

Spett.
COMUNE di RICCIONE

**RELAZIONE GEOLOGICA
ALLEGATA AL PROGETTO
DI SPOSTAMENTO DEL TRATTO TERMINALE
DEL CANALE CONSORZIALE "COSTA"
SITO PRESSO VIALE TORINO,
IN COMUNE DI RICCIONE - RN-,
CON ADEGUAMENTO IDRAULICO DELLO STESSO.**

RELAZIONE



Spett.
COMUNE di RICCIONE

**RELAZIONE GEOLOGICA
ALLEGATA AL PROGETTO
DI SPOSTAMENTO DEL TRATTO TERMINALE
DEL CANALE CONSORZIALE "COSTA"
SITO PRESSO VIALE TORINO,
IN COMUNE DI RICCIONE - RN -,
CON ADEGUAMENTO IDRAULICO DELLO STESSO.**

1.- PREMESSA

L'indagine e' stata condotta su incarico dell' Amministrazione Comunale di Riccione per al fine di accertare le condizioni geologiche ed idrogeologiche dei terreni interessati dal progetto di spostamento del tratto terminale del Canale Consorziale "Costa" presso Viale Torino, in Comune di Riccione (latitudine: 43.990792; longitudine: 12.680726) e di conseguenza acquisire gli elementi necessari alla redazione del progetto.

Lo studio e' stato condotto sulla base dei risultati ottenuti dall' esecuzione di n° 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (C.P.T.-E) eseguite ad Ottobre 2022 su incarico dello scrivente in lotto limitrofo (vedasi stralcio da Google Earth riportato in allegato), mediante penetrometro tipo PAGANI 73-200 kN, semovente, con spinta max. di 20 Tons, con ancoraggi tramite viti elicoidali e punta meccanica Begemann. Durante le prove sono stati rilevati i valori della resistenza alla punta (Rp) e della resistenza laterale (Rl) tramite display collegato alla testa di spinta.

Le prove statiche con punta elettrica hanno raggiunto la profondità massima di - 8.50 (C.P.T.-E n° 1) ÷ - 7.95 (C.P.T.-E n° 2) metri dall'attuale p.c.

Dai risultati forniti, correlabili ai valori di N_{SPT} , si sono desunti i parametri geotecnici utilizzati per la caratterizzazione dei litotipi presenti.

I relativi grafici penetrometrici sono allegati a fine relazione.

La ricostruzione della sequenza litologica dell'area si è poi avvalsa di n° 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità massima di 34.00 mt. dal p.c. rinvenuti nel sito della Banca Dati della Carta Geologica in scala 1 : 10.000 della regione Emilia Romagna (periodo: Dicembre 1995 ÷ Ottobre 2009).

I relativi logs stratigrafici sono allegati a fine relazione.

E' stata inoltre effettuata (Ottobre 2022) n° 1 indagine geofisica HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio), per la determinazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30 mt. di profondità (V_{S30}) e delle frequenze caratteristiche del sito.

2.- GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L' area in esame e' riportata nel Foglio n° 109 - PESARO - della Carta Geologica d' Italia ricadendo nella Tavoletta IV NE "Riccione.

La geologia della zona e' caratterizzata dalla presenza di depositi riferibili al Pleistocene - Olocene, litologicamente costituiti da sabbie, ghiaia ed argille dei terrazzi.

Tali sedimenti si raccordano alle sabbie del litorale riferibili al Pleistocene superiore - Olocene, con un gradino morfologico che l' urbanizzazione dell' area ha profondamente modificato rendendo la morfologia sub - pianeggiante.

Tale gradino rappresenta la paleofalesia costiera. La sua formazione risale a circa 17.000 anni fa, quando a seguito di un miglioramento climatico, si ebbe una trasgressione marina di notevole entità conseguente allo scioglimento dei ghiacci. Le acque marine invasero la piana fluviopalustre raggiungendo il livello massimo alcuni metri sopra quello attuale (circa 6000 anni fa).

Durante la trasgressione vennero così erose le sabbie e le ghiaie della pianura alluvionale, formando il gradino tra l' alta pianura ed il mare sottostante nel fondo del quale iniziarono a depositarsi i materiali più fini rimaneggiati dalle correnti marine.

Successivamente, a seguito di una lenta e progressiva regressione del livello del mare, questi emersero, determinando l' attuale assetto della linea di costa.

Tutto il litorale e' caratterizzato da una costa bassa e sabbiosa la cui larghezza (10 ÷ 100 mt.) varia in funzione dell' azione del mare.

Dal punto di vista litologico, i terreni presenti appartengono ai depositi continentali e marini Plio - pleistocenici che caratterizzano la zona di tetto della serie umbro - marchigiano - romagnola.

Si tratta di alternanze casuali di livelli costituiti da ghiaie più o meno grossolane, limi, argille e sabbie ad elevata permeabilità costituenti le conoidi digitate conseguenti al regime torrentizio che caratterizza sia il Fiume Marecchia che il Torrente Marano.

Si hanno pertanto frequenti e distinti passaggi laterali di facies, sia verticali, sia orizzontali. Le alluvioni si anastomizzano tra loro senza soluzione di continuità ma sono distinguibili sulla base della composizione granulometrica, petrografica e per la potenza dei singoli orizzonti. Lungo la costa, al di sotto della paleofalesia, i depositi quaternari marini sono caratterizzati da una granulometria più fine e quindi da una permeabilità diversa rispetto a quella dei depositi continentali.

L' esame della cartografia geologica interessante l' area e della bibliografia classica, pone in evidenza che l' elemento della tettonica, che può essere qui richiamato, e' costituito dal fascio di pieghe esasperate fino alla piega-faglia che, con direzione appenninica NW - SE, caratterizza tutta l' area di pianura e l' "offshore".

La zona si trova sulla verticale dell' asse sommerso di una anticlinale ad andamento appenninico NO-SE.

In particolare l' area in esame evidenzia una successione di litotipi sabbioso - limosi passanti in profondità ad argille ed argille limose a loro volta sovrastanti (-7.25 ÷ 8.31 mt.) ghiaie e sabbie in matrice limosa. Il livello della falda superficiale, durante la perforazione (Ottobre 2022), e' stato osservato **alla profondità di -1.40 ÷ 1.50 metri di profondità dal piano di campagna attuale.**

I terreni superficiali sabbiosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni contenute anche in virtù della vicinanza con la linea di costa.

Da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da una serie di indagini effettuate sul territorio limitrofo, per l' area oggetto di studio si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale "medio" dell'acqua a ml -1.0 dal piano campagna attuale.

La morfologia e' completamente pianeggiante.

3.- INDAGINI ESEGUITE

Nella zona oggetto di indagine sono state eseguite **n° 2 prove penetrometriche statiche con punte elettrica (C.P.T.-E)** e **n° 1 indagine geofisica HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio).**

Le **prove penetrometriche statiche elettriche tipo CPT-E** sono state eseguite con penetrometro Pagani 73-200, autoancorante e semovente, con motore 36 HP, tiro in estrazione pari a 30.000 Kg e spinta in infissione pari a 20.000 Kg. Tale penetrometro permette l'esecuzione di prove statiche infiggendo una punta elettrica conica spinta a velocità costante e standardizzata a 2.0 cm/sec. nel terreno mediante la pressione del gruppo di spinta idraulica che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è situata la punta.

Tale punta è dotata di due trasduttori che sono posti all'interno della sonda; una cella di carico è montata subito a tergo della punta conica ed una all'interno del manicotto laterale.

Le misure della resistenza alla penetrazione alla punta q_c ed alla resistenza per attrito laterale f_s sono effettuate direttamente alla profondità della sonda e sono:

- continue e puntuali;
- indipendenti tra loro;
- relative alla stessa profondità;
- accurate ed estremamente ripetibili.

All'interno delle aste cave è alloggiato un cavo elettrico di trasmissione dei segnali che vengono raccolti ed elaborati in superficie mediante una centralina elettronica digitale.

Le caratteristiche geometriche e le modalità di esecuzione della prova sono in accordo con le normative europee di standardizzazione ed in particolare con le normative ISSMF Technical Committee on Penetration Testing (1988) – Cone Penetration Test (C.P.T.): International Reference Test Procedure.

Il dispositivo di spinta è costituito da un martinetto idraulico che esercita sulla batteria di aste del diametro esterno di 36 mm. e lunghezza 1000 mm. cadauna, un carico di 20 Tons.

Il corretto posizionamento dell'attrezzatura all'inizio delle prove e durante l'esecuzione delle stesse, è stato controllato mediante sensore inclinometrico e la deviazione dalla verticale di spinta è stata generalmente inferiore al 2%.

Per la misura dei due parametri (q_c e F_s), la punta elettrica è dotata di una cella di carico con trasduttore estensimetrico in grado di convertire lo sforzo di spinta in un segnale elettrico, con fondo scala di 50 Mpa per la resistenza alla punta e 0.5 MPa per la resistenza laterale. Inoltre la punta è dotata di sensore inclinometrico per la valutazione della deviazione dalla verticale.

Il dispositivo di misura oltre alle celle di carico della punta comprende anche una centralina elettronica che riceve, amplifica e decodifica i segnali ed un computer per la registrazione dei dati, la elaborazione e la restituzione grafica.

Le prove statiche con punta elettrica hanno raggiunto la profondità massima di - 8.50 (C.P.T.-E n° 1) ÷ - 7.95 (C.P.T.-E n° 2) metri dall'attuale p.c.

I risultati dei logs penetrometrici sono allegati a fine relazione.

- HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio)

La metodologia, chiamata anche tecnica di Nakamura (1989), è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka (1961).

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Per l'applicazione e l'interpretazione di questa tecnica è fondamentale una buona conoscenza dell'ingegneria sismologia combinata con un background di informazioni relative alle caratteristiche geologiche, geofisiche e geotecniche del sito.

Questa tecnica presenta il vantaggio di poter essere adoperata pressoché ovunque, purché siano garantite l'assenza di forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze del punto di misura.

Il metodo è generalmente applicato per studi di microzonazione e per valutare la risposta sismica locale.

Questa tecnologia è stata oggetto del progetto di ricerca SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations) ed a questo si rimanda per le linee guida della tecnica H/V spectral ratio.

La sismica passiva a stazione singola fornisce informazioni sui terreni d'indagine relativamente alle frequenze naturali e di risonanza.

- Basi teoriche

Le basi teoriche dell' HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio) in un sistema stratificato in cui I parametric variano solo con la profondità (1-D) è abbastanza semplice.

Si consideri un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati e questa una volta riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1} / (4h)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{S1} / (4h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto, ma la prassi di usare il rapporto degli spettri orizzontali e quello verticale piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce una importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumori di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Si rileva inoltre come i microtromori siano solo in parte costituiti dalle onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolari da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità delle onde di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula sopra riportata relativa alle onde S è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica sia nell'ambito ingegneristico.

Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (Ibs-Von Seht e Wohleberg, 1999).

- Attrezzature e modalità

La misura prevede la registrazione, senza utilizzo di alcuno strumento di energizzazione del terreno, del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo, sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di adeguati strumenti sismometrici costituiti da sensori tridimensionali.

Per queste misure è sconsigliato l'impiego di accelerometri, non sufficientemente sensibili a frequenze inferiori a 1 Hz, né accelerometri sismologici.

Essendo la stabilità una caratteristica fondamentale non sono impiegabili sismometri broadband con periodo naturale > 20 sec. In quanto richiedono lunghi tempi di stabilizzazione, come non sono raccomandabili sensori con frequenza naturale inferiore alla più bassa frequenza di interesse.

Indicativamente, la frequenza di sito è funzione diretta della vicinanza del bedrock dalla superficie topografica e dalla rigidità dei materiali.

Per l'installazione lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E ed W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi.

Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza di edifici, vento, ecc.... in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta del sito è consigliabile effettuare almeno tre misure per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- *Trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (<1-2 Hz);*
- *Amplificatori;*
- *Digitalizzatore;*
- *Frequenza di campionamento: > 50 Hz;*
- *Convertitore A/D (analogico/digitale) a 24 bit;*
- *Durata di registrazione: > 10 minuti;*
- *Collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.*

- Elaborazione dati

L'elaborazione dei dati raccolti impiega un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale che dovranno essere non meno di 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200 – 400 secondi.

I principali passi del processing sono i seguenti:

- 1. FFT (incluso il tapering);*
- 2. operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);*
- 3. merging dei componenti orizzontali;*
- 4. H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);*
- 5. valutazione della deviazione standard.*

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sue deviazione standard.

Il risultato finale della prova presenta:

- 1) i criteri di attendibilità della misura;*
- 2) i criteri di validità del picco di f_0 ;*
- 3) i valori di soglia delle condizioni di stabilità;*
- 4) l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alle frequenze del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;*
- 5) l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.*

Per gli scopi e finalità dell'indagine le misure di HVSR offrono la possibilità di determinare:

- 1). Valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alla frequenza di risonanza;*
- 2). Spessori della coltre di copertura.*

- Frequenze

Per quanto riguarda la mappatura delle frequenze principali di risonanza, tale elaborazione permette di valutare il grado di omogeneità sulla risposta di sito relativamente alle frequenze dei materiali.

L'analisi di queste permette di definire il campo delle frequenze significative di risonanza da utilizzare direttamente nella progettazione degli edifici.

- Spessori

L'assunzione di base è che, per un modello di suolo monodimensionale (stratificazione piana e parallela) costituito da sedimenti soffici sovrastanti il substrato, la frequenza di risonanza f_r , dovuta alla propagazione di onde S incidenti perpendicolarmente la base del substrato è data dalla relazione:

$$T = \frac{4 * \sum_{I=1}^n h_i}{\sum_{I=1}^n V_{s_i} * h_i}$$

Dove h è lo spessore dello strato dei sedimenti e V_s dipende dalla velocità delle onde di taglio nel suo interno.

In base a tale relazione quindi, a partire da valori misurati di f_r e V_s , ricavati, è possibile stimare lo spessore della coltre sedimentaria di un bacino.

Tuttavia, non essendo sempre presente la misura di V_s come profilo sismico fino al bedrock geofisico, allora si può far riferimento alla relazione di Ibs-Von Seht e Wohlemborg (1999).

Poiché l'andamento del log in V_s in terreni sedimentari è principalmente regolato dall'incremento del modulo di rigidezza al crescere della pressione di confinamento e quindi della profondità, a partire da valori di V_s per la porzione più superficiale del terreno, è possibile estrapolare l'andamento delle V_s a profondità più elevate tramite l'impiego di relazioni empiriche.

A questo scopo Ibs-Von Seht e Wohlemborg (1999) suggeriscono la seguente funzione:

$$V_s = V_0 (1 + Z)^a$$

dove V_0 è la velocità al tetto dello strato ed "a" un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc...).

Questa relazione, combinata con la precedente, consente infatti la stima dello spessore della coltre di sedimenti soffici:

$$Z = \frac{V_0 (1-a)^{1/(1-a)}}{4 f_r} + 1 - 1$$

Nei casi più complessi è possibile invertire le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale fino a considerare ottimale il modello teorico più prossimo alle curve sperimentali.

Per l'inversione delle curve si può far riferimento alle procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004) usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

4.- STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Al fine di valutare l' esatta successione stratigrafica dei terreni in esame, sono state eseguite le prove penetrometriche statiche con punta elettrica (C.P.T.-E) ubicate come da planimetria allegata.

La ricostruzione della sequenza litologica dell'area si è poi avvalsa di n° 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità massima di 34.00 mt. dal p.c. rinvenuti nel sito della Banca Dati della Carta Geologica in scala 1 : 10.000 della regione Emilia Romagna (periodo: Dicembre 1995 ÷ Ottobre 2009).

L'esecuzione delle prove ha fornito inoltre una valutazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni dell'area in studio.

L'indagine geognostica eseguita con l'ausilio di penetrometro statico tipo "PAGANI" è stata spinta fino alla profondità massima di -8.50 ml dal piano campagna rilevando, in maniera continua (ogni cm), i valori di resistenza di punta "Rp" e resistenza di attrito laterale locale "Rl".

Come sopra indicato, il sistema utilizzato, per la misura dei due parametri (q_c e F_s), la punta elettrica è dotata di una cella di carico con trasduttore estensimetrico in grado di convertire lo sforzo di spinta in un segnale elettrico, con fondo scala di 50 Mpa per la resistenza alla punta e 0.5 MPa per la resistenza laterale. Inoltre la punta è dotata di sensore inclinometrico per la valutazione della deviazione dalla verticale.

Oltre ad una caratterizzazione litologica della successione stratigrafica la prova penetrometrica statica in terreni sabbiosi permette di stimare i valori di angolo di attrito interno "Fi" e di densità relativa "Dr"; inoltre in terreni coesivi fornisce inoltre, attraverso le esperienze pratiche di vari autori quali Begemann – Robertson - Mayne ed altri, i dati di resistenza del terreno in termini di tensioni totali (S_u) e di sovraconsolidazione nonché di deformabilità (moduli di Young ed edometrico).

I risultati derivanti dall'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica (C.P.T.-E), hanno evidenziato una stratigrafia così schematizzabile:

- C.P.T.- E n° 1

- dal p.c. a – 2.27 mt. : Terreno sabbioso - limoso, alterato, con caratteristiche geotecniche mediamente scarse.*
- da – 2.27 a – 5.07 mt. : Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate e dotate di limitata compressibilità.*
- da – 5.07 a – 6.49 mt. : Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose a vario grado di addensamento con intercalazioni limose e limo – argillose. Caratteristiche geotecniche da scarse a sufficienti e modesta compressibilità.*

- da – 6.49 a – 8.31 mt. : *Alternanza di livelli argillosi e limosi con rare intercalazioni limo - sabbiose centimetriche. Di origine alluvionale e caratteristiche geotecniche sufficienti – discrete. Depositi attribuibili a sedimentazione in piana inondabile.*
- da – 8.31 mt. alle : *Ghiaia da medio – fine a grossolana , arrotondata, in matrice limo - sabbiosa localmente più abbondante.*
- **C.P.T.- E n° 2**
- dal p.c. a – 2.45 mt. : *Terreno sabbioso - limoso, alterato, con caratteristiche geotecniche mediamente scarse.*
- da – 2.45 a – 4.47 mt. : *Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate e dotate di limitata compressibilità.*
- da – 4.47 a – 6.49 mt. : *Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose a vario grado di addensamento con intercalazioni limose e limo – argillose. Caratteristiche geotecniche da scarse a sufficienti e modesta compressibilità.*
- da – 6.49 a – 7.95 mt. : *Alternanza di livelli argillosi e limosi con rare intercalazioni limo - sabbiose centimetriche. Di origine alluvionale e caratteristiche geotecniche sufficienti – discrete. Depositi attribuibili a sedimentazione in piana inondabile.*
- da – 7.95 mt. alle : *Ghiaia da medio – fine a grossolana , arrotondata, in matrice limo - sabbiosa localmente più abbondante.*

*Per una visione di dettaglio si rimanda ai grafici penetrometrici allegati a fine relazione. Come rilevabile nella **Carta delle MOPS in scala 1 : 10.000 (stralcio in allegato)**, lo spessore –indicativo- dell’orizzonte ghiaioso dovrebbe essere compreso tra 2 e 4 mt.*

Nei foro di sondaggio, in sede di indagine geognostica (Ottobre 2022), e’ stata rinvenuta la presenza di un livello freatico alla profondità di –1.40 ÷ 1.50 metri di profondità dal piano di campagna attuale.

I terreni superficiali sabbiosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede

di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni contenute anche in virtù della vicinanza con la linea di costa.

Da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da una serie di indagini effettuate sul territorio limitrofo, per l’area oggetto di studio si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale “medio” dell’acqua a ml -1.0 dal piano campagna attuale.

Tuttavia occorre considerare come tale dato possieda un certo margine di incertezza trattandosi di valutazioni non suffragabili direttamente visto anche il breve periodo di osservazione entro il foro di sondaggio, unico dato a disposizione per la presente indagine, in rapporto alla velocità di filtrazione, alle oscillazioni stagionali e ai cicli meteorologici pluriennali.

A riguardo della condizione idrogeologica ed idraulica dell'area e delle prospettive di evoluzione nel tempo, si precisa che la stessa è interessata da rischio alluvioni poco frequenti (vedasi planimetria del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - P.A.I. - Tav. 5.3 - allegata alla presente relazione.

Pertanto nell'ambito dell'intervento si dovrà tener conto di tale vulnerabilità e prevedere misure necessarie per fronteggiare i potenziali rischi.

5.- GEOTECNICA

5.1.- Parametri geotecnici – Modello geotecnico

Le caratteristiche ed i parametri geotecnici dei diversi orizzonti litologici presenti nell'area in esame sono stati determinati in base ai risultati delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica eseguite, dalle conoscenze dei terreni in esame, dalle conoscenze geotecniche su terreni analoghi e limitrofi, nonché da notizie bibliografiche sulla zona rammentando che la distinzione in strati, dal punto di vista geotecnico, è in funzione del comportamento coesivo od incoerente dei litotipi.

In questo ambito non vengono considerati livelli che, dal punto di vista litologico, non possano essere riconducibili a terreni marcatamente coesivi o incoerenti ed il cui comportamento ibrido è difficilmente riconducibile a correlazioni tra $R_p - \phi$ ed $R_p - c_u$. Tali orizzonti se di ridotto spessore o presenti sotto forma di livelli, non sono in grado di influenzare il comportamento di grandi masse di terreno. Risultano invece determinanti nei processi di stabilità (versanti e/o fronti di scavo) e qualora siano sottoposti a carichi puntuali.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici nei terreni granulari partendo da correlazioni tra la resistenza alla punta R_p , l'angolo d'attrito interno ϕ , la densità relativa D_r e il modulo edometrico E_d , il sono i seguenti:

- **Angolo di resistenza al taglio Φ .**

$$\text{De Beer} \quad \Phi = 5.9 + 4.76 * (R_p/\sigma_v')$$

$$\text{Caquot} \quad \Phi = 9.8 + 4.96 * (R_p/\sigma_v')$$

$$\text{Robertson e Campanella (1893,1990)} \quad \Phi = \arctan ((0.1 + 0.38 \log (R_p/ \sigma_v')))$$

- Densità relativa

$$\text{Schmertmann } Dr(\%) = - 97.6 + 36.6 \ln (Rp) - 26.9 \ln (\sigma')$$

$$\text{Lancellotta } Dr(\%) = - 98 + 66 \ln (Rp) - \log (Rp / (\sigma')^{0.5})$$

- Modulo edometrico

$$\text{Robertson e Campanella } Ed (\text{Kg/cm}^2) = 0.03 * Rp + 11.7 \ln (\sigma) + 0.79 Dr\%$$

Per ciò che concerne le correlazioni attinenti i terreni coesivi, vengono di seguito proposte le correlazioni tra la resistenza alla punta (R_p) della prova statica e la resistenza laterale (R_l), tra la R_p e la coesione non drenata (C_u) ed infine tra la R_p ed il modulo edometrico.

- Coesione non drenata C_u . Per stimare questo parametro è stata utilizzata la relazione di

$$\text{Lunne ed Eide (1976)} \quad C_u = (R_p - \sigma_v) / K$$

$$\text{Begemann} \quad C_u = (R_p - \sigma_v) / N_c$$

dove " σ_v " è la pressione litostatica alla profondità di misura della R_p ed N_c è compreso tra 15 e 25.

- Modulo Edometrico Ed . Per stimare questo parametro è stata utilizzata la relazione di Sanglerat (1972) ove il valore di Ed (in Kg/cm^2) è uguale al rapporto di R_p per un coefficiente a che assume valori differenti in relazione alla litologia.

$$Ed = a * Rp$$

Ai livelli stratigrafici individuati sono stati attribuiti i parametri geotecnici medi.

Al fine di giungere però ad una stima ragionata e cautelativa dei parametri geotecnici, si sono determinati i loro valori caratteristici attraverso la determinazione statistica in modo che la probabilità che si verificano i valori più sfavorevoli sia inferiore al 5% (5° percentile). Una volta ricavati questi parametri caratteristici è possibile definire i parametri geotecnici più appropriati ai fini progettuali.

Pertanto, dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite nonché dalle conoscenze dei terreni in esame, sono stati desunti, trattandosi di alternanze granulometricamente eterogenee, i seguenti parametri geotecnici medi:

Terreno sabbioso - limoso, alterato, con caratteristiche geotecniche mediamente scarse (dal p.c. $a - 2.27 \div 2.45 \text{ mt.}$):

Angolo di attrito interno c.d.

Valore caratteristico

Coesione drenata

$$Xk\phi = 27^\circ$$

$$C' = 0.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Peso di volume	$Y = 1.7 \text{ Kg/cm}^3$
Peso di volume immerso	$Y' = 0.7 \text{ Kg/cm}^3$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 24.7 \text{ Mpa}$
Modulo elastico	$E_i = 20 \text{ Mpa}$
Modulo Poisson	$M_v = 0.40$
Permeabilità	$K = 4.65 \cdot 10^{-4} \text{ cm/sec.}$

Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate e dotate di limitata compressibilità (da $- 2.27 \div 2.45$ a $- 4.47 \div 5.07$ mt.):

Angolo di attrito interno c.d.

Valore caratteristico	$Xk\phi = 33^\circ$
Coesione drenata	$C' = 0.0 \text{ Kg/cm}^2$
Peso di volume	$Y = 1.85 \text{ Kg/cm}^3$
Peso di volume immerso	$Y' = 0.85 \text{ Kg/cm}^3$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 102 \text{ Mpa}$
Modulo elastico	$E_i = 81 \text{ Mpa}$
Modulo Poisson	$M_v = 0.32$
Permeabilità	$K = 5.52 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sec.}$

Alternanza di livelli di sabbie e sabbie limose a vario grado di addensamento con intercalazioni limose e limo - argillose. Caratteristiche geotecniche da scarse a sufficienti e modesta compressibilità (da $- 4.47 \div 5.07$ a $- 6.49$ mt.):

Angolo di attrito interno c.d.

Valore caratteristico	$Xk\phi = 28^\circ$
Coesione drenata	$C' = 0.0 \text{ Kg/cm}^2$
Peso di volume	$Y = 1.7 \text{ Kg/cm}^3$
Peso di volume immerso	$Y' = 0.7 \text{ Kg/cm}^3$
Modulo edometrico	$E_{ed} = 75 \text{ Mpa}$
Modulo elastico	$E_i = 61 \text{ Mpa}$
Modulo Poisson	$M_v = 0.34$
Permeabilità	$K = 6.31 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sec.}$

Alternanza di livelli argillosi e limosi con rare intercalazioni limo - sabbiose centimetriche. Di origine alluvionale e caratteristiche geotecniche sufficienti - discrete. (da $- 8.62$ mt. a $- 7.95 \div 8.31$ mt.):

Angolo di attrito interno c.d.

Valore caratteristico	$Xk\phi = 19.0^\circ$
Coesione drenata	
Valore caratteristico	$Xkc' = 0.06 \text{ Kg/cm}^2$
Peso di volume	$Y = 1.65 \text{ Kg/cm}^3$
Peso di volume immerso	$Y' = 0.65 \text{ Kg/cm}^3$
Angolo di attrito	$\phi_u = 0^\circ$

Coesione in sforzi totali

Valore caratteristico

$$X_{kcu} = 0.20 \div 0.40 \text{ Kg/cm}^2$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = 14 \text{ Mpa}$$

Modulo elastico

$$E_i = 11.2 \text{ Mpa}$$

Permeabilità

$$K = 7.27 \cdot 10^{-8} \text{ cm/sec.}$$

Ghiaia da medio – fine a grossolana , arrotondata, in matrice limo - sabbiosa localmente più abbondante. (da -7.95 ÷ 8.31 mt. alle profondità investigate):

Angolo di attrito interno c.d.

Valore caratteristico

$$X_{k\phi} = 35^\circ$$

Coesione drenata

$$C' = 0.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Peso di volume

$$Y = 1.9 \text{ Kg/cm}^3$$

Peso di volume immerso

$$Y' = 0.9 \text{ Kg/cm}^3$$

Angolo di attrito

$$\phi_u = 0^\circ$$

Permeabilità

$$K = 3.67 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec.}$$

6.- NORME SISMICHE

6.1- Il quadro normativo di riferimento

*Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il **D.M. 17 gennaio 2018 recante “norme tecniche per le costruzioni”**, entrato in vigore a partire dal 22 marzo 2018.*

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna 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 $V_{s,30} > 800$ 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 6.1.1):

Tabella 6.1.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519</i>	<i>Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472</i>
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35

2	$0.15 < a \leq 0.25$	0.25
3	$0.05 < a \leq 0.15$	0.15
4	≤ 0.05	0.05

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicit  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 7.1.2).

Tabella 6.1.2. Classificazione della sismicit  del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Zona	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Rimini	II	2	$0.25g$

6.1.1.- Azione sismica di progetto

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosit  sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosit  sismica   definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonch  di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilit  di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T^*C periodo di inizio del tratto a velocit  costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o e T^*C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria del sottosuolo e topografica,   quindi definito mediante l'accelerazione massima (A_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Nel caso oggetto di studio si ha:

$$S = S_s * S_t = 1.430 * 1.000 = 1.430$$

$$A_{g_{max}} = A_g * S = 0.184 * 1.430 = 0.263$$

6.1.2- Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la

costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 6.1.2.1.

Tabella 6.1.2.1. – Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

Stati limite		Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

6.1.3.- Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche **Categorie di sottosuolo**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Tabella 6.1.3.1. – Categorie di sottosuolo

- A- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri;**
- B- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;**
- C- Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 e 360 m/s;**
- D- Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 mt. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;**
- E- Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 mt.**

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 mt., la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$ ottenuto ponendo $H = 30$ mt. nella precedente espressione e considerando la proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

Nelle precedenti espressioni si indica con:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 6.1.3.2.):

Tabella 6.1.3.2.– Categorie topografiche

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

6.2.- Coefficienti sismici

In questa sede vengono anche riportate le osservazioni prodotte a seguito della richiesta di integrazione avanzata dal Comune di Riccione a Novembre 2024, circa la verifica che lo spettro elastico definito secondo i criteri delle NTC 2018 risulti più cautelativo rispetto al medesimo normalizzato determinato nell'analisi di MZS di 3° livello.

.....

Il comune di Riccione ha pianificato gli studi di microzonazione, sia di I e II livello nel 2013, e con la nuova normativa del 2018 li ha completati con la pianificazione di III livello. La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, è uno degli strumenti adottati per la riduzione del rischio a livello di pianificazione urbanistica, di valutare quindi, la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili.

Sulla scorta delle elaborazioni (e dei dati pregressi da MS I-II), il tratto costiero è stato suddiviso in 4 zone rappresentativehybg caratterizzate da modelli di sottosuolo e profili delle Vs caratteristici utilizzati per le successive modellazioni di RSL.

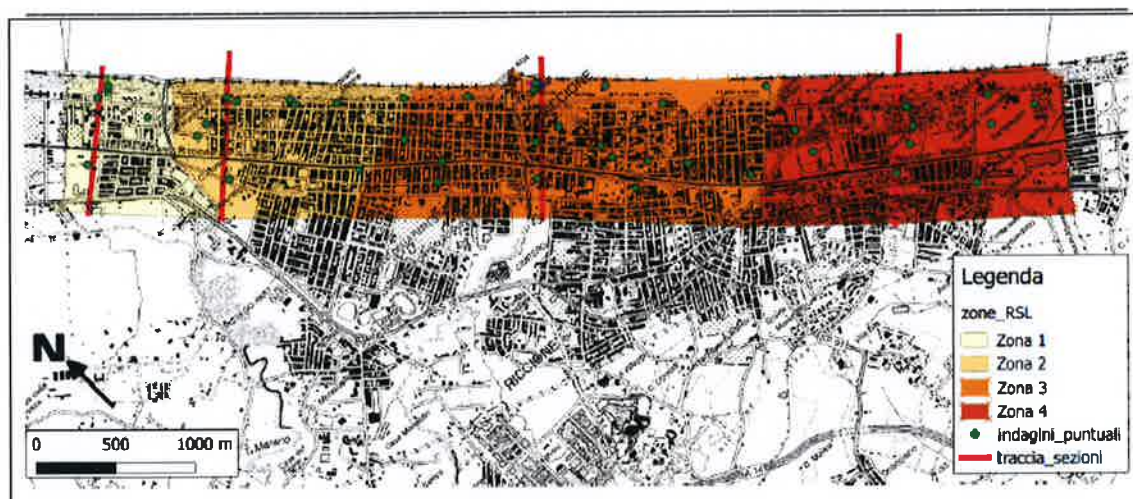


Fig. 1 - Tratto da Studi di Microzonazione comunale di Riccione

La zona 4 è la zona omogenea (MOPS) di III livello dove ricade l'area di studio sull'arenile lungo via Torino, indicata in Fig. 2.



Fig. 2

Le risultanze dello studio di microzonazione di questa area definita appunto Zona 4 posta sul litorale sud, possono essere riassunte dai grafici di Fig. 3 – 3a.

La PGA (peak ground acceleration) dal substrato sismico, fino alla superficie, è illustrata nel grafico superiore. Il **substrato sismico** è individuato a circa 180 m. di profondità.

Il risultato in superficie indicato dal valore medio, in celeste, è pari $PGA=0.256 \text{ ag/g}$. Nel grafico in basso si riporta lo spettro elastico orizzontale, più chiaramente indicato in.

ZONA 4

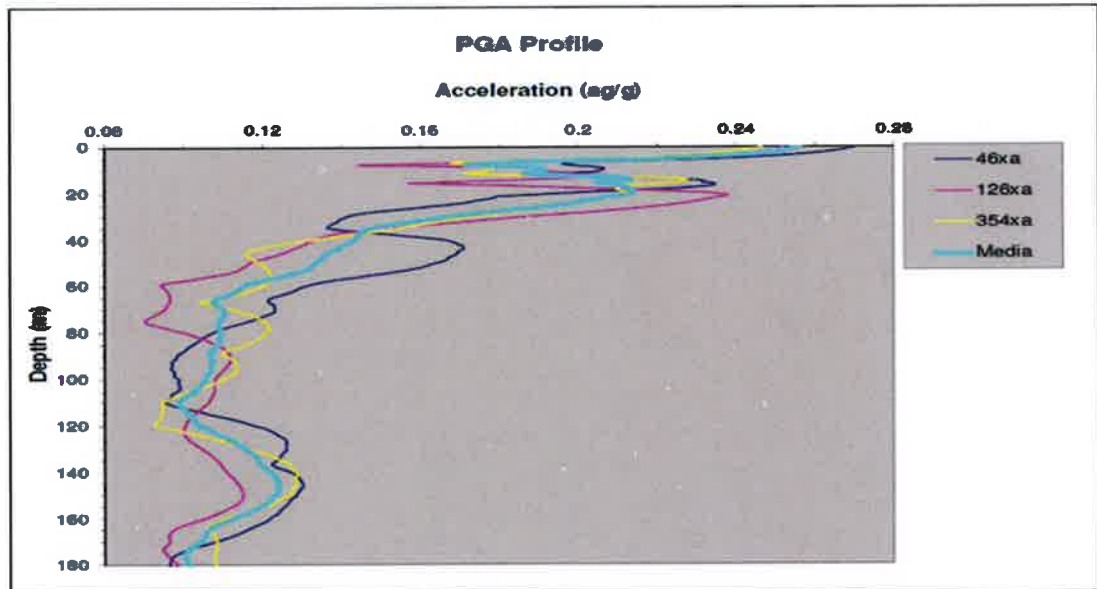


Fig. 3

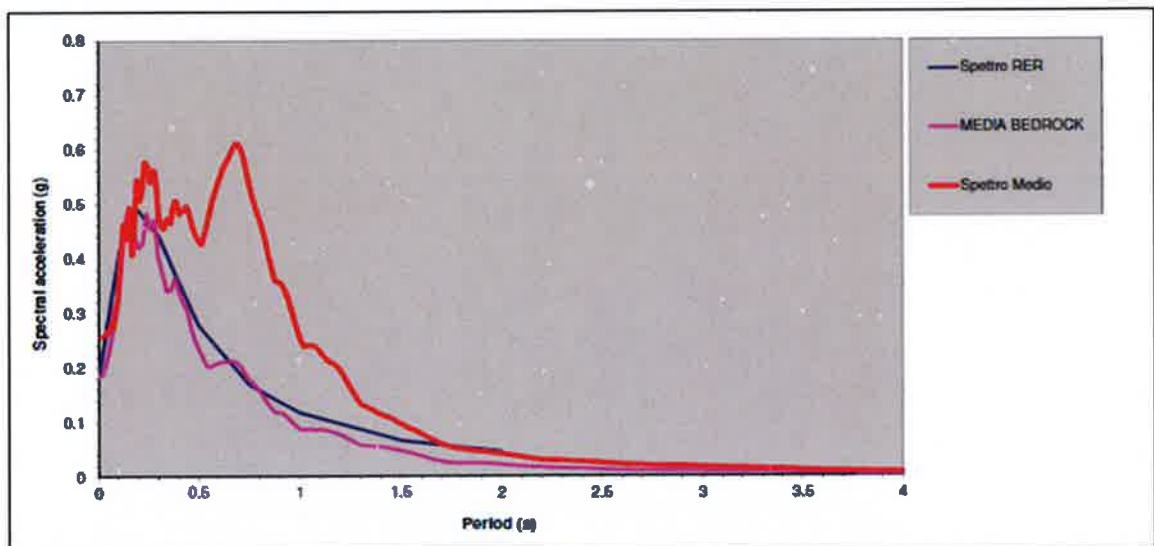


Fig. 3a

Per valutare quale sia la condizione più cautelativa tra gli spettri di risposta sismica locale RSL, e quelli prodotti dalla normativa tecnica NTC-2018, è necessario normalizzare lo spettro di risposta sismica dello studio locale, di Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

Si illustra l'andamento dello spettro dalla risposta sismica locale RSL normalizzato rispetto a quello di origine.

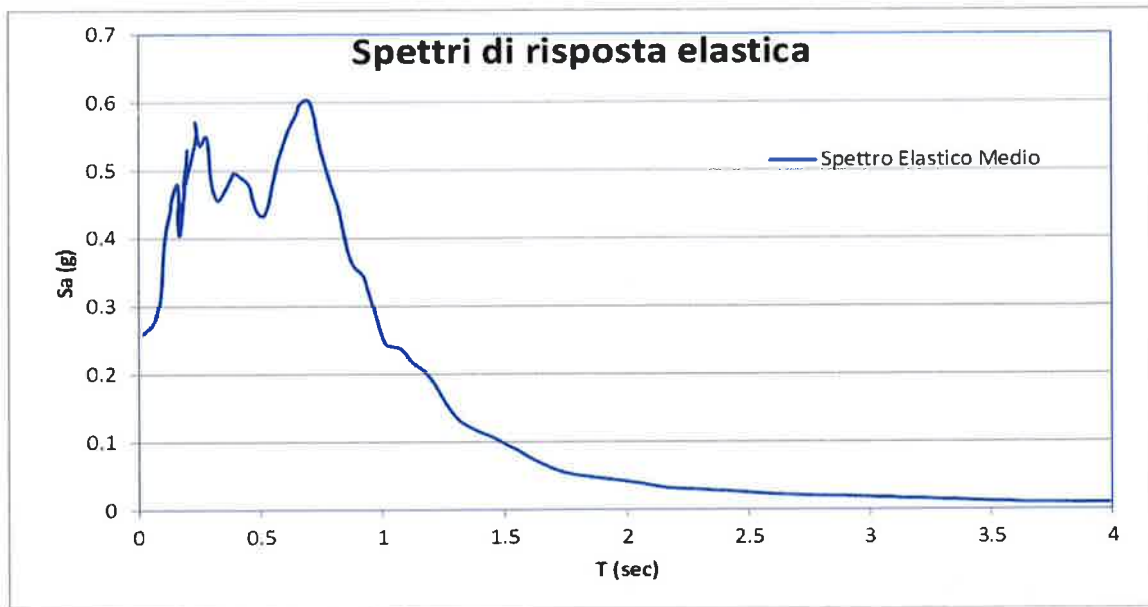


Fig. 4 - Spettro dagli studi di RSL comunale per la zona 4

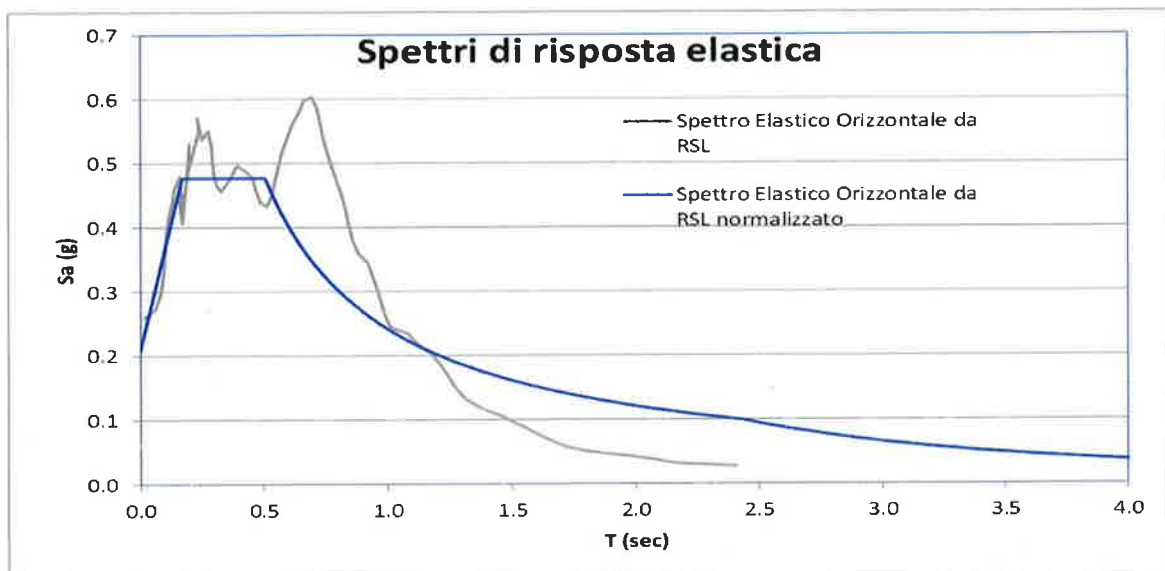


Fig. 5.

Con la normalizzazione di entrambi gli spettri è possibile il confronto diretto per valutare quale sia il più cautelativo in termini di risposta sismica, in Fig. 6 si riportano entrambi gli spettri.

Il risultato evidenzia che lo spettro di normativa risulta essere più cautelativo rispetto a quello della risposta sismica locale RSL.

Inoltre in termini di accelerazione massima PGA, in superficie risulta, che:

$$a_{max} \text{ da RSL} = 0.256$$

$$a_{max} \text{ da NTC-18} = 0.263$$

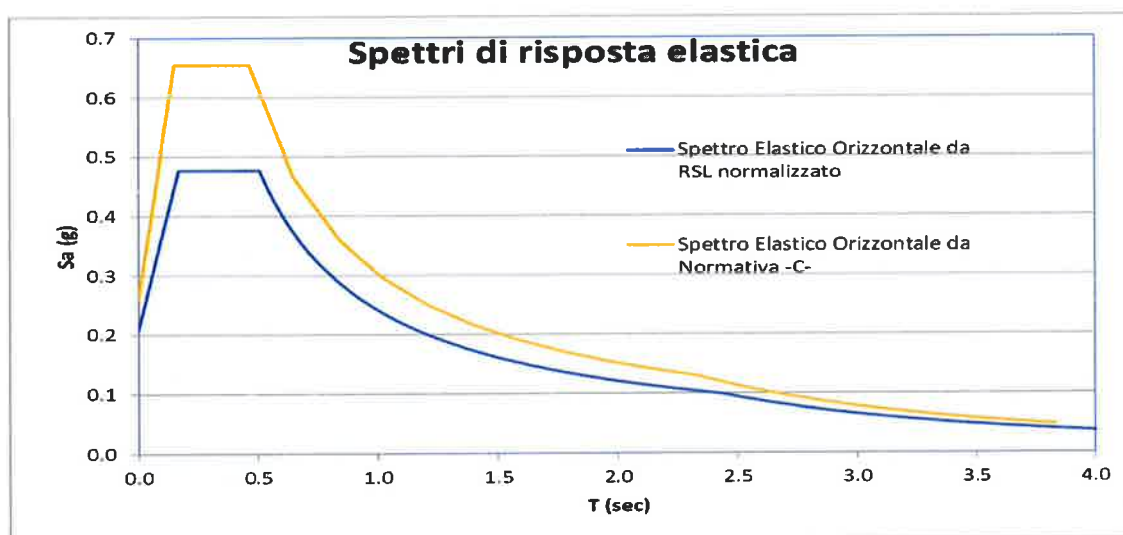


Fig. 6.

Pertanto le considerazioni progettuali eseguite con riferimento ai dati di risposta sismica prodotti dalla normativa tecnica NTC possono considerarsi validi, così come la stima del potenziale di liquefazione.

.....

6.3.- Coefficienti sismici

In questa sede si fornisce un modello geologico e geotecnico allo Strutturista nel qual modello ad ogni strato vengono assegnati i parametri geotecnici medi caratteristici, competenti.

Tali valori sono validi esclusivamente per la porzione di terreno sottostante le fondazioni.

Stato Limite	Tr (anni)	$A_g(g)$	Fo	Tc* (s)
S.L. Operatività (SLO)	30	0.049	2.427	0.275

<i>S.L.Danno (SLD)</i>	50	0.063	2.554	0.277
<i>S.L. Salvaguardia Vita (SLV)</i>	475	0.184	2.483	0.296
<i>S.L. Prevenzione Collasso (SLC)</i>	975	0.238	2.524	0.310

Coefficienti sismici - Determinazione

- a)- Categoria sottosuolo: **C**;
b). Categoria topografica: **T1**.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
<i>Ss Amplificazione stratigrafica</i>	1.50	1.50	1.43	1.34
<i>Cc Coefficiente funz. Categoria</i>	1.61	1.60	1.57	1.55
<i>St Amplificazione topografica</i>	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Kh</i>	0.015	0.019	0.063	0.089
<i>kv</i>	0.007	0.009	0.032	0.045
<i>Amax (m/sec²)</i>	0.715	0.930	2.574	3.127
<i>B</i>	0.200	0.200	0.240	0.280

Per valutazioni delle capacità portanti e relativi cedimenti, si rimanda alla relazione geotecnica a firma dello Strutturista.

7.- PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO.

Il moto sismico alla superficie dipende oltre che dal terremoto di riferimento al substrato (o bedrock geofisico) dalle caratteristiche delle coperture e dalla topografia, elementi che possono causare importanti fenomeni di attenuazione o amplificazione.

Gli effetti di un evento sismico dipendono quindi anche dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche dei terreni attraversati dalle onde.

In alternativa ai metodi analitici per quanto concerne i fenomeni di amplificazione sismica si può far riferimento a scenari geologici predeterminati.

A tal proposito Provincia di Rimini e Regione Emilia Romagna per evidenziare gli effetti di sito in caso di eventi sismici, hanno sottoscritto recentemente un protocollo d'intesa finalizzato all'individuazione degli scenari "tipo".

Al fine di prevenire e ridurre il rischio sismico nell'ambito della formazione di strumenti urbanistici, si farà riferimento alla "Indagine Sismica Preliminare" di cui alla delibera del Consiglio Regionale n° 2407 del 02.02.1984.

In particolare si potrà far riferimento alla scheda riepilogativa che ha redatto la Provincia di Rimini allegata alla propria nota del 05.12.2005 prot. n° 64066, nella quale si riassumono le caratteristiche fisiche del territorio che possono dare origine ad effetti di sito ed instabilità dei terreni in caso di eventi sismici.

Il Testo Unico "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto 14.09.2005, dell'OPCM e dell' EC8, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri;**
- B- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;**
- C- Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 e 360 m/s;**
- D- Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 mt. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;**
- E- Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 mt.**

Pertanto, con riferimento alla nota della Provincia di Rimini, l'area in oggetto per proprie caratteristiche fisiche e geomorfologiche, può essere classificata come:

Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 e 360 m/s; – categoria del suolo: C.

Nelle definizioni precedenti $V_{S_{eq}}$ è la velocità media di propagazione entro 30 mt. di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S_{eq}} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}} \quad [m/s]$$

dove :

h_i = spessore (in metri) dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Inoltre, ai fini dell'applicazione delle norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A. I valori di a_g espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Tra i parametri geotecnici la cui conoscenza è fondamentale, vi è il modulo di taglio G_0 . Tale parametro rappresenta la rigidità iniziale del terreno, cioè nell'istante immediatamente precedente il terremoto ed è quindi una misura della rigidità del terreno nel suo stato naturale.

Tale parametro è legato alla velocità delle onde S dalla relazione:

$$G_0 = P V_s^2$$

dove P è la densità del terreno.

La misura di G_0 può essere diretta od indiretta e può essere effettuata con prove dinamiche in sito e in laboratorio (monotoniche e cicliche).

Le prove in sito forniscono in genere risultati più affidabili per via del disturbo dei campioni, particolarmente elevato soprattutto nei terreni sabbiosi.

La misura indiretta può essere ottenuta o attraverso la misura delle onde P (con prove sismiche a riflessione o a rifrazione) oppure utilizzando correlazioni empiriche, semplici o multiple, che legano G_0 (o V_s) ad alcuni parametri geometrici (profondità del deposito o geotecnici desunti da prove in sito (numero dei colpi della prova SPT, resistenza alla punta da prove CPT, pressione di confinamento) – o da prove di laboratorio (pressione di confinamento, indice dei vuoti, indice di plasticità, grado di consolidazione).

In questa sede, la velocità di V_{S30} è calcolata è stata calcolata partendo da **indagine geofisica HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio)** eseguita sull'area in esame unitamente all'indagine geognostica i cui elaborati sono allegati alla presente relazione.

Da tale relazione emerge un valore di V_{S30} (**modello medio**) pari a **239 m/sec**.

Tale misura risulta comparabile con quelle rilevate nell'ambito della Carta delle velocità delle onde di "taglio s" (V_s) nell'ambito dello Studio di Microzonazione sismica – Comune di Riccione -, ove si sono registrati valori di V_{S30} compresi tra **233 e 244 m/sec**.

7.1.- Commento sul profilo delle velocità

Il moto sismico alla superficie dipende oltre che dal terremoto di riferimento al substrato (o bedrock geofisico) dalle caratteristiche delle coperture e dalla topografia, elementi che possono causare importanti fenomeni di attenuazione o amplificazione.

Gli effetti di un evento sismico dipendono quindi anche dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche dei terreni attraversati dalle onde.

Le oscillazioni della curva H/V (picchi) dipendono dalle condizioni morfologiche e stratigrafiche del sito.

Il rapporto spettrale H/V può quindi rivelare fenomeni di amplificazione del moto sismico. Esiste infatti una buona correlazione tra le frequenze dei picchi H/V rilevate e le frequenze naturali di risonanza del sito rilevate nel corso di eventi sismici.

L'eventuale corrispondenza tra le frequenze H/V con quelle proprie delle strutture anche in considerazione della perdita di rigidità che queste hanno dopo le sollecitazioni sismiche, rendono più severo l'effetto del sisma (effetto di doppia risonanza), aspetto che va necessariamente considerato in fase di progettazione strutturale.

*Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata nell'ambito della prova HVSR una frequenza massima di picco pari ad **Hz 0.69 ± 0.04**; si rinviene anche un altri picco ad **Hz 1.92 ± 0.09**.*

La velocità dedotta dalle onde sismiche di taglio entro 30 mt. a partire dal piano campagna attuale è stimata dell'ordine di $V_{S\ 30} = 180 \div 360$ m/sec. nell'ambito di un profilo con velocità crescente con la profondità, quindi associabile a terreni con rigidità progressivamente migliori.

L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece compreso tra 0.5 – 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard.

Poiché la coincidenza di risonanza tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'imput sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori di almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.

8.- VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico – tettoniche delle sorgenti sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Più nel dettaglio la banca dati DISS 3.1 indica che il territorio di Rimini si colloca a Sud Ovest di due aree sismogenetiche: la ITCS 039 (denominata "Riminese on-shore" Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006) e molto prossima alla ITCS 030 – "Riminese on-shore" posizionata nello specchio marino frontostante.

A queste aree sismogenetiche vengono attribuite le magnitudo massime di $M_W = 5.7$ per la prima e $M_W = 5.9$ per la seconda e dunque l'area è caratterizzata da terremoti storici che hanno raggiunto elevate intensità.

*Tuttavia l'area in studio è inserita all'interno della **zona sismogenetica n. 917** (Rimini - Ancona) nell'ambito della zonazione "ZS9" definita dal "Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV. Nel rapporto conclusivo al paragrafo 6.3 sono stati individuati due tipi di valori (Rapporto Conclusivo GdL INGV, 2004). A tal proposito in "Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica" (anno 2008 a cura del Dipartimento per la Protezione civile) si raccomanda l'adozione del valore di $M_{wmax2} = 6.14$, come richiamato al paragrafo 2.8.2, definito come metodo semplice e in favore della sicurezza per stimare il valore della magnitudo che può essere utilizzata **per le verifiche di stabilità e di liquefazione dei terreni e/o progettazione di opere.***

Rimane in ogni caso in ambito discrezionale del progettista l'adozione del valore più opportuno di magnitudo ai fini delle verifiche di calcolo in funzione della tipologia di opera e delle relative classe d'uso, tempi di ritorno, vita nominale e grado di rischio.

La zona oggetto di studio, come in precedenza ricordato, è caratterizzata dalla presenza, di depositi granulometricamente compresi tra sabbie e sabbie limose a vario grado di addensamento passanti, a partire da - 6.49 mt. dal p.c., ad argille e limi con intercalazioni limo - sabbiose di limitato spessore. I summenzionati litotipi passano a loro volta a partire da - 7.95 ÷ 8.31 mt. a ghiaie da medio - fini a grossolane in matrice limosa, addensate.

La normativa vigente richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

*La normativa esclude il pericolo di liquefazione se il terreno saturo si trova ad una **profondità superiore a 15 m** o se $a_g S < 0,15g$ e, contemporaneamente, si verifica una delle seguenti condizioni:*

- *contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;*
- *contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_{1,60} > 20$;*
- *frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$.*

Come la normativa europea, quella italiana ritiene che la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Pertanto, i litotipi presenti sull'area oggetto d'indagine sono stati analizzati dal punto di vista della suscettibilità a liquefazione; sono state considerate le **magnitudo max pari a $M_w = 5.5$ e $M_w = 6.14$ seppure rimanga in ogni caso in ambito discrezionale del progettista l'adozione del valore più opportuno di magnitudo ai fini delle verifiche di calcolo in funzione della tipologia di opera e delle relative classe d'uso, tempi di ritorno, vita nominale e grado di rischio.**

Date le finalità dello studio e la tipologia delle opere in progetto per tutte le analisi circa la potenziale liquefacibilità e la stima dei cedimenti post-sismici attesi, in questa fase cautelativamente si è fatto riferimento al piano campagna attuale estendendo le analisi entro i primi 15 mt dal p.c., profondità oltre la quale il fenomeno è inibito dalla pressione litostatica e/o gli eventuali potenziali effetti in superficie risulterebbero di scarsa rilevanza se non del tutto ininfluenti.

Le verifiche possono essere effettuate con metodologie di tipo storico – empirico fra cui quelle basate su prove CPT con particolare riferimento al metodo di “Robertson”, specificamente ritenuto adeguato per le caratteristiche dei terreni in studio e raccomandato nelle Linee Guida AGI 2005.

Come verificato al precedente paragrafo 6.1.1, l'accelerazione massima al suolo libero attesa risulta pari a **$A_{max} = 0.263$ g.**

La verifica di calcolo è stata effettuata come da normativa attraverso l'utilizzo del software CLiq vers. 3.5.2.14 della software house Geologismiki attraverso l'utilizzo della prova **CPT-E n° 1e 2** effettuate in sito, rappresentative della situazione locale e sufficientemente profonde discretizzando la stratigrafia secondo strati di 1 cm nonché avvalendosi di formule semplificate (metodologia di Boulanger e Idriss, 2014) rapportabili a parametri probabilistici. La verifica è stata condotta in considerazione di un **livello di falda pari a – 1.00 mt dal p.c. attuale con magnitudo momento pari a $M_w = 5.5$ e $M_w = 6.14$.**

L'analisi è stata eseguita utilizzando uno dei metodi più accreditati dal mondo accademico e scientifico, basato su un proprio fattore caratteristico di scala della magnitudo ($MSF = Idriss, 1997$) e propri coefficienti riduttivi ($Rd-K\alpha-K\sigma$) atti a determinare i valori di CRR (cyclic resistance ratio) e CSR (cyclic stress ratio) per ciascuno strato, necessari a definirne il rispettivo FS (fattore di sicurezza) rispetto ad una soglia limite di riferimento prefissata (nel caso in esame $FS = 1.25$).

Nel caso specifico, visti i valori di resistenza alla liquefazione (terreni incoerenti) ed alla degradazione ciclica (terreni coesivi), nell'ipotesi di condizioni free-field (campo libero), si ritiene che il potenziale di liquefazione dei terreni (riferito al piano campagna attuale) ed i relativi cedimenti risultino sostanzialmente omogenei.

In linea generale emerge il fatto che, a meno di modeste differenze litostratigrafiche, gli ambiti di IPL secondo Sonmez, 2003, adottando la soglia di $FS=1.25$, indicano per il sito in esame un potenziale ed una probabilità di liquefazione generalmente "Alto" fino a profondità di circa $-5.00 \div 5.50$ mt. dal p.c. (Boulanger & Idriss, 2014); "Basso" fino a alla base del cuneo sabbioso ($-7.95 \div -8.31$ mt.) secondo Boulanger & Idriss, 2014 ipotizzando una magnitudo momento rispettivamente pari a $M_W=5.50$ e $M_W=6.14$.

Gli indicatori di riferimento considerati, presentano i seguenti valori limite in relazione agli scenari di scuotimento di riferimento:

- <u>$M_W=5.5$</u>	<u>C.P.T.-E n° 1</u>		
LPI : 8.16	LSN : 34.999	PL : 21.198	ΔH : 12.151 cm.
- <u>$M_W=5.5$</u>	<u>C.P.T.-E n° 2</u>		
LPI : 7.899	LSN : 40.933	PL : 20.261	ΔH : 13.105 cm.
- <u>$M_W=6.14$</u>	<u>C.P.T.-E n° 1</u>		
LPI : 9.877	LSN : 36.739	PL : 28.114	ΔH : 12.818 cm.
- <u>$M_W=6.14$</u>	<u>C.P.T.-E n° 2</u>		
LPI : 9.782	LSN : 44.626	PL : 27.697	ΔH : 14.122 cm.

Gli orizzonti che contribuiscono maggiormente a tale aspetto sono quelli sabbioso-limosi sino alla base del cuneo sabbioso.

I litotipi prevalentemente sabbiosi sono caratterizzati da un mediocre grado di addensamento (50%) congiuntamente ad un alto livello freatico.

In ogni caso si deve evidenziare che gli orizzonti incoerenti potenzialmente liquefacibili, risultano caratterizzati da un valore di resistenza espresso in n. di colpi Spt (N1)60-cs ≈ 10 , il che secondo bibliografia rappresenterebbe una certa garanzia nei confronti del potenziale innesco di fenomeni di liquefazione totale o di flusso.

Negli orizzonti coesivi alla base del cuneo sabbioso, non si rilevano livelli argillosi rammolliti potenzialmente soggetti a significativa degradazione ciclica secondo le azioni sismiche di progetto.

In conclusione, in base alle suddette considerazioni ed ai parametri di analisi adottati, si ritiene che il potenziale di liquefazione dei terreni sia generalmente elevato e che, eventuali fenomeni di liquefazione, possano dar luogo a manifestazioni superficiali significative.

Elevati valori del potenziale di liquefazione ($LPI = 8.16 \div 7.899$ e $9.877 \div 9.782$ a seconda della magnitudo considerata, rispettivamente 5.5 e 6.14), risultano compatibili con quanto

riportato nell'elaborato di **Microzonazione sismica – Carta di Microzonazione sismica – Isopotenziali a liquefazione**; della Regione E-Romagna - Ottobre 2019), ove l'area in esame è posta in prossimità della curva con **IPL = 8**.

Altresì il sito in esame nell'elaborato di **SITUA “Liquefacibilità del sito ed abitati da consolidare”** evidenzia un valore di **IL > 5**.

Pertanto, in considerazione dell'età dei sedimenti (relativamente recente), della presenza di un livello freatico a quota ridotta rispetto al piano campagna, onde evitare che la struttura in progetto sia interessata in futuro da cedimenti differenziali e/o lesioni, si consiglia di adottare interventi per la mitigazione del rischio.

Le tecniche di intervento sulle strutture e sulle fondazioni possono considerarsi di tipo **indiretto**, in quanto non riducono l'entità del fenomeno ma puntano a limitare le conseguenze a carico della struttura.

L'irrigidimento, in sostanza, ha lo scopo di assorbire le ulteriori sollecitazioni provocate da eventuali cedimenti differenziali.

Si ribadisce comunque che **rimane in ogni caso in ambito discrezionale del Progettista l'adozione del valore più opportuno di magnitudo ai fini delle verifiche di calcolo in funzione della tipologia di opera e delle relative classe d'uso, tempi di ritorno, vita nominale e grado di rischio.**

9.- CONCLUSIONI

L'indagine svolta ha evidenziato la presenza nell'area interessata dal progetto di terreni a modeste caratteristiche geomeccaniche.

Lo studio è stato condotto sulla base dei risultati ottenuti dall'esecuzione di **n° 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (C.P.T.-E)** che hanno raggiunto la profondità massima di **- 8.50 (C.P.T.-E n° 1) ÷ - 7.95 (C.P.T.-E n° 2) metri dall'attuale p.c.**

In sede di indagine geognostica (Ottobre 2022), è stata rinvenuta la presenza di un livello freatico alla profondità di **-1.40 ÷ 1.50 metri di profondità dal piano di campagna attuale.**

I terreni superficiali sabbiosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni contenute anche in virtù della vicinanza con la linea di costa.

Da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da una serie di indagini effettuate sul territorio limitrofo, per l'area oggetto di studio si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale **“medio” dell'acqua a ml -1.0 dal piano campagna attuale.**

Tuttavia occorre considerare come tale dato possieda un certo margine di incertezza trattandosi di valutazioni non suffragabili direttamente visto anche il breve periodo di osservazione entro il foro di sondaggio, unico dato a disposizione per la presente indagine, in rapporto alla velocità di filtrazione, alle oscillazioni stagionali e ai cicli meteorologici pluriennali.

Per la parametrizzazione geotecnica dei terreni si è fatto riferimento alle correlazioni con R_p e C_u dalle prove penetrometriche statiche condotte.

Per la caratterizzazione geotecnica ed il controllo delle tematiche geotecniche (capacità portanti e relativi cedimenti, influenza della sottospinta idraulica, abbattimento del livello freatico, stabilità dei fronti di scavo, influenza dell'opera su fabbricati / proprietà limitrofe) connesse alla realizzazione dell'opera in progetto, si rimanda alla relazione geotecnica a firma dello Strutturista.

La sequenza stratigrafica rilevata evidenzia la presenza di litotipi sabbioso - limosi passanti in profondità (oltre quota - 6.49 mt. dal p.c.), ad argille e limi con intercalazioni limo - sabbiose di limitato spessore. I summenzionati litotipi passano a loro volta a partire da - 7.95 ÷ 8.31 mt. a ghiaie da medio - fini a grossolane in matrice limosa, addensate.

I litotipi prevalentemente sabbiosi sono caratterizzati da un modesto stato di addensamento (30-60%) congiuntamente ad un alto livello freatico.

In linea generale emerge il fatto che, a meno di modeste differenze litostratigrafiche, gli ambiti di IPL secondo Sonmez, 2003, adottando la soglia di $FS=1.25$, indicano per il sito in esame un potenziale ed una probabilità di liquefazione generalmente "Alto" fino a profondità di circa -5.00 ÷ 5.50 mt. dal p.c. secondo Boulanger & Idriss, 2014 ipotizzando una magnitudo momento pari a $M_W=6.14$; "Basso" fino a alla base del cuneo sabbioso (- 7.95 ÷ -8.31 mt.) secondo Boulanger & Idriss, 2014 ipotizzando una magnitudo momento rispettivamente pari a $M_W=5.50$ e $M_W=6.14$.

Gli indicatori di riferimento considerati considerando, come sopra indicato, una magnitudo momento pari a $M_W = 5.50$ e 6.14 ; presentano i seguenti valori limite in relazione agli scenari di scuotimento di riferimento:

<u>- $M_W=5.5$</u>	<u>C.P.T.-E n° 1</u>		
LPI : 8.16	LSN : 34.999	PL : 21.198	ΔH : 12.151 cm.

<u>- $M_W=5.5$</u>	<u>C.P.T.-E n° 2</u>		
LPI : 7.899	LSN : 40.933	PL : 20.261	ΔH : 13.105 cm.

<u>- $M_W=6.14$</u>	<u>C.P.T.-E n° 1</u>		
LPI : 9.877	LSN : 36.739	PL : 28.114	ΔH : 12.818 cm.

<u>- $M_W=6.14$</u>	<u>C.P.T.-E n° 2</u>		
LPI : 9.782	LSN : 44.626	PL : 27.697	ΔH : 14.122 cm.

Gli orizzonti che contribuiscono maggiormente a tale aspetto sono quelli sabbioso-limosi sino alla base del cuneo sabbioso.

I litotipi prevalentemente sabbiosi sono caratterizzati da un modesto stato di addensamento (30-60%) congiuntamente ad un alto livello freatico.

In ogni caso si deve evidenziare che gli orizzonti incoerenti potenzialmente liquefacibili, risultano caratterizzati da un valore di resistenza espresso in n. di colpi Spt (N1)60-cs ≈ 10 , il che secondo bibliografia rappresenterebbe una certa garanzia nei confronti del potenziale innesco di fenomeni di liquefazione totale o di flusso.

Il Testo Unico "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. del 14.01.2008, dell'OPCM e dell' EC8, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, sulla base

del profilo stratigrafico indagato, consente di inquadrare il suolo di fondazione entro la categoria:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 e 360 m/s; – categoria del suolo: C. Si ricorda che l'area è inserita in zona sismica di II categoria ($S = \text{grado di sismicità} = 9$) e che il valore di V_{S30} misurato nell'ambito della realizzazione della indagine geofisica HVSR è risultato pari a 239 m/sec.

Nell'ambito dell'indagine geofisica condotta, si è misurata una frequenza massima di picco pari ad $\text{Hz } 0.69 \pm 0.04$; si rinviene anche un altri picco ad $\text{Hz } 1.92 \pm 0.09$.

Si raccomanda infine di attuare una efficiente rete drenante che allontani rapidamente le acque meteoriche e reflue verso punti di minimo morfologico evitandone il ristagno e la conseguente infiltrazione verso le opere di fondazione.

Infine, per qualsiasi problema geologico in cantiere durante le fasi di scavo o per l'eventuale ritrovamento di condizioni geologiche e geotecniche difformi da quelle prospettate con l'esecuzione delle prove penetrometriche, si consiglia la presenza di un Geologo in cantiere.

Santarcangelo di R., Dicembre 2025.

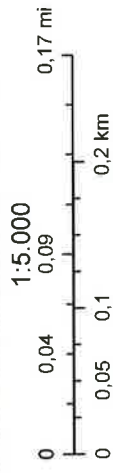
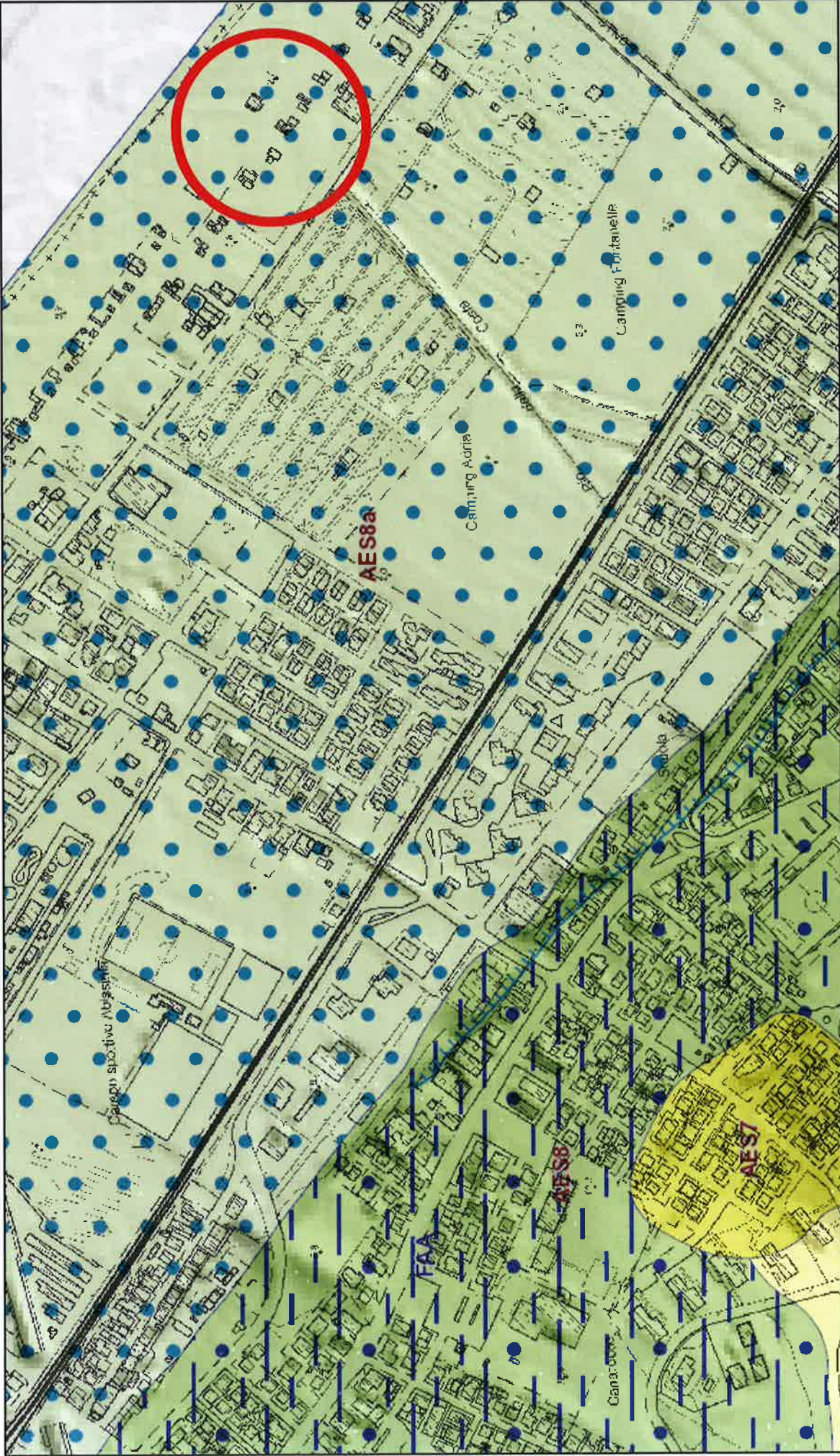


RELAZIONE GEOLOGICA ALLEGATA AL PROGETTO DI SPOSTAMENTO DEL TRATTO TERMINALE DEL CANALE CONSORZIALE "COSTA" CON ADEGUAMENTO IDRAULICO DELLO STESSO, SITO PRESSO VIALE TORINO, IN COMUNE DI RICCIONE - RN -.

ALLEGATI

da **CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA**

Stampa



08/12/2025, 23:37:55

Legenda

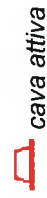
Download carte geologiche

Download cartografia 10k

Cartografia geologica

Risorse e prospezioni (10k)

tipo



cava attiva



cava inattiva



cava riempita



emanazione gassosa fredda



miniera attiva



miniera inattiva



pozzo per idrocarburi gassosi



pozzo per ricerca mineraria

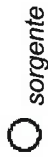


sondaggio esplorativo



sondaggio per ricerca di

idrocarburi



sorgente



sorgente minerale

Punti geomorf.-antrop. (10k)

tipo



discarica, deposito di origine

antropica



principale cavità ipogea

Linee geomorf.-antrop. (10k)

tipo



argine artificiale



circo glaciale



cordone litorale



cordone morenico terminale o

laterale



linea di riva alla data del

rilevamento



orlo di dolina



orlo di scarpata di frana



orlo di terrazzo fluviale



orlo di terrazzo marino



traccia di alveo fluviale

abbandonato



trincea di deformazione

gravitativa profonda di versante



ventaglio di esondazione

Punti di osservaz. e misura

(10k)

tipo



asse di piega mesoscopica



asse di piega simmetrica



asse di piega simmetrica

(vergenza neutra) orizzontale



associazione di pieghe minori



creeping



lineazione su contatto tettonico



località fossilifera



paleocorrente torbiditica



scorrimento interstrato



slumping intrafornazionale

non cartografabile



stratificazione a polarità

sconosciuta



stratificazione contorta con

valori medi di immersione ed

inclinazione



stratificazione dritta



stratificazione orizzontale



stratificazione rovesciata



stratificazione rovesciata

orizzontale








stratificazione verticale









stratificazione verticale a

polarità sconosciuta














-  stratificazione verticale con polarità
-  superficie di clivaggio o scistosità inclinata
-  superficie di clivaggio o scistosità orizzontale
-  superficie di clivaggio o scistosità verticale
-  zona cataclastica non cartografabile








Ambienti deposiz. e litologie (10k)

Legenda tessitura

-  Argilla -
-  Argilla - Piana alluvionale
-  Argilla Limosa -
-  Argilla Limosa - Piana alluvionale
-  Argilla Limosa - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia
-  Argilla Limosa - Piana deltizia





-  Argilla Limosa con Torba -
-  Argilla Limosa con Torba - Piana deltizia
-  Argilla Sabbiosa -
-  Argilla Sabbiosa - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia
-  Argilla Sabbiosa - Prodelta e transizione alla piattaforma
-  Ghiaia -
-  Ghiaia - Piana alluvionale
-  Ghiaia Argillosa -
-  Ghiaia Sabbiosa -
-  Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale
-  Ghiaia Sabbiosa - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia
-  Ghiaia Sabbioso Argillosa - Piana alluvionale




















-  Limo -
-  Limo - Piana alluvionale
-  Limo Argilloso -
-  Limo Argilloso - Piana alluvionale
-  Limo Argilloso Sabbioso -
-  Limo Argilloso Sabbioso - Piana alluvionale
-  Limo Argilloso Sabbioso - Piana deltizia
-  Limo Argilloso con Torba - Piana deltizia
-  Limo Sabbioso -
-  Limo Sabbioso - Piana alluvionale
-  Sabbia -
-  Sabbia - Piana alluvionale
-  Sabbia - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia

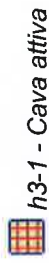
-  Sabbia - Piana deltizia
-  Sabbia Ghiaiosa - Piana alluvionale
-  Sabbia Ghiaioso Limosa - Piana a meandri
-  Sabbia Limosa -
-  Sabbia Limosa - Piana alluvionale
-  Sabbia Limosa - Piana deltizia
-  Sabbia Limoso Argillosa - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10k)

Legenda

-  AEI - Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore
-  AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore
-  AES1 - Subsintema di Monterlinzana
-  AES2 - Subsintema di Maiaatico

 AES2a - Unità di Miano	 a0b - Deposito di frana naturalmente stabilizzata per scivolamento	 a6 - Detrito di falda
 AES2b - Unità di Fico Rosso	 a0g - Deposito di frana naturalmente stabilizzata complessa	 a8 - Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)
 AES3 - Subsistema di Agazzano	 a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato	 a9 - Espansione laterale
 AES4 - Subsistema di Liano	 a1a - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento	 b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
 AES5 - Subsistema di Torre Stagni	 a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	 b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
 AES6 - Subsistema di Bazzano	 a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango	 c - Till indifferenziato
 AES7 - Subsistema di Villa Verucchio	 a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico	 c3 - Deposito glaciale e periglaciale
 AES7a - Unità di Niviano	 a1g - Deposito di frana attiva complessa	 d1 - Deposito eolico
 AES7b - Unità di Vignola	 a1h - Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV	 e1 - Deposito di salsa
 AES8 - Subsistema di Ravenna	 a2i - Aree soggette a frane superficiali diffuse	 f1 - Deposito palustre
 AES8a - Unità di Modena	 a3 - Deposito di versante s.l.	 f2 - Deposito lacustre
 a0 - Deposito di frana naturalmente stabilizzata o relitta di tipo indeterminato	 a5 - Antico deposito di versante	 h - Deposito antropico
	 a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato	 h1 - Discarica
	 a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	 h3 - Cava
	 a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale	
	 a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango	
	 a2e - Deposito di frana quiescente per colamento detritico	
	 a2f - Area soggetta a sprofondamento quiescente	
	 a2g - Deposito di frana quiescente complessa	
	 a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV	



h3-1 - Cava attiva



h3-2 - Cava inattiva



h3-3 - Cava riempita



i1 - Conoide torrentizia in
evoluzione



i2 - Conoide torrentizia inattiva



i3-1 - Deposito di debris flow
attivo



tr - Travertini

Affioramenti (punti) (10k)

tipo



affioramento di interesse s.l.



affioramento di interesse
sedimentologico



affioramento di interesse
stratigrafico



affioramento di interesse
strutturale

Elementi strutturali (10k)

Tipo

— traccia di superficie assiale
antiforme con asse orizzontale
certa

— traccia di superficie assiale
antiforme con asse orizzontale
dedotta

— traccia di superficie assiale
antiforme con asse orizzontale
incerta

— traccia di superficie assiale
antiforme con asse orizzontale
sepolta

— traccia di superficie assiale
sinforme con asse orizzontale
certa

— traccia di superficie assiale
sinforme con asse orizzontale
dedotta

— traccia di superficie assiale
sinforme con asse orizzontale
incerta

— traccia di superficie assiale
sinforme con asse orizzontale
sepolta

Limiti di unità geologiche (10k)

tipo

— bordo di acquisizione

— contatto con area non rilevabile

— contatto stratigrafico
inconforme certo

— contatto stratigrafico
inconforme dedotto

— contatto stratigrafico
inconforme incerto

— contatto stratigrafico
inconforme sepolto

— contatto stratigrafico o
litologico

— contatto stratigrafico o
litologico certo

— contatto stratigrafico o
litologico dedotto

— contatto stratigrafico o
litologico incerto

— contatto stratigrafico o
litologico sepolto

— contatto tettonico

— contatto tettonico certo

— contatto tettonico dedotto

— contatto tettonico incerto

— contatto tettonico secondario
precoce con geometria sottrattiva
certo

— contatto tettonico secondario
precoce con geometria sottrattiva
incerto

— contatto tettonico sepolto

— faglia

— faglia certa

— faglia con prevalente
componente trascorrente (senso di
movimento non determinabile)
certa

— faglia con prevalente
componente trascorrente (senso di
movimento non determinabile)
dedotta

	faglia con prevalente componente trascorrente (senso di movimento non determinabile) incerta		faglia diretta incerta	importanza minore		sovrascorrimento secondario su contatto tettonico a geometria sottrattiva preesistente incerto	
	faglia con prevalente componente trascorrente (senso di movimento non determinabile) sepolta		faglia diretta sepolta		sovrascorrimento di importanza minore certo		sovrascorrimento secondario tardivo che ritaglia impilamenti tettonici preesistenti certo
	faglia con prevalente componente trascorrente destra certa		faglia incerta		sovrascorrimento di importanza minore dedotto		sovrascorrimento secondario tardivo che ritaglia impilamenti tettonici preesistenti incerto
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		faglia inversa incerta		sovrascorrimento di importanza minore incerto		sovrascorrimento secondario
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra certa		faglia inversa sepolta		sovrascorrimento di importanza minore sepolto		sovrascorrimento sepolto
	faglia con prevalente componente trascorrente destra incerta		faglia sepolta		sovrascorrimento incerto		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		limite di natura incerta		sovrascorrimento principale precoce certo		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra certa		limite di regione		sovrascorrimento principale precoce incerto		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		orizzonte certo		sovrascorrimento secondario precoce certo		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		orizzonte incerto		sovrascorrimento secondario precoce incerto		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		orizzonte sepolto		sovrascorrimento secondario precoce certo		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		sovrascorrimento		sovrascorrimento secondario precoce incerto		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		sovrascorrimento certo		sovrascorrimento secondario su contatto tettonico a geometria sottrattiva preesistente certo		
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		sovrascorrimento dedotto				
	faglia con prevalente componente trascorrente sinistra incerta		sovrascorrimento di				

Processi geologici particolari (10k)

descrizione

zona cataclastica o milonitica










Affioramenti (aree) (10k)

Unità geologiche (10k)
































Legenda

ABT - Formazione dell'Abetina Reale

ABTa - Formazione dell'Abetina Reale - litofacies arenaceo-pelitica

 ACC - Argille e calcari di Canetolo	 AFC - Formazione del Fosso della Cà	 ANTa - Marne di Antognola - litofacies arenacea	 AQV1 - Formazione di Acquaviva - membro argilloso bituminoso
 ACCac - Argille e calcari di Canetolo - litofacies varicolorata	 AFCa - Formazione del Fosso della Cà - litofacies a breccie ofiolitiche	 APA - Argille a palombini	 AQVg - Formazione di Acquaviva - litofacies conglomeratica
 ACM - Arenarie di Campi	 AGO - Arenarie di Gorreto	 APAa - Argille a palombini - litozona argillitica	 ARB - Arenarie di Ponte Bratica
 ACR - Argille Varicolori di Case Crovini	 AGS - Arenarie di Groppo Sovrano	 APAb - Argille a palombini - litofacies arenaceo-pelitica	 ARBa - Arenarie di Ponte Bratica - litofacies arenacea
 ADO1 - Formazione di Monte Adone - Membro di Monte delle Formiche	 AMG - Arenarie di Monte Gabba	 APAc - Argille a Palombini - litofacies calcarea	 ARBm - Arenarie di Ponte Bratica - litofacies marmosa
 ADO2 - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole	 AMT - Argilliti di Mattogno	 APAm - Argille a palombini - litofacies marmosa	 ARF - Arenarie di Rio Fuino
 ADO2a - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole - litofacies pelitica-arenaceo	 ANT - Marne di Antognola	 APE - Arenarie di Petrinacola	 ARFa - Arenarie di Rio Fuino - litofacies conglomeratica
 ADO2ap - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole - litofacies arenaceo-pelitica	 ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella	 APM - Arenarie del Poggio Mezzature	 ATS - Sintema del Torrente Stirone
 ADO2c - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole - litofacies arenaceo-conglomeratica	 ANT4a - Marne di Antognola - membro di Anconella - litofacies arenaceo-pelitica	 APT - Scisti ad Aptici	 ATSa - Sintema del Torrente Stirone - litofacies pelitica
	 ANT5 - Marne di Antognola - membro di Iatica	 AQU - Quarziti della Rivaccia	 AT Sb - Sintema del Torrente Stirone - litofacies sabbiosa
		 AQV - Formazione di Acquaviva	

 AUL - Argilliti dell'Uccelliera	 AVE3 - Formazione della Val D'Aveto - membro arenaceo	 AVSc - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies calcarea calcari	 AVVds - Argille Varicolori - litofacies a brecce a diaspri e calcari
 AVC - Argilliti variegata con calcari	 AVE3a - Formazione della Val D'Aveto - litozona conglomeratica	 AVSmc - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies calcarea-marnosa	 AVVm - Argille Varicolori - litofacies a brecce argillose
 AVCa - Argilliti variegata con calcari - litofacies a brecce ofiolitiche	 AVI - Argille di Viano	 AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi	 BABA - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-calcareo
 AVCb - Argilliti variegata con calcari - litofacies a brecce calcarea-dolomitiche	 AVic - Argille di Viano - litofacies calcarea manosa	 AVTa - Argille variegata di Grizzana Morandi - litozona argillitica	 BABb - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-arenacea
 AVCc - Argilliti variegata con calcari - litofacies arenitico-marnosa	 AVN - Argille e calcari del Torrente Lavinello	 AVTb - Argille variegata di Grizzana Morandi - litofacies arenaceo-pelitica	 BABc - Formazione del Barbotto - litofacies arenacea
 AVCd - Argilliti variegata con calcari - litofacies calcarea marnosa	 AVSa - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies arenacea	 AVTc - Argille variegata di Grizzana Morandi - litofacies a brecce ofiolitiche	 BABd - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-argillosa
 AVE1 - Formazione della Val D'Aveto - membro pelitico arenaceo	 AVSac - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies argilloso-calcareo	 AVTd - Argille variegata di Grizzana Morandi - litofacies marnosa	 BAI - Brecce argillose di Baiso
 AVE1a - Formazione della Val D'Aveto - litozona argillitica	 AVSam - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies argillitico-marnosa	 AVV - Argille Varicolori di Cassio	 BAI1 - Brecce argillose di Baiso - membro della Val Fossa
 AVE2 - Formazione della Val D'Aveto - membro conglomeratico	 AVSb - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies a Brecce argillose	 AVVa - Argille Varicolori - litofacies pelitico-arenacea	 BAI1ap - Brecce Argillose di Baiso-Membro della Val Fossa - inclusi arenaceo pelitici

	CSU - Arenarie di Casanova	litofacies arenaceo-pelitica		FAA8a - Argille Azzurre - membro di Montecalvo in Foglia - litofacies arenacea	litofacies pelitico-sabbiosa
	CTG - Formazione di Contignaco	litofacies arenaceo-pelitica		FAA2ar - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenacea organogena	 FAM - Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana
	CTG1 - Formazione di Contignaco - Membro di Villaprara	litofacies arenaceo-pelitica		FAA2d - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies conglomeratica	 FAN - Flysch di Monte Antola
	CTG2 - Formazione di Contignaco - Membro di Carpineti	litofacies arenaceo-pelitica		FAA8p - Argille Azzurre - membro di Montecalvo in Foglia - litofacies pelitica	 FANa - Formazione di Antola - pebbly mudstone intraformazione
	CTGa - Formazione di Contignaco - litofacies vulcanoclastica	litofacies arenaceo-pelitica		FAAa - Argille Azzurre - litofacies arenacea	 FAR1 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Predalbora
	DSD - Diaspri	litofacies arenaceo-pelitica		FAAac - Argille Azzurre - litofacies arenaceo-conglomeratica	 FAR1a - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Predalbora - litofacies di Case Poncini
	DSDa - Diaspri - litofacies marnosa	litofacies pelitico-arenacea		FAAap - Argille Azzurre - litofacies arenaceo-pelitica	 FAR1b - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Predalbora - litofacies arenaceo-pelitica rossastra
	DSDb - Diaspri - litofacies caotica	litofacies pelitico-arenacea		FAAc - Argille Azzurre - litofacies conglomeratica	 FAR2 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Rigolo
	FAA - Argille Azzurre	litofacies arenaceo-pelitica		FAAa1a - Argille Azzurre - litofacies arenacea di Lardiano	 FAR2a - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Rigolo - litofacies di Groppo Ducale
	FAA2a - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenacea	litofacies arenaceo-pelitica		FAAamc - Argille Azzurre - litofacies delle marne di Corpolò	 FAR3 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Costa
	FAA2ap - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello -	litofacies arenaceo-pelitica		FAAaps - Argille Azzurre -	

AUTORITA' INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA - CONCA

PROGETTO DI VARIANTE 2016 **PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)**

Legge 18 maggio 1989 n°183 - Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n°152
Legge 27 febbraio 2009 n°13 - Legge 28 dicembre 2015 n°221

DELIBERAZIONE DEL COMITATO ISTITUZIONALE N. 1 DEL 27.04.2016

Quadro generale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

Mapa della pericolosità per il reticolo secondario di pianura

Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (P.G.R.A.)

Distretto Idrografico Appennino Settentrionale

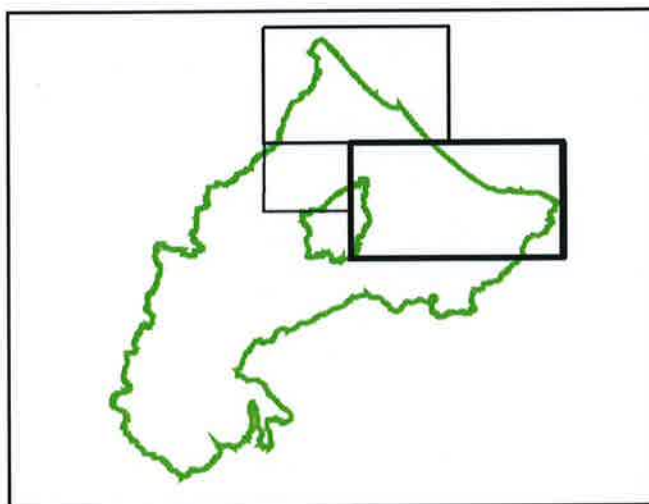


TAVOLA 5.3

Scala 1 : 25.000

Redazione
a cura dell'Autorità Interregionale
di Bacino Marecchia - Conca

Segreteria Tecnico - Operativa

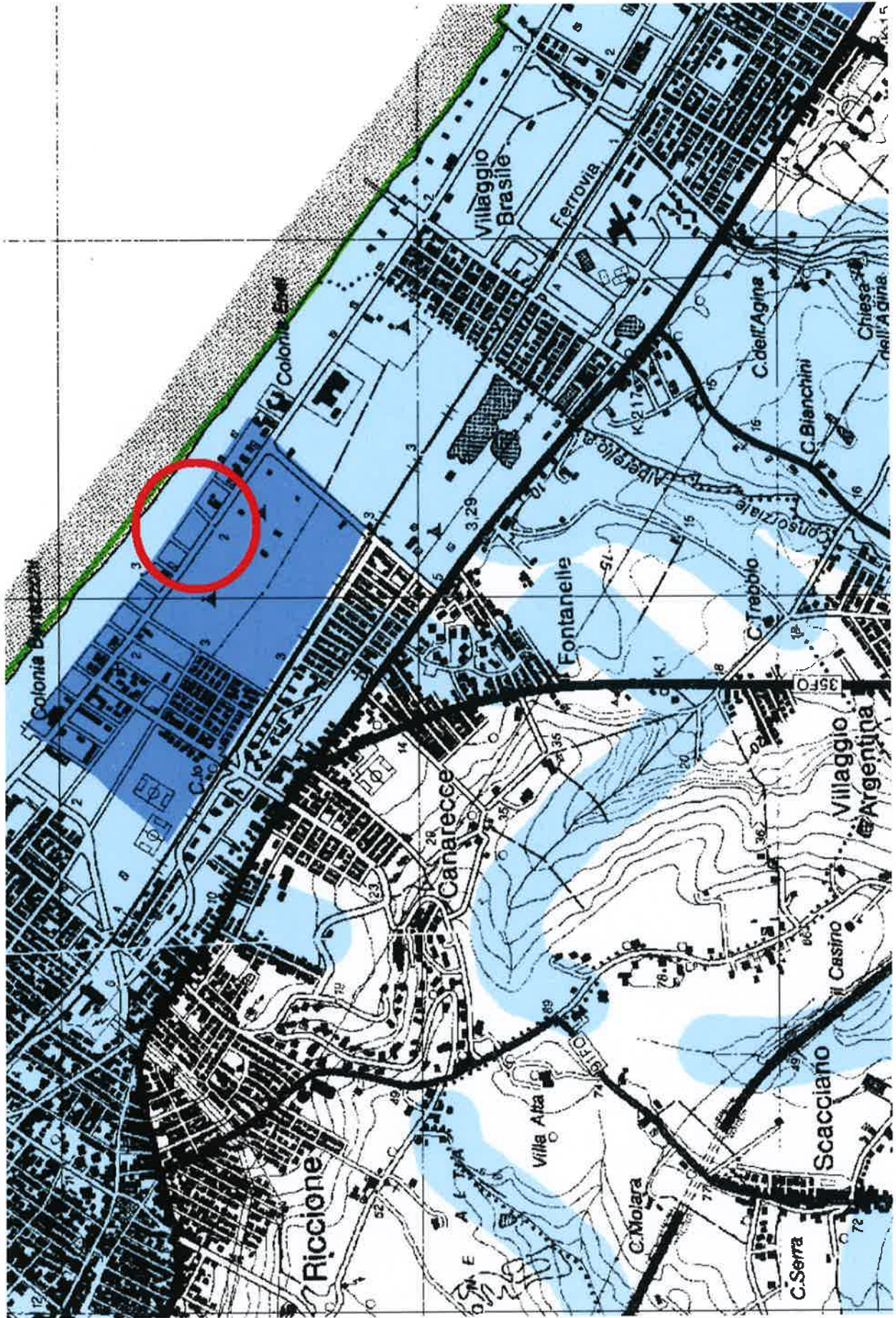
La Presidente dell'Autorità
Interregionale
di Bacino Marecchia - Conca

Paola Gazzolo



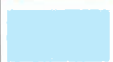
Il Segretario Generale
dell'Autorità Interregionale
di Bacino Marecchia - Conca

Gianfranco Giovagnoli

Aprile 2016

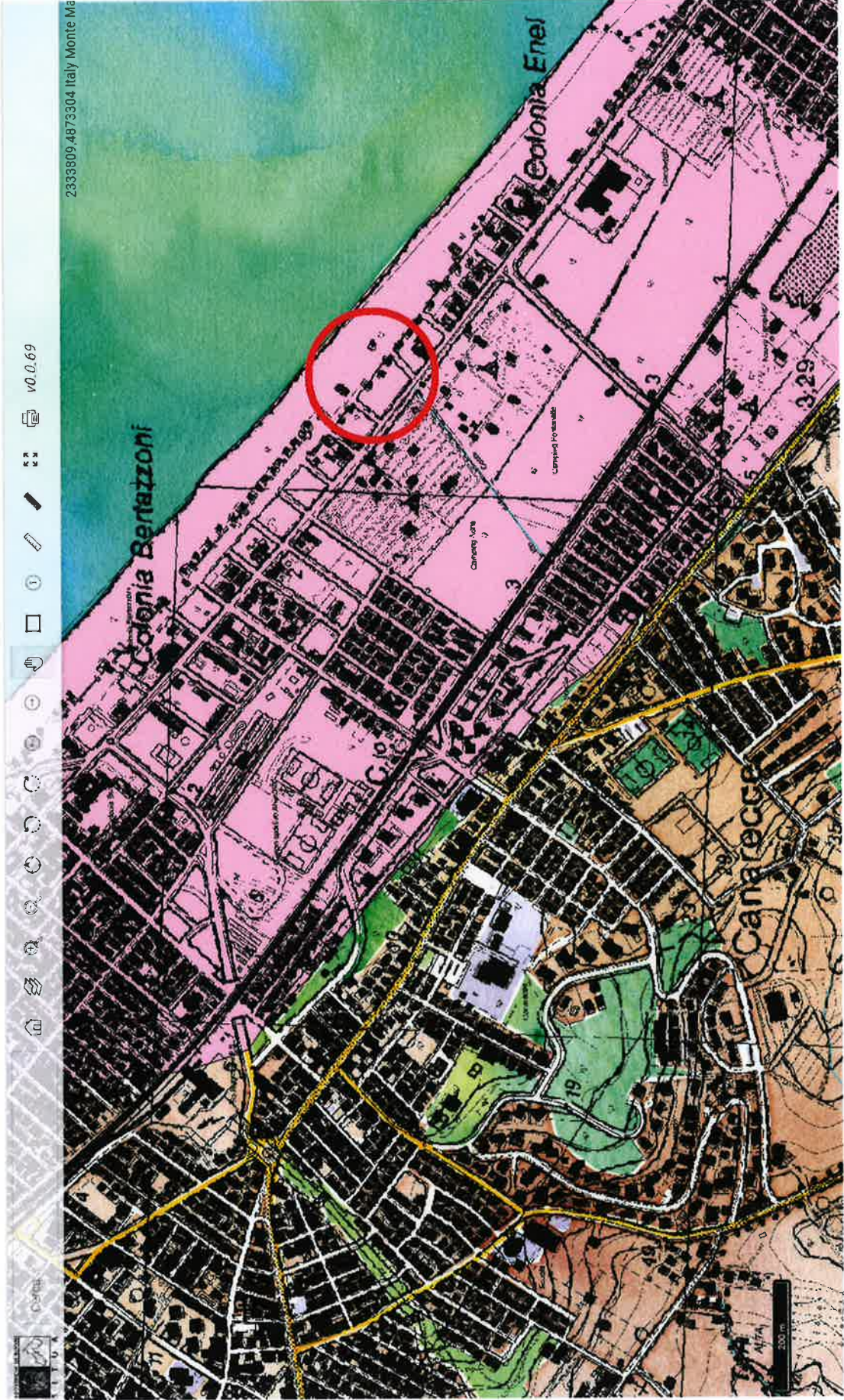


Legenda

-  Limite dell'Autorità di Bacino
-  Alluvioni frequenti
-  Alluvioni poco frequenti

da **SITUA - Rimini -**
- PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE -

(Tavola "D" - Stralcio).



2333809,4873304 Italy Monte Ma

v0.0.69

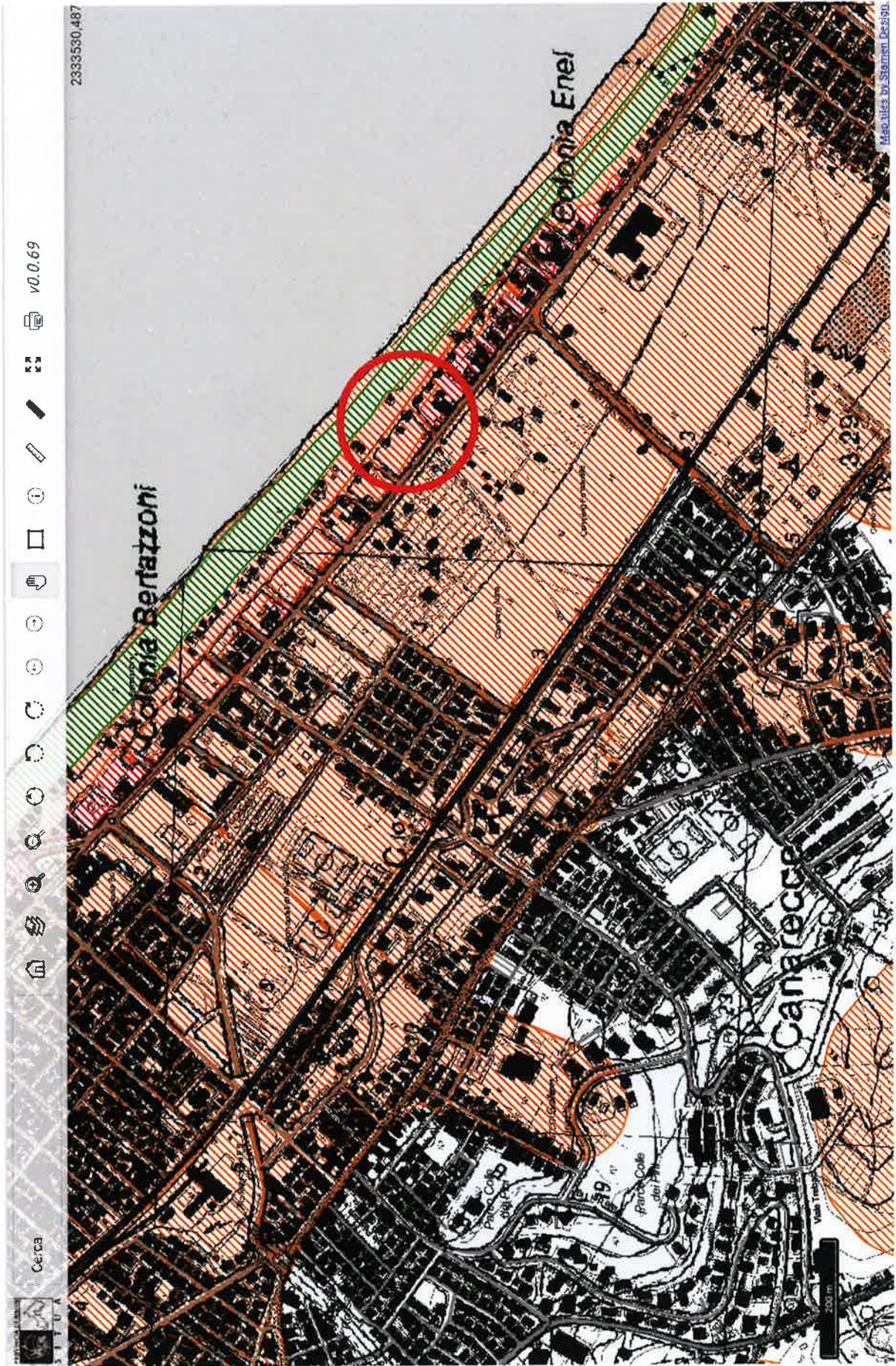
200 m

Livelli

-  DBTR_CtrMultiscala
-  PTCP_1_25000
-  Catasto
 -  a2_7_3_particelle_2018
 -  a2_15_3_fabbricati
 -  a2_5_1_civici_3857
-  Vincolo_Idrogeologico
 -  vincolo_idrogeologico_rev7
 -  a5_19_3_buffer_200m_pozzi_av
 -  a5_18_1_pozzi_idropotabili_av
 -  a5_16_1_pozzi_idropotabili
 -  a5_17_3_buffer_200m_pozzi
-  Tavola_D_PTCP
 -  AMBITI A PERICOLOSITA' IDRAULICA
 -  a5_4_2_reticolo_idrografico
 -  Reticolo idrografico minore
 -  Reticolo idrografico principale
 -  a5_6_3_ambiente
 -  Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 2.2)
 -  a5_12_3_ree_esondabili_art_2_3
 -  AMBITI A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
 -  a5_2_2_Scarpate (art. 4.1 comma 13)
 -  a5_8_3_ree_pericolosita_agg_lug2012_controd
 -  Aree di possibile influenza di frane di crollo (art. 4.1 commi 3 e 7)
 -  Zone instabili per fenomeni di dissesto attivi verificati (art. 4.1 commi 3 e 7)
 -  Zone instabili per fenomeni di dissesto quiescenti verificati (art. 4.1 commi 6 e 7)
 -  a5_9_3_perimetrazioni_adb_2008_controd
 -  Aree di possibile influenza di frane di crollo (art. 4.1 commi 3 e 7)
 -  Zone instabili per fenomeni di dissesto attivi verificati (art. 4.1 commi 3 e 7)
 -  Zone instabili per fenomeni di dissesto quiescenti verificati (art. 4.1 commi 6 e 7)

- ▼  a5_10_3_coperture
 - Depositi di versante da verificare (art. 4.1 comma 10)
 - Depositi di versante verificati (art. 4.1 comma 11)
 - Zone instabili per fenomeni di dissesto attivi da verificare (art. 4.1 commi 3 e 7)
 - Zone instabili per fenomeni di dissesto quiescenti da verificare (art. 4.1 commi 5 e 7)
 - Depositi eluvio-colluviali e antropici (art. 4.1 comma 12)
 - a5_5_3_ambiti_da_consolidare (art. 4.2)
 - a5_7_3_calanchi_var2011_controd (art. 4.1 commi 3,4,7)
 - a5_11_3_aree_pot_instabili
 - ▼  AMBITI A VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA
 - a5_3_3_art_3_6_bacino_marecchia_conca (art. 3.6)
 - a5_13_3_Aree di ricarica della falda idrologicamente connesse all'alveo ARA (art. 3.3)
 - ▼  a5_14_3_vulnerabilita
 - Aree di ricarica diretta della falda ARD (art. 3.4)
 - Aree di ricarica indiretta della falda ARI (art. 3.5)
 - Bacini imbriferi BI (art. 3.5)
 - a2_14_3_confineprovinciale
 - ▼  Sfondo
 - Google Hybrid
 - Google Terrain
 - OSM TF Landscape
 - Sfumo_Altimetrico5x5
 - Stamen Terrain-USA/OSM
 - Agea2011_RGB
 - OCM Landscape
 - Stamen Toner Lite/OSM
 - Stamen Watercolor/OSM
-

**Da SITUA -RN -
- Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) Stralcio -**






2333530,487

v0.0.69

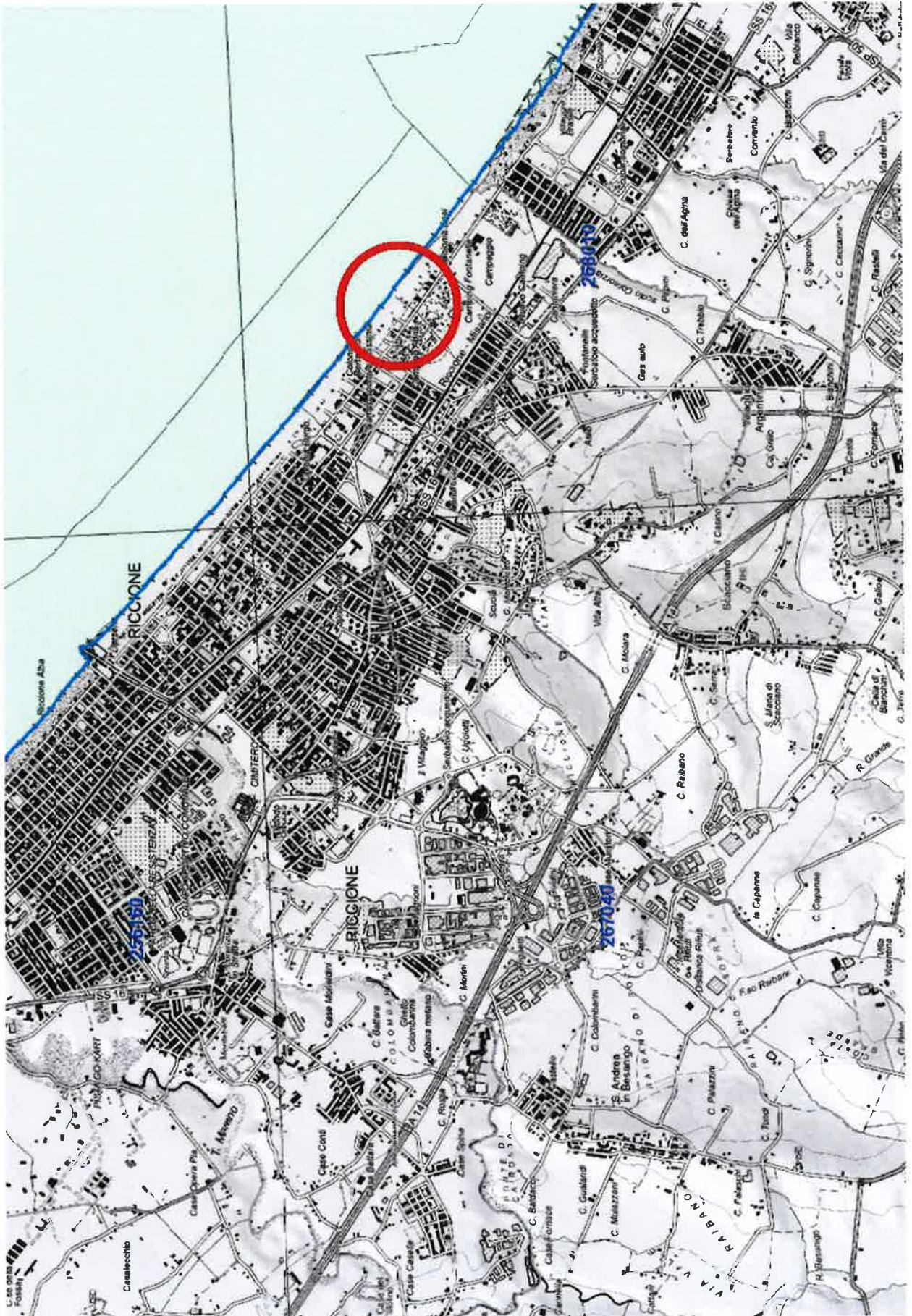
Cerca

Map tiles by Stamen Design

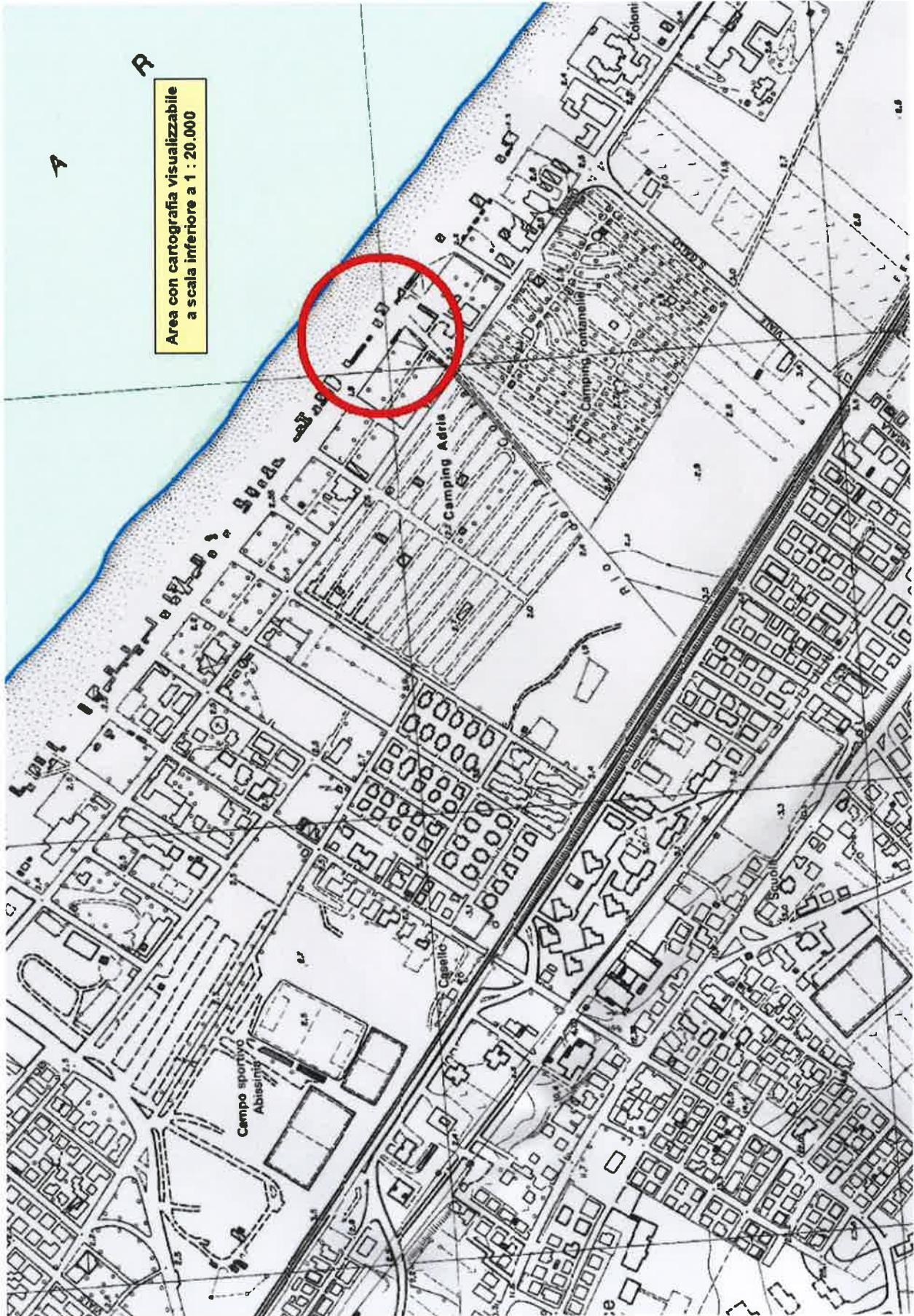
Livelli

-  DBTR_CtrMultiscala
- ▼  PTCP_1_25000
 - 1
- ▼  Pericolo Costiero
 -  Alluvioni_frequenti_-_H_-_P3_(ITI01319FHMHACMRER)
 -  Alluvioni_poco_frequenti_-_M_-_P2_(ITI01319FHMMACMRER)
 -  Alluvioni_rare_-_L_-_P1_(ITI01319FHMLACMRER)
- ▼  Pericolo Reticolo Secondario
 -  Alluvioni_frequenti_-_H_-_P3__(ITR081FHMHRSPRER)
 -  ITI01319FHMHRSPRER
 -  Alluvioni_frequenti_-_H_-_P3_(ITI01319FHMHRSPRER)
 -  Alluvioni_poco_frequenti_-_M_-_P2_(ITR081FHMMRSPRER)
 -  ITI01319FHMMRSPRER
 -  Alluvioni_poco_frequenti_-_M_-_P2_(ITI01319FHMMRSPRER)
- ▼  Pericolo Reticolo Principale
 -  Alluvioni_frequenti_-_H_-_P3__(ITR081FHMHRPRER)
 -  ITI01319FHMHRPRER
 -  Alluvioni_frequenti_-_H_-_P3_(ITI01319FHMHRPRER)
 -  Alluvioni_poco_frequenti_-_M_-_P2_(ITR081FHMMRPRER)
 -  ITI01319FHMMRPRER
 -  Alluvioni_poco_frequenti_-_M_-_P2_(ITI01319FHMMRPRER)
 -  Alluvioni_rare_-_L_-_P1_(ITI01319FHMLRPRER)
-  Google Satellite
-  Stamen Toner Lite

PLANIMETRIA scala 1 : 25.000



PLANIMETRIA scala 1 : 5.000



Area con cartografia visualizzabile
a scala inferiore a 1 : 20.000

A

R

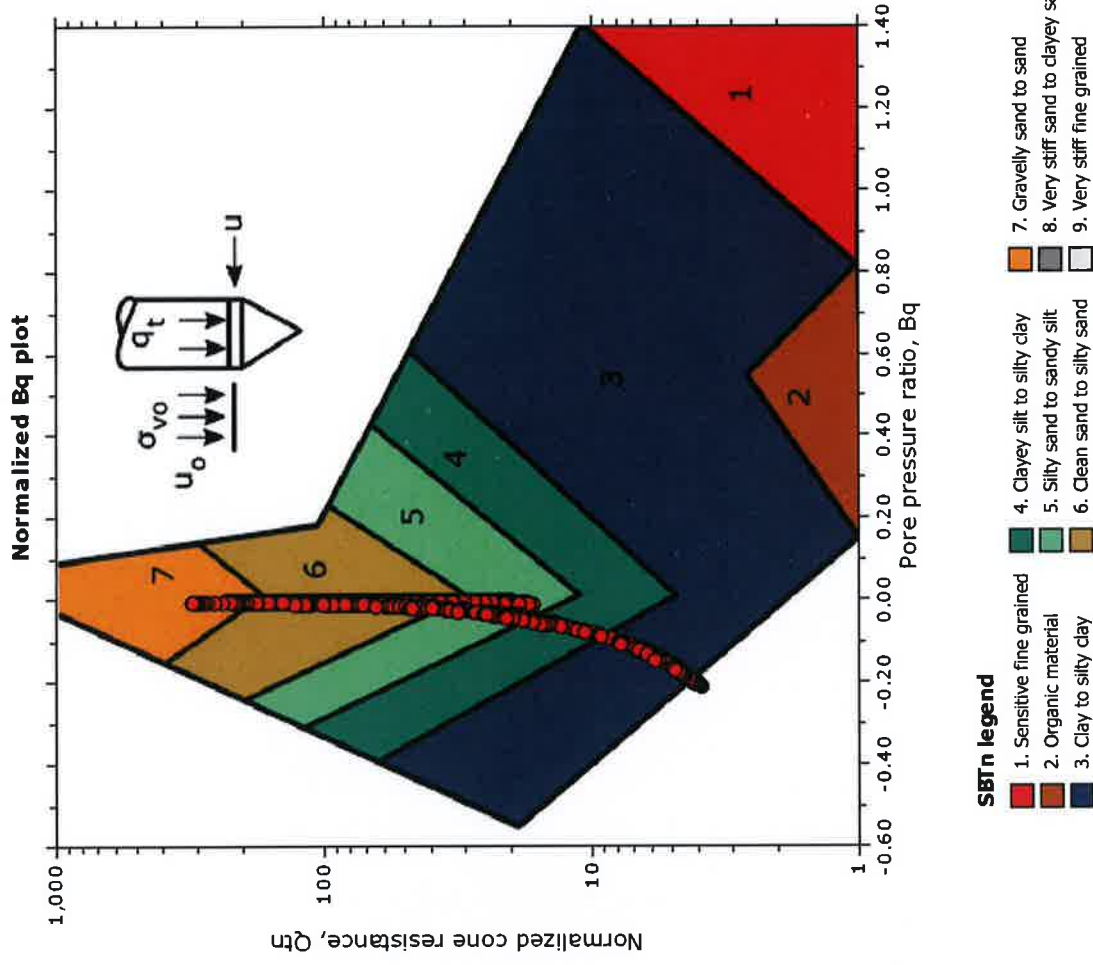
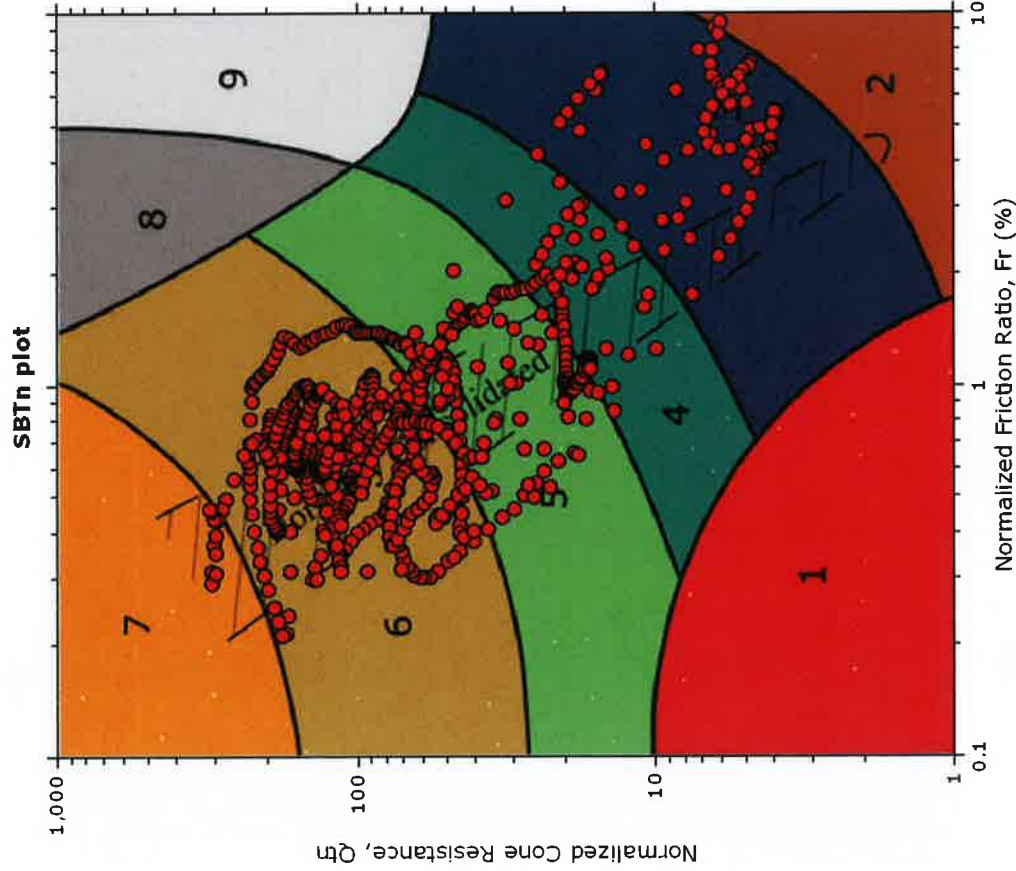
INDAGINI GEOGNOSTICHE
- prove penetrometriche statiche con punta elettrica -

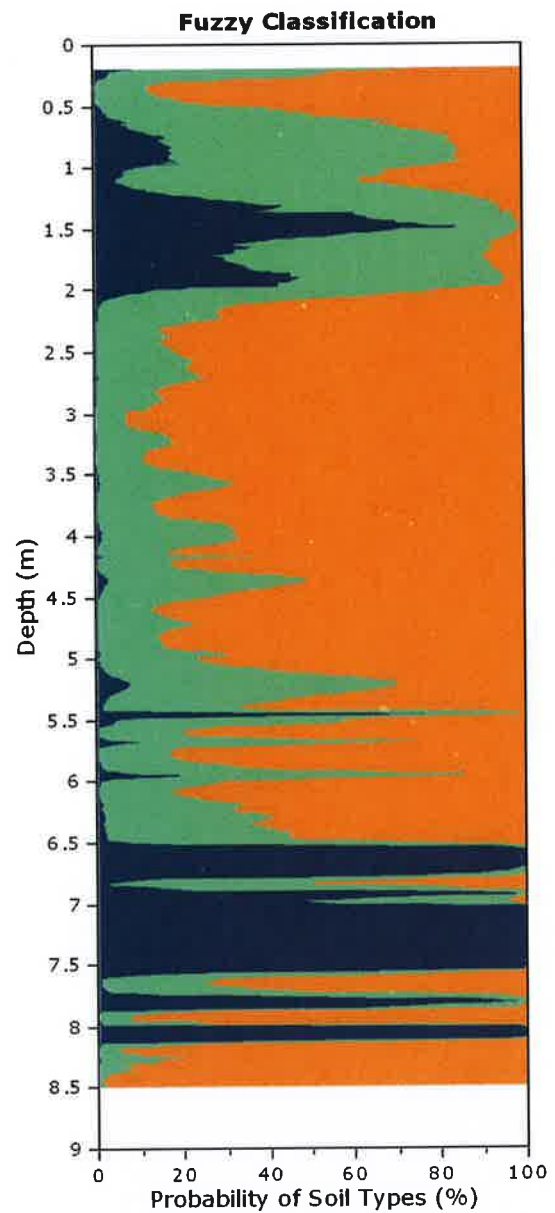
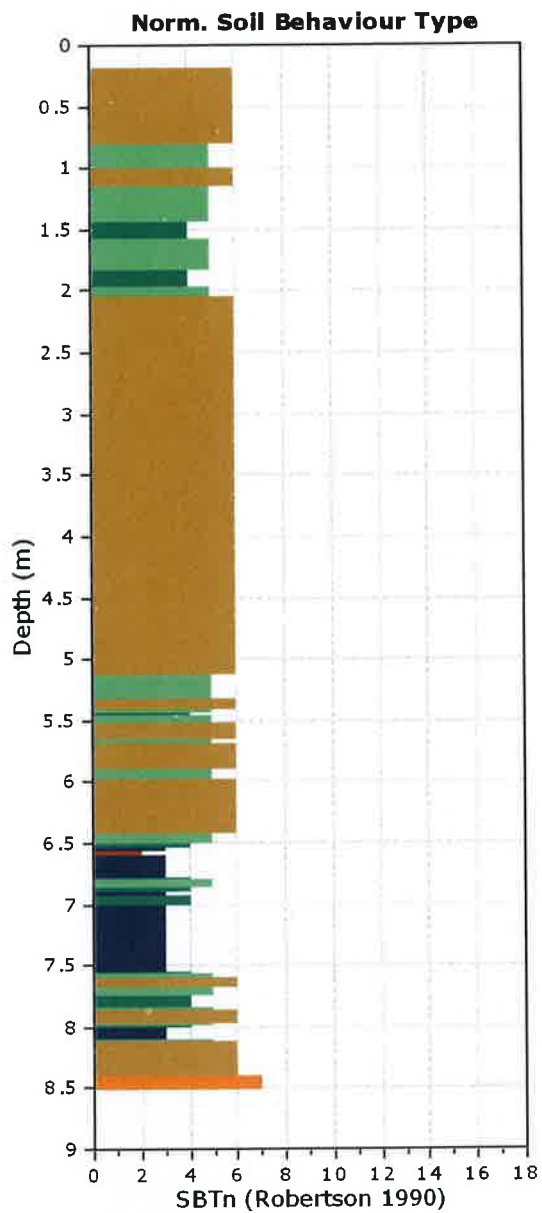
(Stralcio da Google Earth).



INDAGINE GEOGNOSTICA
- prova penetrometrica statica con punta elettrica n° 1 -

SBTn - Bq plots (normalized)



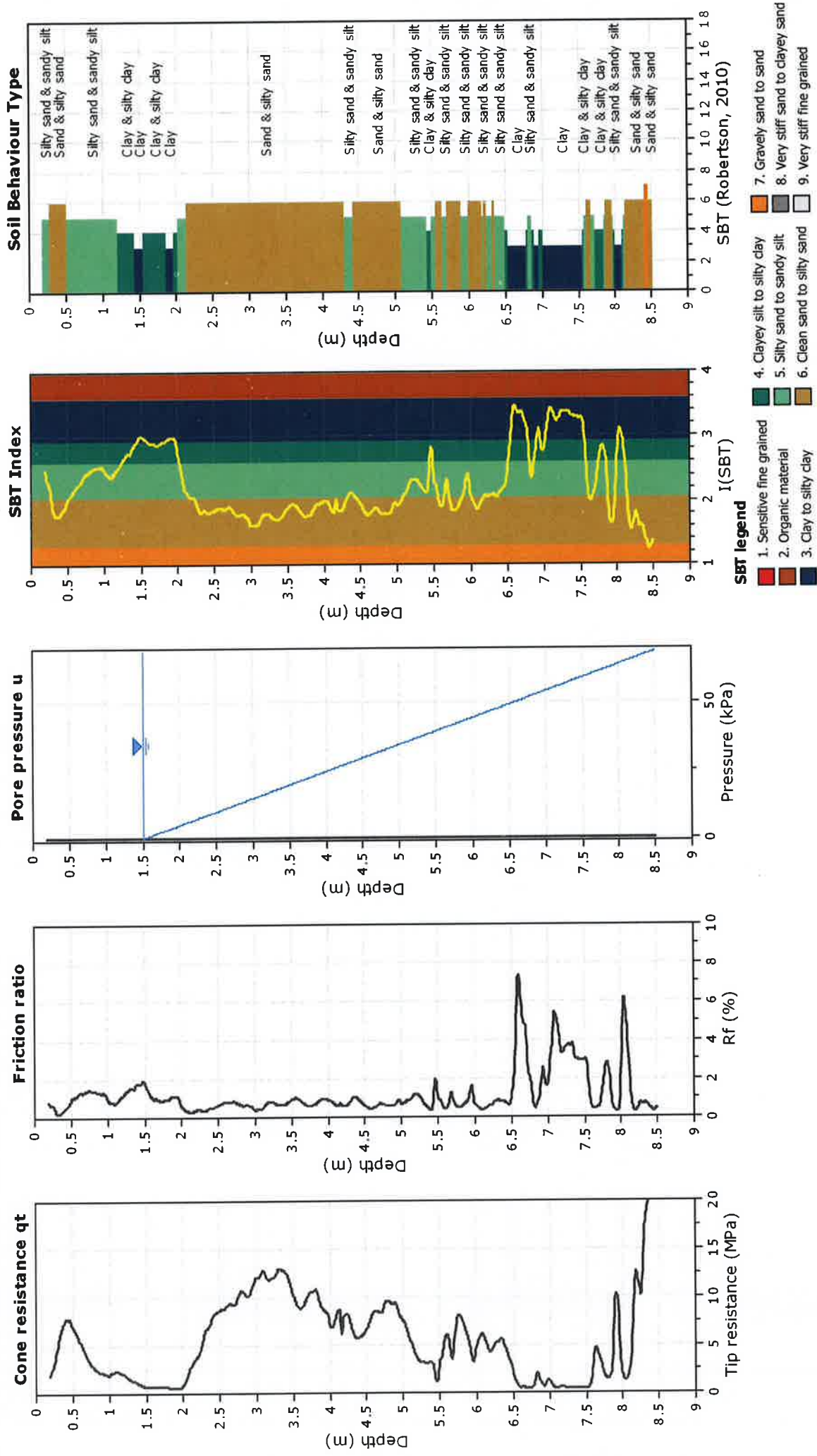


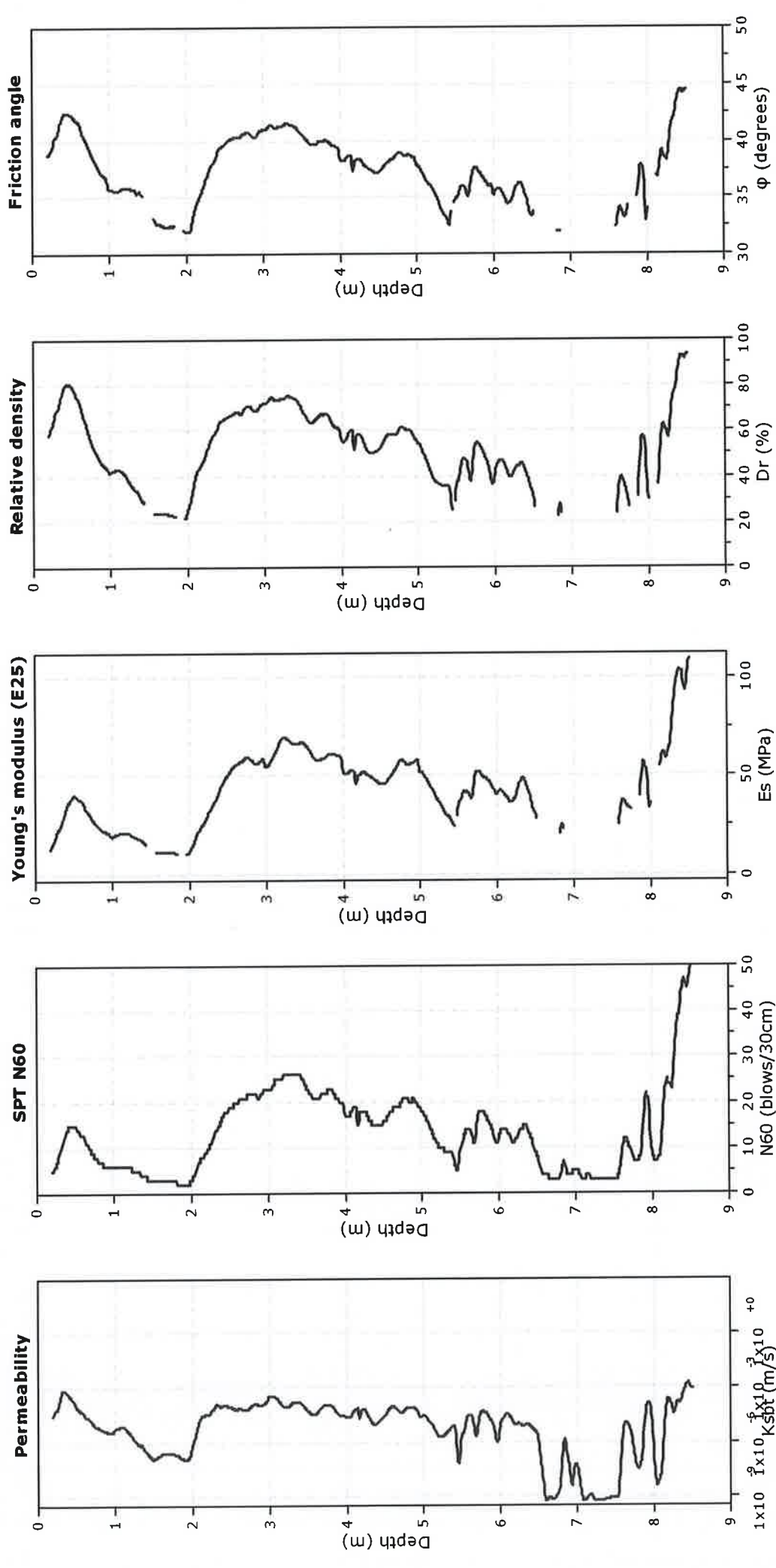
Project: CPTE

Location: Riccione Viale Torino, Bagno 23

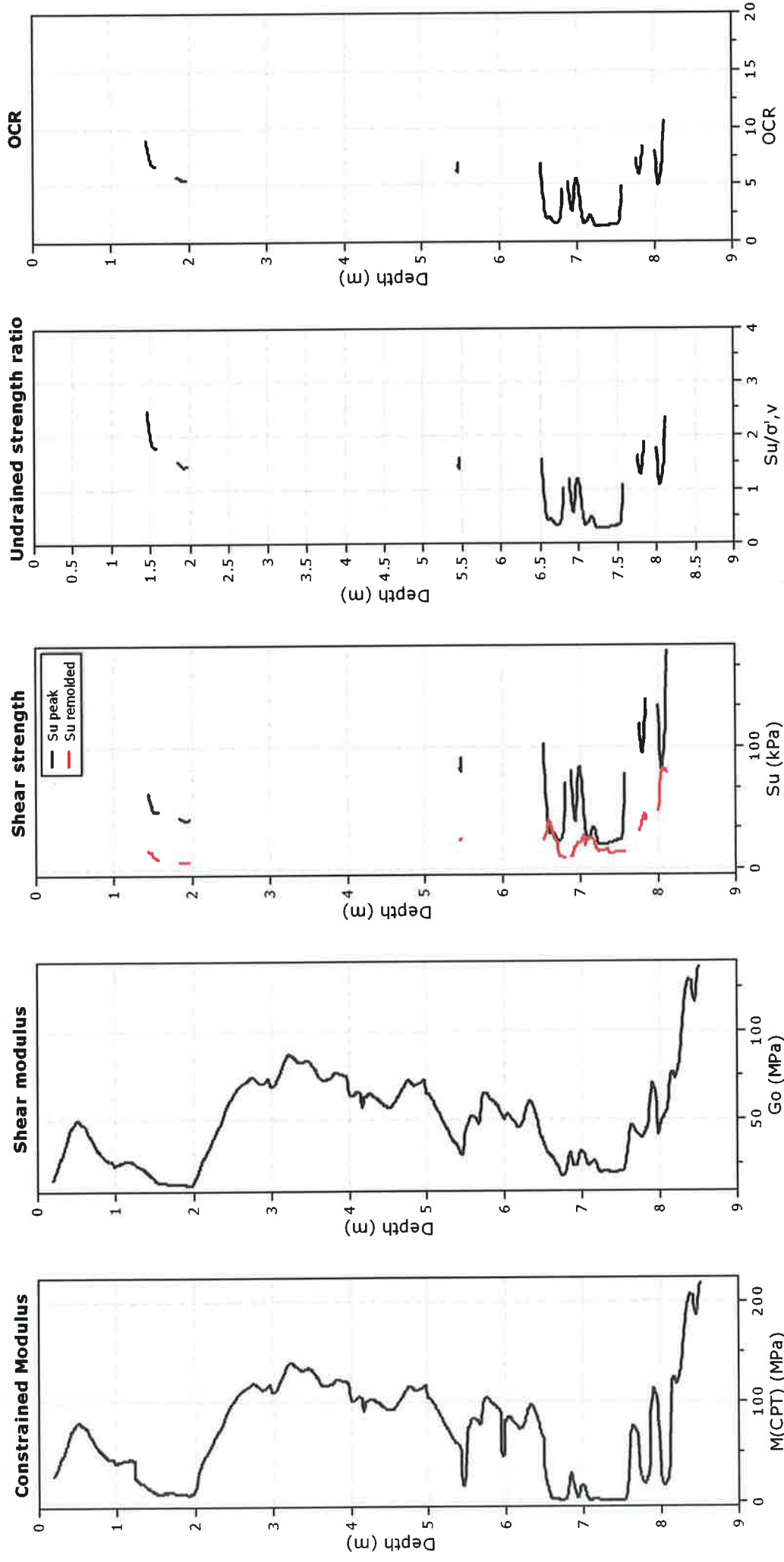
CPTE: 1

Total depth: 8.50 m





Calculation parameters
 Permeability: Based on SBT_n
 SPT N₆₀: Based on I_c and q_t
 Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) ● — User defined estimation data
 Relative density constant, C_D: 350.0
 Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)

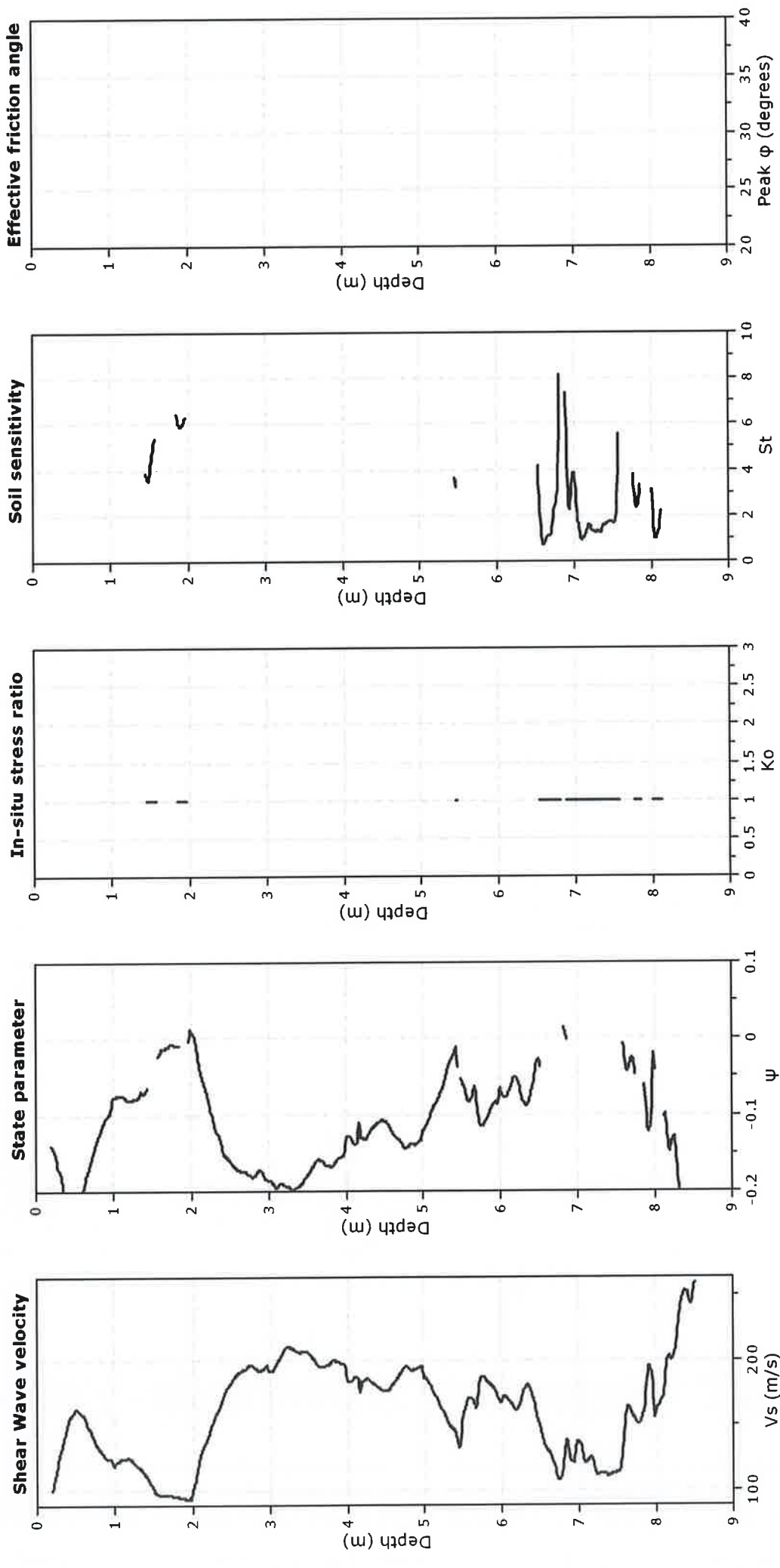
Go: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{sk} : 14

OCR factor for clays, N_{sk} : 0.33

—●— User defined estimation data

—●— Flat Dilatometer Test data

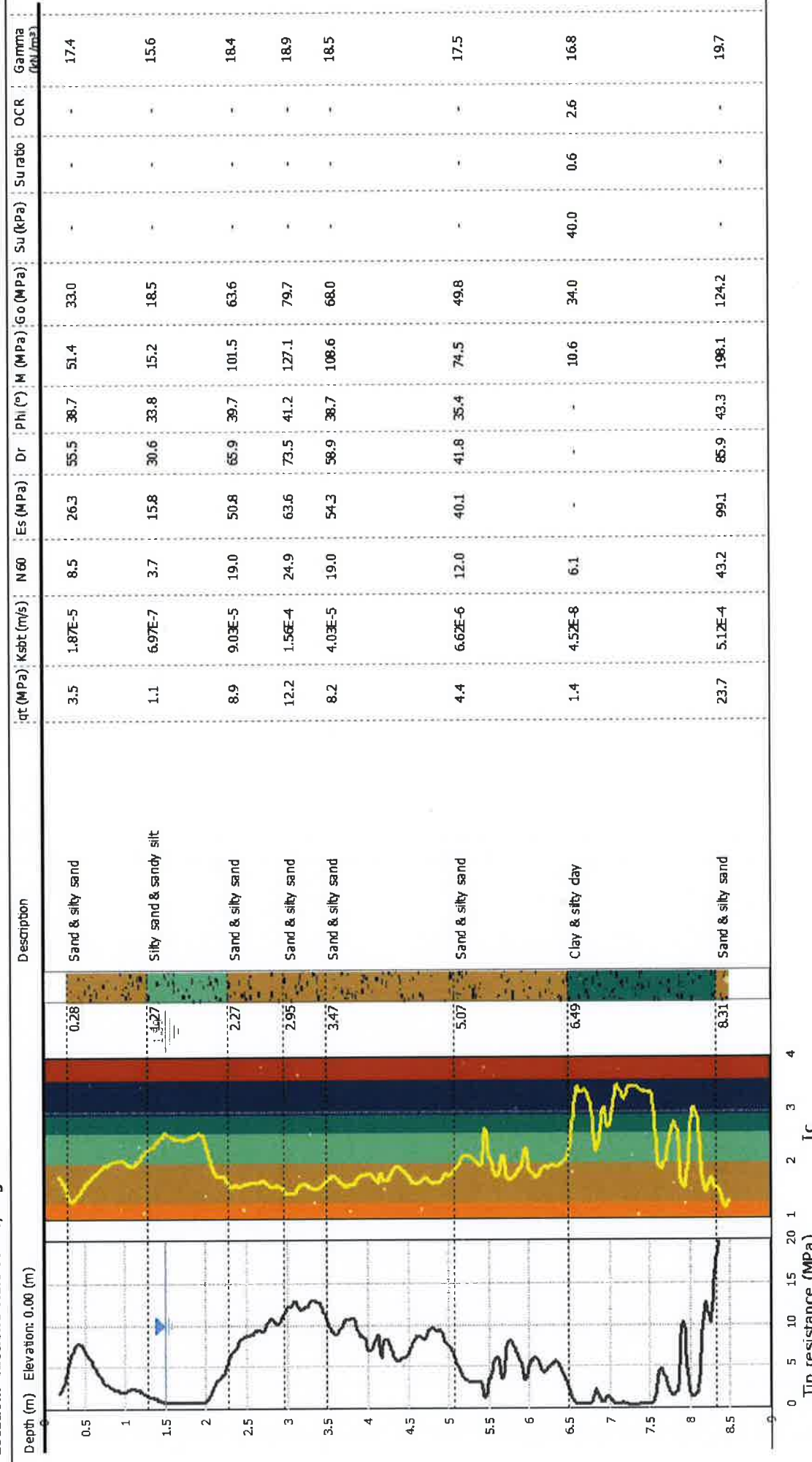


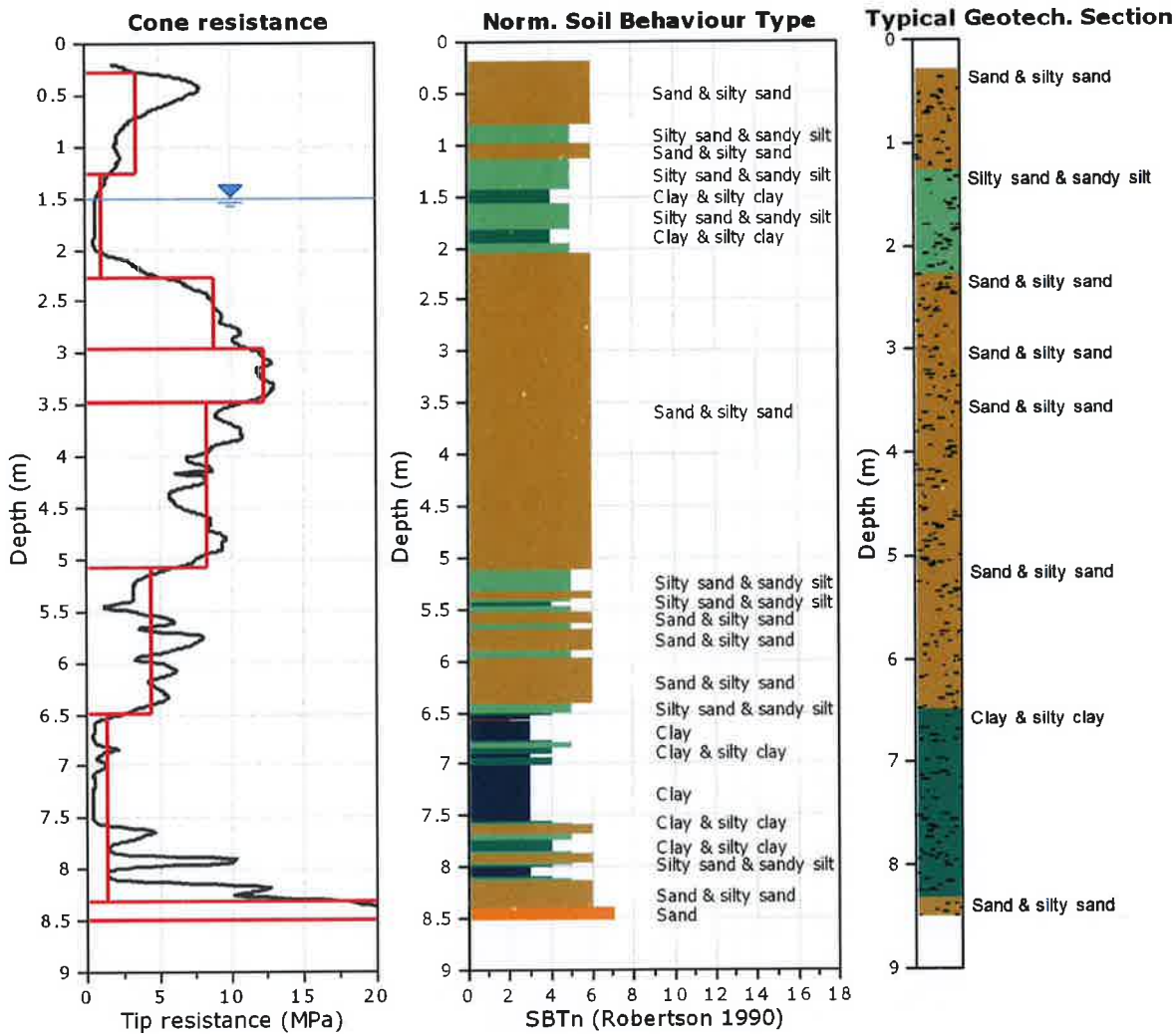
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: CPTE **CPTE: 1**
Location: Riccione Viale Torino, Bagno 23 **Total depth: 8.50 m**





Tabular results

∴ Layer No: 1 ∴

Code: Layer_1 **Start depth:** 0.28 (m), **End depth:** 1.27 (m)

Description: Sand & silty sand

Basic results

Total cone resistance: 3.45 ±2.17 MPa
 Sleeve friction: 31.45 ±18.26 kPa
 Ic: 1.85 ±0.27
 SBT_n: 6
 SBT_n description: Sand & silty sand

Estimation results

Permeability: 1.87E-05 ±2.19E-04 m/s
 N₆₀: 8.51 ±3.50 blows
 Es: 26.29 ±6.98 MPa
 Dr (%): 55.54 ±15.40
 φ (degrees): 38.72 ±2.60 °
 Unit weight: 17.43 ±0.69 kN/m³

Constrained Mod.: 51.40 ±15.10 MPa
 Go: 32.95 ±8.74 MPa
 Su: 0.00 ±0.00 kPa
 Su ratio: 0.00 ±0.00
 O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 2 ::**Code:** Layer_2 **Start depth:** 1.27 (m), **End depth:** 2.27 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 1.10 ±1.26 MPa

Sleeve friction: 9.75 ±5.83 kPa

Ic: 2.32 ±0.29

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 6.97E-07 ±1.50E-05 m/s

N₆₀: 3.75 ±2.50 blows

Es: 15.85 ±6.27 MPa

Dr (%): 30.62 ±9.15

φ (degrees): 33.81 ±1.56 °

Unit weight: 15.64 ±0.73 kN/m³

Constrained Mod.: 15.19 ±17.35 MPa

Go: 18.53 ±7.35 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 3 ::**Code:** Layer_3 **Start depth:** 2.27 (m), **End depth:** 2.95 (m)**Description:** Sand & sity sand**Basic results**

Total cone resistance: 8.87 ±1.39 MPa

Sleeve friction: 54.73 ±18.54 kPa

Ic: 1.64 ±0.04

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 9.03E-05 ±2.42E-05 m/s

N₆₀: 18.99 ±2.96 blows

Es: 50.76 ±7.97 MPa

Dr (%): 65.85 ±4.56

φ (degrees): 39.73 ±1.01 °

Unit weight: 18.43 ±0.51 kN/m³

Constrained Mod.: 101.52 ±15.93 MPa

Go: 63.62 ±9.98 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 4 ::**Code:** Layer_4 **Start depth:** 2.95 (m), **End depth:** 3.47 (m)**Description:** Sand & sity sand**Basic results**

Total cone resistance: 12.24 ±0.48 MPa

Sleeve friction: 75.25 ±17.35 kPa

Ic: 1.56 ±0.07

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 1.56E-04 ±8.54E-05 m/s

N₆₀: 24.92 ±1.17 blows

Es: 63.56 ±4.96 MPa

Dr (%): 73.54 ±1.14

φ (degrees): 41.19 ±0.20 °

Unit weight: 18.92 ±0.28 kN/m³

Constrained Mod.: 127.12 ±9.92 MPa

Go: 79.66 ±6.22 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 5 ::**Code:** Layer_5 **Start depth:** 3.47 (m), **End depth:** 5.07 (m)**Description:** Sand & sity sand**Basic results**

Total cone resistance: 8.23 ±1.41 MPa

Sleeve friction: 58.97 ±15.07 kPa

Ic: 1.76 ±0.09

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 4.03E-05 ±2.72E-05 m/s

N₆₀: 18.96 ±2.46 blows

Es: 54.28 ±5.42 MPa

Dr (%): 58.90 ±5.29

φ (degrees): 38.65 ±0.97 °

Unit weight: 18.49 ±0.31 kN/m³

Constrained Mod.: 108.56 ±10.85 MPa

Go: 68.03 ±6.80 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 6 ::**Code:** Layer_6 **Start depth:** 5.07 (m), **End depth:** 6.49 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 4.41 ±1.52 MPa

Sleeve friction: 31.76 ±11.39 kPa

Ic: 2.01 ±0.18

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 6.62E-06 ±1.31E-05 m/s

N₆₀: 12.02 ±2.90 blows

Es: 40.14 ±6.51 MPa

Dr (%): 41.84 ±5.93

φ (degrees): 35.41 ±1.15 °

Unit weight: 17.54 ±0.50 kN/m³

Constrained Mod.: 74.53 ±19.06 MPa

Go: 49.80 ±8.58 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 7 ::**Code:** Layer_7 **Start depth:** 6.49 (m), **End depth:** 8.31 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.37 ±3.91 MPa

Sleeve friction: 23.72 ±22.18 kPa

Ic: 2.67 ±0.64

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 4.52E-08 ±4.56E-05 m/s

N₆₀: 6.05 ±7.37 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.75 ±1.02 kN/m³

Constrained Mod.: 10.59 ±49.55 MPa

Go: 34.03 ±20.86 MPa

Su: 40.01 ±36.14 kPa

Su ratio: 0.57 ±0.47

O.C.R.: 2.62 ±2.16

:: Layer No: 8 ::**Code:** Layer_8 **Start depth:** 8.31 (m), **End depth:** 8.50 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 23.71 ±4.16 MPa

Sleeve friction: 114.29 ±20.72 kPa

Ic: 1.39 ±0.14

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 5.12E-04 ±6.38E-04 m/s

N₆₀: 43.22 ±4.17 blows

Es: 99.06 ±4.77 MPa

Dr (%): 85.92 ±7.05

φ (degrees): 43.32 ±1.15 °

Unit weight: 19.66 ±0.16 kN/m³

Constrained Mod.: 198.11 ±9.54 MPa

Go: 124.15 ±5.98 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

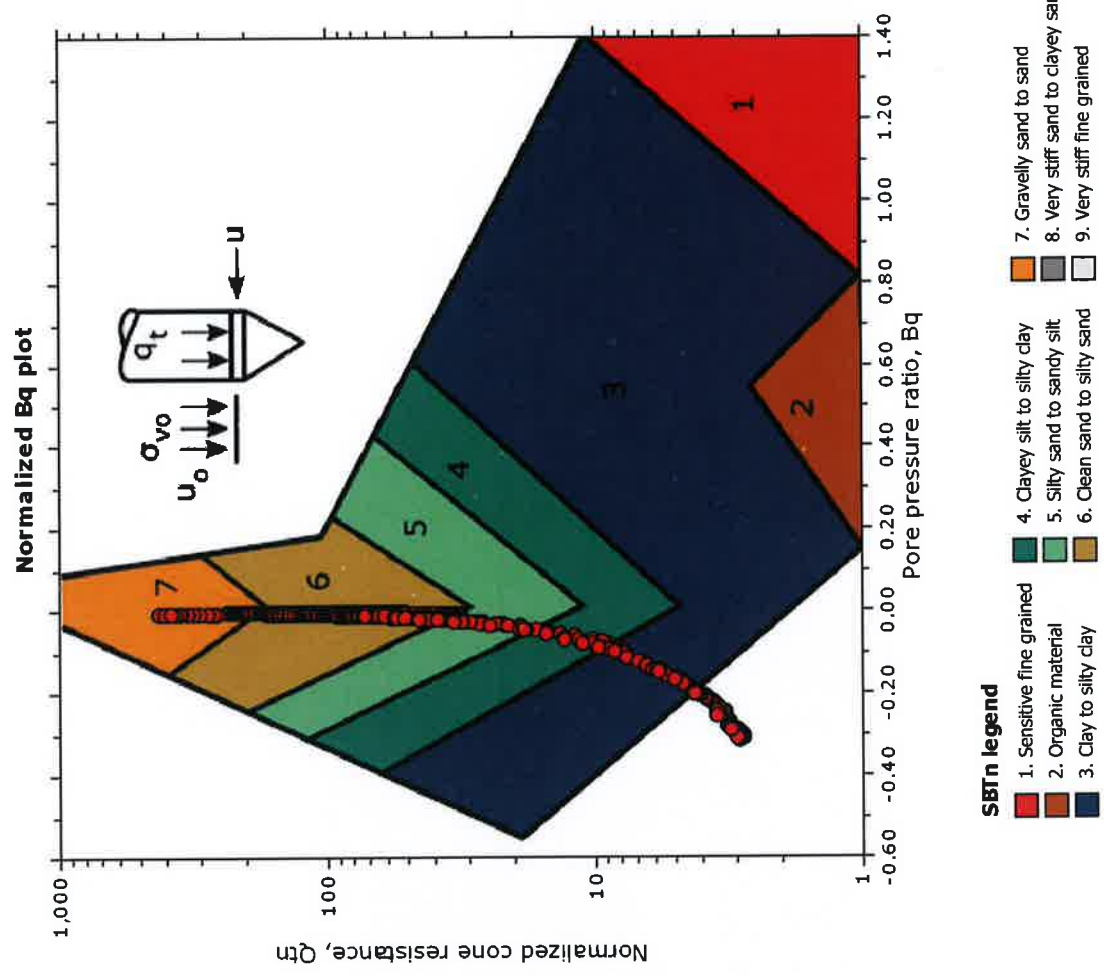
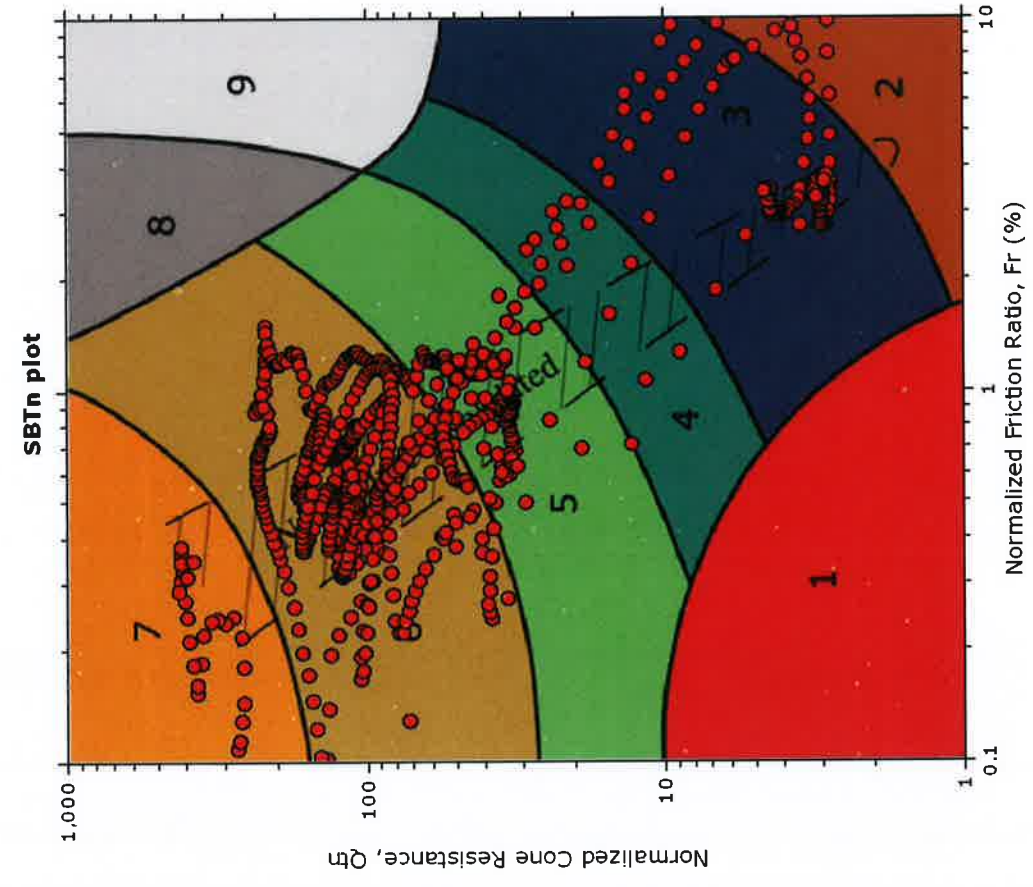
Summary table of mean values

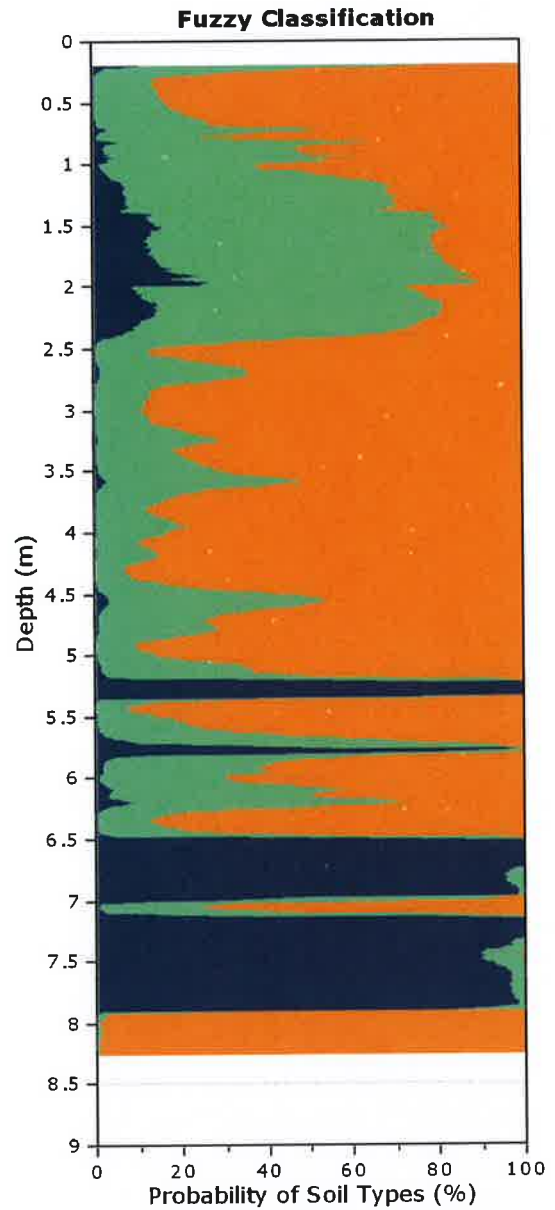
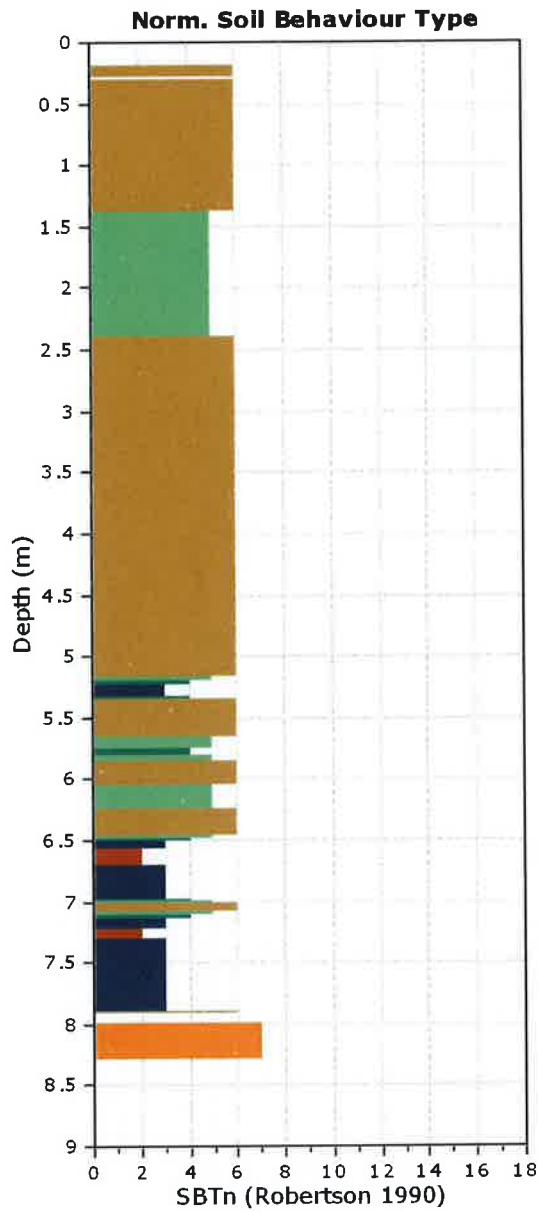
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r (%)	Friction angle (°)	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.28	0.99	1.87E-05 (±2.19E-04)	8.5 (±3.5)	26.3 (±7.0)	55.5 (±15.4)	38.7 (±2.6)	51.4 (±15.1)	33.0 (±8.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.4 (±0.7)
1.27	1.00	6.97E-07 (±1.50E-05)	3.7 (±2.5)	15.8 (±6.3)	30.6 (±9.2)	33.8 (±1.6)	15.2 (±17.3)	18.5 (±7.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	15.6 (±0.7)
2.27	0.68	9.03E-05 (±2.42E-05)	19.0 (±3.0)	50.8 (±8.0)	65.9 (±4.6)	39.7 (±1.0)	101.5 (±15.9)	63.6 (±10.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.4 (±0.5)
2.95	0.52	1.56E-04 (±8.54E-05)	24.9 (±1.2)	63.6 (±5.0)	73.5 (±1.1)	41.2 (±0.2)	127.1 (±9.9)	79.7 (±6.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.9 (±0.3)
3.47	1.60	4.03E-05 (±2.72E-05)	19.0 (±2.5)	54.3 (±5.4)	58.9 (±5.3)	38.7 (±1.0)	108.6 (±10.8)	68.0 (±6.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.5 (±0.3)
5.07	1.42	6.62E-06 (±1.31E-05)	12.0 (±2.9)	40.1 (±6.5)	41.8 (±5.9)	35.4 (±1.2)	74.5 (±19.1)	49.8 (±8.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.5 (±0.5)
6.49	1.82	4.52E-08 (±4.56E-05)	6.1 (±7.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	10.6 (±49.6)	34.0 (±20.9)	40.0 (±36.1)	0.6 (±0.5)	2.6 (±2.2)	16.8 (±1.0)
8.31	0.19	5.12E-04 (±6.38E-04)	43.2 (±4.2)	99.1 (±4.8)	85.9 (±7.0)	43.3 (±1.2)	198.1 (±9.5)	124.2 (±6.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	19.7 (±0.2)

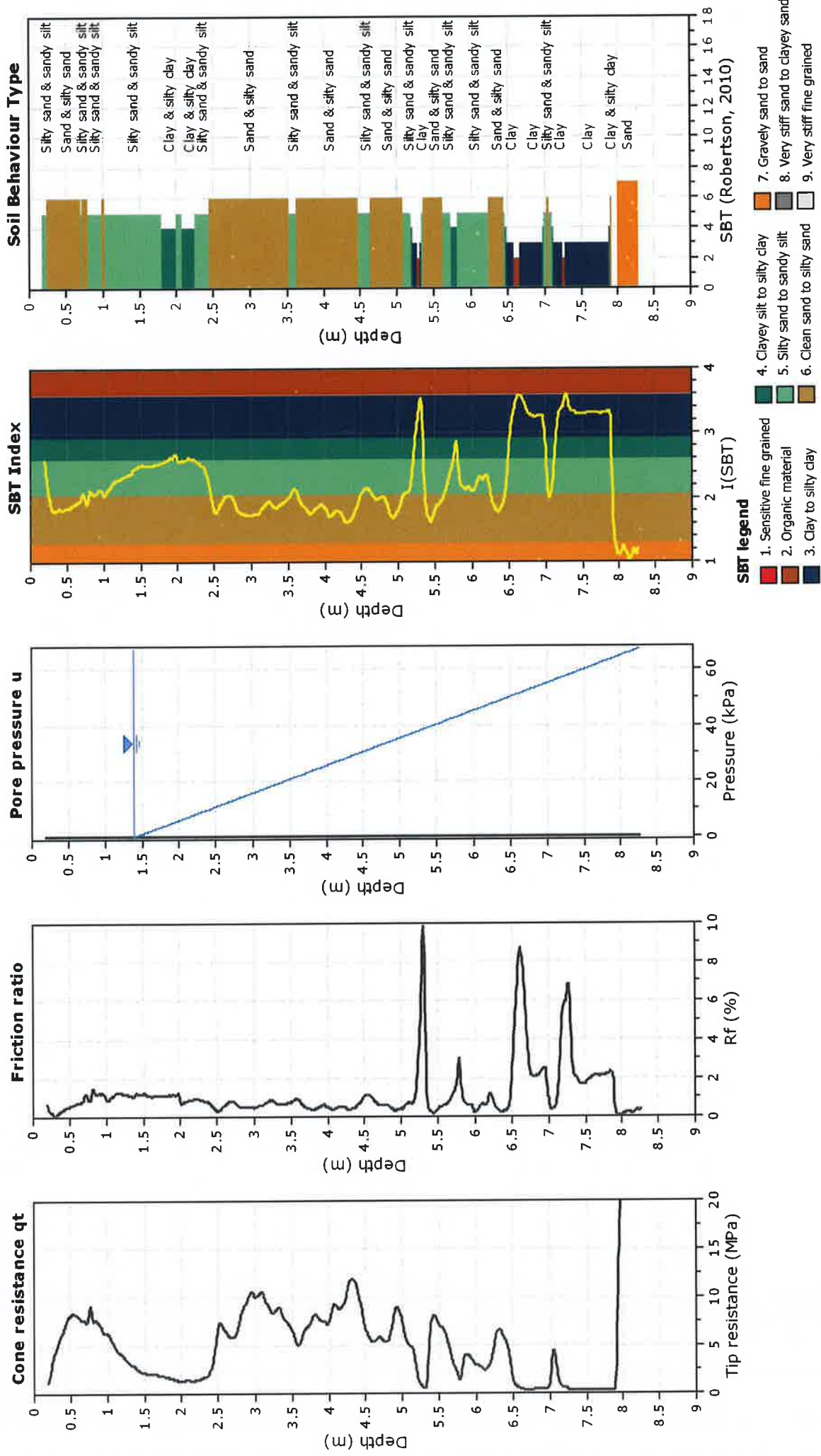
Depth values presented in this table are measured from free ground surface

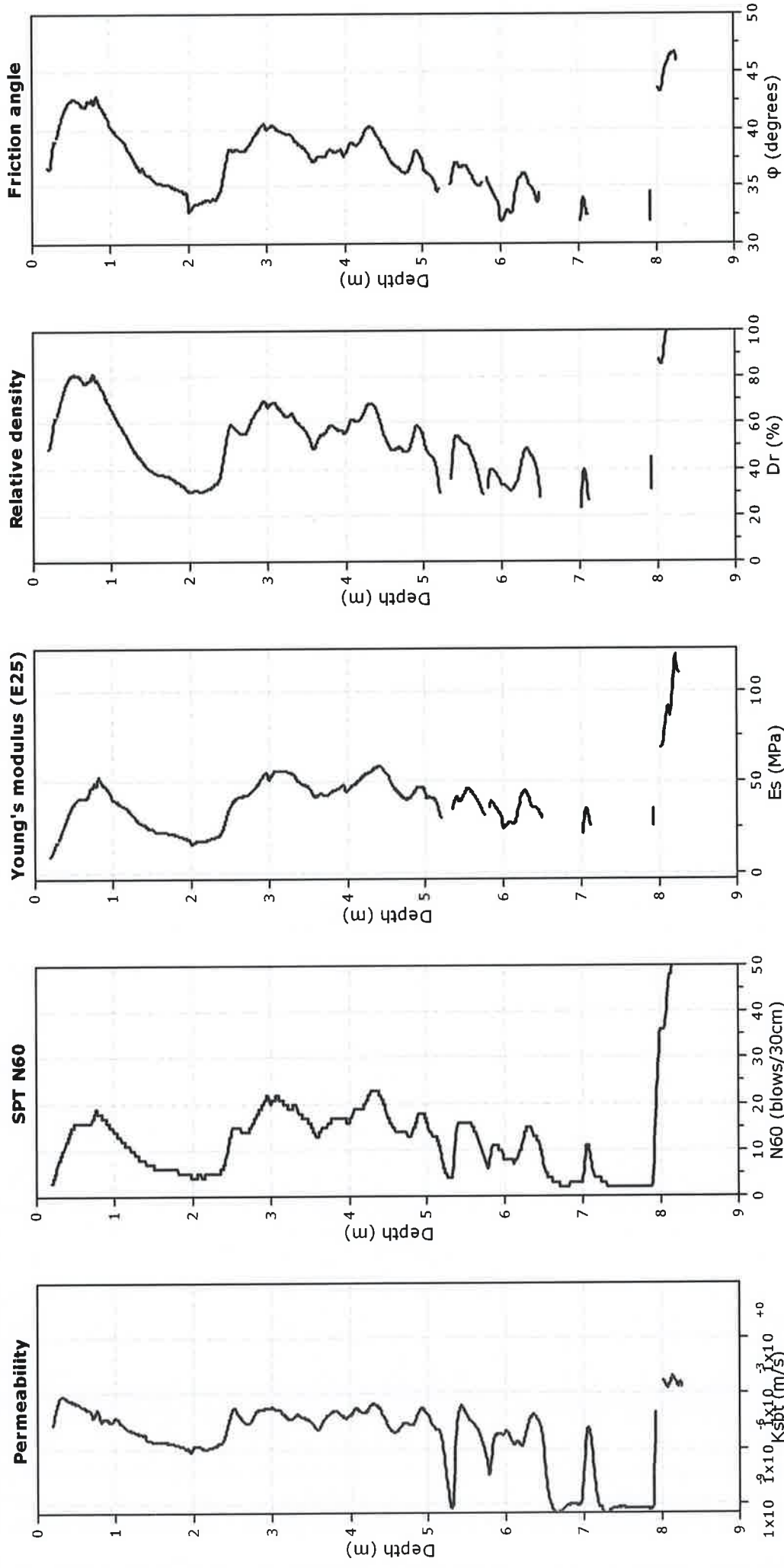
INDAGINE GEOGNOSTICA
- prova penetrometrica statica con punta elettrica n° 2 -

SBT - Bq plots (normalized)

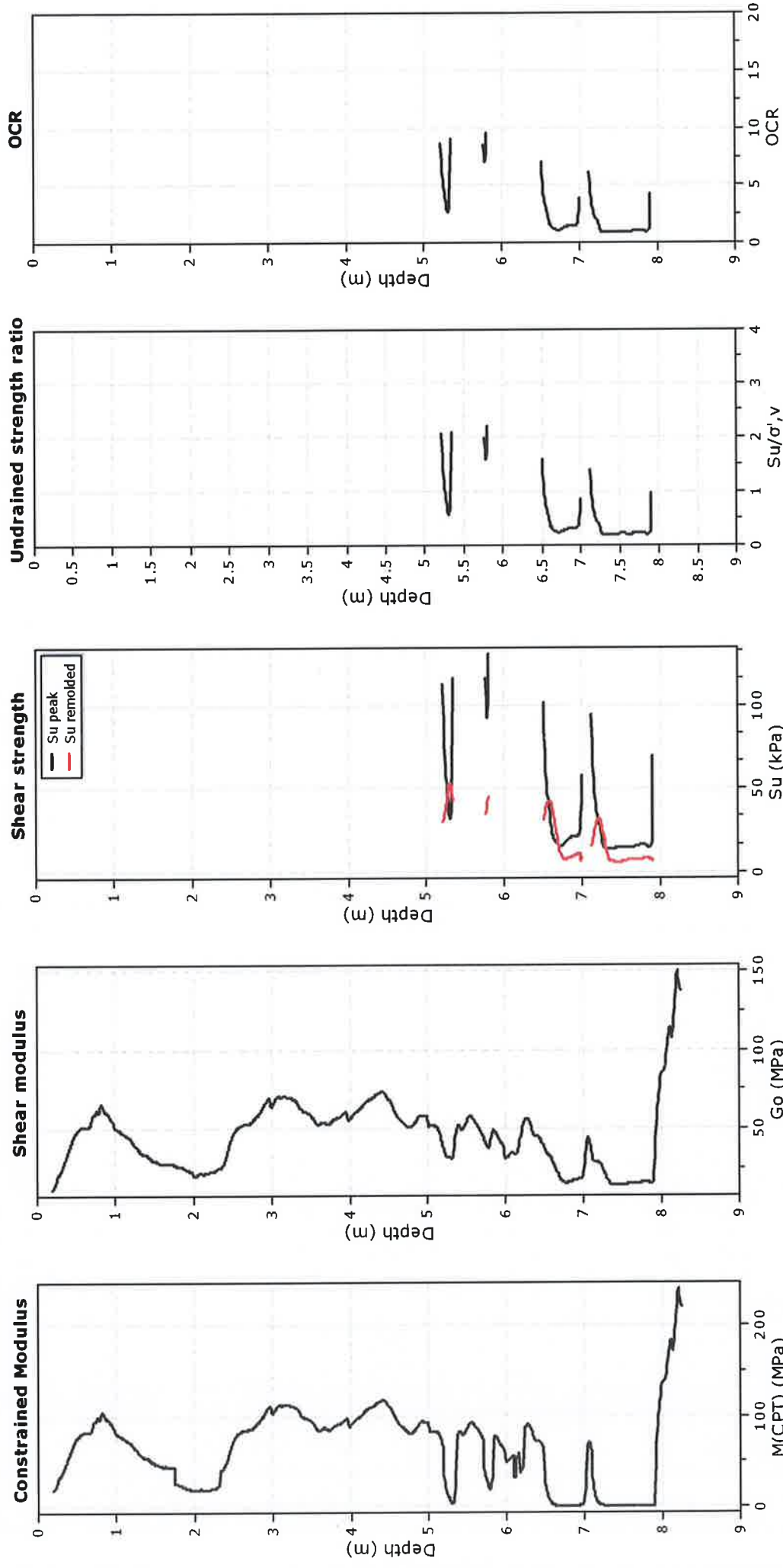








Calculation parameters
 Permeability: Based on SBT_n
 SPT N₆₀: Based on I_c and q_t
 Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) ● User defined estimation data
 Relative density constant, C_{Dr}: 350.0
 Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable alpha using I_c and Q_{c1} (Robertson, 2009)

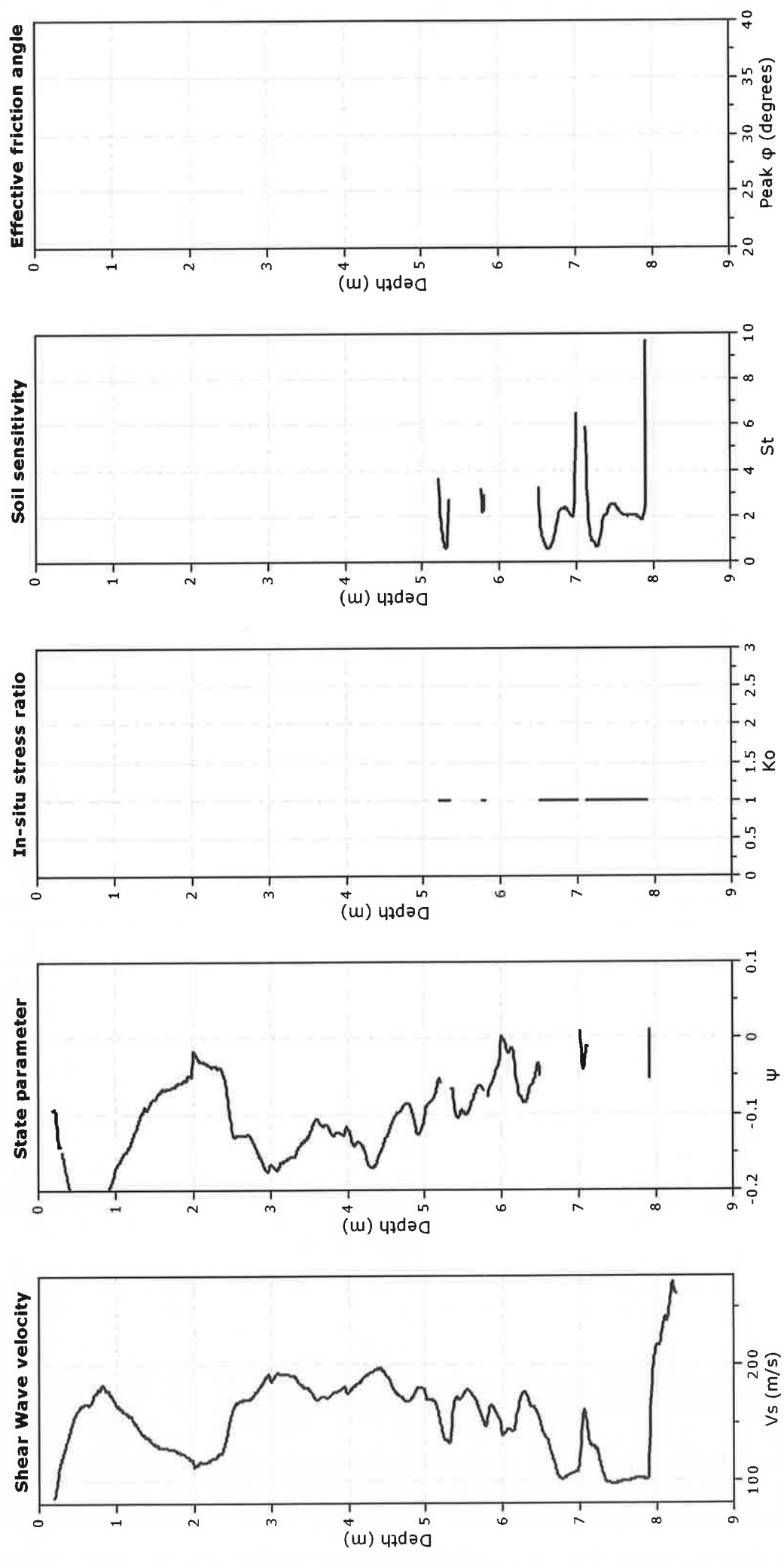
Go: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

—●— Flat Dilatometer Test data



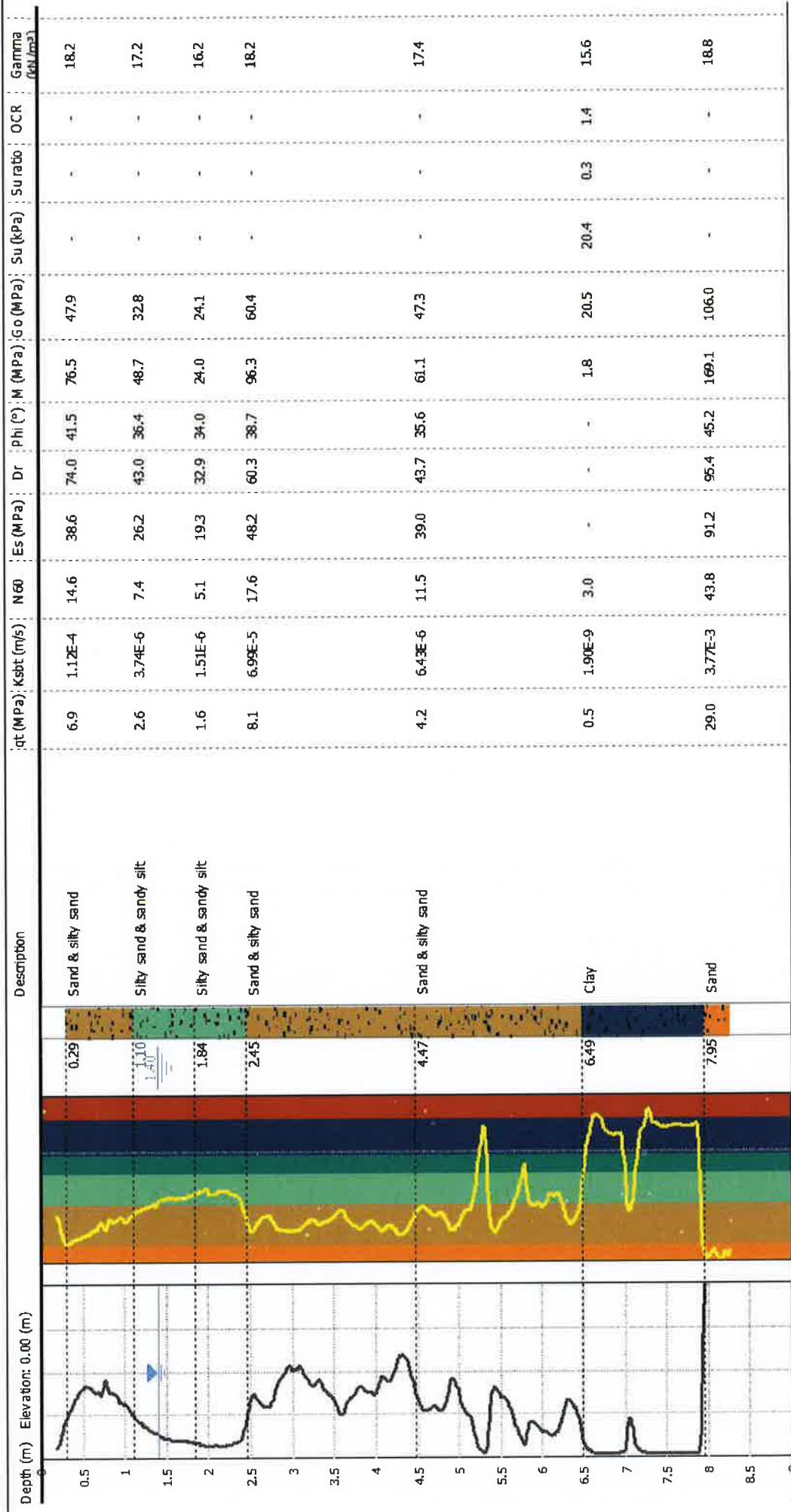
Calculation parameters

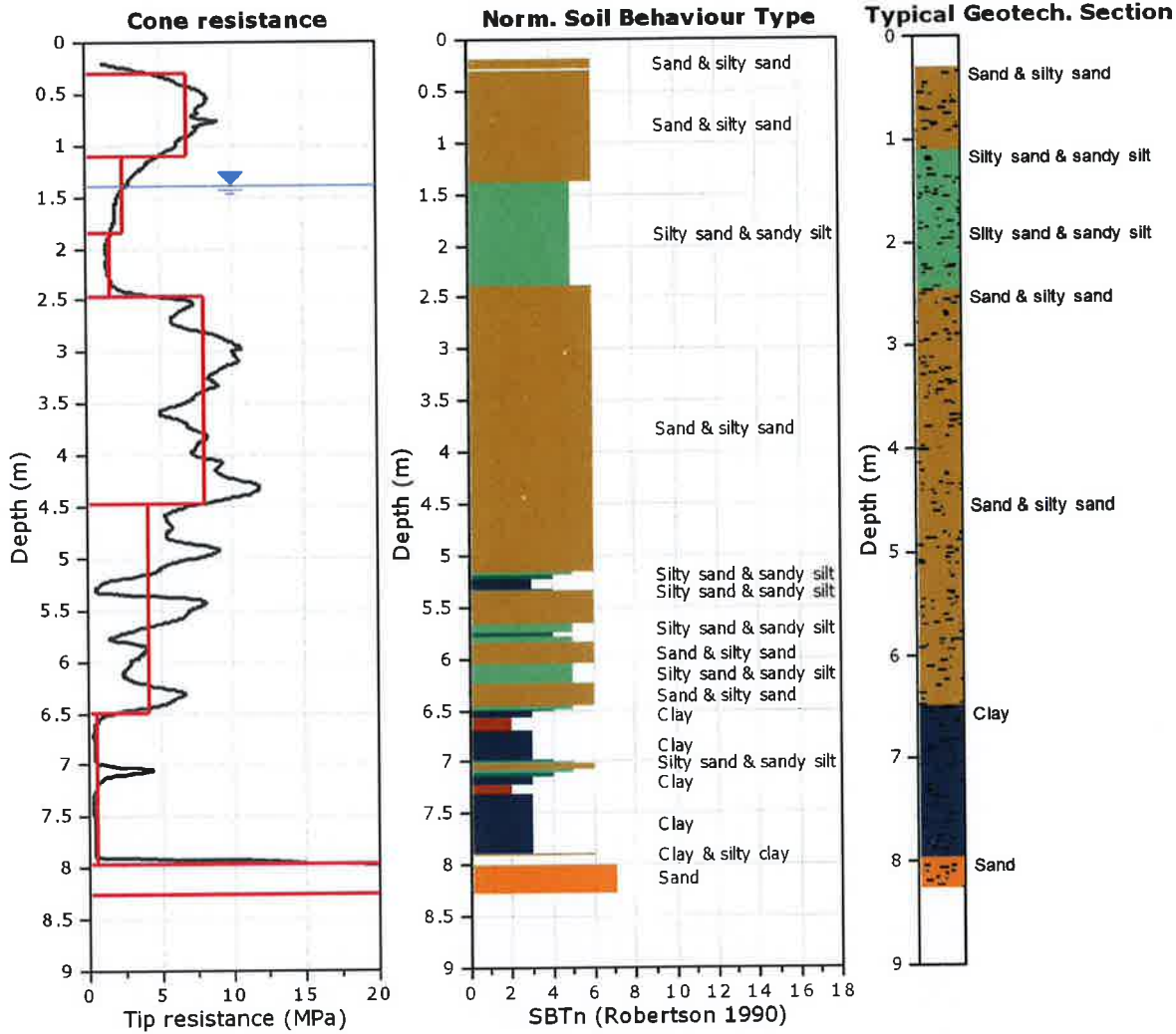
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

CPTE: 2
 Total depth: 8.26 m

Project: CPTE
Location: Riccione Viale Torino, Bagno 23





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: Layer_1 **Start depth:** 0.29 (m), **End depth:** 1.10 (m)

Description: Sand & silty sand

Basic results

Total cone resistance: 6.95 ±1.13 MPa
 Sleeve friction: 47.03 ±29.14 kPa
 Ic: 1.60 ±0.16
 SBT_n: 6
 SBTn description: Sand & silty sand

Estimation results

Permeability: 1.12E-04 ±2.25E-04 m/s
 N₆₀: 14.57 ±2.65 blows
 Es: 38.62 ±8.66 MPa
 Dr (%): 73.96 ±6.35
 φ (degrees): 41.50 ±1.08 °
 Unit weight: 18.17 ±0.92 kN/m³

Constrained Mod.: 76.50 ±17.92 MPa
 Go: 47.94 ±11.23 MPa
 Su: 0.00 ±0.00 kPa
 Su ratio: 0.00 ±0.00
 O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 2 :::**Code:** Layer_2 **Start depth:** 1.10 (m), **End depth:** 1.84 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 2.58 ±0.94 MPa

Sleeve friction: 29.40 ±11.98 kPa

Ic: 2.10 ±0.11

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 3.74E-06 ±4.39E-06 m/s

N₆₀: 7.41 ±2.04 blows

Es: 26.17 ±5.29 MPa

Dr (%): 42.98 ±7.49

φ (degrees): 36.43 ±1.42 °

Unit weight: 17.24 ±0.52 kN/m³

Constrained Mod.: 48.71 ±14.30 MPa

Go: 32.79 ±6.64 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 3 :::**Code:** Layer_3 **Start depth:** 1.84 (m), **End depth:** 2.45 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 1.63 ±0.58 MPa

Sleeve friction: 14.40 ±2.97 kPa

Ic: 2.23 ±0.11

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 1.51E-06 ±4.38E-06 m/s

N₆₀: 5.07 ±1.21 blows

Es: 19.25 ±2.85 MPa

Dr (%): 32.90 ±3.64

φ (degrees): 34.01 ±0.64 °

Unit weight: 16.25 ±0.30 kN/m³

Constrained Mod.: 23.97 ±11.70 MPa

Go: 24.13 ±3.57 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 4 :::**Code:** Layer_4 **Start depth:** 2.45 (m), **End depth:** 4.47 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 8.05 ±1.74 MPa

Sleeve friction: 45.36 ±12.08 kPa

Ic: 1.68 ±0.10

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 6.99E-05 ±5.96E-05 m/s

N₆₀: 17.63 ±2.93 blows

Es: 48.17 ±6.17 MPa

Dr (%): 60.28 ±5.23

φ (degrees): 38.72 ±0.97 °

Unit weight: 18.18 ±0.35 kN/m³

Constrained Mod.: 96.33 ±12.34 MPa

Go: 60.37 ±7.73 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 5 :::**Code:** Layer_5 **Start depth:** 4.47 (m), **End depth:** 6.49 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 4.19 ±2.19 MPa

Sleeve friction: 28.78 ±13.91 kPa

Ic: 1.99 ±0.37

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 6.43E-06 ±4.72E-05 m/s

N₆₀: 11.47 ±3.76 blows

Es: 39.01 ±6.74 MPa

Dr (%): 43.70 ±8.11

φ (degrees): 35.63 ±1.55 °

Unit weight: 17.41 ±0.57 kN/m³

Constrained Mod.: 61.12 ±27.20 MPa

Go: 47.34 ±9.22 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 6 ::**Code:** Layer_6 **Start depth:** 6.49 (m), **End depth:** 7.95 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.54 ±2.08 MPa

Sleeve friction: 11.46 ±10.94 kPa

Ic: 3.16 ±0.52

SBT_n: 3

SBTn description: Clay

Estimation results

Permeability: 1.90E-09 ±7.63E-06 m/s

N₆₀: 3.05 ±3.55 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 15.56 ±0.85 kN/m³

Constrained Mod.: 1.84 ±21.74 MPa

Go: 20.50 ±9.99 MPa

Su: 20.38 ±17.11 kPa

Su ratio: 0.30 ±0.25

O.C.R.: 1.38 ±1.17

:: Layer No: 7 ::**Code:** Layer_7 **Start depth:** 7.95 (m), **End depth:** 8.26 (m)**Description:** Sand**Basic results**

Total cone resistance: 29.04 ±7.03 MPa

Sleeve friction: 50.03 ±44.56 kPa

Ic: 1.11 ±0.06

SBT_n: 7

SBTn description: Sand

Estimation results

Permeability: 3.77E-03 ±1.65E-03 m/s

N₆₀: 43.81 ±10.34 blows

Es: 91.19 ±16.71 MPa

Dr (%): 95.42 ±6.02

φ (degrees): 45.22 ±1.29 °

Unit weight: 18.80 ±1.03 kN/m³

Constrained Mod.: 169.14 ±39.19 MPa

Go: 105.99 ±24.56 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

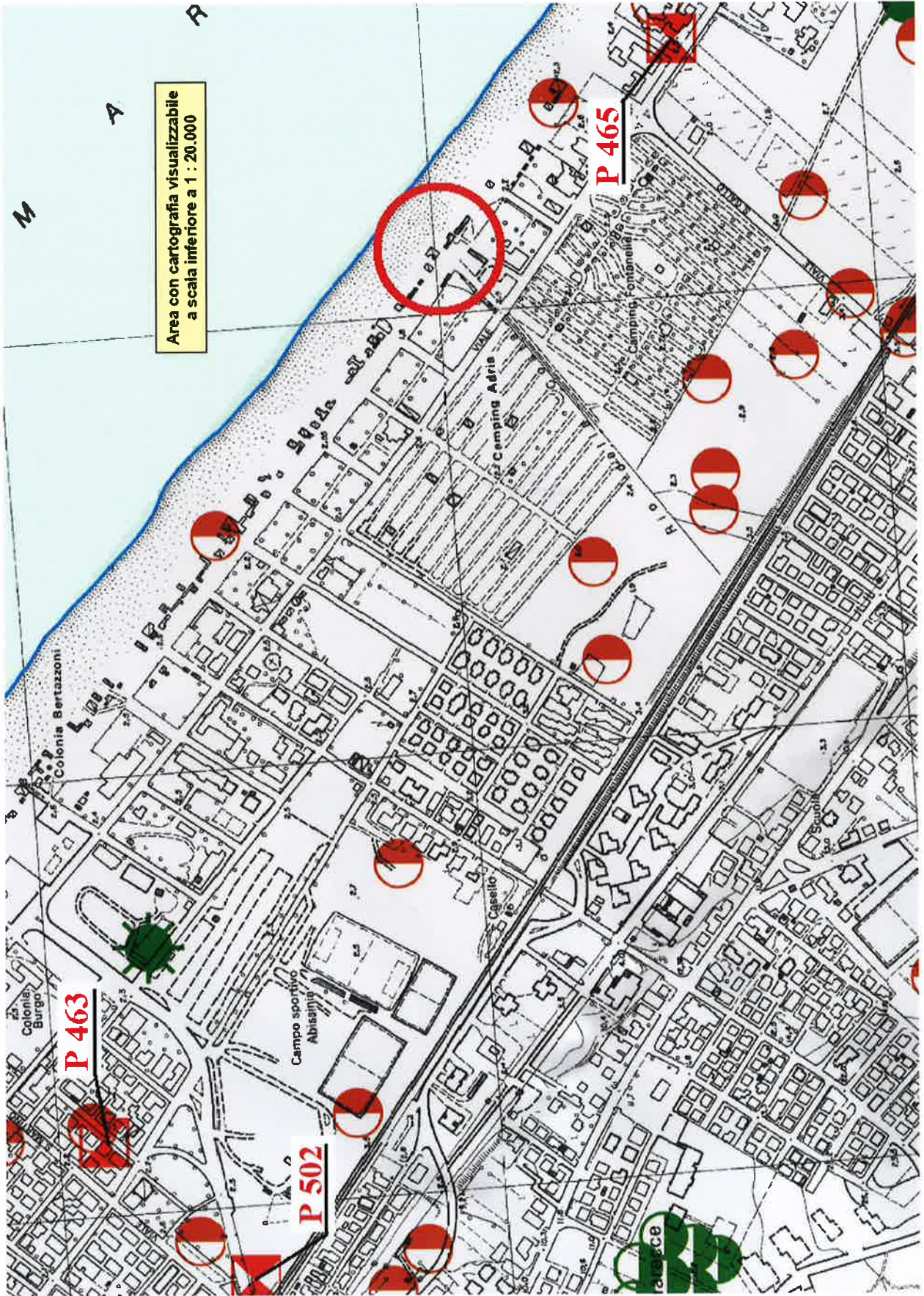
Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT ₁₆₀ (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.29	0.81	1.12E-04 (±2.25E-04)	14.6 (±2.6)	38.6 (±8.7)	74.0 (±6.3)	41.5 (±1.1)	76.5 (±17.9)	47.9 (±11.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.2 (±0.9)
1.10	0.74	3.74E-06 (±4.39E-06)	7.4 (±2.0)	26.2 (±5.3)	43.0 (±7.5)	36.4 (±1.4)	48.7 (±14.3)	32.8 (±6.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.2 (±0.5)
1.84	0.61	1.51E-06 (±4.38E-06)	5.1 (±1.2)	19.3 (±2.8)	32.9 (±3.6)	34.0 (±0.6)	24.0 (±11.7)	24.1 (±3.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.2 (±0.3)
2.45	2.02	6.99E-05 (±5.96E-05)	17.6 (±2.9)	48.2 (±6.2)	60.3 (±5.2)	38.7 (±1.0)	96.3 (±12.3)	60.4 (±7.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.2 (±0.4)
4.47	2.02	6.43E-06 (±4.72E-05)	11.5 (±3.8)	39.0 (±6.7)	43.7 (±8.1)	35.6 (±1.6)	61.1 (±27.2)	47.3 (±9.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.4 (±0.6)
6.49	1.46	1.90E-09 (±7.63E-06)	3.0 (±3.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	1.8 (±21.7)	20.5 (±10.0)	20.4 (±17.1)	0.3 (±0.3)	1.4 (±1.2)	15.6 (±0.8)
7.95	0.31	3.77E-03 (±1.65E-03)	43.8 (±10.3)	91.2 (±16.7)	95.4 (±6.0)	45.2 (±1.3)	169.1 (±39.2)	106.0 (±24.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.8 (±1.0)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- sondaggi stratigrafici a c.c.-

(da Banca Dati della Carta Geologica in scala 1 : 10.000 della regione Emilia Romagna
— periodo: Dicembre 1995 ÷ Ottobre 2009).



Area con cartografia visualizzabile
a scala inferiore a 1 : 20.000

P 463

P 502

P 465



Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Prove puntuali

■ carotaggio continuo

◆ pozzo per acqua

▲ prova CPT con punta meccanica

○ prova dinamica generica

P463


 SOGEO <small>S.P.A.</small> <small>INISAGRI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI</small> <small>Via Edison 1/1 - 45023 LUGO (RA)</small> <small>Tel. 054572042 - Fax 054574409 - E-mail: sogeo@sogeo.it</small>	COMMITTENTE: Dott. Vannoni Fabio	SOND N. 1
	CANTIERE: Riccione - Via Gallei	PROF. (m): 34.00
	PERFORATRICE: ELLETTARI EK200/STR	QUOTA (m): p.d.c.
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	COORDINATE U.T.M.:
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere NT1 Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 04/06/2008 - 05/06/2008
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 111-1-08	CERTIFICATO N°: _____	RAPPORTO N°: R213-2008-A
		DATA DI EMISSIONE: 11/06/2008
		PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I (kg/cmq)	Vane Test (kg/cmq)	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. (n.colpi)	Falda	Pz.Norton	Pz.Casagrande	Inclinometro	Tubo Down Hole
1			0.40		Mattoni e cemento								
2					Sebbia media - fine di colore giallo, con fossili			2.50 5/7/12 2.95					
3													
4			3.60				4.00 C.I. 1 4.60						
5					Sabbia fine - media di colore grigio - giallo, con fossili			5.00 4/8/11 5.45					
6													
7			7.30										
8	3.8	1.80			Limo con argilla di colore variabile decimetricamente da grigio chiaro a grigio scuro, con striature gialle e nere e con alcuni calcinelli								
9	3.9	1.90											
10	4.1												
11	3.0	1.50											
12	4.0	2.0	1.00										
13	4.0												
14	3.5	1.30											
15	2.2	1.10	12.00		Limo argilloso di colore giallo - grigio, con calcinelli e con alcune lenti centimetriche di limo sabbioso e di sabbia limosa		11.50 C.I. 2 12.10						
16	2.5	1.20											
17	2.0	1.00											
18	2.0	1.00											
19	2.3	1.10	14.30				14.50 C.I. 3 15.10						
20	2.0	6.80											
21	3.0	1.30											
22	2.5	1.20											
23	2.8	1.20											
24	2.5	1.20											
25	2.8	1.40			Argilla con limo di colore bruno - giallastro. Presenza di calcinelli millimetrici, talora concentrati in livelli								
26	2.7	1.30											
27	2.6	1.30											
28	2.4	1.10											
29	2.1	0.90											
30	2.8	1.40											
31	3.0	1.50											
32	2.8	1.30	22.30		Sabbia fine - media, ben addensata, di colore grigio chiaro								
33	3.1	1.40											
34			23.30										
35					Ghiaia da fine a media, sub-arrotolata, con elementi di ghiaia grossolana, in matrice sabbiosa, ben addensata, di colore grigio chiaro, alternata a livelli decimetrici di sabbia fine debolmente limosa di colore grigio scuro		24.20 CD 1 24.50						
36	1.5	0.60	25.30										
37	2.1	1.00											
38	4.2	1.90											
39	3.8	1.70											
40	3.8	1.80			Argilla limosa di colore da grigio scuro a grigio nerastro. Saltuaria presenza di piccoli calcinelli. Molto compatta								
41	4.0	1.90											
42	3.7	1.70											
43	3.6	1.50											
44	3.2	1.70	29.40		Ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbiosa, di colore grigio scuro, molto addensata, alternata con livelli decimetrici di sabbia fine - media, addensata. Presenza di blocchi (Lmax > 6 cm)								

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

	COMMITTENTE: Dott. Vannoni Fabio	SOND.N. 1
	CANTIERE: Riccione - Via Galilei	PROF. (m): 34,00
	PERFORATRICE: ELLETTARI EK200/STR	QUOTA (m): p.d.c.
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	COORDINATE U.T.M.:
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere NT1 Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 04/06/2008 - 05/06/2008
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 111-1-08	CERTIFICATO N°: _____	RAPPORTO N°: R213-2008-A
		DATA DI EMISSIONE: 11/06/2008
		PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I (kg/cmq)	Vane Testi (kg/cmq)	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rm.	S.P.T. (n.colpi)	Falda	Pz Norton	Pz Casagrande	Inclinometro	Tubo Down Hole
31					Ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbiosa, di colore grigio scuro, molto addensata, alternata con livelli decimetrici di sabbia fine - media, addensata. Presenza di blocchi (Lmax > 6 cm)			31,00 32,25/43 31,45					
32													
33													
34	5,2 >6,0		33,30 34,00		Limo con argilla di colore grigio scuro, molto compatto								33,00
35													
36													
37													
38													
39													
40													

<p>Note: Installato tubo per down-hole Ø 3" a -33,60 m da p.c. Eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc a -13,0 e a -15,0 m da p.c.</p>	<p>C.I = campioni indisturbati C.R = campioni rimaneggiati</p>
--	---

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



STUDIO T.I.

SOCIETA' DI ENGINEERING
STUDI E RICERCHE
PROGETTI
DIREZIONI LAVORI
CONSULENZE

Committente: **TRAM - RIMINI**

Localita':

Denominazione pozzo: Sondaggio S9

Quota s.l.m.:

Data: DIC. '95

Rep.: 95 - 00018

STUDIO T.I. s.c.a r.l. Viale Pascoli 174 47037 Rimini Tel. 0541-384000 Fax 0541-382292

Falda da p.c.	Profondita' mt	Colonna stratigr.	P.C.	Descrizione	Camp.	SPT	Pocket (PP Kg/m ²)	Vane (VT Kg/m ²)
1.70	1		0.30	Sabbia e ghiaia				
	2		Sabbia marrone con livelletto di sabbia e ghiaia					
	3		5.20	Argilla di colore variante dal grigio piombo al verde marrone con calcinalli e qualche livelletto limoso	<i>alla base 20 cm di G φ 3mm salsi</i> <i>1 mt di NERO</i> <i>Per Suali con in 506,501, 505 delle 256160</i>		2.7	1.3
	4					3.3	1.7	
	5					3.2	1.7	
	6					2.6	1.2	
	7					2.7	1.3	
	8					3.0	1.4	
	9							
	10					2.8	1.5	
	11					2.5	1.3	
	12					2.0	0.9	
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19		18.70	Argilla da marrone a grigio verde con calcinelli	185		2.0	1.0
	20		19.10			Limo argilloso con sabbia	LS alt SL	
	21		20.00	Argilla verde marrone	VERDI		2.0	0.9
	22							
	23							

SCALA 1:100

59

268010 P502

0-5,10 Sabbie Costiere, alla base ~
30 cm di S e G ϕ MAX N 304
Sabbie presenti

5,20 → 16,5 Sodi come nei precedenti
ben espansi l' A del primo
Sodo che è ~ 1 mt al roba nera
Preso / CAMPIONE C14
da 5,30 - 5,40

16,5 - 20 Azzurre LS, SL e AL di
Colore Verde

da MZS – Regione Emilia Romagna – Comune di RICCIONE –RN-

(Tavole: Carta Litologica; Velocità onde di Taglio; MOPS; Geologico-Tecnica;
Sovrapp. CLE ÷ MS; Isopotenziali di liquefazione - Stralci).



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta litologica

Scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna

Coordinamento regionale
prevenzione sismica

Soggetto realizzatore

Geol. Carlo Copioli (Capogruppo)
Geol. Fabio Vannoni
Geol. Domenico Pileggi
Geol. Pietro Cucci
Geol. Jacopo Tirincanti
Geol. Fausto Capacci







Consulenza scientifica:
Prof. Dario Albarello

Data

Settembre 2014

Legenda

Classi litologiche

	Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di piana costiera
	Depositi alluvionali costituiti da sabbie e limi prevalenti
	Depositi alluvionali costituiti da argille e limi prevalenti
	Depositi formazionali costituiti da marne, argille e argille-limose con rare intercalazioni sabbiose (Pliocene Medio-Superiore)
	Depositi franosi/depositi di versante, detrito eluvio-coluviale e di conoide alluvionale minore
	Limite comunale



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

Scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna

Coordinamento regionale
prevenzione sismica

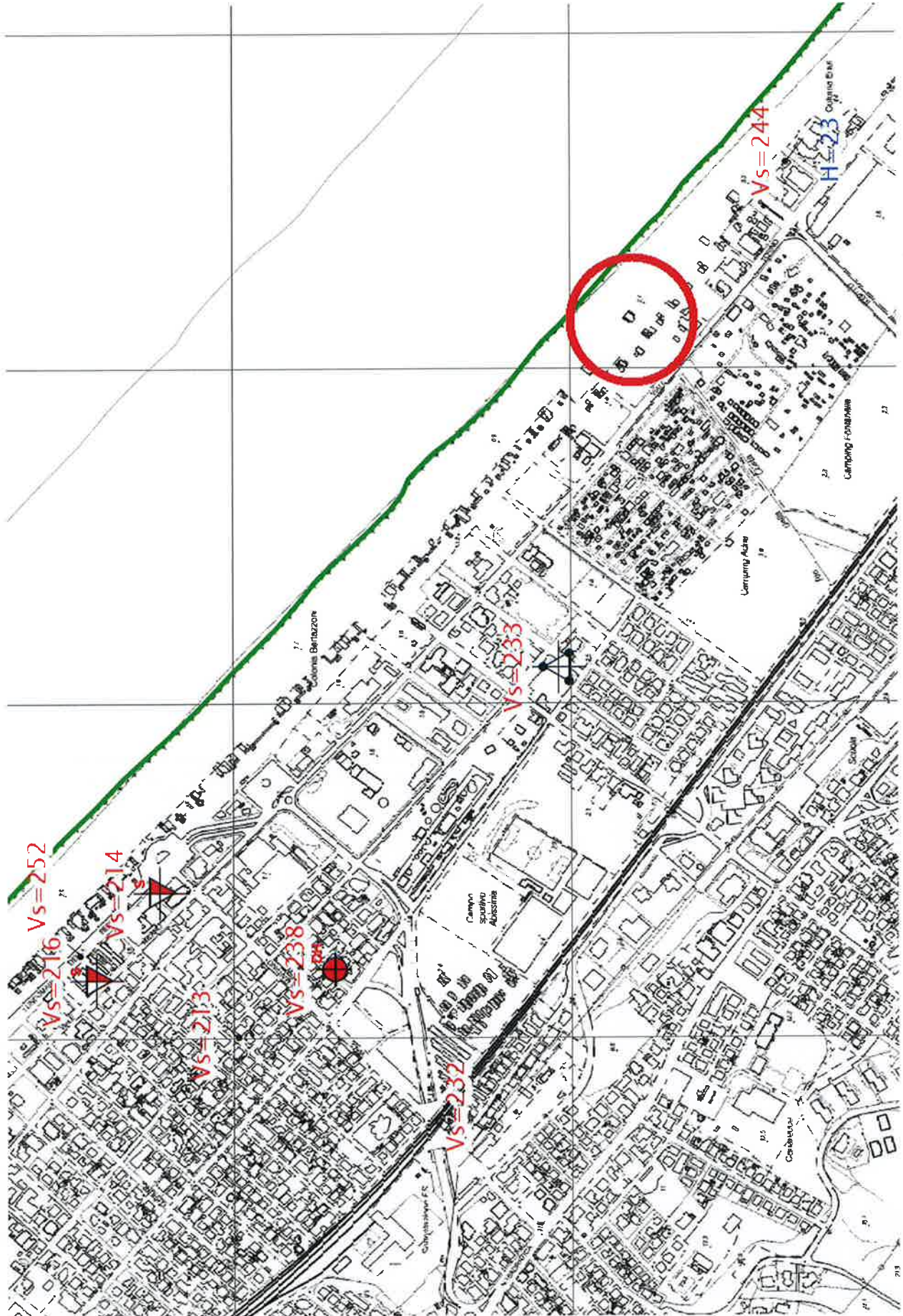
Soggetto realizzatore

Geol. Carlo Copioli (Capogruppo)
Geol. Fabio Vannoni
Geol. Domenico Pileggi
Geol. Pietro Cucci
Geol. Jacopo Tirincanti
Geol. Fausto Capacci

Consulenza scientifica:
Prof. Dario Albarello





Data

Settembre 2014



Legenda

Punti di misura di Vs

-  Prova sismica in foro tipo Downhole
-  Array sismico, ESAC
-  Prova penetrometrica con cono sismico
-  MASW
-  Limite comunale



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

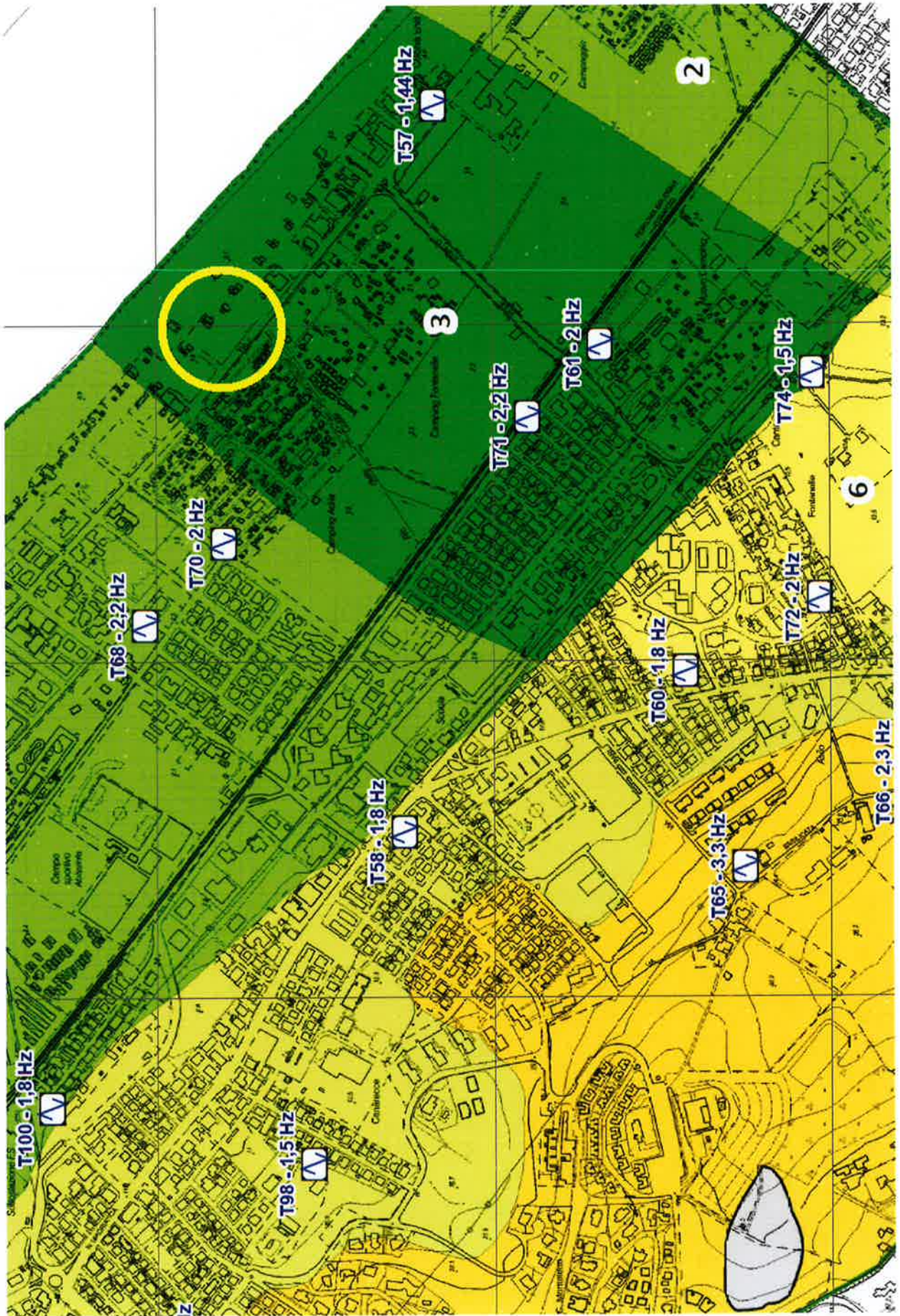
Scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore	Data
Coordinamento regionale prevenzione sismica	Geol. Carlo Copioli (Capogruppo) Geol. Fabio Vannoni Geol. Domenico Pileggi Geol. Pietro Cucci Geol. Jacopo Tirincanti Geol. Fausto Capacci Consulenza scientifica: Prof. Dario Albarello	Settembre 2014 (Aggiornamento Giugno 2015)



Legenda

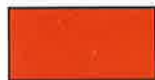
Zone di attenzione per instabilità



ZAFR_A - Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva



ZAFR_Q - Zona di Attenzione per instabilità di versante quiescente



ZAFR_I - Zona di Attenzione per instabilità di versante inattiva



ZAFR_ND - Zona di attenzione per instabilità di versante non definita



ZALQ1 - Zona di Attenzione per liquefazioni tipo 1

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zona 1



Zona 2



Zona 3



Zona 4



Zona 5



Zona 6



Zona 7



Zona 8

Punti di misura di rumore ambientale



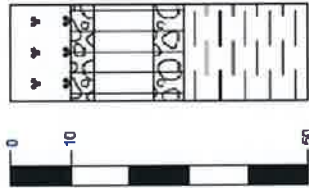
Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f0 e codice prova



Limite comunale



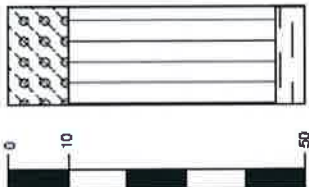
ZONA 3



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m
 Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-4 m
 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 5-10 m
 Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-5 m
 Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)



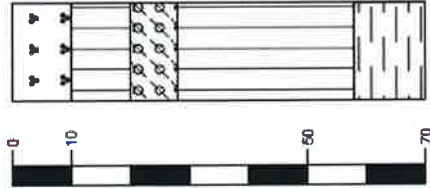
ZONA 4



Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-10 m
 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 15-35 m
 Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)



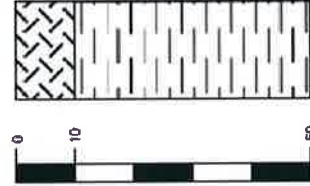
ZONA 7



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 0-10 m
 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 5-10 m
 Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla 0-8 m
 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 25-30 m
 Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)



ZONA 8



Substrato geologico molto alterato 0-10 m
 Substrato geologico coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido)



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta Geologico-Tecnica / B

Scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna

Coordinamento regionale
prevenzione sismica

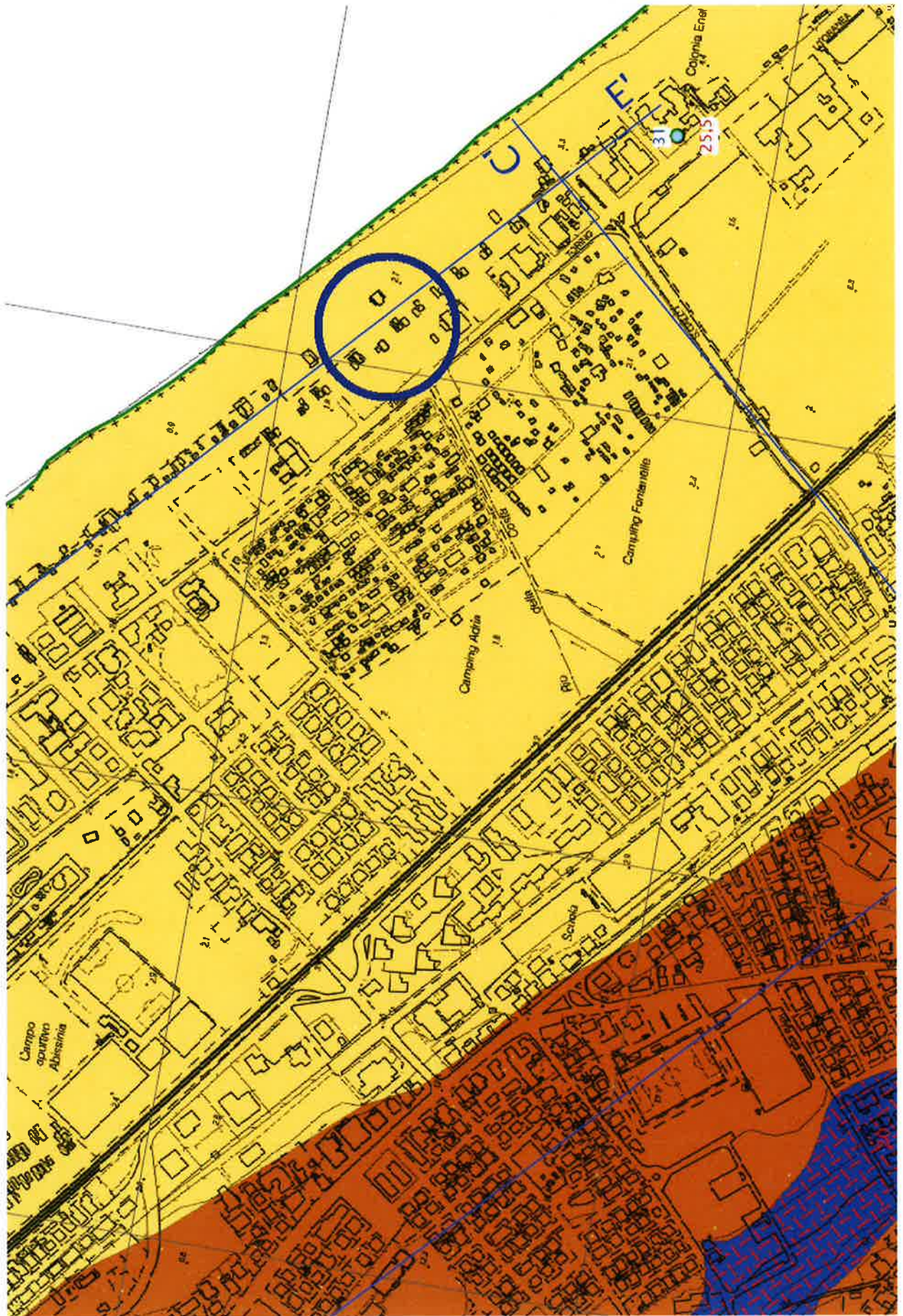
Soggetto realizzatore

Geol. Carlo Copioli (Capogruppo)
Geol. Fabio Vannoni
Geol. Domenico Pileggi
Geol. Pietro Cucci
Geol. Jacopo Tirincanti
Geol. Fausto Capacci

Consulenza scientifica:
Prof. Dario Albarello

Data

Settembre 2014
(Aggiornamento Giugno 2015)



Legenda

Terreni di copertura



Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile



Sabbie argillose, miscela di sabbia e ghiala di argine/barre/canali



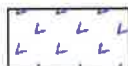
Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghialose di spiaggia

Substrato geologico

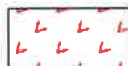


Coesivo sovraconsolidato, stratificato (non rigido), alterato

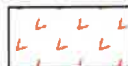
Instabilità di versante



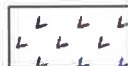
Scivolamento - Attivo



Scivolamento - Quiescente



Scivolamento - Inattivo



Scivolamento - Non determinato

Elementi geologici e idrogeologici



Glacitura strati



Profondità (m) substrato raggiunto da sondaggio o pozzo



Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato



Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiale



Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo



Limite comunale



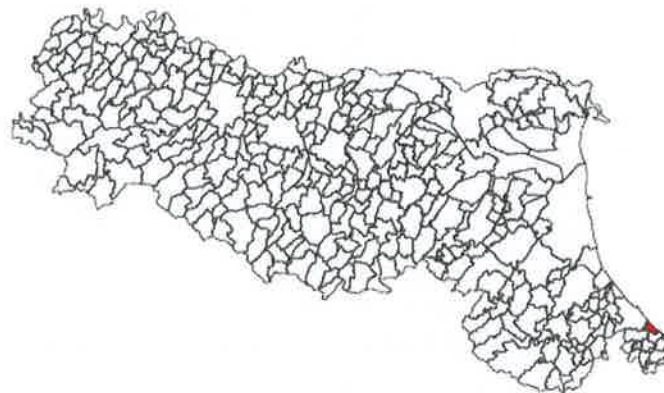
Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.77

CARTA DI SOVRAPPOSIZIONE CLE – MS

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna

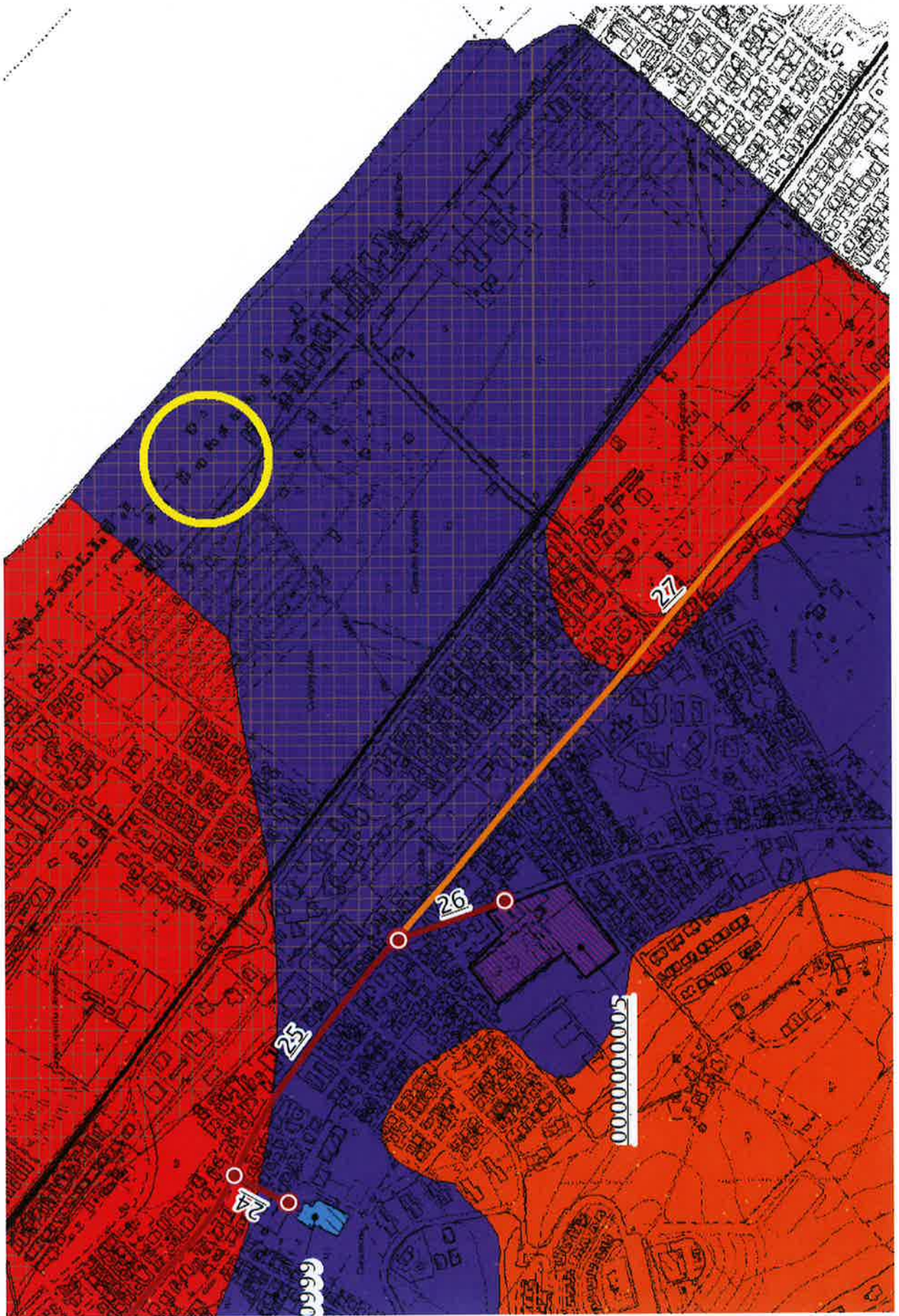
Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna
Coordinamento regionale
prevenzione sismica

Soggetto realizzatore:
Dott. Geol. Carlo Copioli
Dott. Geol. Fabio Vannoni
Dott. Geol. Domenico Pileggi
Dott. Geol. Pietro Cucchi
Dott. Geol. Jacopo Tirincanti
Dott. Geol. Fausto Capacci

Data:
25/08/2015



Legenda






Codice Provincia: 099

Codice Comune: 013





Sistema di gestione dell' emergenza

	Edificio strategico
	Area di emergenza (AMMASSAMENTO)
	Area di emergenza (RICOVERO)
	Area di emergenza (AMMASSAMENTO-RICOVERO)
	Area di emergenza (ATTESA)
	Infrastrutture di connessione
	Infrastrutture di accessibilità
	Aggregato strutturale interferente
	Unità strutturale interferente appartenente ad un AS
	Unità strutturale non interferente appartenente ad un AS
	Unità strutturale interferente isolata

Zone di attenzione per instabilità

	ZAFR_A - Zona di attenzione per instabilità di versante attiva
	ZAFR_Q - Zona di attenzione per instabilità di versante quiescente
	ZAFR_I - Zona di attenzione per instabilità di versante inattiva
	ZAFR_ND - Zona di attenzione per instabilità di versante non definita
	ZALQ1 - Zona di attenzione per liquefazioni tipo 1

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Fa = 1,7 - 1,8
	Fa = 2,1 - 2,2
	Fa = 2,3 - 2,4
	Fa >= 2,5

0 500 1.000 Metri





PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME**

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica Isopotenziali a liquefazione

Scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Riccione



Regione Emilia-Romagna

**Coordinamento regionale
prevenzione sismica**

Soggetto realizzatore

Geol. Alessandro Merli

Collaboratori:

Geol. Fausto Capacci

Geol. Fabio Vannoni

Geol. Jenny Migliorini

Data

Ottobre 2019

Legenda

— Isopotenziali di liquefazione

 Limite liquefazione

 Limite comunale

Indice del potenziale di liquefazione (IL)

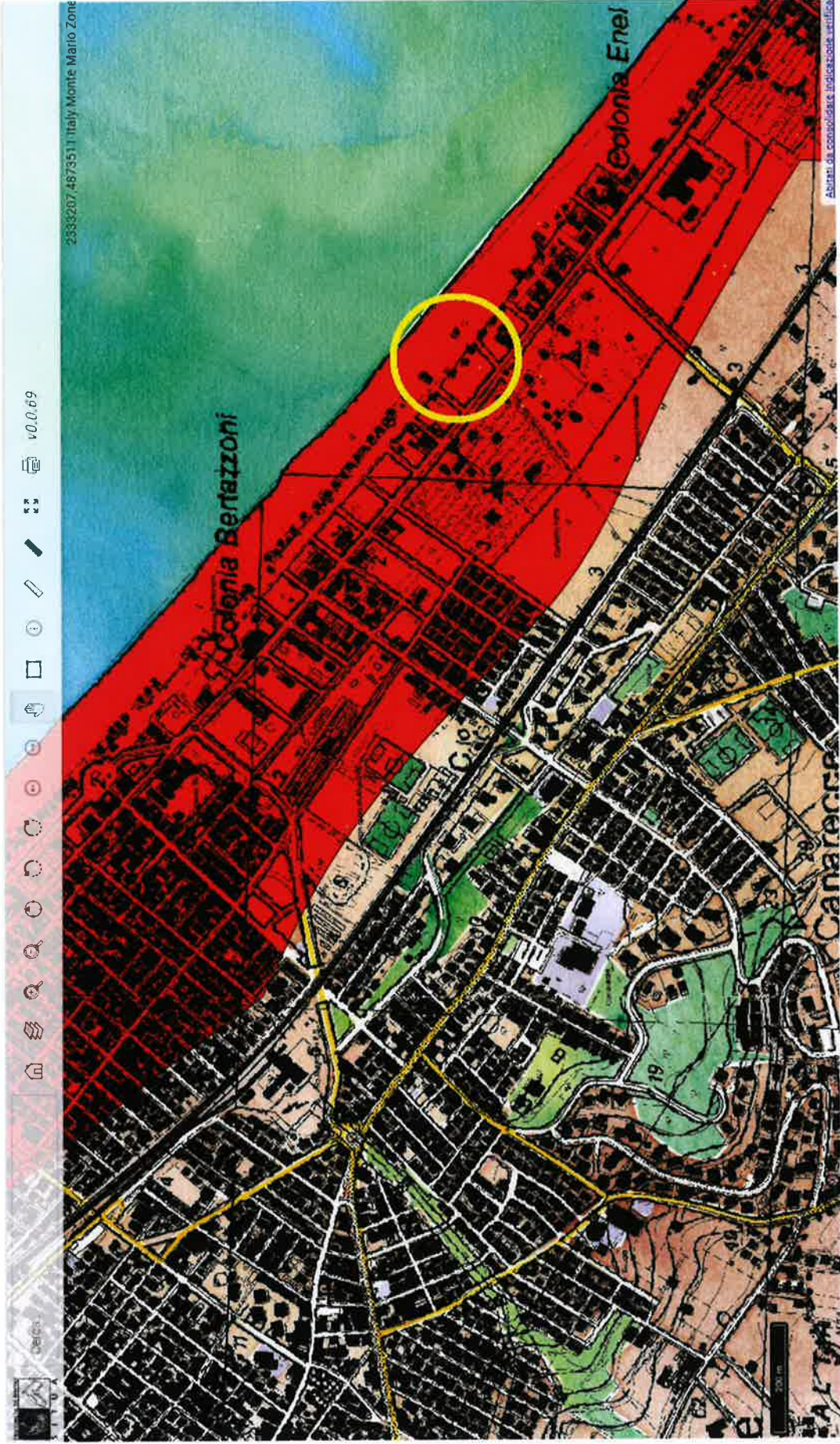
da prove elettriche

 $0 < IL \leq 2$

 $2 < IL \leq 5$

 $5 < IL \leq 15$

**Da SITUA -RN -
- Liquefacibilità ed Abitati da Consolidare - Stralcio -**



2533267.4873511 Italy Monte Mario Zone

v0.0.69



Abruzzo di consolidare indicazione struttura

Livelli

-  DBTR_CtrMultiscala
- ▶  PTCP_1_25000
- ▼  SISMICA
 -  IL>5
- ▼  Abitati da Consolidare
 -  centroide_abitato
 -  PERIMETRI EX LEGGE 445/1908
 -  a2_14_3_confineprovinciale
- ▼  Sfondo
 -  Google Hybrid
 -  Google Terrain
 -  OSM TF Landscape
 -  Sfumo_Altimetrico5x5
 -  Stamen Terrain-USA/OSM
 -  Agea2011_RGB
 -  OCM Landscape
 -  Stamen Toner Lite/OSM
 -  Stamen Watercolor/OSM

VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

- $M_w = 5.50$; $A_{g \max} = 0.263$; $H_2O = - 1.00$ mt. (Boulangier & Idriss, 2014) -

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

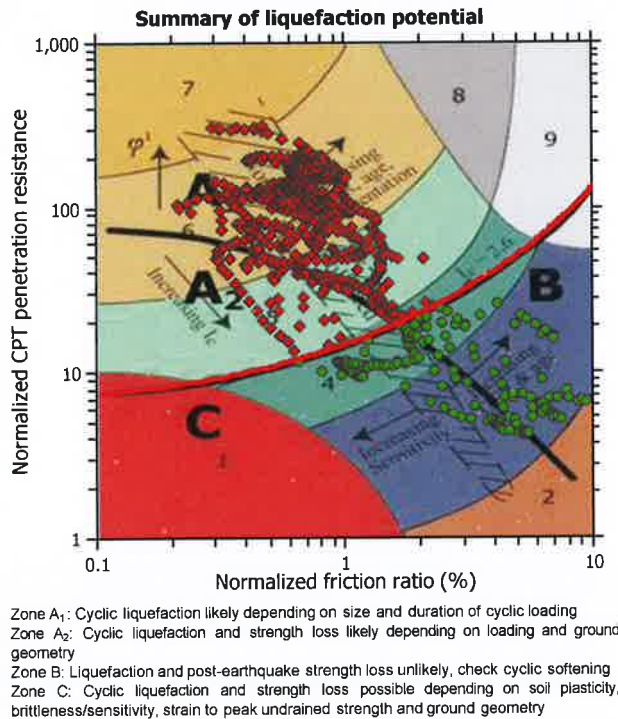
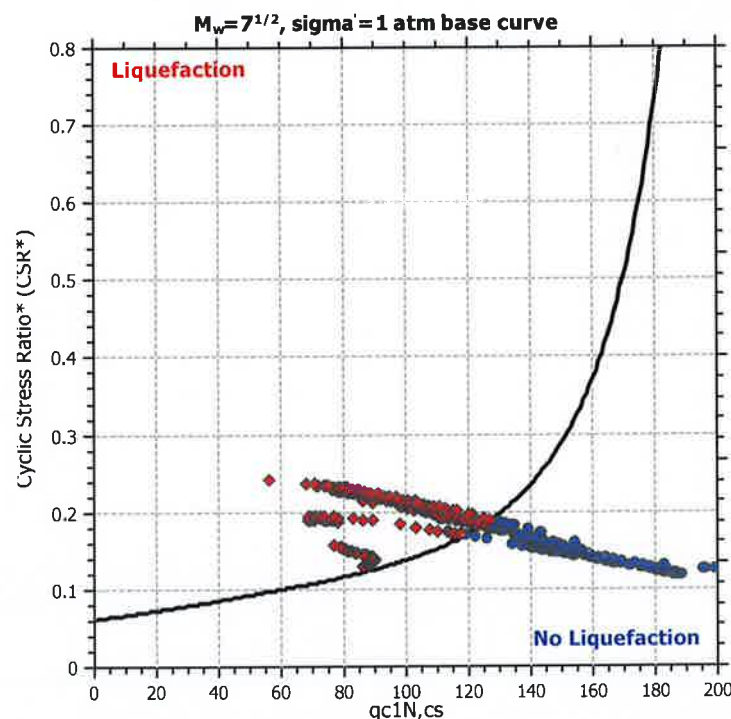
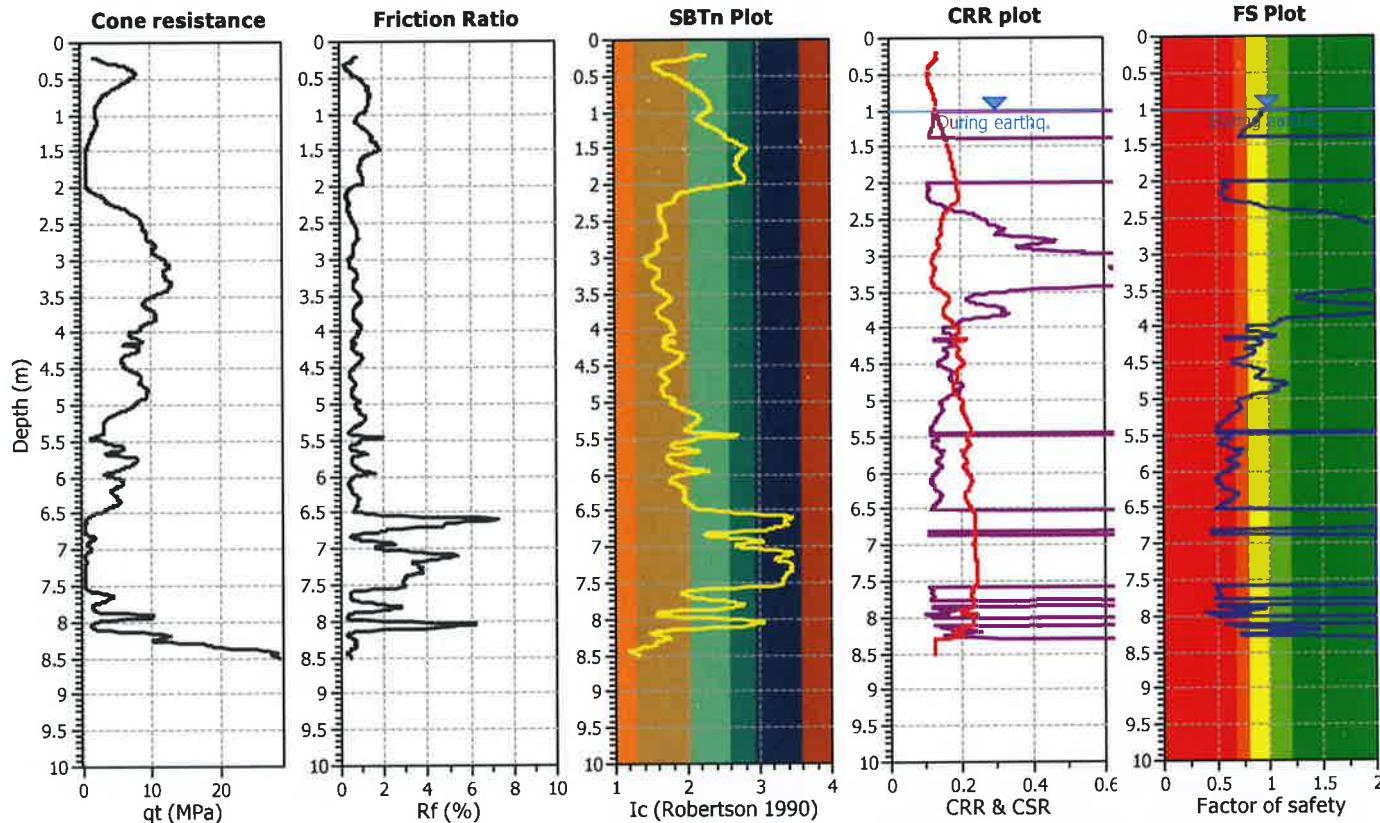
Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

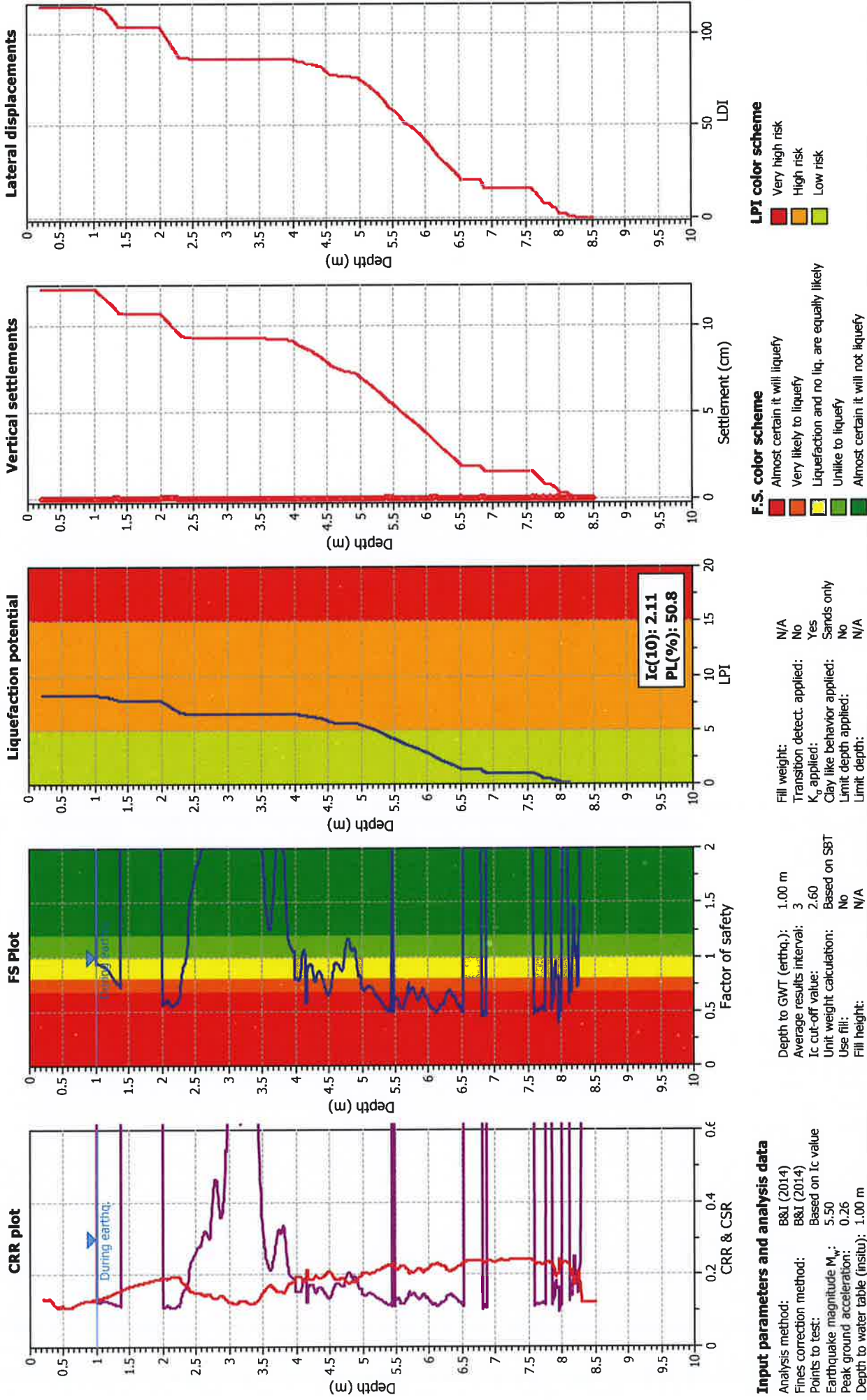
CPT file : 1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	No
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w :	5.50	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

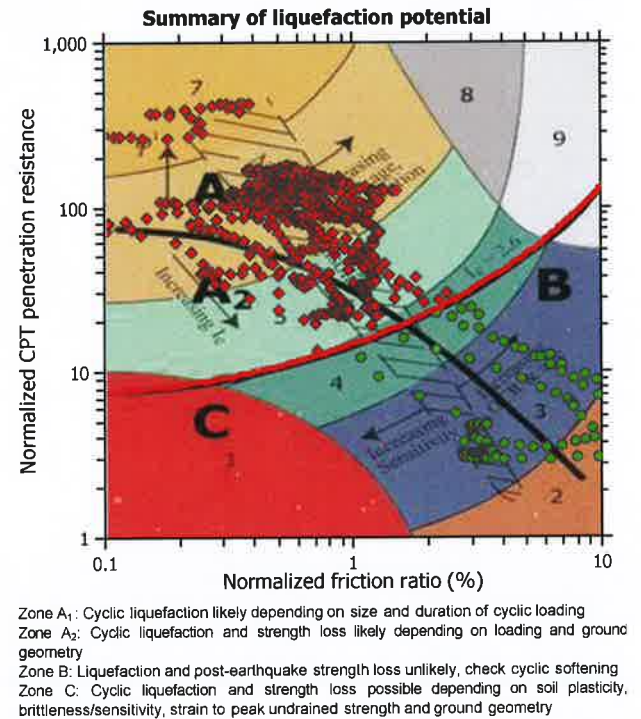
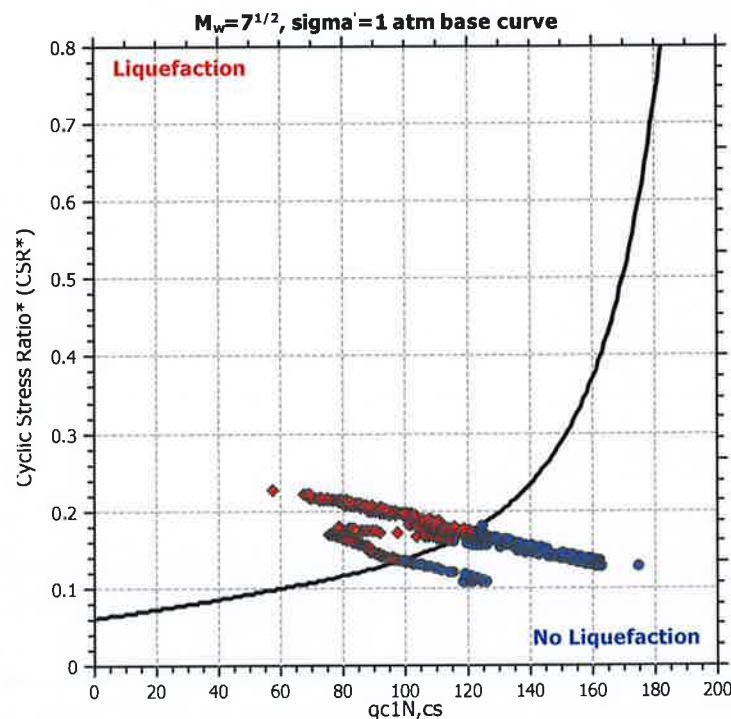
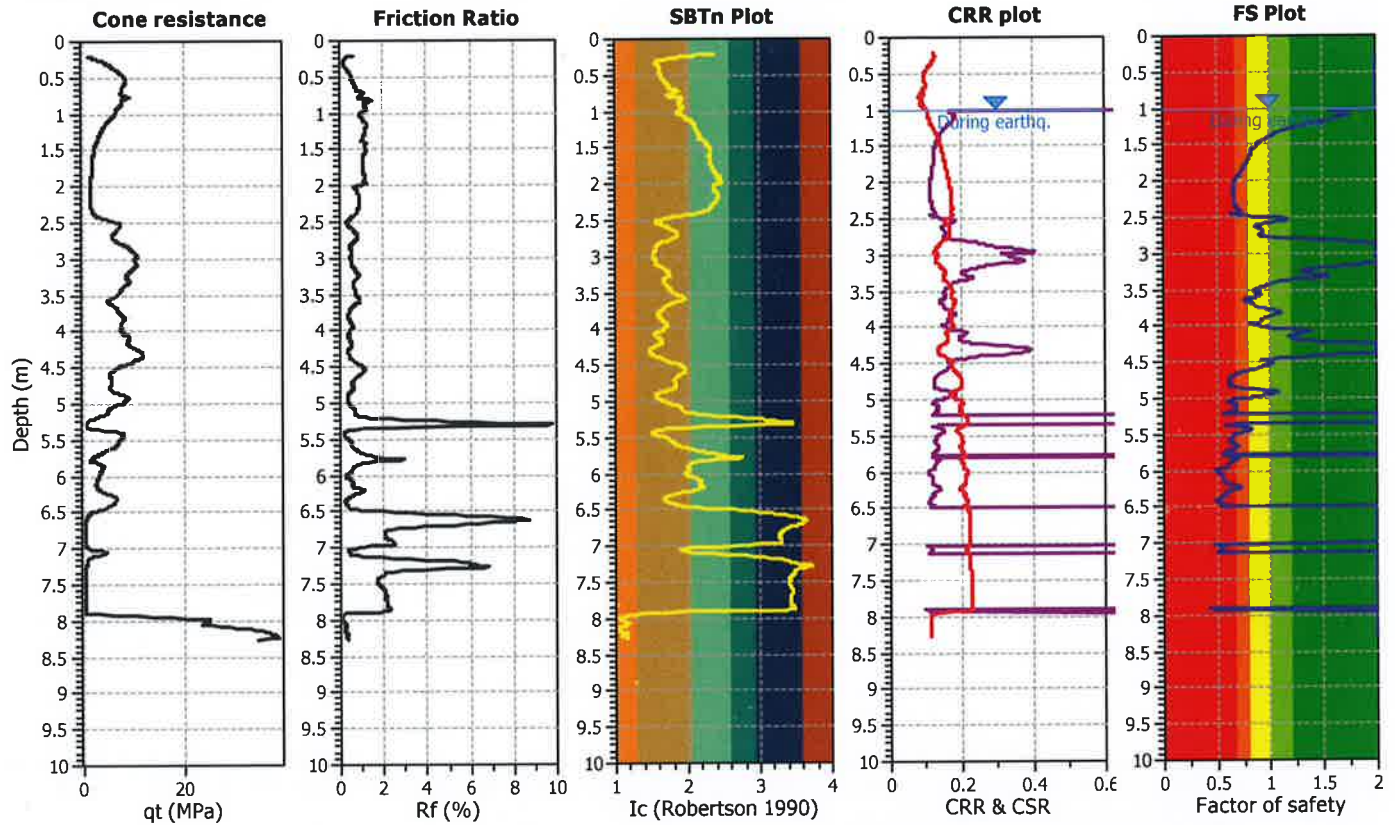
Project title : CPT

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

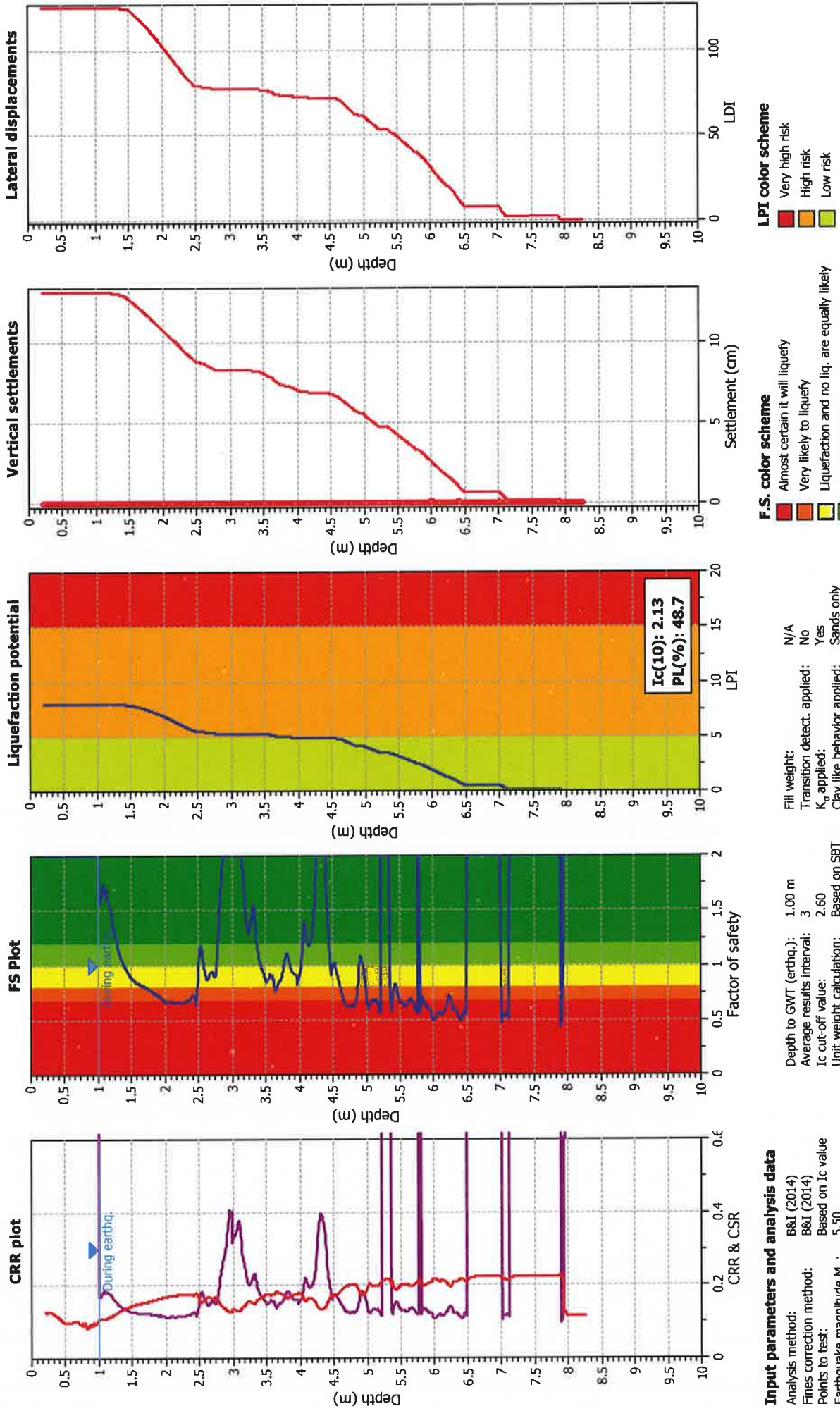
CPT file : 2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	No
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Sands only:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	5.50	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Liquefaction analysis overall plots

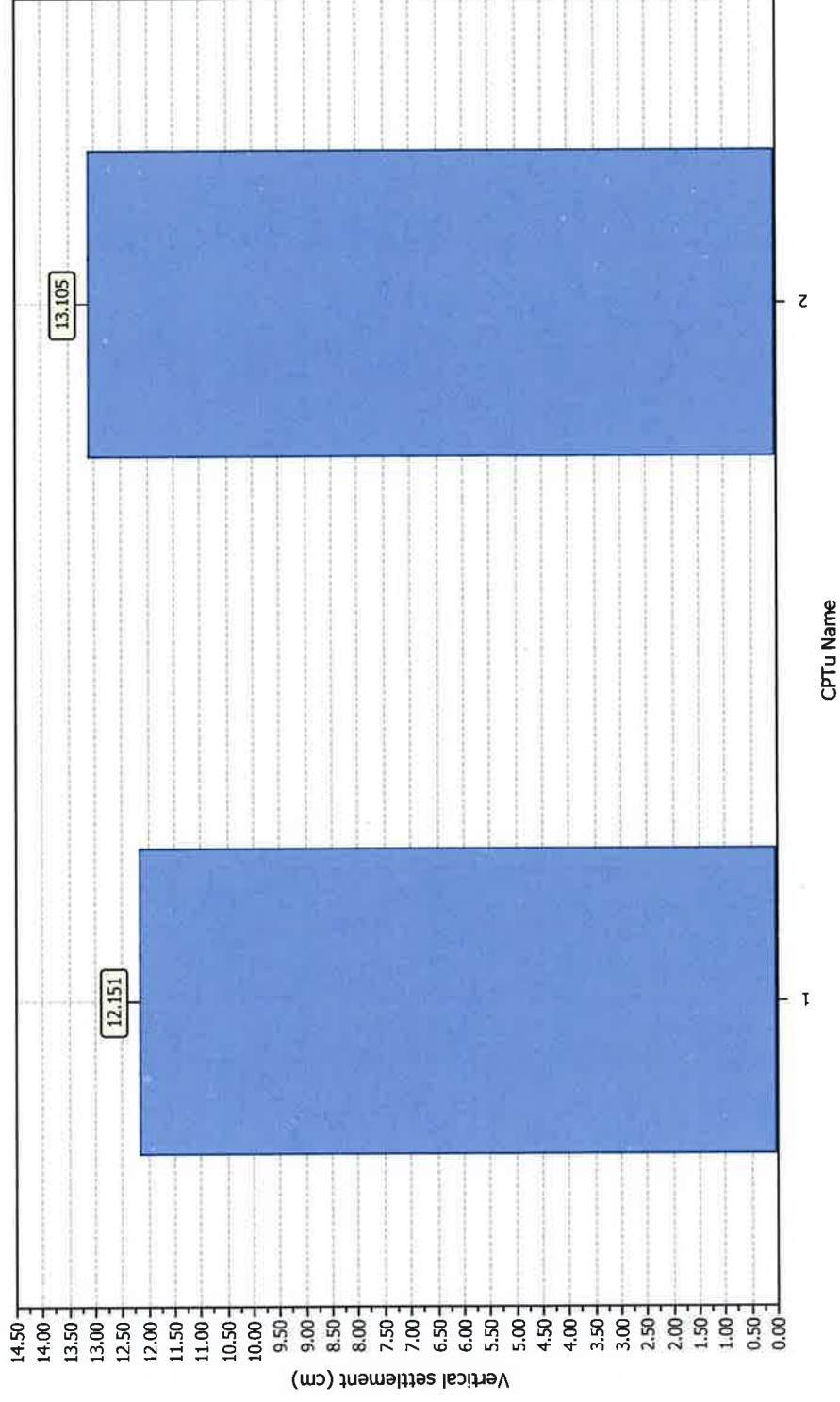


Input parameters and analysis data

Analysis method: B&I (2014)
 Fines correction method: B&I (2014)
 Points to test: Based on I_c value
 Earthquake magnitude M_w : 5.50
 Peak ground acceleration: 0.24
 Depth to water table (insitu): 1.00 m
 Depth to GW (earthq.): 1.00 m
 Average results interval: 3
 I_c cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT
 Use fill: No
 Fill height: N/A
 Fill weight: N/A
 Transition detect. applied: No
 K_v applied: Yes
 Clay like behavior applied: Sands only
 Limit depth applied: No
 Limit depth: N/A

Project title : CPTE
Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

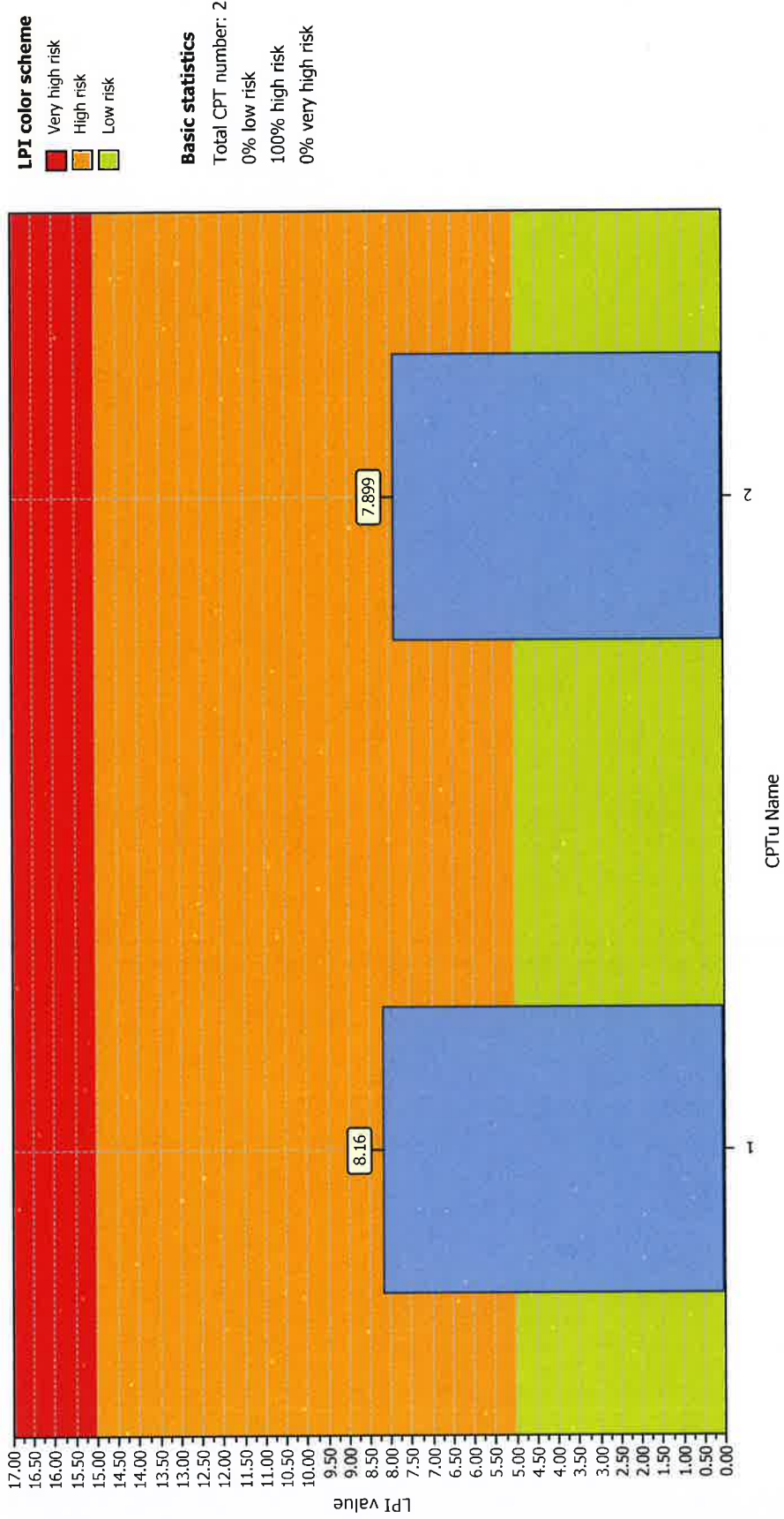
Overall vertical settlements report



Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

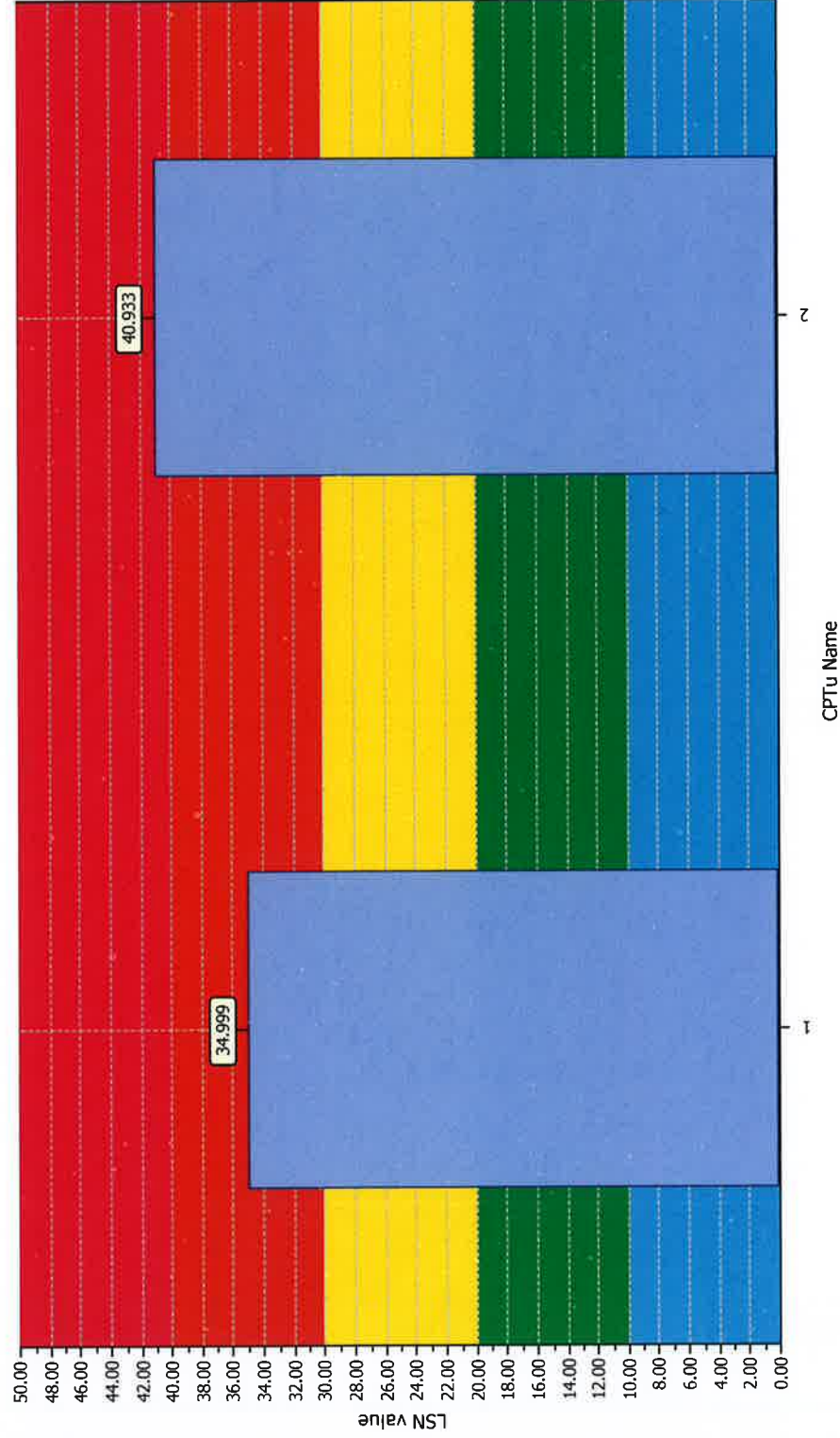
Overall Liquefaction Potential Index report



Project title : CPTE

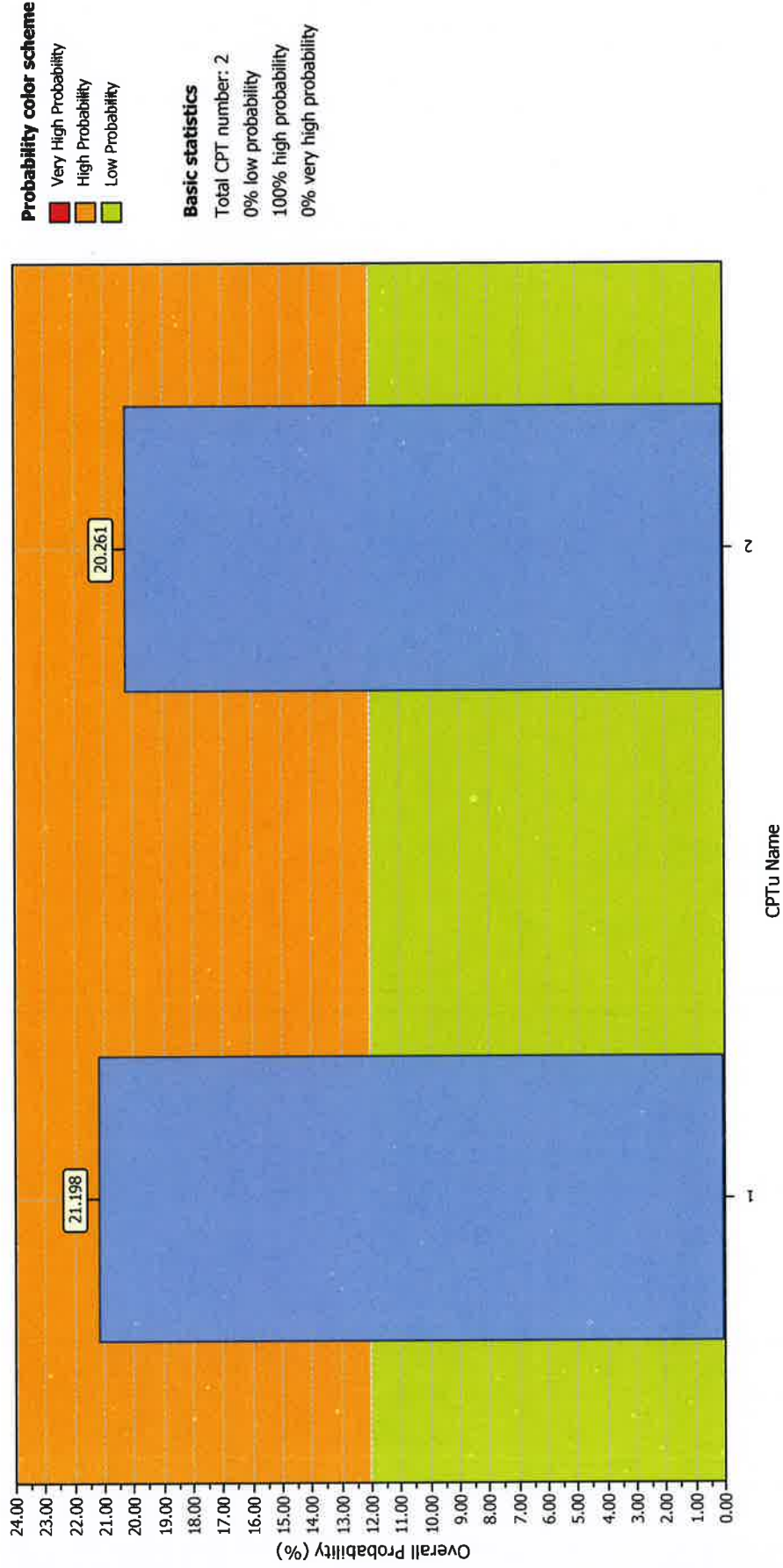
Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall Liquefaction Severity Number report



Project title : CPTe
Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall Probability for Liquefaction report



VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

- $M_w = 6.14$; $A_{g \max} = 0.263$; $H_2O = - 1.00$ mt. (Boulanger & Idriss, 2014) -

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

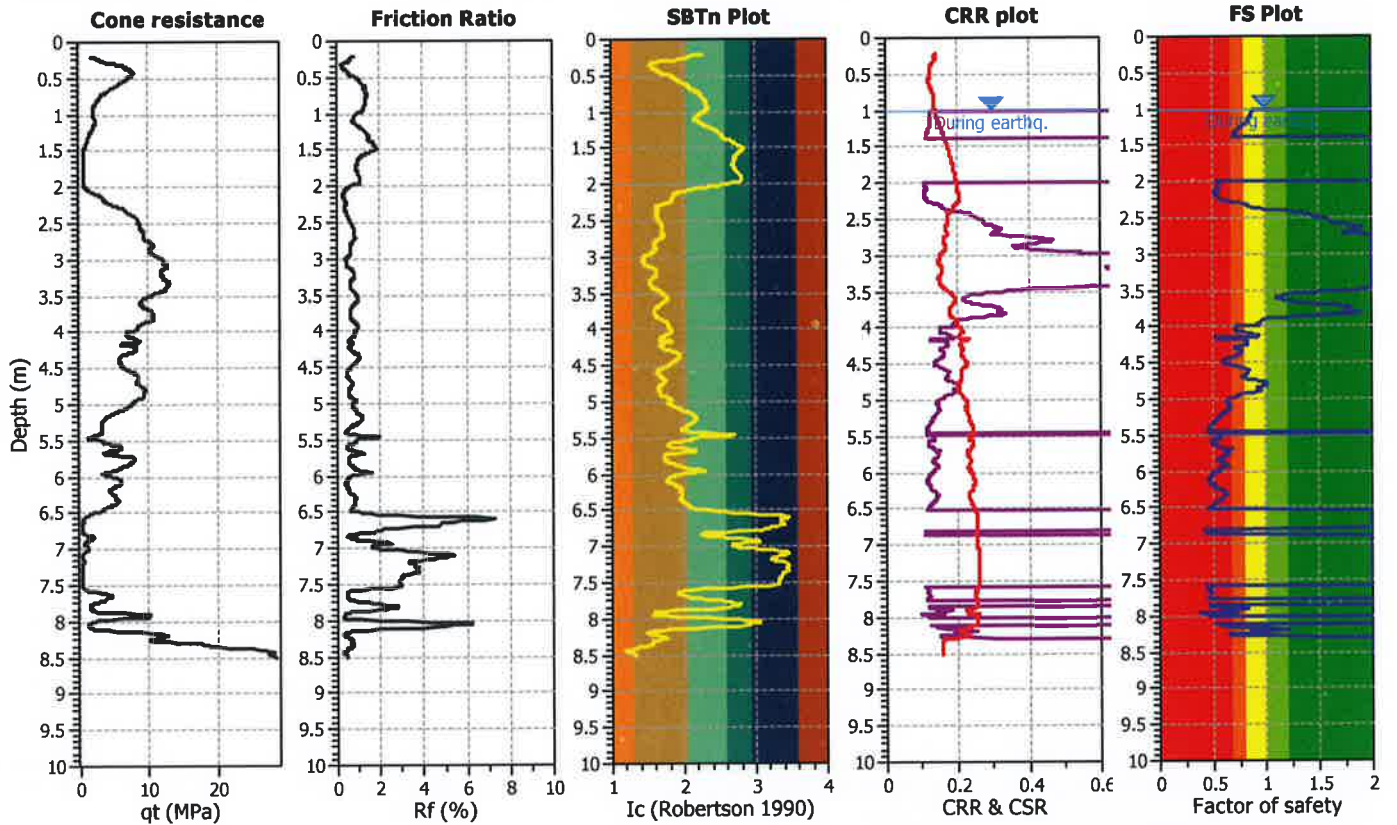
Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

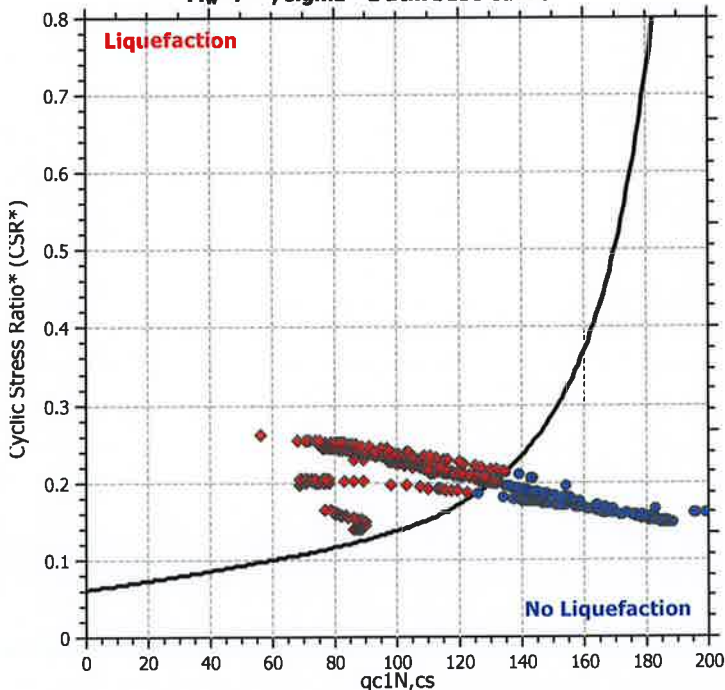
CPT file : 1

Input parameters and analysis data

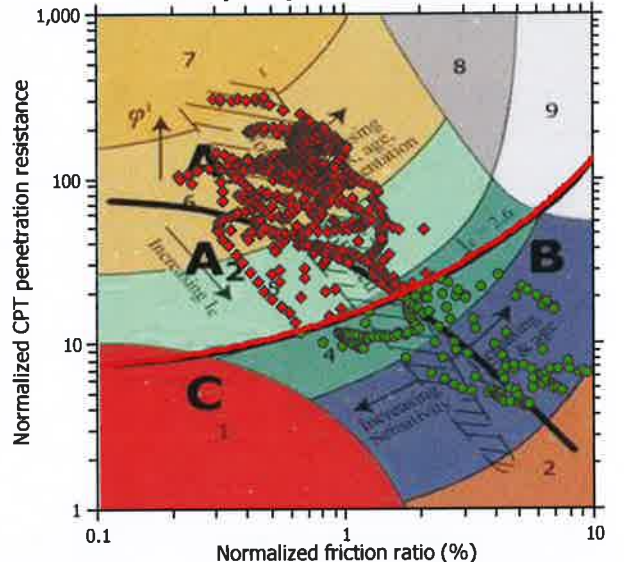
Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	No
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Sands only:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_o applied:	Yes	MSF method:	Method based



$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_v=1$ atm base curve

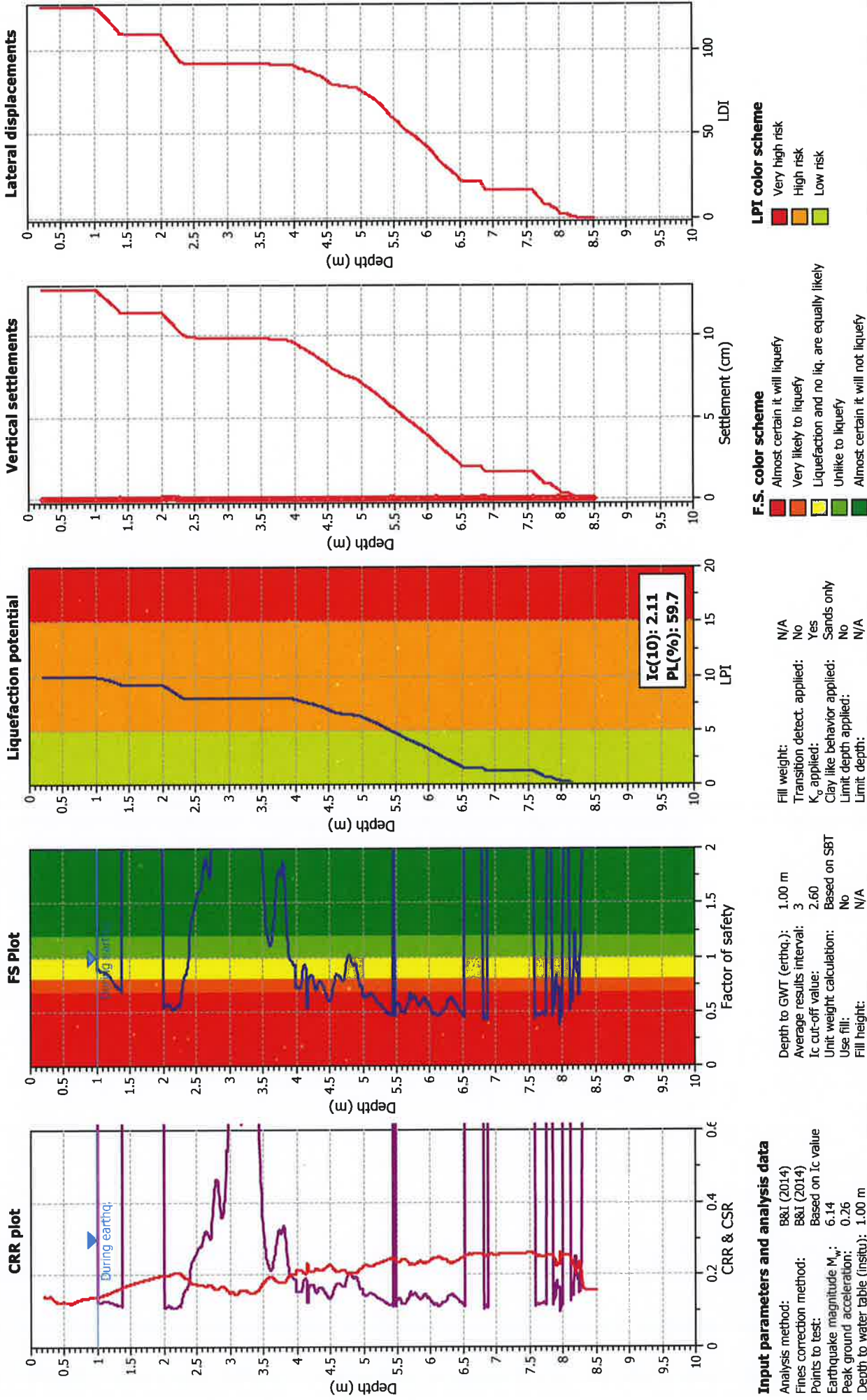


Summary of liquefaction potential



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

Liquefaction analysis overall plots



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

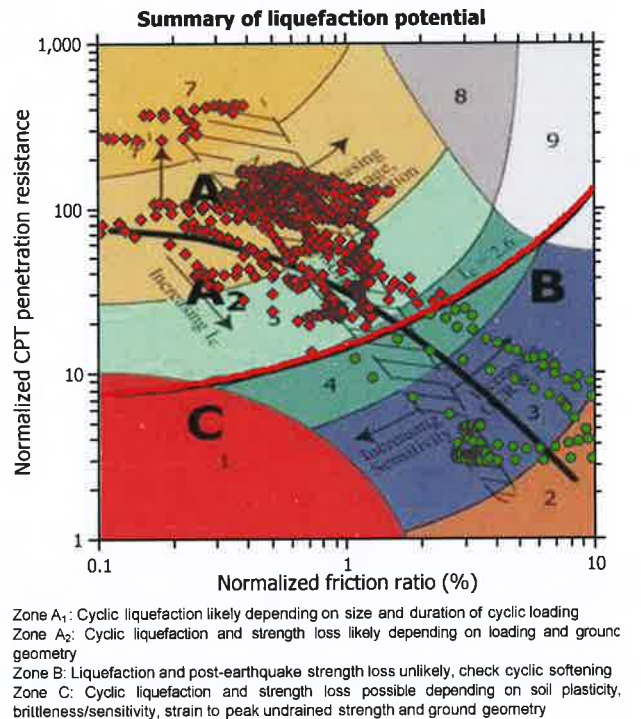
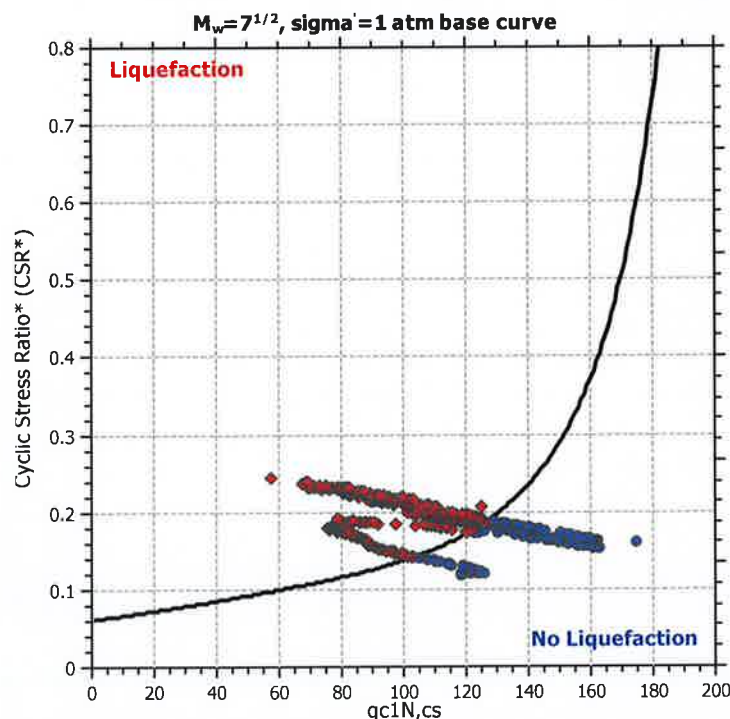
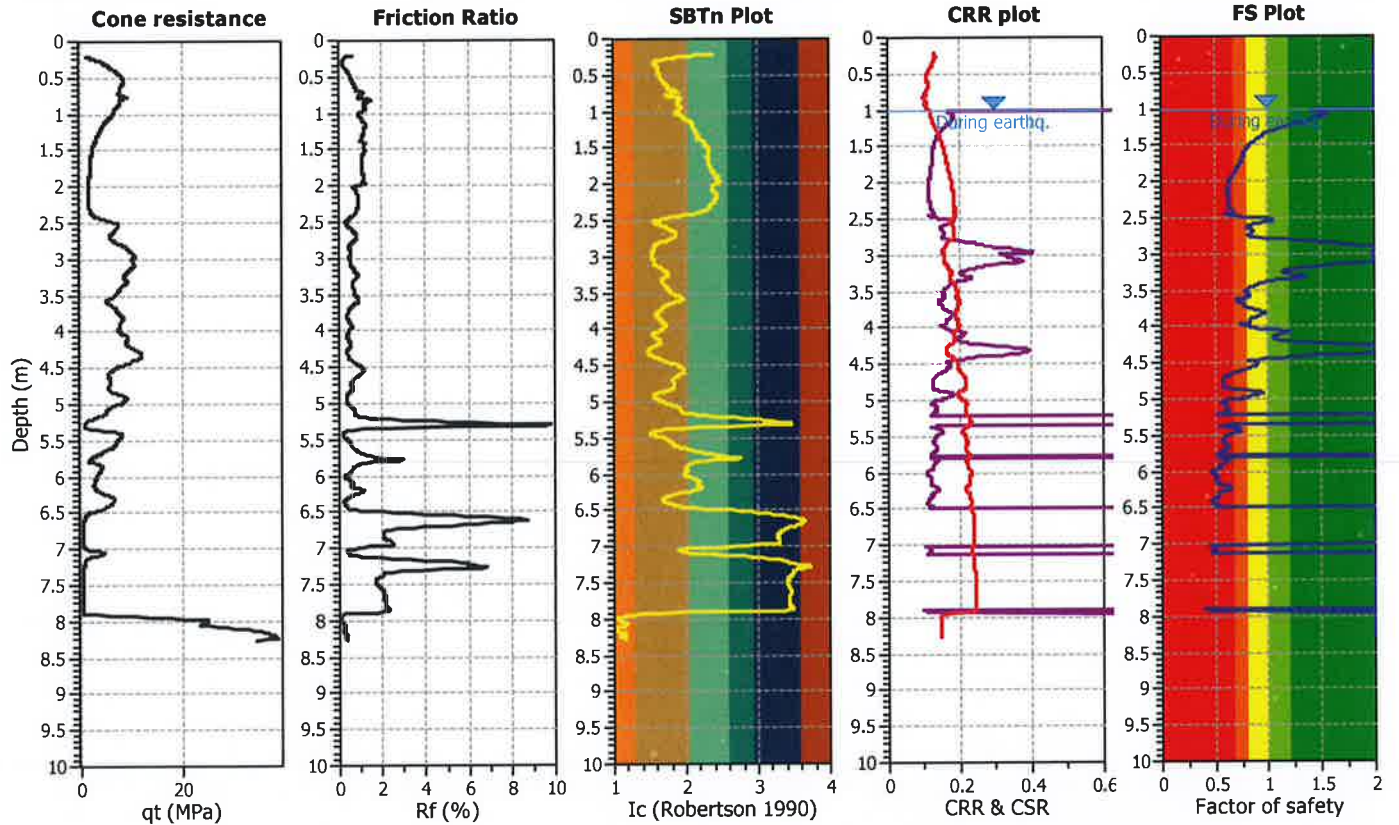
Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

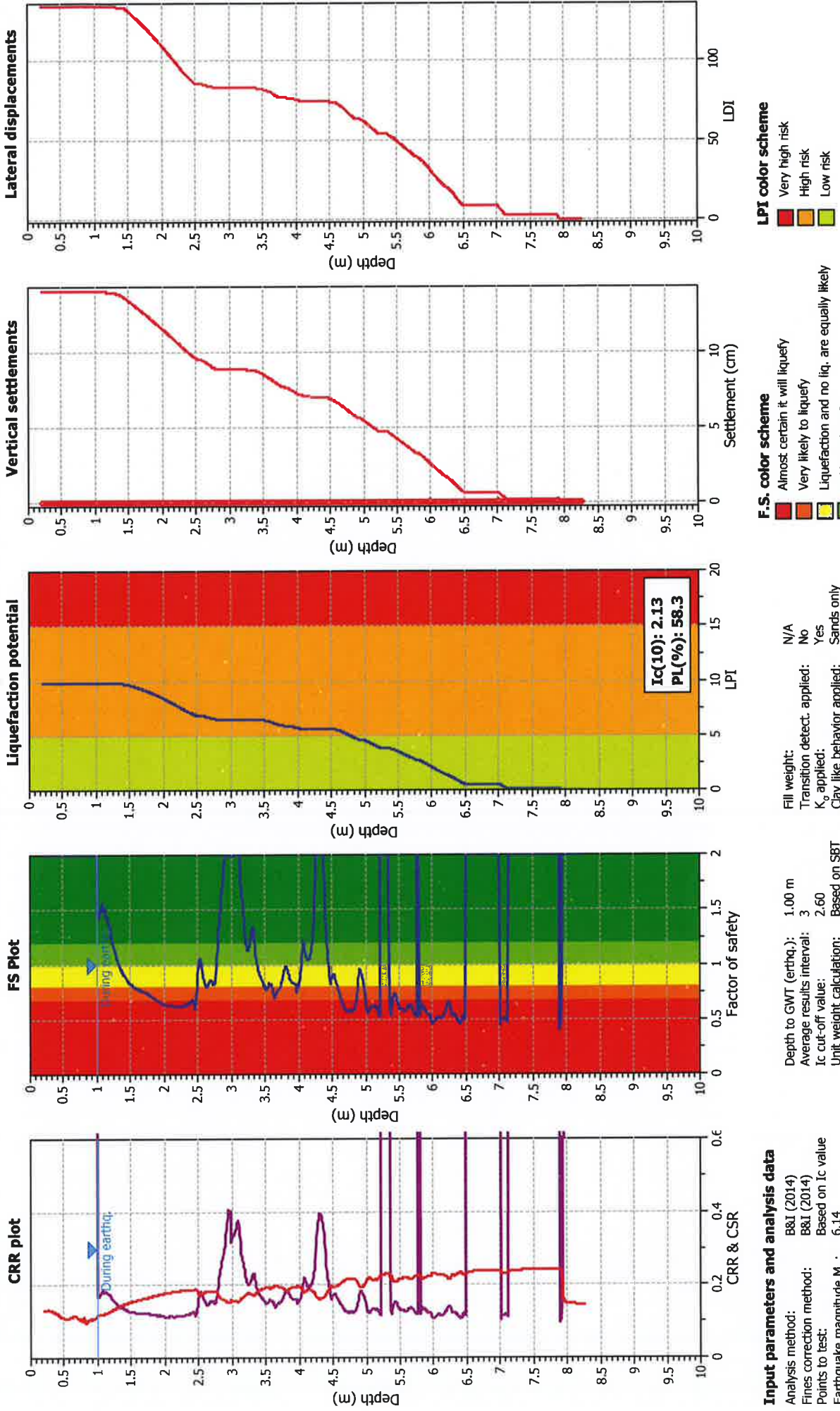
CPT file : 2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	No
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Sands only:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based

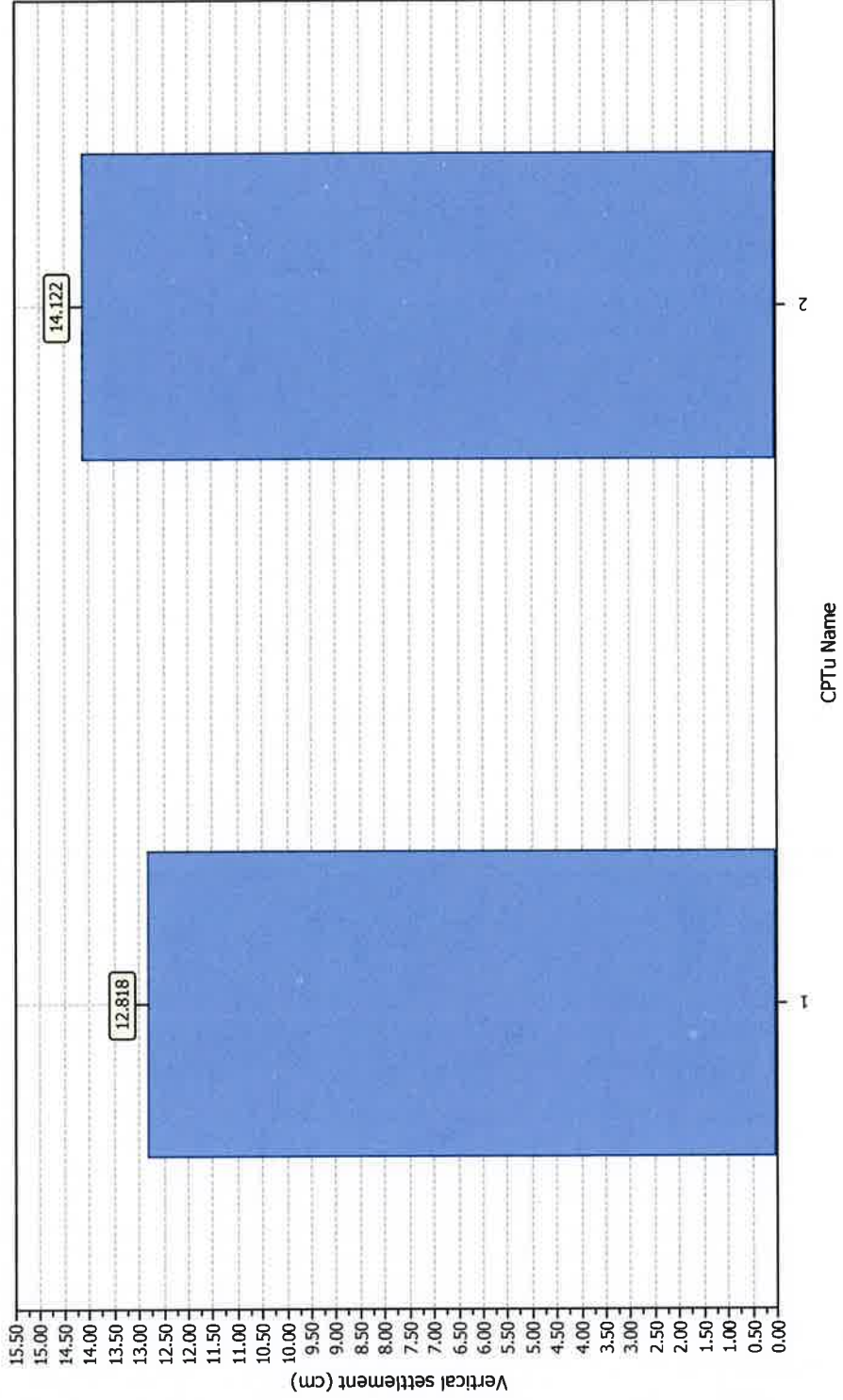


Liquefaction analysis overall plots



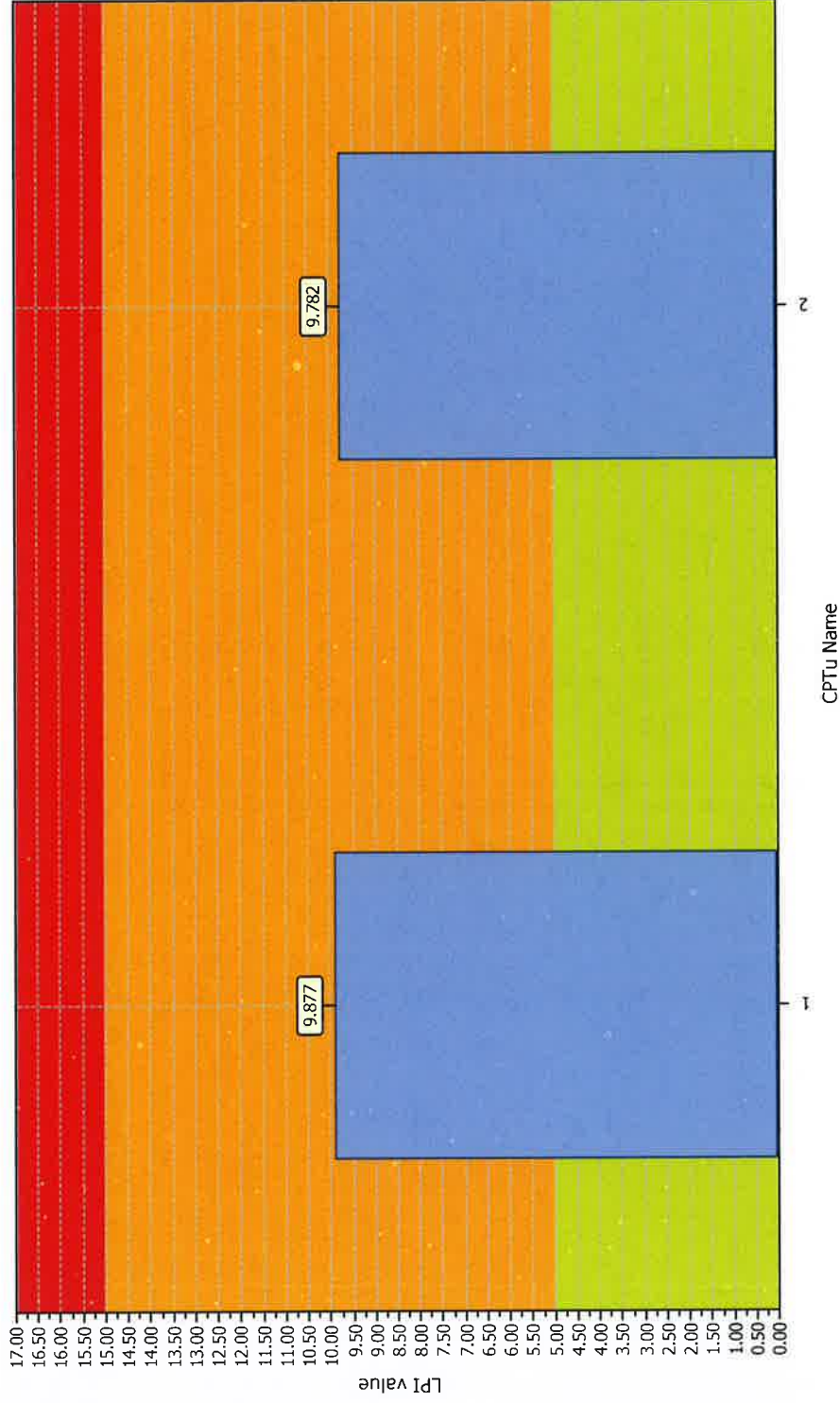
Project title : CPTe
Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall vertical settlements report



Project title : CPTe
Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall Liquefaction Potential Index report



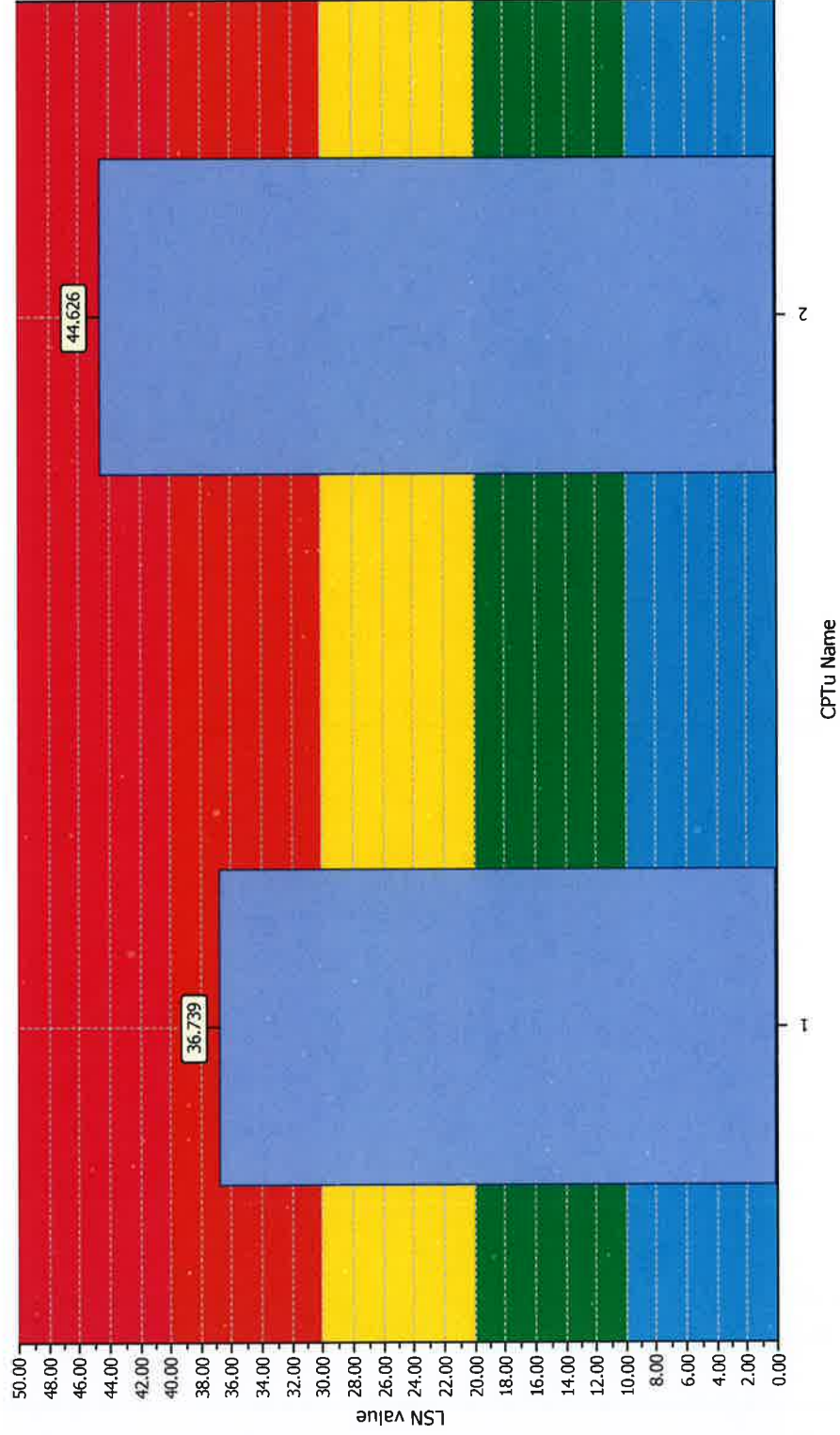
LPI color scheme
■ Very high risk
■ High risk
■ Low risk

Basic statistics
 Total CPT number: 2
 0% low risk
 100% high risk
 0% very high risk

Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall Liquefaction Severity Number report



LSN color scheme

- Severe damage
- Major expression of liquefaction
- Moderate to severe exp. of liquefaction
- Moderate expression of liquefaction
- Minor expression of liquefaction
- Little to no expression of liquefaction

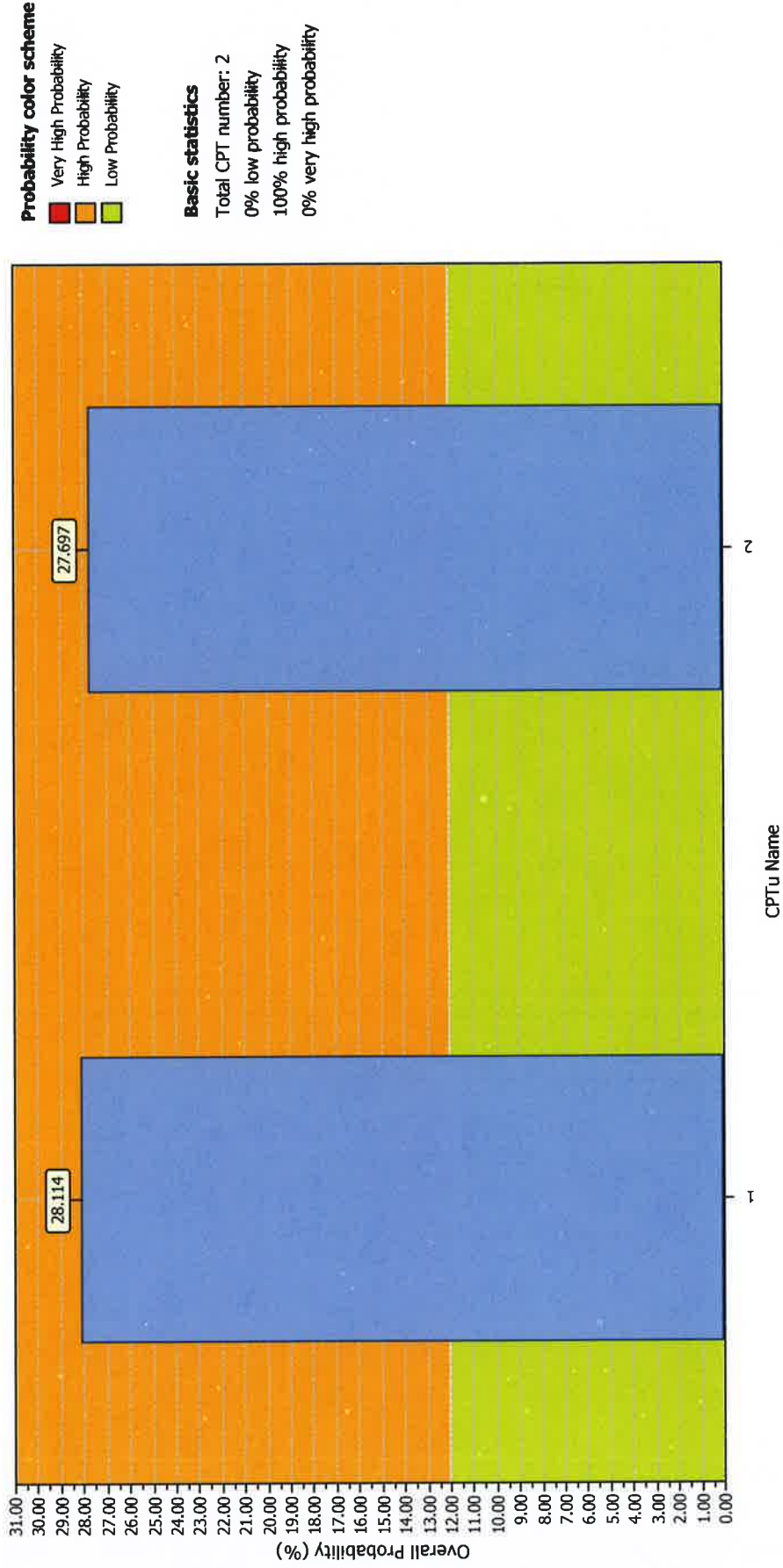
Basic statistics

- Total CPT number: 2
- 0% little liquefaction
- 0% minor liquefaction
- 0% moderate liquefaction
- 50% moderate to major liquefaction
- 50% major liquefaction
- 0% severe liquefaction

Project title : CPTe

Location : RICCIONE (RN), Viale Torino

Overall Probability for Liquefaction report





Presidenza del Consiglio dei Ministri

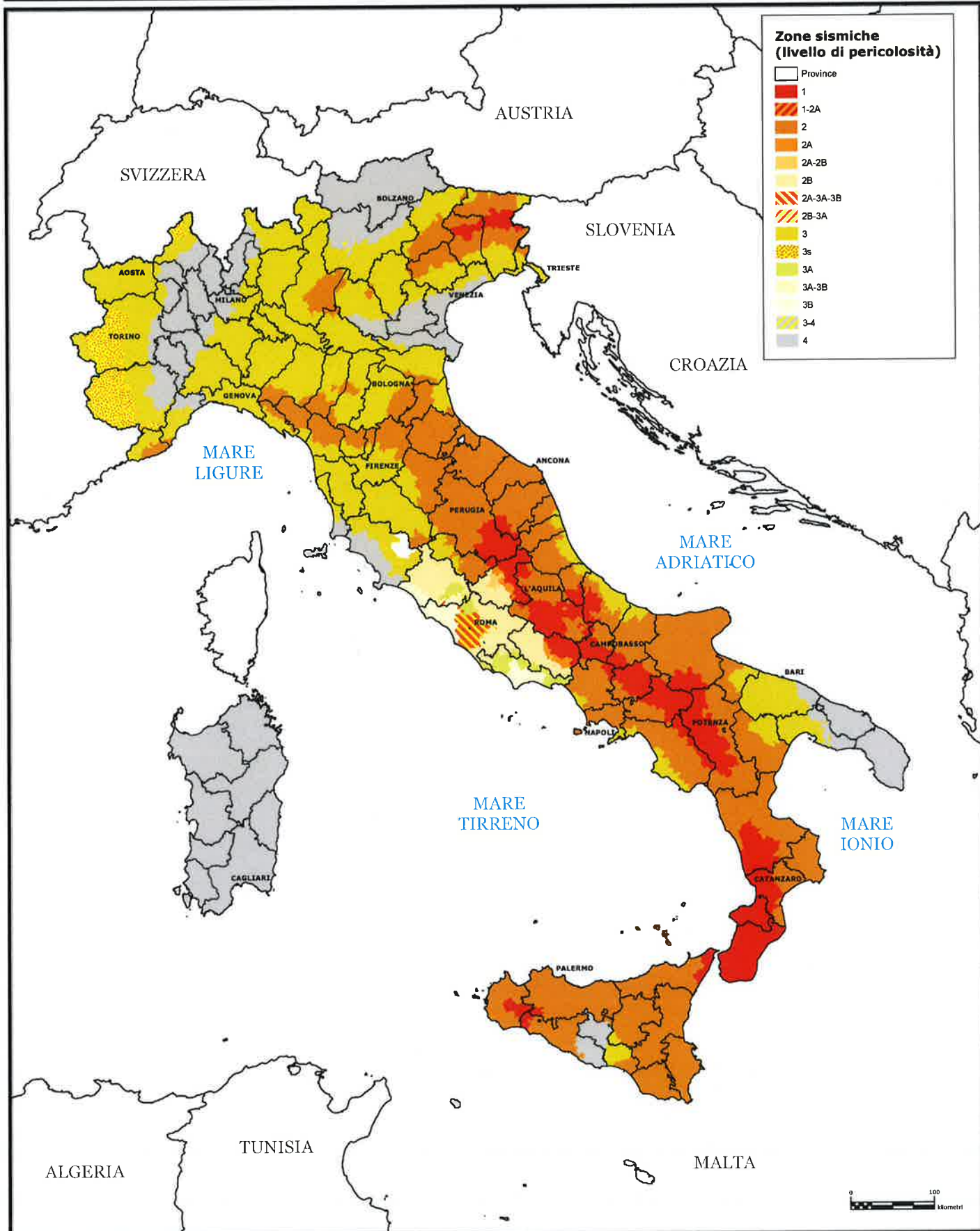
Dipartimento della protezione civile

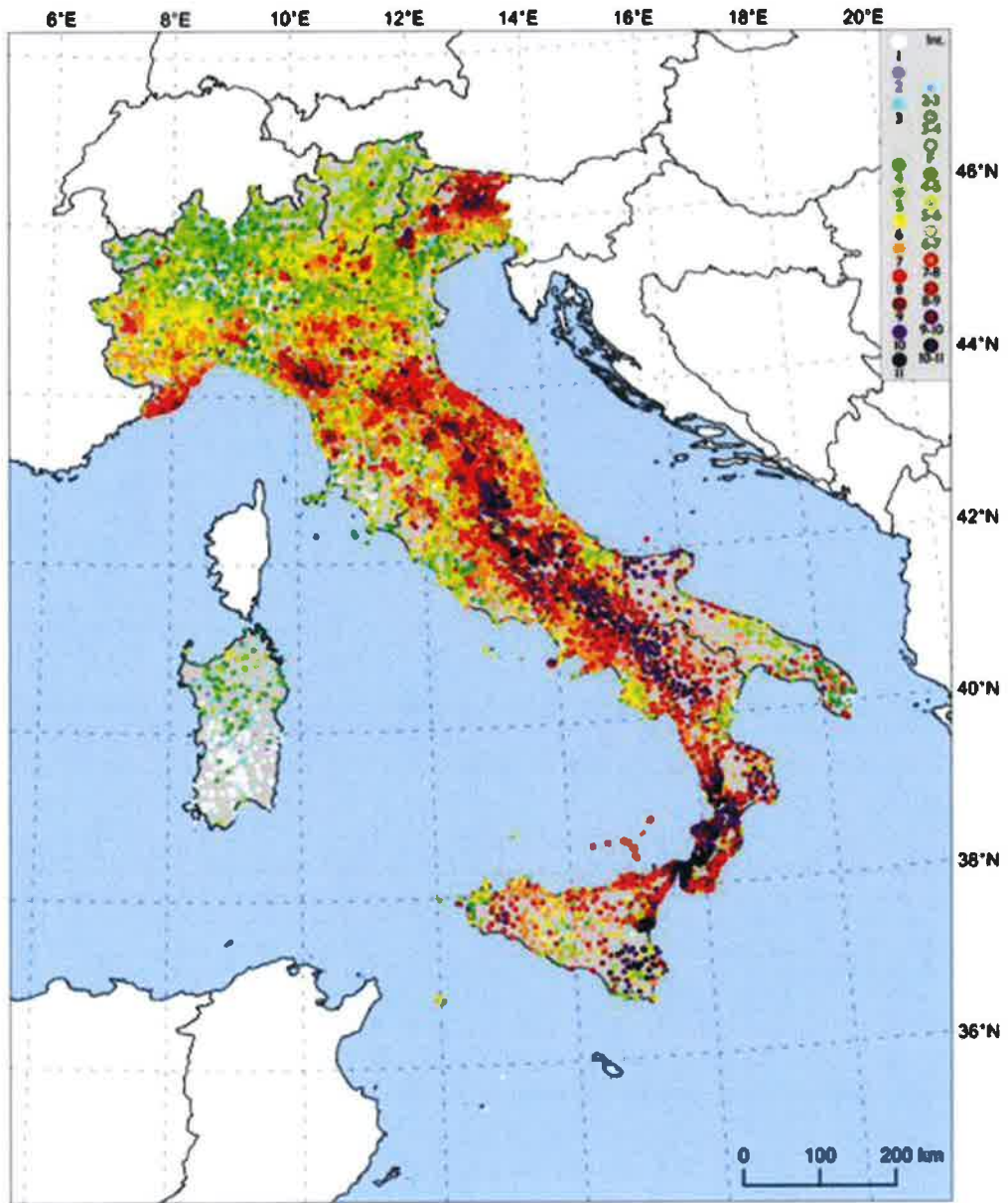
UFFICIO III – Attività Tecnico-Scientifiche per la previsione e la prevenzione dei Rischi - Servizio Rischio Sismico

Classificazione sismica al 31 gennaio 2020

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'OPCM 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519

Atti di recepimento al 31 gennaio 2020. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 23/07/18, n. 1164. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 17/03/17, n. 216. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 20/9/06, n. 194. Piemonte: DGR 15 febbraio 2019, n. 17-8404. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 421. Trentino Alto Adige-Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603





da INGV – Distribuzione delle intensità massime osservate per le 15343 località italiane

CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA E AREE LIMITROFE

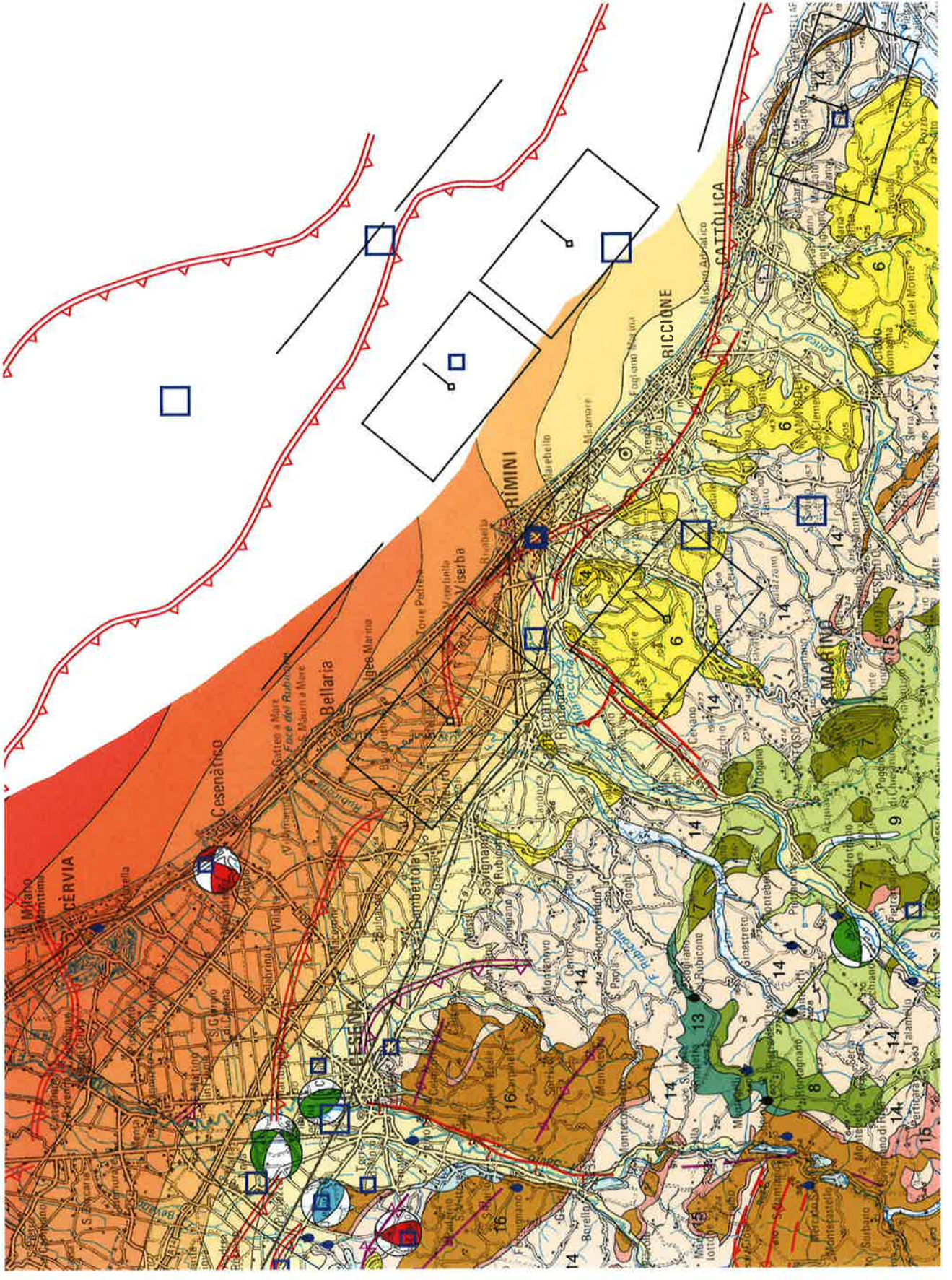
scala 1:250.000 *scale*

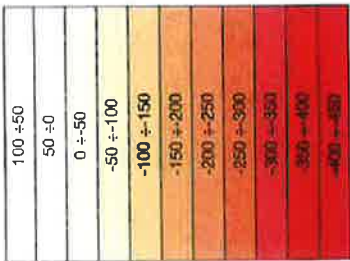
SEISMOTECTONIC MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA REGION AND SURROUNDING AREAS

Autori/Authors:

Luca Martelli¹ (coord.), Marco Bonini², Lorenzo Calabrese¹, Giacomo Corti², Giulio Ercolessi¹, Fabio Carlo Molinari¹,
Luigi Piccardi², Silvia Pondrelli⁴, Federico Sani³, Paolo Severi¹.

- 1) Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- 2) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- 3) Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra
- 4) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna





Isobate della base del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS; 0,45 Ma-Presente) riferite al livello del mare
 Isobaths of the base of the Emilia Romagna Upper Synthem (SERS; 0,45 My-Present) referred to the sea level

Ma = millions of years
 My = millions of years

Unità geologiche affioranti Outcropping geological units

Depositi quaternari: dei bacini intermontani e del margine padano-adriatico
 Quaternary deposits of intermontane basins and Po Plain - Adriatic margin

- 1 Depositi alluvionali olocenici
Holocene alluvial deposits
- 2 Depositi alluvionali pleistocenici
Pleistocene alluvial deposits
- 3 Depositi fluvio-lacustri (Militranchiano-Pleistocene medio)
Fluvio-lacustrine deposits (Militranchian-middle Pleistocene)
- 4 Successione marina plio-pleistocenica del margine padano-adriatico
Pliocene-Pleistocene marine succession of the Po Plain-Adriatic margin
- 5 Sabbie di Imola (Pleistocene medio)
Imola Sands (middle Pleistocene)
- 6 Sabbie gialle (Pleistocene medio)
Yellow sands (middle Pleistocene)
- 7 Successione Pliocene sup. - Pleistocene inf.
Late Pliocene - Early Pleistocene succession
- 8 Unità alloctone s.l.
Allochthonous units
- 9 Successione epiliguriana superiore (Burdigaliano - Messiniano inf.)
Upper Epiligurian Succession (Burdigalian - Early Messinian)
- 10 Successione epiliguriana inferiore (Lureziano - Burdigaliano)
Lower Epiligurian Succession (Lurezian - Burdigalian)
- 11 Unità Ligurici (Giurassico - Eocene medio)
Ligurian Units (Jurassic - middle Eocene)
- 12 Successione epistabulare (Bartonian - Langhiano)
Epistabularian Succession (Bartonian - Langhian)
- 13 Subligurici (Cretaceo - Aquitaniano)
Subligurian Units (Cretaceous - Aquitanian)
- 14 Unità delle evaporiti triassiche della Val Secchia
Val Secchia Triassic evaporites
- 15 Mélanges tettonico
Tectonic mélange
- 16 Unità umbro-marchigiano-romagnole
Umbria-Marche and Romagna Units
- 17 Successione Messiniano sup. - Pliocene inf.
Late Messinian - Early Pliocene succession
- 18 Evaporiti messiniane
Messinian evaporites
- 19 Depositi di avanafossa miocenici
Miocene foredeep deposits
- 20 Unità toscane
Tuscan Units
- 21 Depositi di avanafossa oligo-miocenici e Scaglia Toscana
Oligocene-Miocene foredeep deposits and Tuscan Scaglia
- 22 Successione carbonatica mesozoica
Mesozoic carbonatic succession
- 23 Basamento cristallino e copertura metamorfica
Crystalline basement and metamorphic units

Active tectonic structures

-
- Faglia Fault
 - Faglia presunta Inferred fault
 - Faglia normale Normal fault
 - Faglia normale presunta Inferred normal fault
 - Anticlinale Anticline
 - Sovrascornamento Thrust fault
 - Fronte di sovrascornamento sepolto Buried thrust front
 - Fronte di sovrascornamento sepolto presunto Inferred buried thrust front
 - Faglia sepolta Buried fault
 - Faglia sepolta presunta Inferred buried fault
 - Faglia normale sepolta presunta Inferred buried normal fault

Sorgenti sismogenica individuale (da DISS 3.2)
 Individual seismic source (from DISS 3.2)

Strutture tettoniche potenzialmente attive Potentially active tectonic structures

-
- Faglia Fault
 - Faglia presunta Inferred fault
 - Faglia normale Normal fault
 - Faglia normale presunta Inferred normal fault
 - Anticlinale Anticline
 - Sinclinale Syncline
 - Fronte di sovrascornamento sepolto Buried thrust front
 - Fronte di sovrascornamento sepolto presunto Inferred buried thrust front
 - Faglia sepolta Buried fault
 - Faglia sepolta presunta Inferred buried fault
 - Faglia normale sepolta presunta Inferred buried normal fault
 - Discontinuità presunta Inferred discontinuity
 - Traccia di sabbione geologica Geological cross section trace

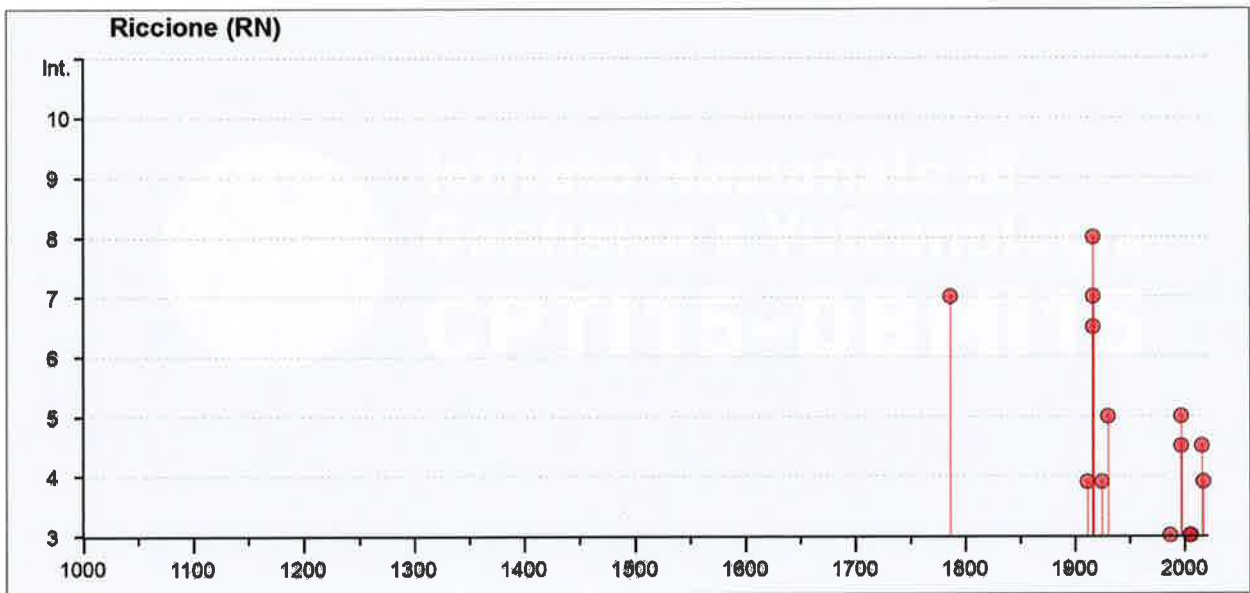
Meccanismi focali Earthquake focal solutions



Dimensione del simbolo proporzionale alla magnitudo
 Symbol size proportional to the magnitude

Epicentri dei terremoti (da OFTH15) Earthquake epicenters (from OFTH15)

Effetti		In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1997	09	26	09	40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8- 9	5.97
2-3	1997	10	14	15	23 1	Valnerina	786		5.62
NF	1998	04	05	15	52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	2001	11	26	00	56 5	Casentino	211	5- 6	4.63
NF	2003	12	07	10	20 3	Forlivese	165	5	4.18
3	2005	07	15	15	17 1	Forlivese	173	4- 5	4.29
3	2006	10	21	07	04 1	Anconetano	287	5	4.21
4-5	2016	10	26	19	18 0	Valnerina	77		6.07
F	2017	01	18	10	14 0	Aquilano	280		5.70



INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI o HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio)

La finalità dell'indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e l'individuazione delle discontinuità sismiche e la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) così come richiesto dal D.M. 14-01-2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni-.

La tecnica HVSR è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di alcun tipo di perforazione, né stendimento di cavi, né energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

I risultati ottenibili da una siffatta registrazione sono:

la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione per evitare l'effetto "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;

la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. Successivamente sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

La velocità media delle onde di taglio V_{s30} calcolate tramite un apposito codice di calcolo: E' necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc...) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del sottosuolo di fondazione come richiesto dal D.M. 14-01-2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni-;

La stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 mt. di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La metodologia, chiamata anche tecnica di Nakamura (1989), ha raggiunto la sua massima popolarità in Giappone già nei primi anni '70 come strumento per una microzonazione sismica speditivi.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri sismici del rumore di sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) applicata da Nogoshi e Igarashi (1971).

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti di sito.

La tecnica proposta da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione delle discontinuità sismiche presenti nel sottosuolo, assume che i microtremiti (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Per l'applicazione e l'interpretazione di questa tecnica è fondamentale una buona conoscenza dell'ingegneria sismologia combinata con un background di informazioni relative alle caratteristiche geologiche, geofisiche e geotecniche del sito.

Questa tecnica presenta il vantaggio di poter essere adoperata pressoché ovunque, purché siano garantite l'assenza di forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze del punto di misura.

Il metodo è generalmente applicato per studi di microzonazione e per valutare la risposta sismica locale.

Questa tecnologia è stata oggetto del progetto di ricerca **SESAME** (2005) - (Site Effect **S** assessment using **A**Mbient **E**xcitations) che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed array ed a questo si rimanda per le sopra citate linee guida della tecnica H/V spectral ratio.

La sismica passiva a stazione singola fornisce informazioni sui terreni d'indagine relativamente alle frequenze naturali e di risonanza.

- Basi teoriche

Le basi teoriche dell' HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio) in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D) è abbastanza semplice.

Si consideri un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati e questa una volta riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{p1} / (4h)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{s1} / (4h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto, ma la prassi di usare il rapporto degli spettri orizzontali e quello verticale piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce una importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumori di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Si rileva inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti dalle onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolari da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità delle onde di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula sopra riportata relativa alle onde S è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica sia nell'ambito ingegneristico.

Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (Ibs-Von Seht e Wohleberg, 1999).

- Attrezzature e modalità

La misura prevede la registrazione, senza utilizzo di alcuno strumento di energizzazione del terreno, del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo, sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di adeguati strumenti sismometrici costituiti da sensori tridimensionali.

Per queste misure è sconsigliato l'impiego di accelerometri, non sufficientemente sensibili a frequenze inferiori a 1 Hz, né accelerometri sismologici.

Essendo la stabilità una caratteristica fondamentale non sono impiegabili sismometri broadband con periodo naturale > 20 sec. In quanto richiedono lunghi tempi di stabilizzazione, come non sono raccomandabili sensori con frequenza naturale inferiore alla più bassa frequenza di interesse.

Indicativamente, la frequenza di sito è funzione diretta della vicinanza del bedrock dalla superficie topografica e dalla rigidità dei materiali.

Per l'installazione lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E ed W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi.

Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza di edifici, vento, ecc.... in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta del sito è consigliabile effettuare almeno tre misure per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- Trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza ($< 1-2$ Hz);
- Amplificatori;
- Digitalizzatore;
- Frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- Convertitore A/D (analogico/digitale) a 24 bit;
- Durata di registrazione: > 10 minuti;
- Collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

- Elaborazione dati

L'elaborazione dei dati raccolti impiega un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMBient EXcitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale che dovranno essere non meno di 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200 – 400 secondi.

I principali passi del processing sono i seguenti:

1. FFT (incluso il tapering);
2. operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
3. merging dei componenti orizzontali;
4. H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (> 10);
5. valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 - frequenza/e di risonanza e la sue deviazione standard.

Il risultato finale della prova presenta:

- 1) i criteri di attendibilità della misura;
- 2) i criteri di validità del picco di f_0 ;
- 3) i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- 4) l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alle frequenze del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- 5) l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.

Per gli scopi e finalità dell'indagine le misure di HVSR offrono la possibilità di determinare:

- 1). Valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alla frequenza di risonanza;
- 2). Spessori della coltre di copertura.

- Frequenze

Per quanto riguarda la mappatura delle frequenze principali di risonanza, tale elaborazione permette di valutare il grado di omogeneità sulla risposta di sito relativamente alle frequenze dei materiali.

L'analisi di queste permette di definire il campo delle frequenze significative di risonanza da utilizzare direttamente nella progettazione degli edifici.

- Spessori

L'assunzione di base è che, per un modello di suolo monodimensionale (stratificazione piana e parallela) costituito da sedimenti soffici sovrastanti il substrato, la frequenza di risonanza f_r dovuta alla propagazione di onde S incidenti perpendicolarmente la base del substrato è data dalla relazione:

$$T = \frac{4 * \sum_{I=1}^n h_i}{\sum_{I=1}^n V_{s_i} * h_i}$$

Dove h è lo spessore dello strato dei sedimenti e V_s dipende dalla velocità delle onde di taglio nel suo interno.

In base a tale relazione quindi, a partire da valori misurati di f_r e V_s , ricavati, è possibile stimare lo spessore della coltre sedimentaria di un bacino.

Tuttavia, non essendo sempre presente la misura di V_s come profilo sismico fino al bedrock geofisico, allora si può far riferimento alla relazione di Ibs-Von Seht e Wohlemborg (1999).

Poiché l'andamento del log in V_s in terreni sedimentari è principalmente regolato dall'incremento del modulo di rigidezza al crescere della pressione di confinamento e quindi della profondità, a partire da valori di V_s per la porzione più superficiale del terreno, è possibile

estrapolare l'andamento delle V_s a profondità più elevate tramite l'impiego di relazioni empiriche.

A questo scopo Ibs-Von Seht e Wohleberg (1999) suggeriscono la seguente funzione:

$$V_s = V_0 (1 + Z)^a$$

dove V_0 è la velocità al tetto dello strato ed "a" un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc...).

Questa relazione, combinata con la precedente, consente infatti la stima dello spessore della coltre di sedimenti soffici:

$$Z = \frac{V_0 (1-a)^{1/(1-a)}}{4 f_r} - 1$$

Nei casi più complessi è possibile invertire le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale fino a considerare ottimale il modello teorico più prossimo alle curve sperimentali.

Per l'inversione delle curve si può far riferimento alle procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004) usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Lowe.

Per l'inversione delle curve si può far riferimento alle procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004) usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Lowe.

- Vantaggi della caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica HVSR

Onde consentire una resa chiara ed immediata della tecnica HVSR, di seguito vengono elencati in maniera sintetica i principali vantaggi derivanti dal confronto con altre metodologie d'indagine.

- Consente una veloce acquisizione dati in un lasso di tempo relativamente ristretto (max. 20 minuti);
- Permette di raggiungere elevate profondità d'indagine indipendentemente dalla natura dei terreni (fino 50 ÷ 70 mt. ad alta risoluzione);
- Consente di evidenziare lo spessore di alterato / fratturato della roccia;
- Non risente della eventuale presenza d'acqua (a varia concentrazione di sali) a differenza di quanto avviene con il metodo geoelettrico;
- Individua ed analizza le inversioni di velocità a differenza della sismica a rifrazione.

Si riportano inoltre i vantaggi derivanti dall'utilizzo di tomografi digitali:

- Estrema semplicità di utilizzo;
- Possibilità di equipaggiare lo strumento con GPS integrato; Elevato numero di misure registrabili nella memoria interna (circa 150);
- Sensori allocati internamente allo strumento (operatività quindi in assenza di geofoni esterni);
- La possibilità di trasferire dati tramite software specifico dall'acquisitore ad un personal computer con controllo in tempo reale delle misurazioni eseguite;
- La possibilità di svolgere in contemporanea il lavoro interpretativo con la raccolta dati, consente di velocizzare i tempi di consegna del lavoro.

Indagine sismica passiva a stazione singola – Località: RICCIONE – Viale Torino -

Inizio registrazione: 07.10.2022 ore 15:34:44 - Fine registrazione: 07.10.2022 ore 15:54:44

Durata registrazione: 0h20'00"

Analizzato 98 % tracciato (selezione manuale)

Frequenza di campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s.

Tipo di lisciamiento: Triangular window

Lisciamiento: 9 %.

Con la determinazione delle onde di taglio Vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie del sottosuolo (N.T.C. 2008- Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III):

Categorie di sottosuolo

- A- **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri;
- B- **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C- **Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 e 360 m/s;
- D- **Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti**, con profondità del substrato superiori a 30 mt. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E- **Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D**, con profondità del substrato non superiore a 30 mt.

Dall'analisi dell'indagine HVSR si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio (V_{s30}) di 331 m/s, corrispondente ad un terreno di **tipo C**:

Profondità alla base dello strato (mt.)	Spessore (mt.)	Vs (m/s)
0.30	0.30	90
8.30	8.00	160
20.50	12.20	280
44.50	24.00	330
169.50	125.00	460
Inf.	Inf.	800

RICCIONE, Viale Torino snc

Strumento: TRZ-0129/01-10

Inizio registrazione: 07/10/22 15:34:44 Fine registrazione: 07/10/22 15:54:44

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

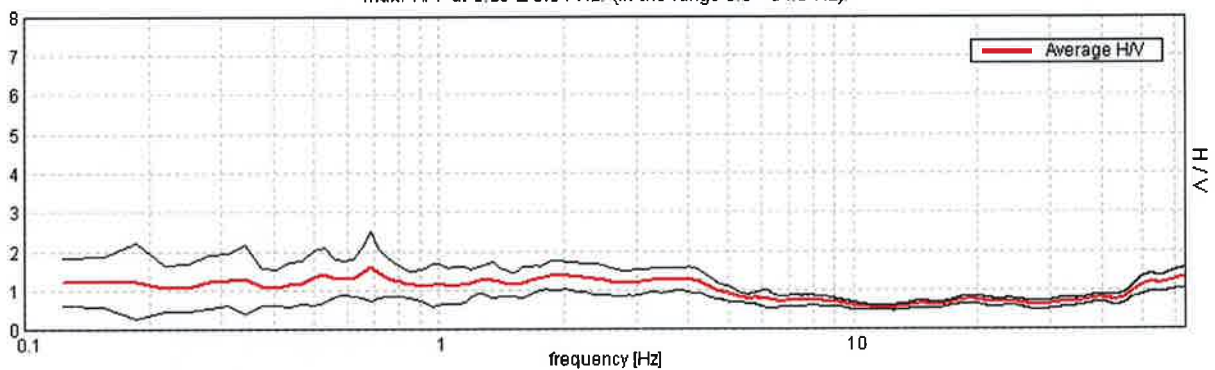
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

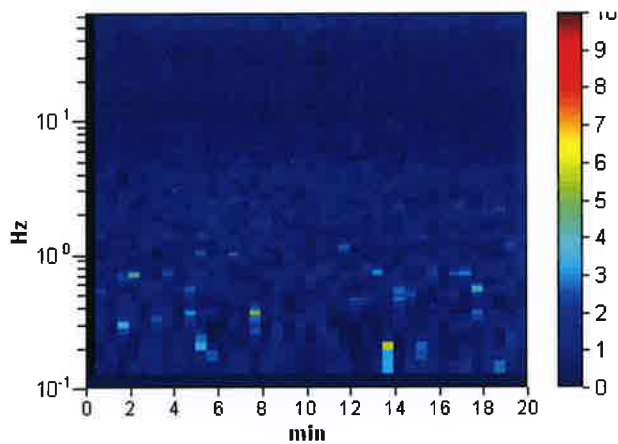
Lisciamento: 9%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

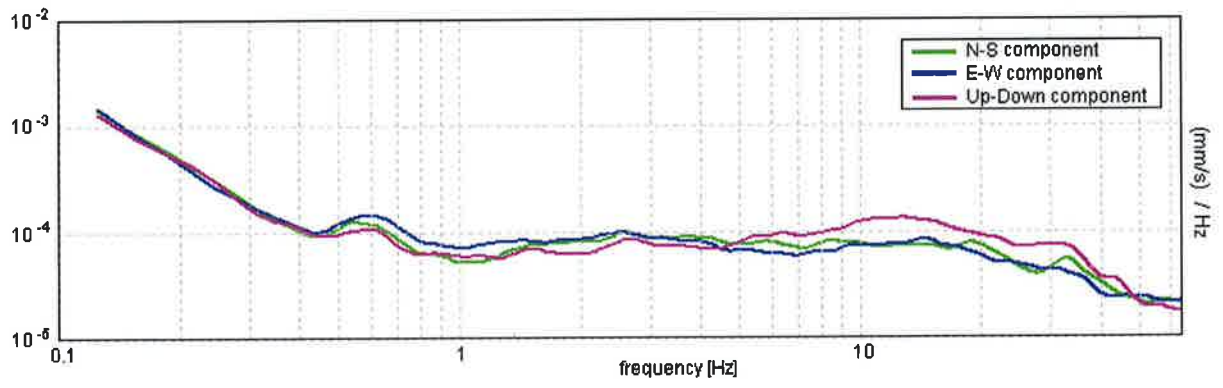
Max. H/V at 0.69 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

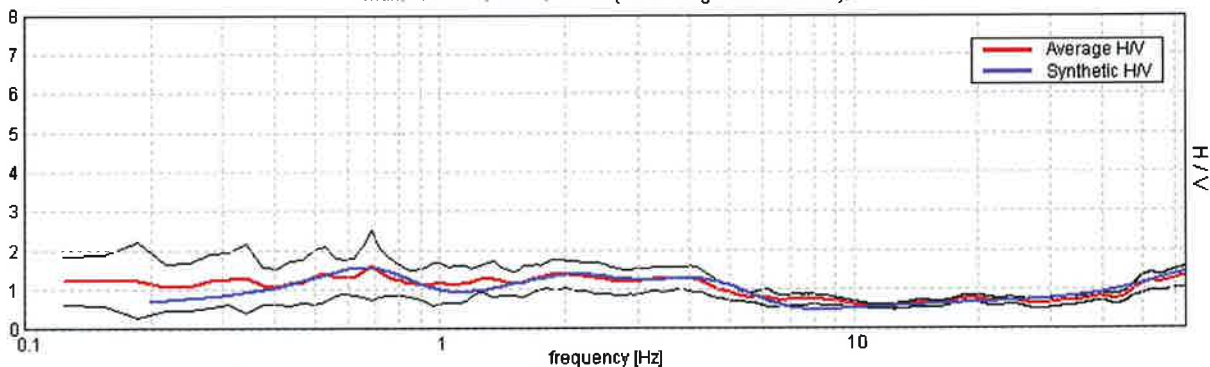


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



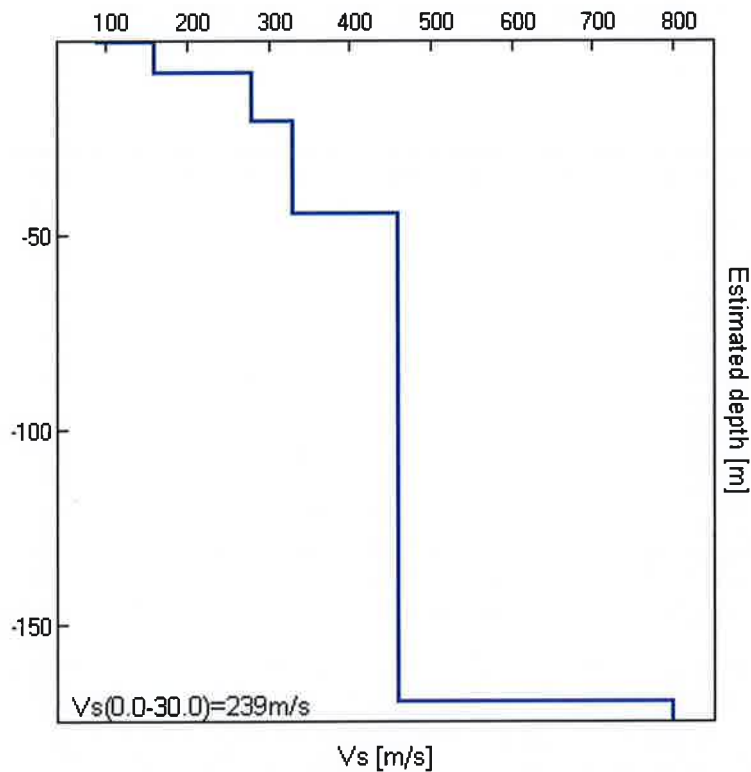
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.69 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	90	0.40
8.30	8.00	160	0.35
20.50	12.20	280	0.30
44.50	24.00	330	0.30
169.50	125.00	460	0.30
inf.	inf.	800	0.30

Vs(0.0-30.0)=239m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.69 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.69 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	804.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 34	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.62 > 2		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02561 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01761 < 0.10313	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4323 < 2.0	OK	

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

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