punti, 50.51%
Sabbie e/o Ghiaie :	10 punti, 10.10%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1.01%

nota: FON025

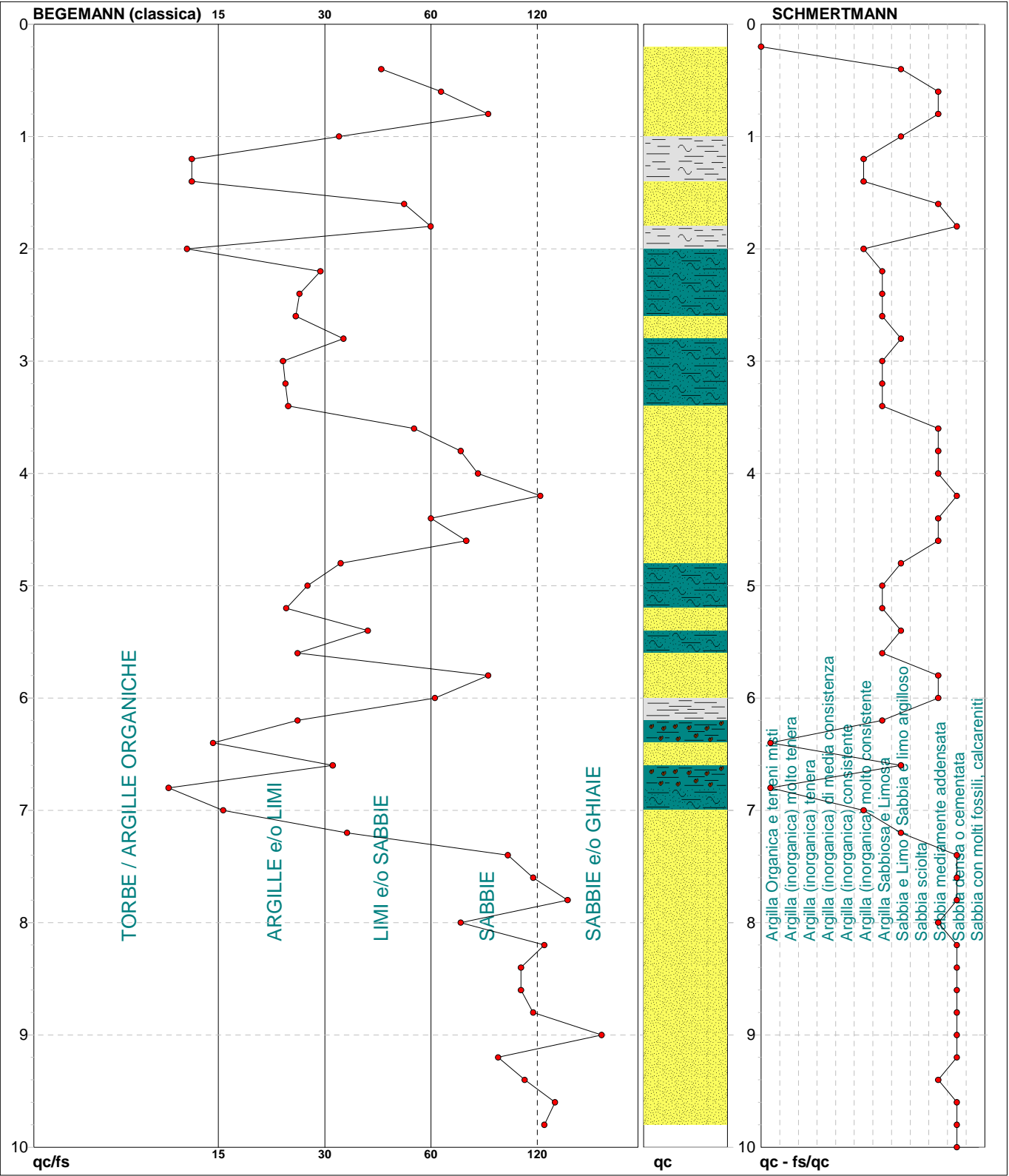
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	142-2012

Committente: **Dott ssa VANNA MESSORA**
 Cantiere: **CURTATONE DI MANTOVA**
 Località: **CURTATONE DI MANTOVA**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -3,50 m**
 Data exec.: **10/10/2012**



Torbe / Argille org. :	6 punti, 12,24%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 4,08%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 20,41%
Argille e/o Limi :	11 punti, 22,45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 14,29%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 26,53%			Sabbia mediamente addensata:	12 punti, 24,49%
Sabbie:	16 punti, 32,65%			Sabbia densa o cementata:	13 punti, 26,53%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 6,12%				

nota: FON025

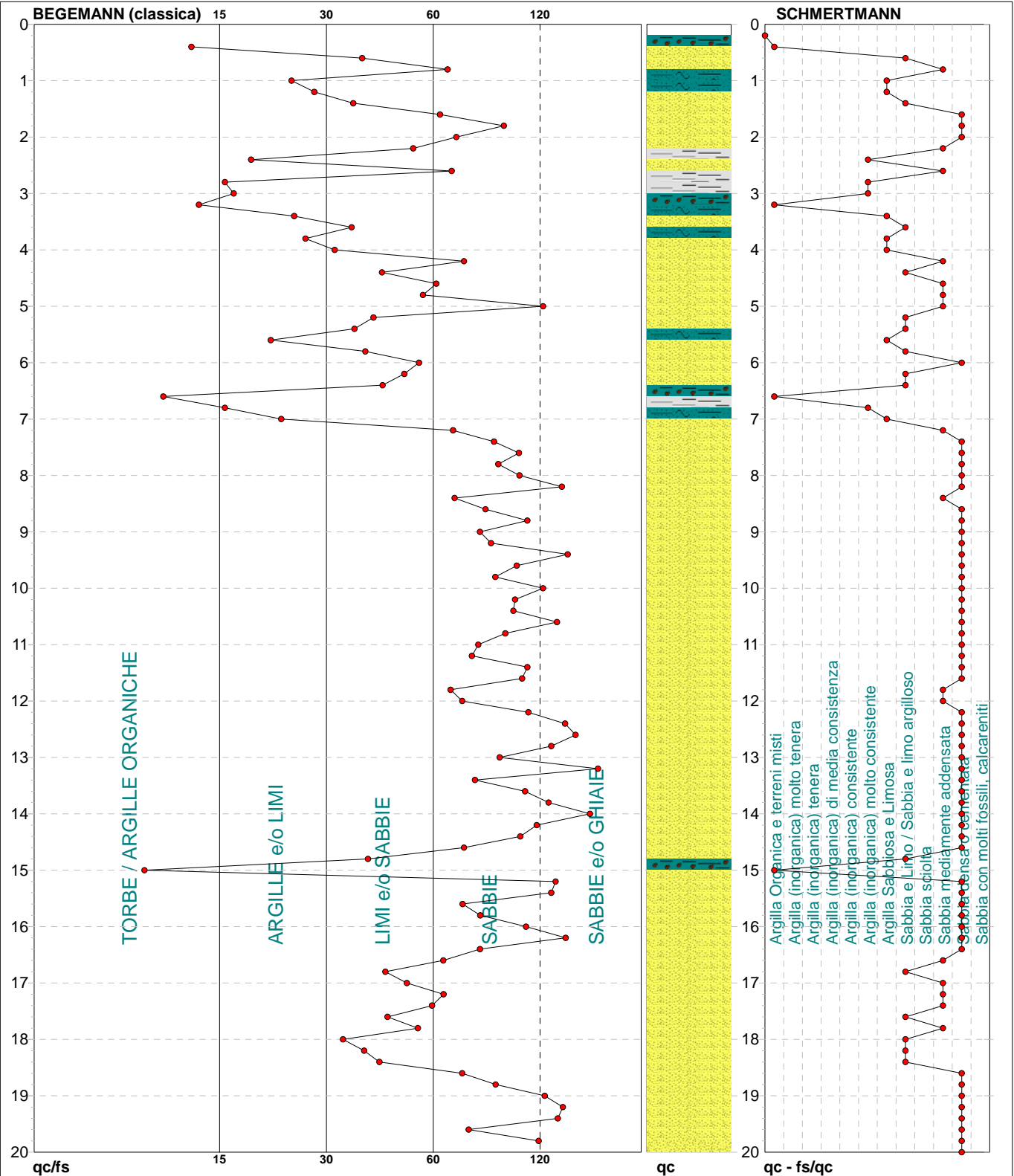
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	052-2016

Committente: **CASTELLETTO 2010 S.R.L.**
 Cantiere: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**
 Località: **San Silvestro di Curtatone Via Parri Via Gementi**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -2.10 m**
 Data exec.: **27/06/2016**



Torbe / Argille org. :	5 punti, 5.05%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 4.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 7.07%
Argille e/o Limi :	10 punti, 10.10%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 4.04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	15 punti, 15.15%
Limi e/o Sabbie :	25 punti, 25.25%			Sabbia mediamente addensata:	16 punti, 16.16%
Sabbie:	50 punti, 50.51%			Sabbia densa o cementata:	52 punti, 52.53%
Sabbie e/o Ghiaie :	9 punti, 9.09%				

nota: FON025

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO

Via Camogli 59 - 41125 Modena

Tel 347/4128277 - Fax 059/394816

e-mail delmaschio.l@alice.it

PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI CURTATONE
PROVINCIA DI MANTOVA

OGGETTO:

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA
PER LA LOTTIZZAZIONE RESIDENZIALE DENOMINATA CORTE NUOVA
ATR 502 IN COMUNE DI CURTATONE

LOCALITÀ:

Curtatone - Via Parri e Via Gementi

COMMITTENTE

Castelletto 2010 Srl

GIUGNO 2016



INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	3
a. Sismicità delle aree di interesse	3
b. Sismicità storica delle aree di intervento	4
c. Individuazione della pericolosità sismica del sito	5
4. INDAGINI REALIZZATE	10
5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	11
a. Indagini geofisiche	11
a1. I dati ottenuti	11
a2. Interpretazione delle indagini	11

1. PREMESSA

Su incarico della Geoprogetti. Srl, con sede in Via Duca d'Este 6 - 41036 Medolla (MO), è stato redatto lo studio sulla modellazione sismica per la realizzazione della nuova lottizzazione residenziale denominata Corte nuova ATR 502 attraverso indagini sismiche.

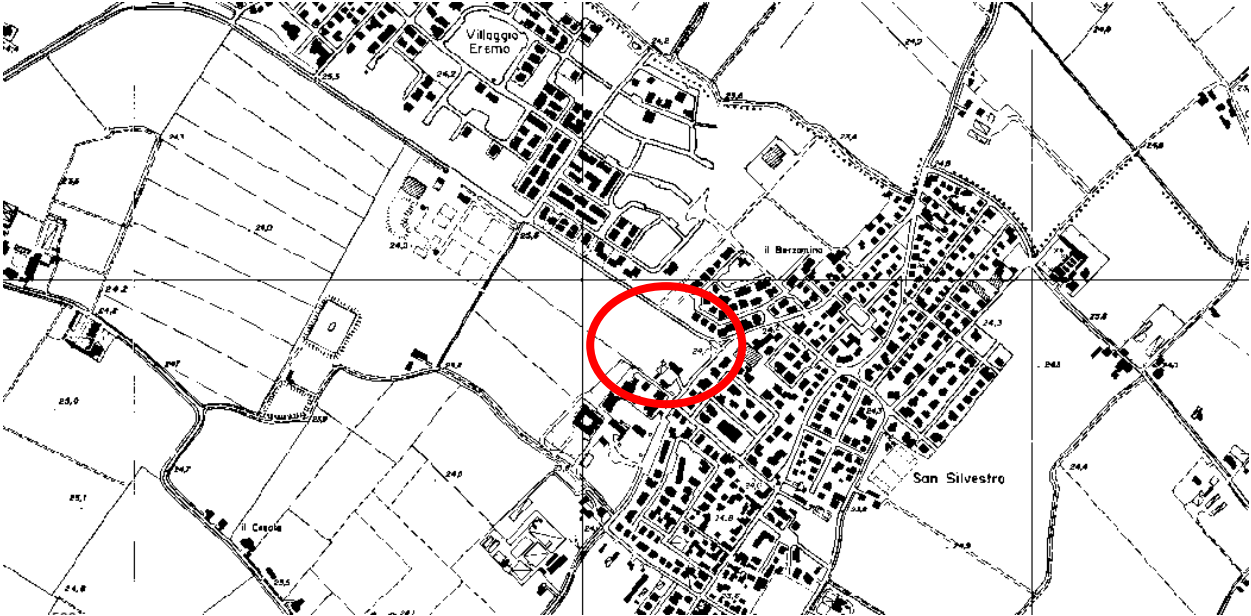
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in Curtatone - via Parri/via Gementi

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: E7C5 Virgilio (1:10.000);



3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante “norme tecniche per le costruzioni”, entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Veneto introdotta ai sensi del punto 3 dell’Allegato 1 dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all’allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 3.1):

Tabella 3.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	$0.35 g$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	$0.25 g$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	$0.15 g$
4	$\leq 0.05 g$	$0.05 g$

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall’OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 3.2).

Tabella 3.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell’accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Curtatone	n.c.	4	$0.05 g$

Il 10 aprile 2016 è entrata in vigore la **nuova classificazione sismica** dei comuni lombardi approvata con D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129.

Con la nuova classificazione sismica il comune di Curtatone è passato dalla zona 4 alla zona 3.

b. Sismicità storica delle aree di intervento

Nella tabella 3.3 sono riportati i dati storici del comune di Curtatone, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Curtatone [45.153, 10.715]



Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
NF	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17

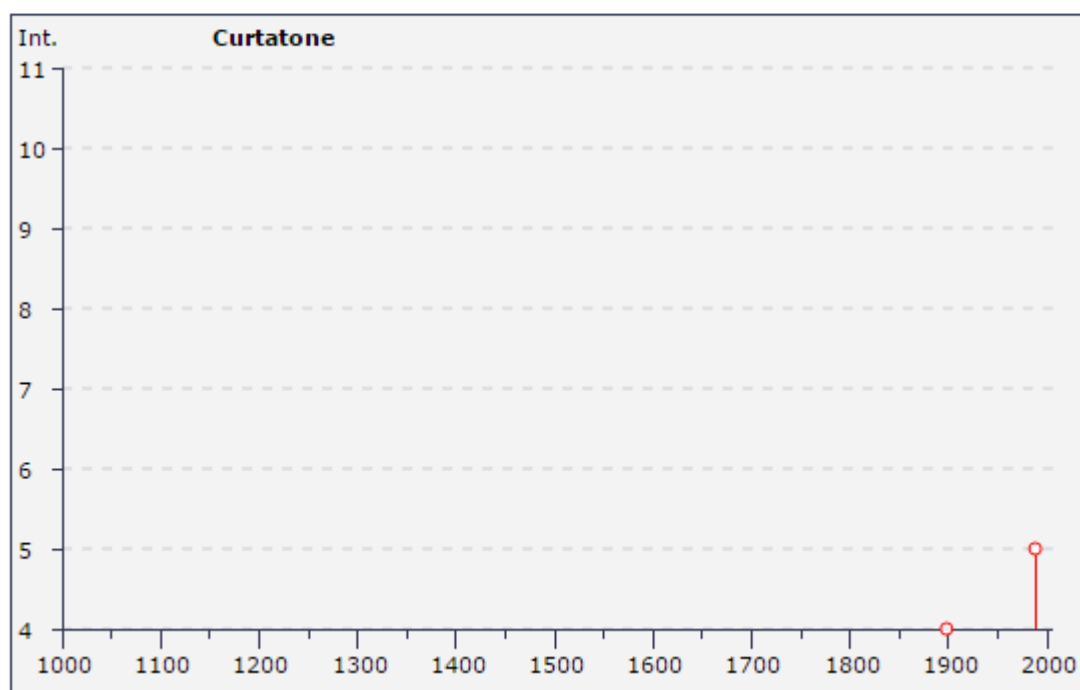


Tabella 3.3: Storia sismica del comune di Curtatone (Mn).

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 10.74510773 LATTITUDINE: 45.13074366

Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Rimini COMUNE: Rimini

Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

le
er
he
le
tre
lle
di,

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input style="width: 90%; border: 1px solid black;" type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input style="width: 90%; border: 1px solid black;" type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input style="width: 90%; border: 1px solid black;" type="text" value="475"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input style="width: 90%; border: 1px solid black;" type="text" value="975"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

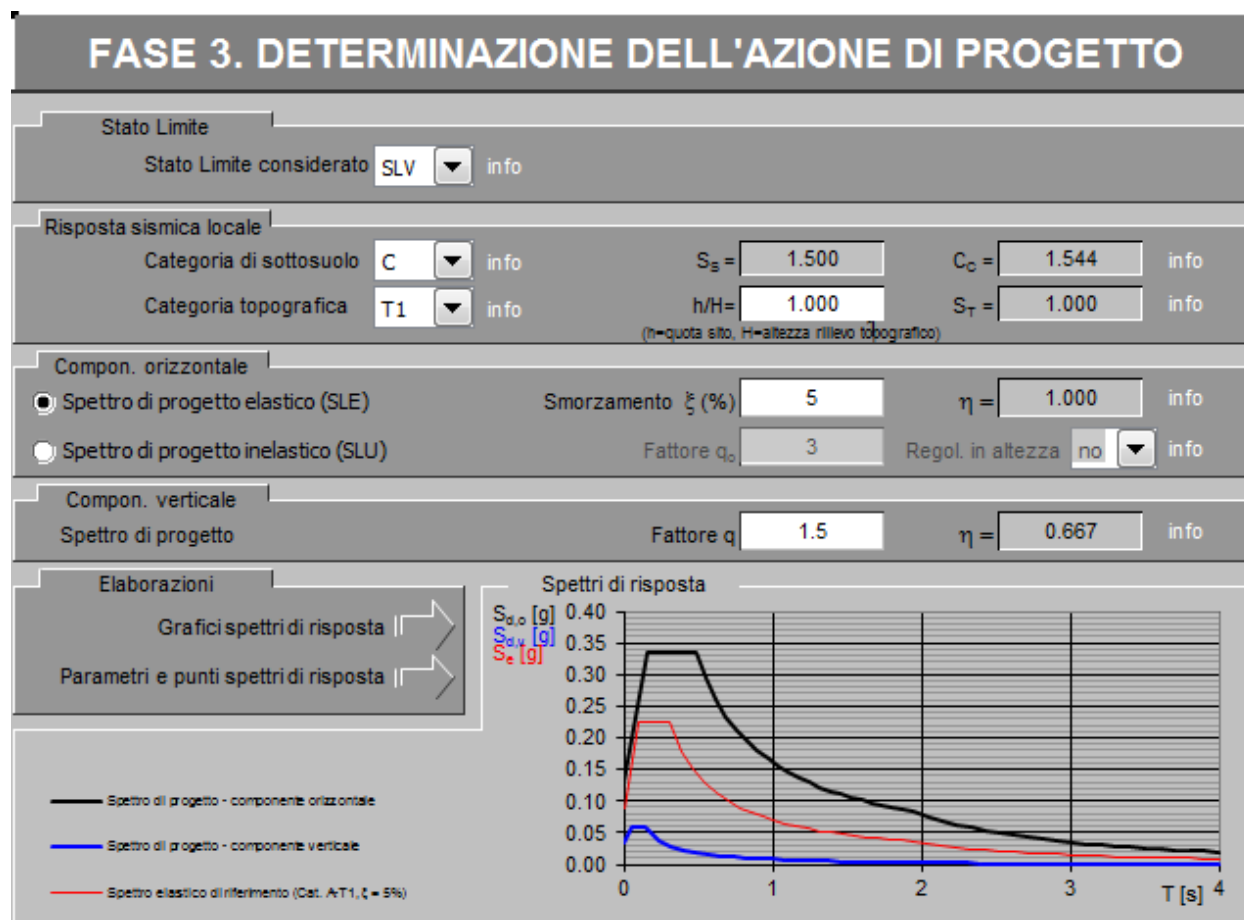
LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie -■- Strategia scelta

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.033	2.539	0.217
SLD	50	0.039	2.587	0.255
SLV	475	0.087	2.572	0.311
SLC	975	0.111	2.582	0.312

Tabella 3.4: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto



Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 45,1307436605718
longitudine: 10,74510772831
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13836	Lat: 45,1531	Lon: 10,7275	Distanza: 2841,047
Sito 2	ID: 13837	Lat: 45,1547	Lon: 10,7983	Distanza: 4948,560
Sito 3	ID: 14059	Lat: 45,1047	Lon: 10,8006	Distanza: 5226,709
Sito 4	ID: 14058	Lat: 45,1031	Lon: 10,7299	Distanza: 3297,901

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,033 g
Fo: 2,539
Tc*: 0,216 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,039 g
Fo: 2,588
Tc*: 0,255 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,087 g
Fo: 2,572
Tc*: 0,311 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,111 g
Fo: 2,582
Tc*: 0,312 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,740
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,485
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,571
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,281
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,040
Kv: 0,020
Amax: 1,630
Beta: 0,240

4. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini sismiche eseguite nell'area di intervento (figura 4.1):

- n. 1 indagini sismica passiva di microtremori HVSR;
- n.1 indagine sismica passiva ESAC (onde Rayleigh);
- n. 1 indagine sismica attiva MASW (onde Rayleigh).

Le indagini sismiche sono state eseguite dal Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio.



Figura 4.1: Ubicazione delle indagini sismiche.

5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

a. Indagini geofisiche

a1. I dati ottenuti

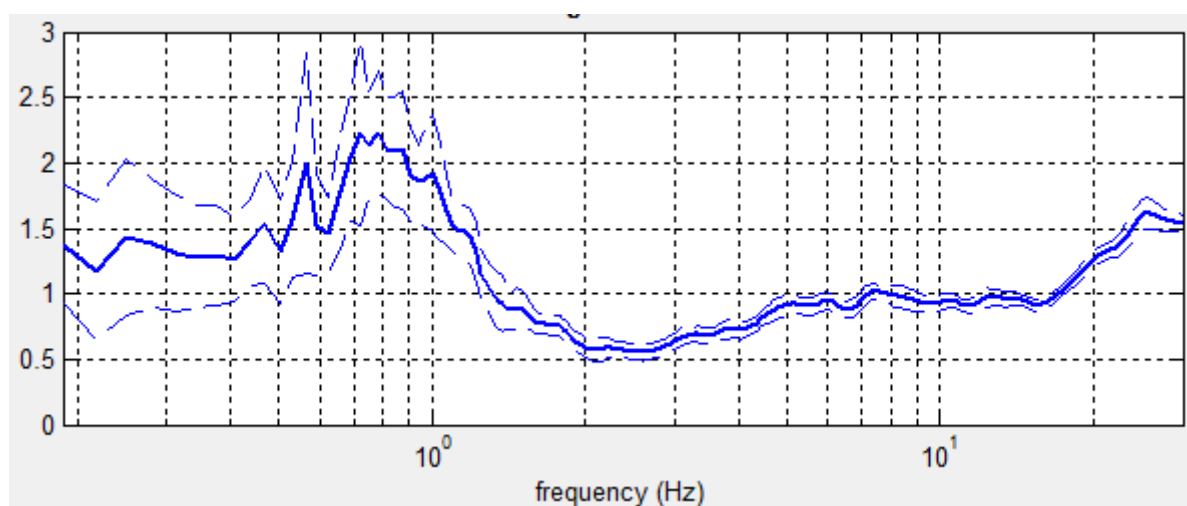
L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica attiva multicanale (MASW), passiva multicanale (ESAC) e a stazione singola (HVSr) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{S30} .

a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nel giugno 2016. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremiti a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo ESAC e MASW. I dati ottenuti dalla curva HVSr forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica ESAC e MASW è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{S30} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche specifiche si è riscontrato che il terreno di fondazione su cui andrà realizzato l'intervento in esame, appartiene alla categoria di sottosuolo "C", ai sensi del D.M. 14/01/08.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma delle curve H/V, abbiamo un picco stratigrafico con le seguenti caratteristiche:



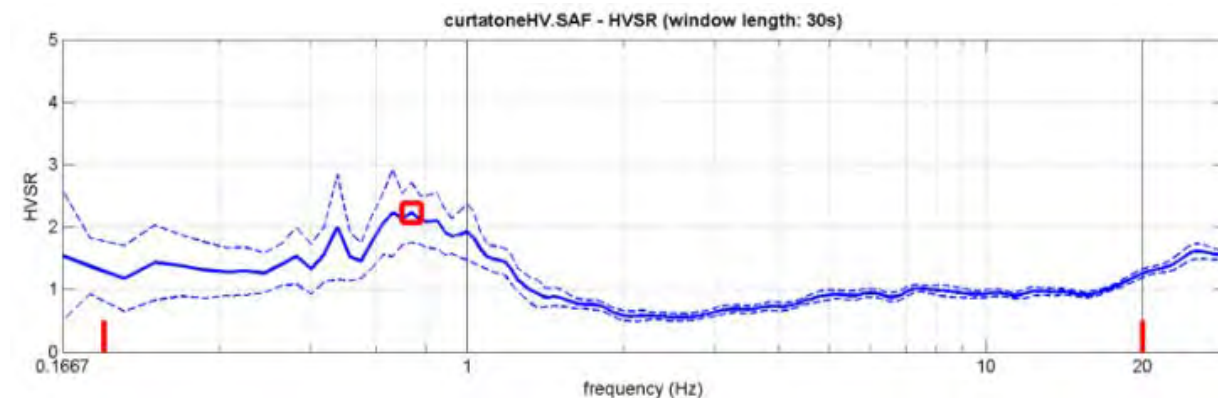
Le acquisizioni HVSr, risultano in parte convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Si riportano di seguito i report delle indagini sismiche a stazione singola (HVSr), multicanale (ESAC) e delle indagini sismiche attive MASW:

Curtatone (MN) - via Parri/via Gementi - HVSR01

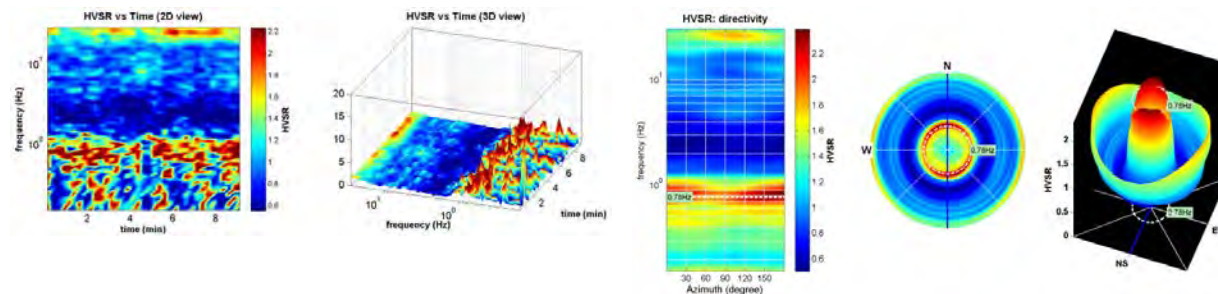
Strumento: Gemini2 - PASI Srl
 Inizio registrazione: 23/06/16 Fine registrazione: 23/06/16
 Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 0h12'3" tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 64 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

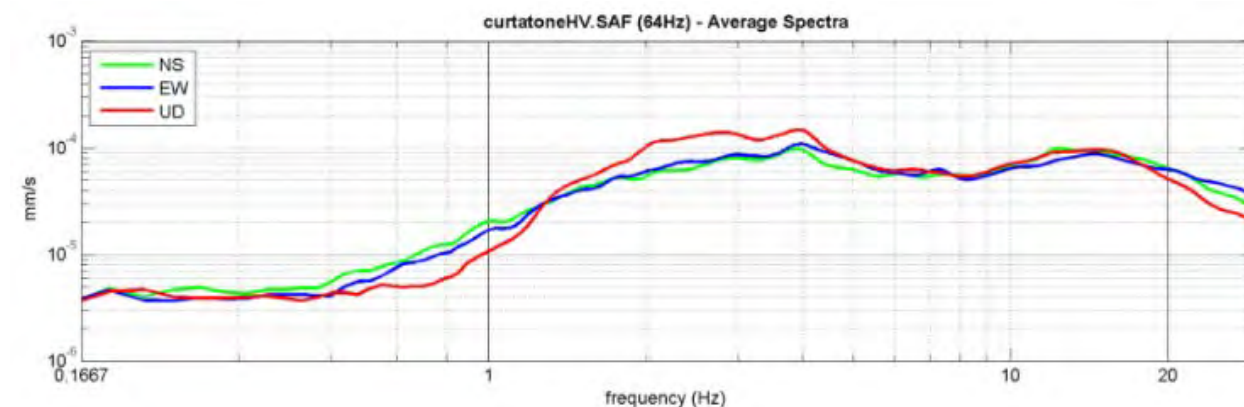


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.2-20.0Hz frequency range</i> Peak frequency (Hz): 0.8 (±0.3) Peak HVSR value: 2.2 (±0.4)</p>
--

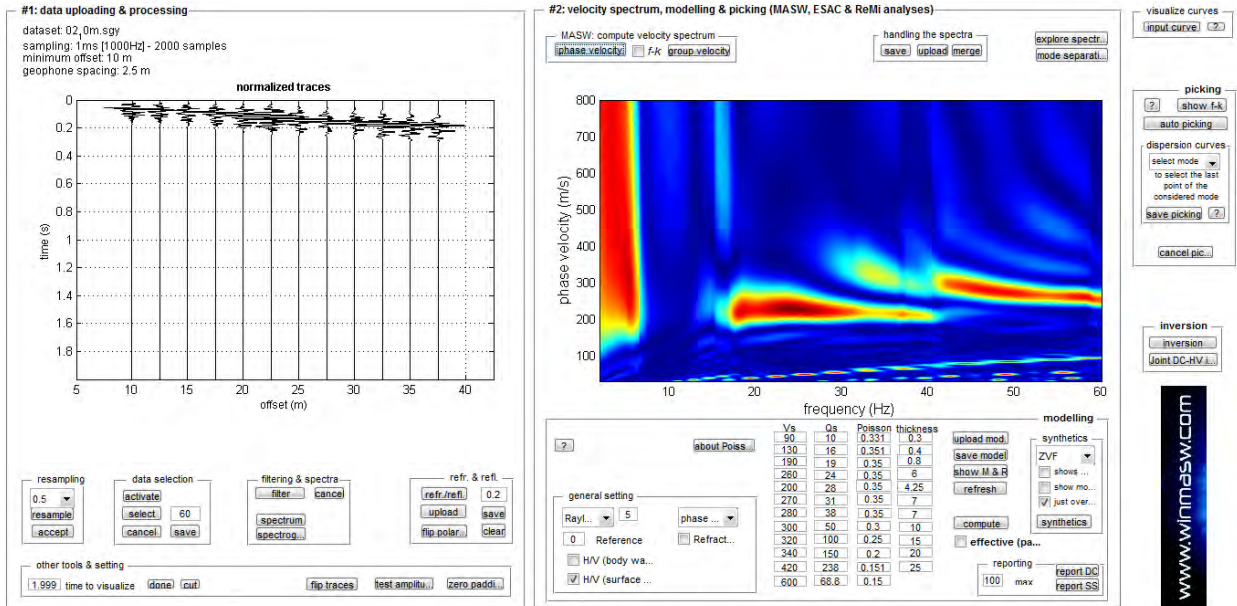
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.8 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	868 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.2 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.3 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.2 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.256 < 0.117		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.477 < 2	OK	

<p>L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$</p>	<p>lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 ampiezza della curva H/V alla frequenza f frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$</p>
---	---

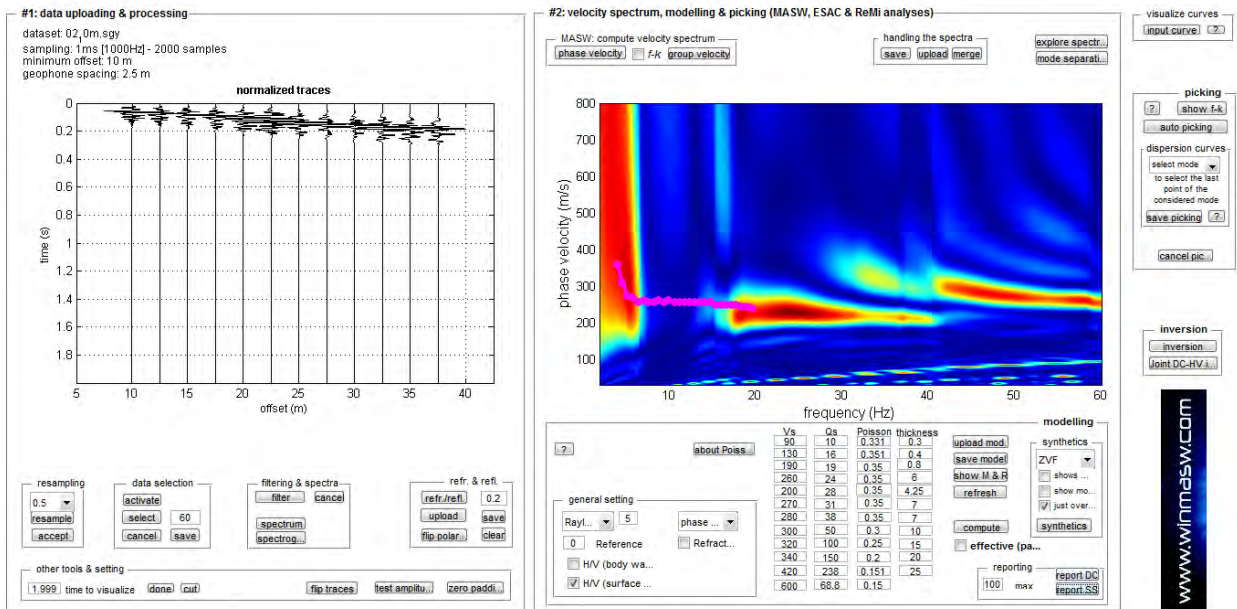
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Curtatone (MN) - via Parri/via Gementi - MASW01
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)

Analisi onde Rayleigh (offset 10 m, dx 2.5 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

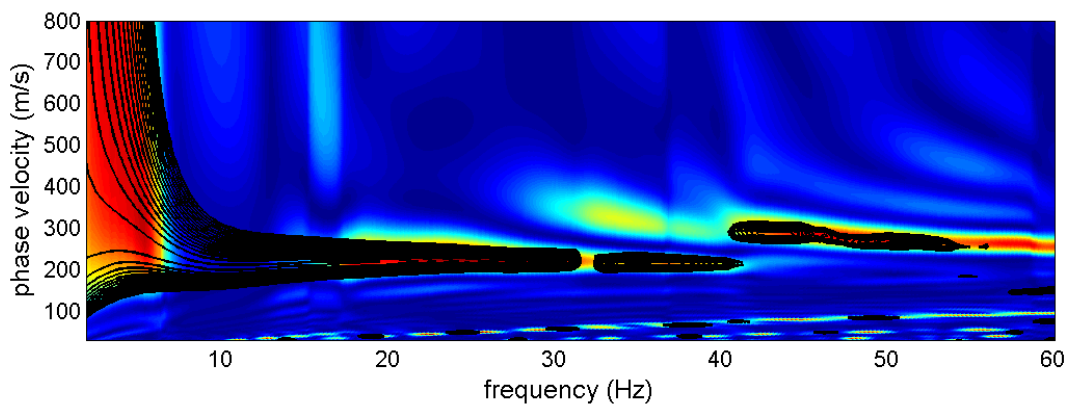
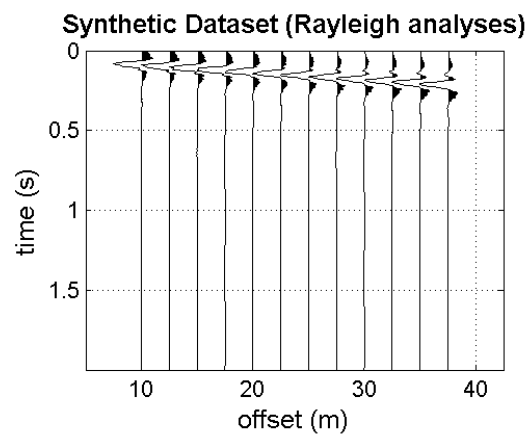
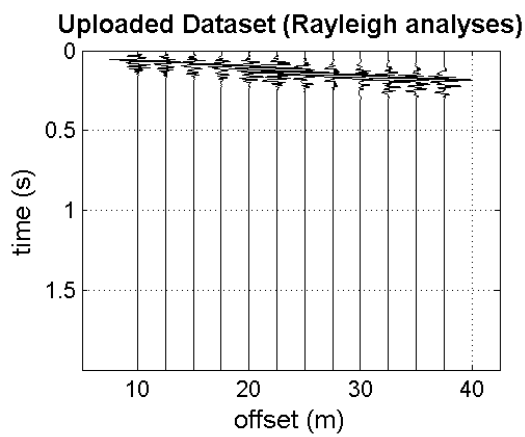
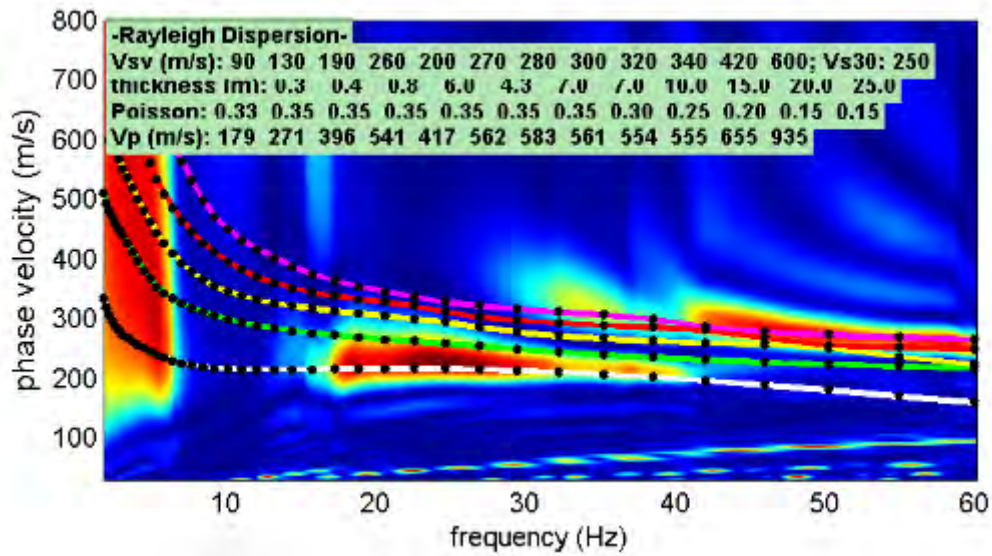


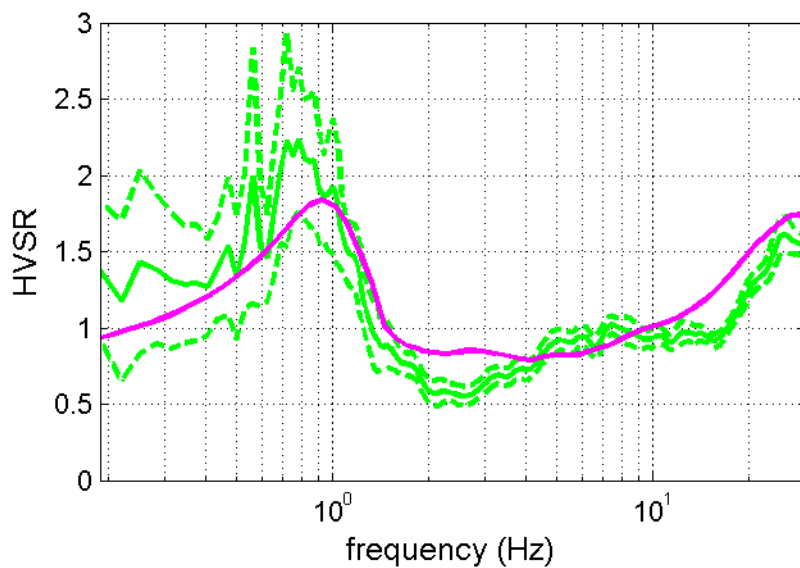
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



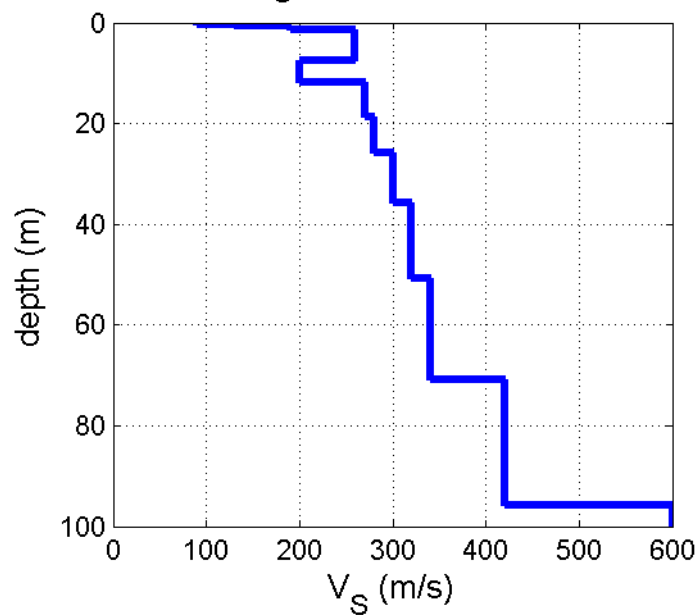
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V.





V_S vertical profile



Mean model

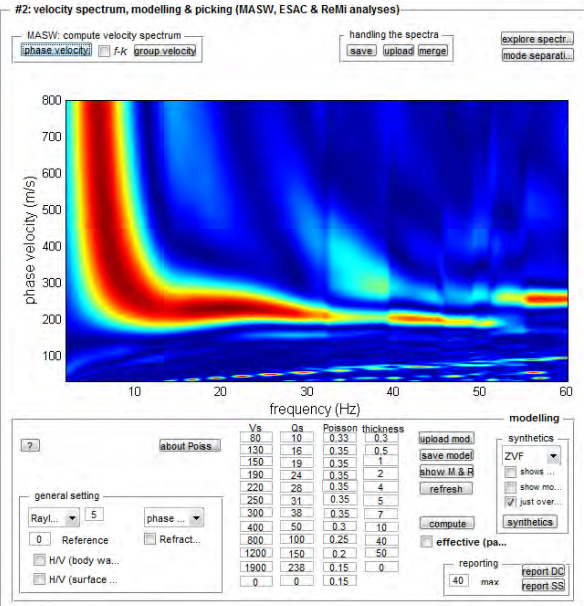
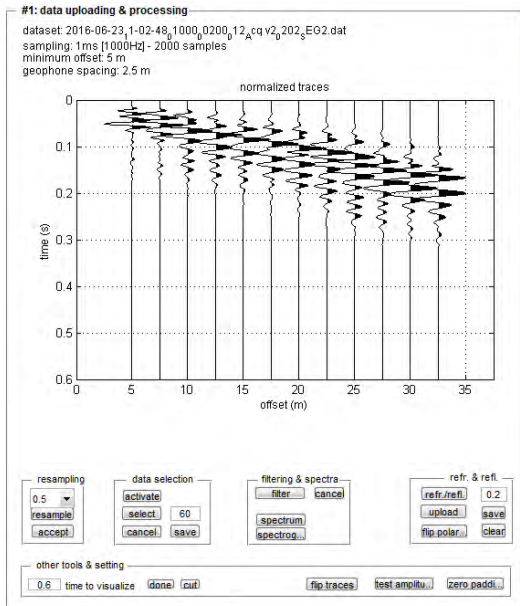
Vs (m/s): 90 130 190 260 200 270 280 300 320 340 420 600

Thickness (m): 0.3 0.4 0.8 6.0 4.3 7.0 7.0 10.0 15.0 20.0 25.0

Vs30 (m/s): 250

Curtatone (MN) - via Parri/via Gementi - MASW02
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)

Analisi onde Rayleigh (offset 5 m, dx 2.5 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)



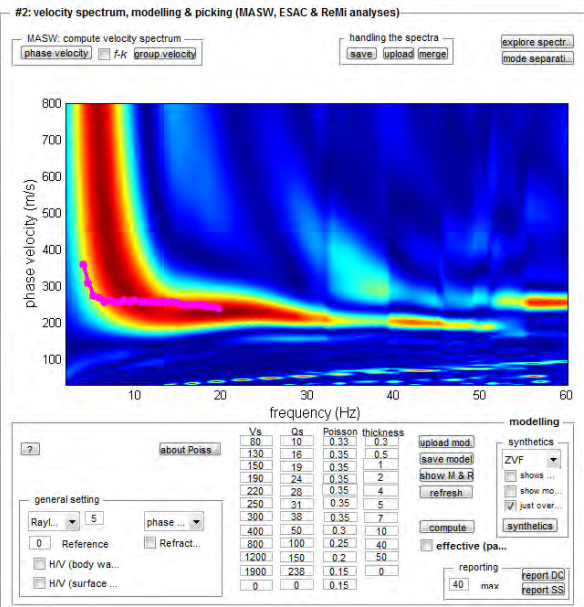
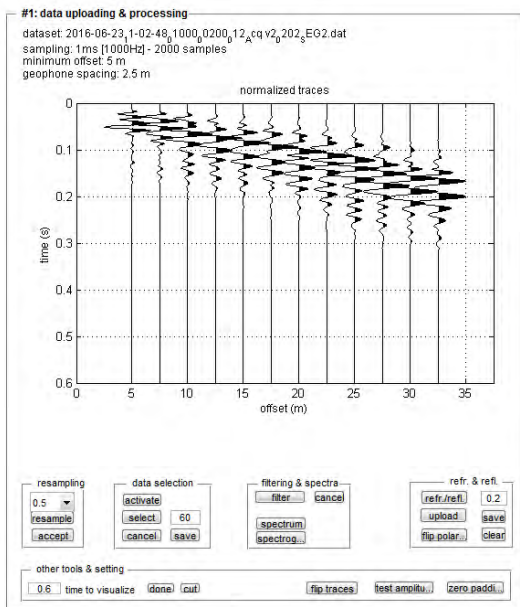
visualize curves: input curve (?)

picking: show f-k, auto picking, dispersion curves: select mode, to select the last point of the considered mode, save picking (?), cancel pic...

inversion: inversion, Joint DC-HV...

www.wimasw.com

Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



visualize curves: input curve (?)

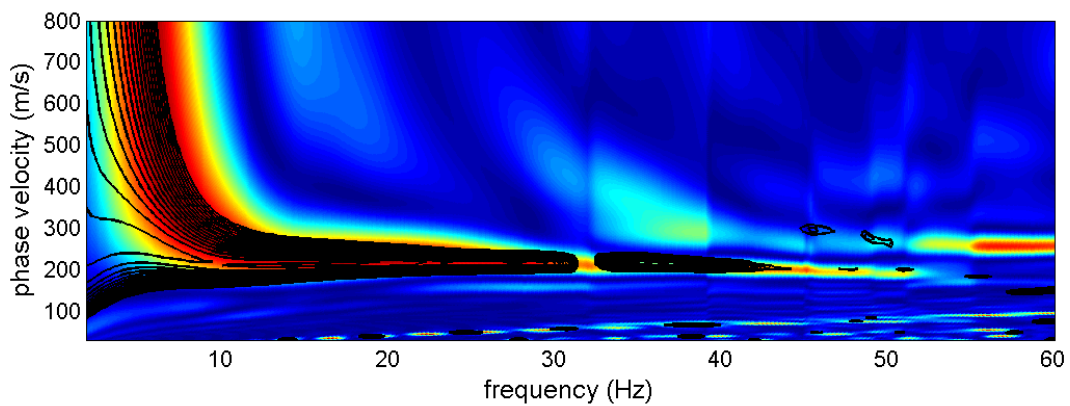
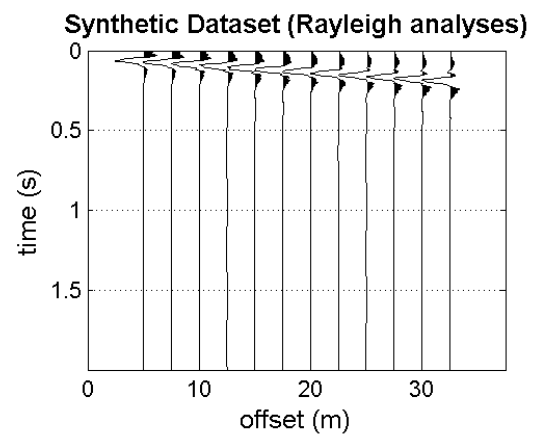
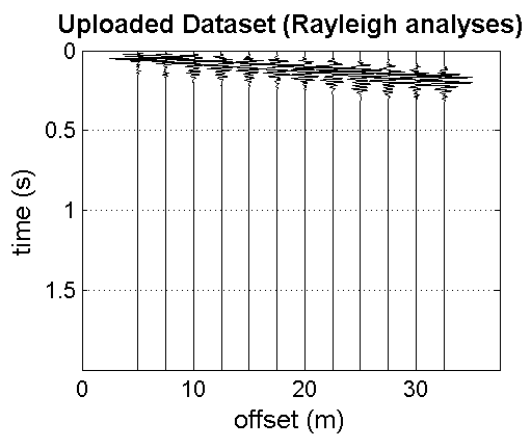
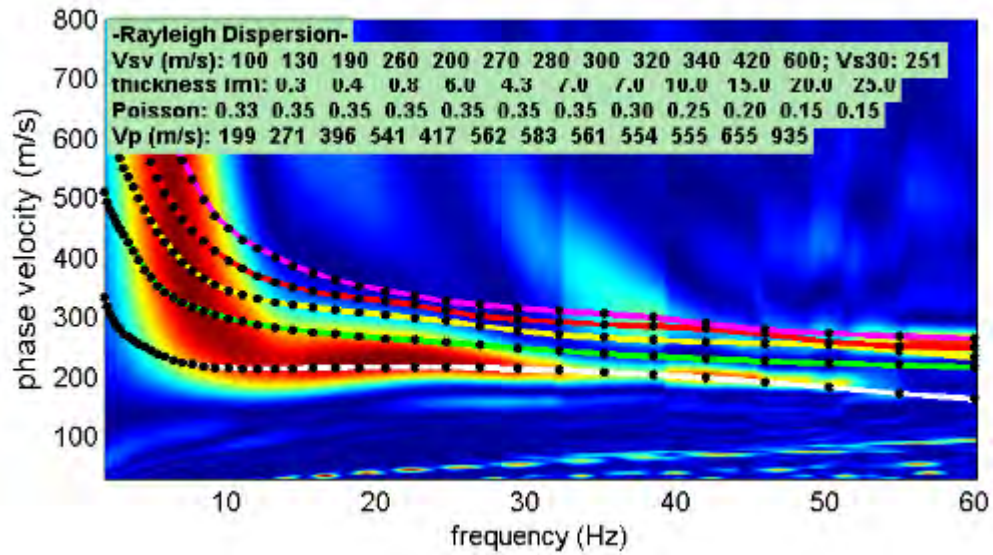
picking: show f-k, auto picking, dispersion curves: select mode, to select the last point of the considered mode, save picking (?), cancel pic...

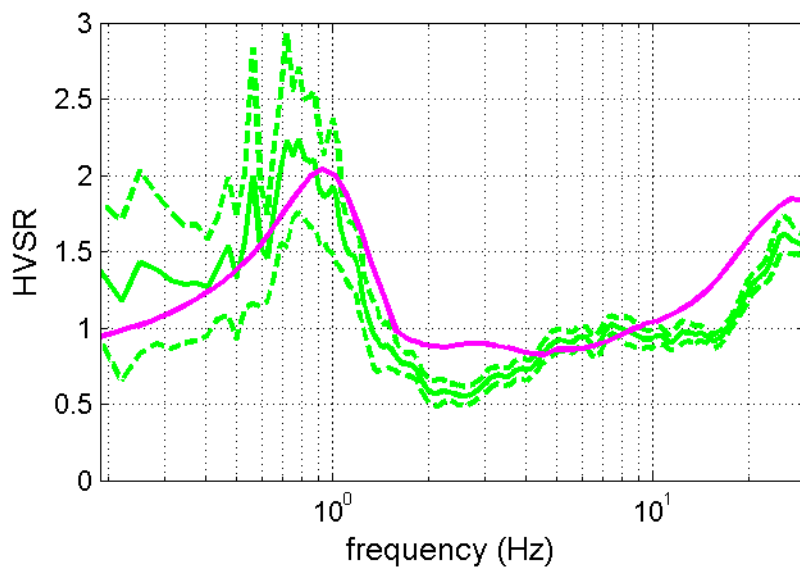
inversion: inversion, Joint DC-HV...

www.wimasw.com

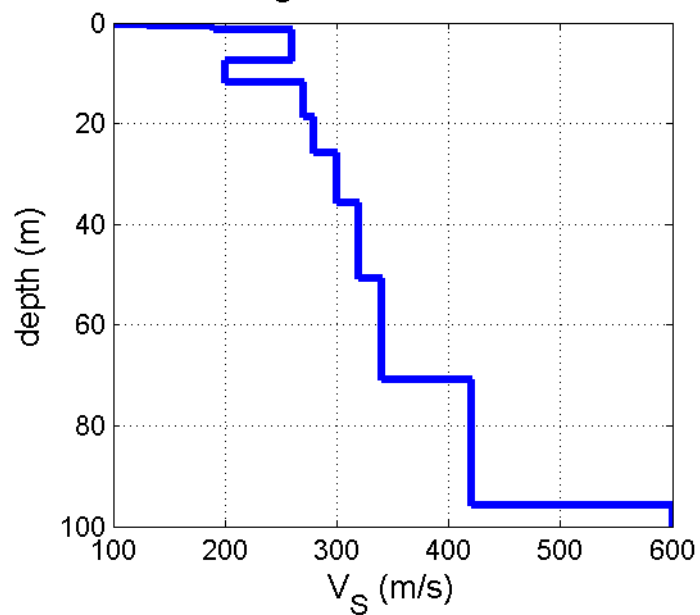
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V.





V_S vertical profile



Mean model

V_s (m/s): 100, 130, 190, 260, 200, 270, 280, 300, 320, 340, 420, 600

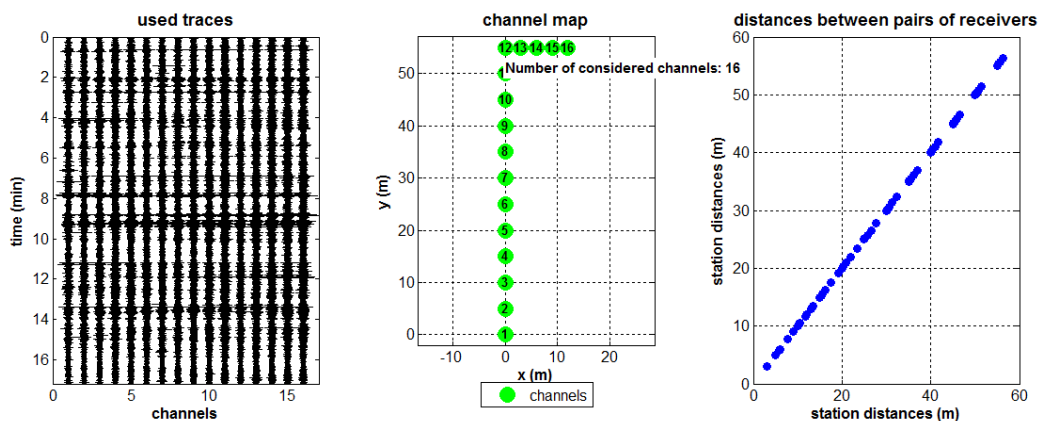
Thickness (m): 0.3, 0.4, 0.8, 6.0, 4.3, 7.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0

V_{s30} (m/s): 251

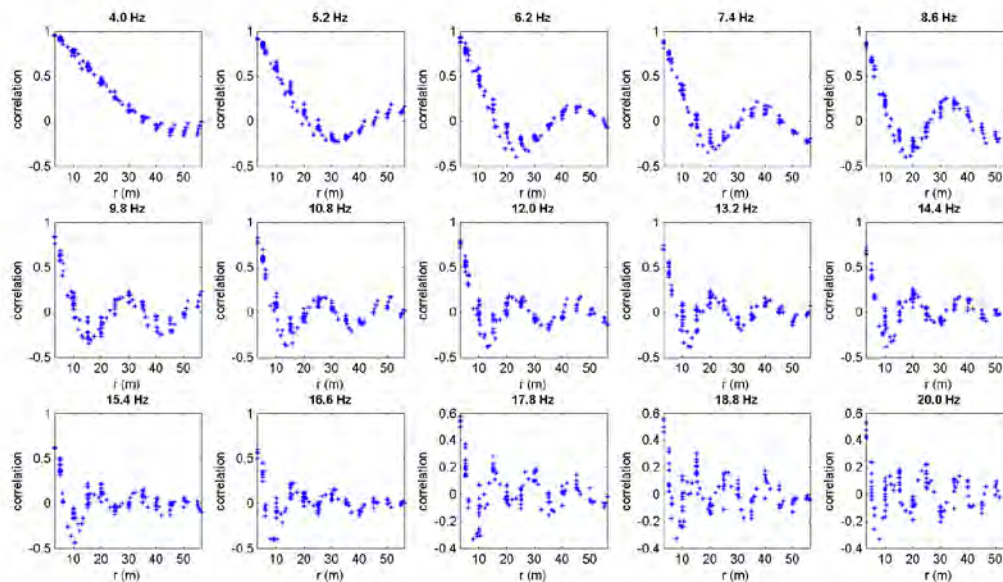
**Curtatone (MN) - via Parri/via Gementi - ESAC
 (Analisi Rayleigh)**

Analisi onde Rayleigh (Config. spaziale ad array bidimensionale e frequenza di campionamento a 200 Hz)

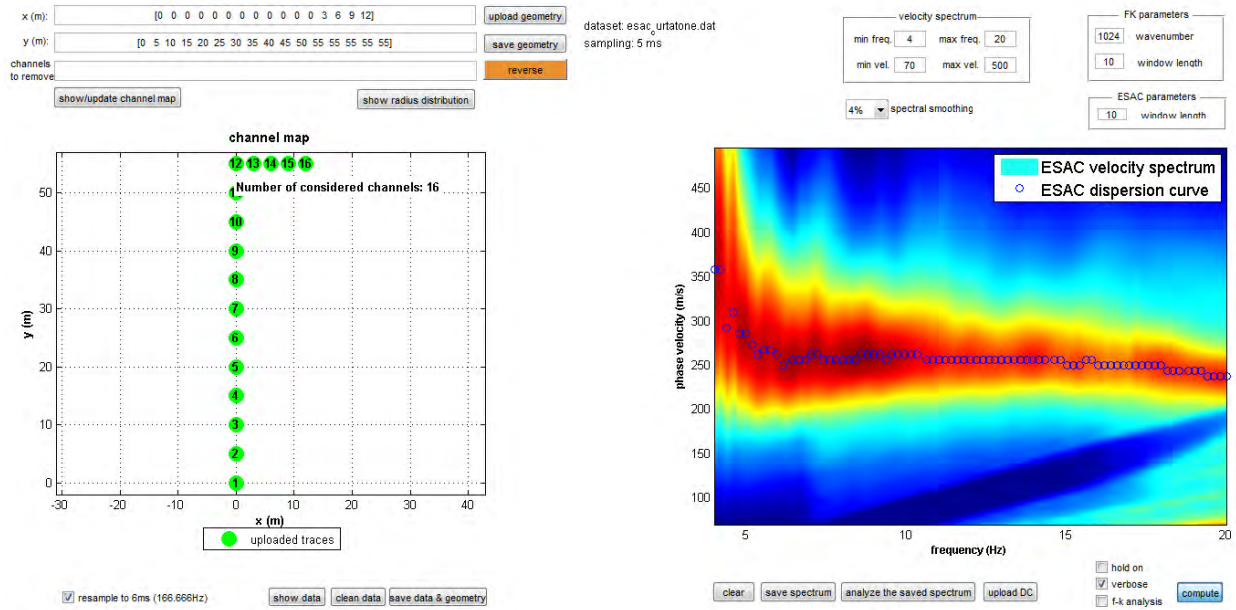
Analisi della dispersione delle onde di Rayleigh (velocità di fase) secondo la tecnica passiva ESAC, grazie alla quale è possibile delineare la curva di dispersione delle onde di Rayleigh.



Da sinistra a destra: dati passivi multicanale (geofoni verticali HG da 4.5Hz), geometria dell'acquisizione e distribuzione della spaziatura dei canali utilizzati.

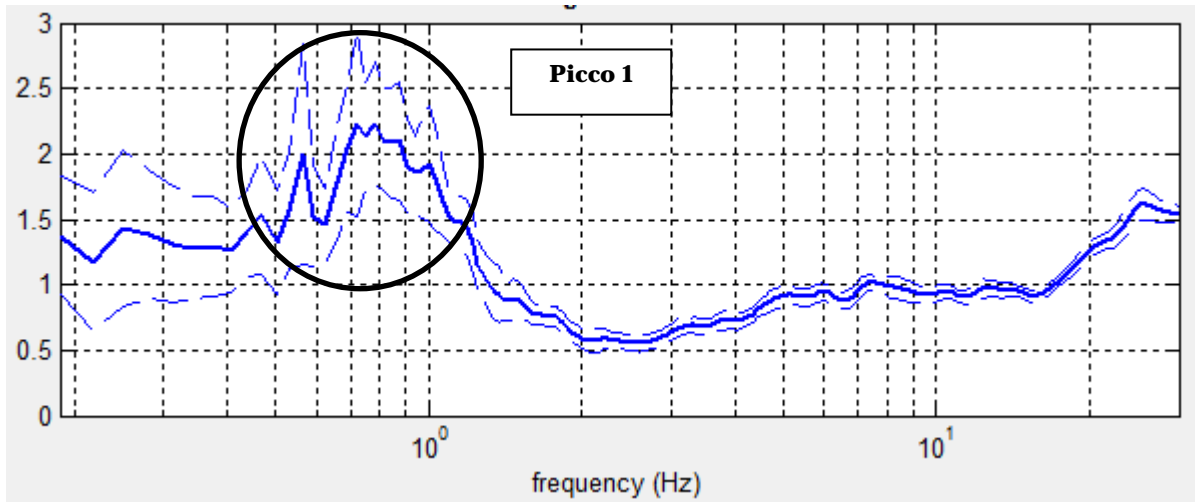


Coefficienti di correlazione tra le coppie di canali utilizzati per l'analisi ESAC per 15 frequenze (indicate) prese a campione.



Risultato finale riassuntivo dell'analisi ESAC: i colori riportano lo spettro di velocità con evidenziata (cerchi blu) la curva di dispersione apparente.

Sul sito di studio, sono state eseguite 1 acquisizione HVSr, 1 acquisizione ESAC ed 1 acquisizione MASW. Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:

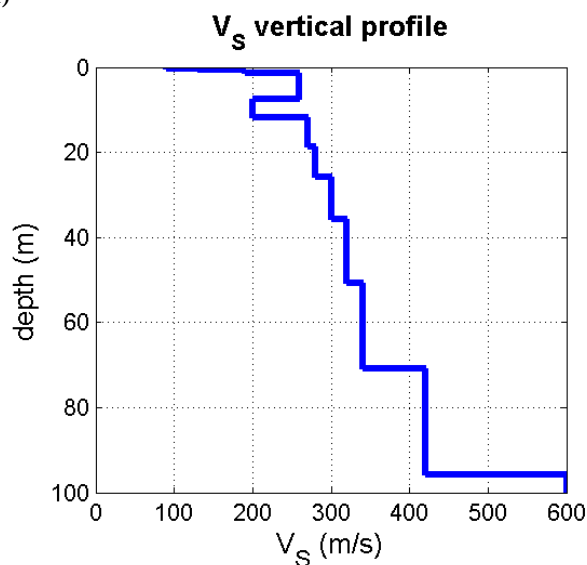


Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 2.2	~ 0.8

Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.

Relativamente al profilo di V_s con la profondità e alla determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, **mediante la ricostruzione delle V_{s30}** , abbiamo che:

- MASW + ESAC + HV (01)

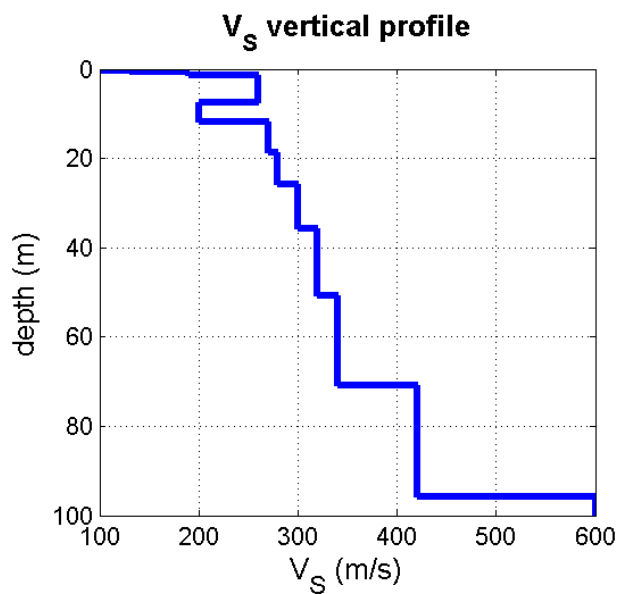


Mean model

V_s (m/s): 90 130 190 260 200 270 280 300 320 340 420 600

Thickness (m): 0.3 0.4 0.8 6.0 4.3 7.0 7.0 10.0 15.0 20.0 25.0

- MASW + ESAC + HV (02)



Mean model

V_s (m/s): 100, 130, 190, 260, 200, 270, 280, 300, 320, 340, 420, 600

Thickness (m): 0.3, 0.4, 0.8, 6.0, 4.3, 7.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0

V_s (0-30): 250-251 (categoria di sottosuolo "C")