



Comune di Riccione



**PROVINCIA
DI RIMINI**

Studi di Microzonazione Sismica relativi al territorio comunale di Riccione (RN) III livello di analisi



Rimini, Ottobre 2019

Relazione Tecnico-Illustrativa

Collaboratori:

Dott. Geol. Fausto Capacci
Dott. Geol. Fabio Vannoni
Dott. Geol. Jenny Migliorini

Responsabile:

Dott. Geol. Alessandro Merli

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	INTRODUZIONE	3
3.	SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE	6
4.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA	9
	4.1. <i>Inquadramento tettonico regionale</i>	17
	4.2. <i>Inquadramento Geografico</i>	21
	4.3. <i>Assetto geomorfologico delle aree in studio e modello geologico di riferimento</i>	21
5.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	25
	5.1. <i>Indagini Integrative</i>	26
	5.2. <i>Andamento delle Vs nel primo sottosuolo</i>	36
6.	MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO III (Analisi di RLS e Liquefazione)	40
	6.1. <i>Analisi di Risposta Sismica Locale</i>	40
	6.1.1 <i>Modellazione numerica e codici di calcolo</i>	40
	6.1.2 <i>Moto di input</i>	40
	6.1.3 <i>Modello di sottosuolo e parametri dinamici</i>	42
	6.1.4 <i>Spettri di Risposta e Fattori di Amplificazione</i>	45
	6.2. <i>Potenziale di liquefazione</i>	57
	6.2.1 <i>Suscettibilità a liquefazione ed analisi tramite metodi semplificati</i>	57
	6.2.2 <i>Stima del potenziale di liquefazione tramite metodi CPT</i>	59
7.	AGGIORNAMENTO CARTA DELLE MOPS	66
8.	CONCLUSIONI	69

1. PREMESSA

La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

Partendo dalla L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio” e la L.R. 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, richiedono l’esecuzione di studi di microzonazione sismica per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali. Di conseguenza la Regione Emilia-Romagna con deliberazione dell’Assemblea Legislativa n.112/2007 del 02/05/07, la successiva DGR 2193/2015 ha approvato gli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. Infine a seguito della promulgazione della nuova L.R. 24/2017 “DISCIPLINA REGIONALE SULLA TUTELA E L’USO DEL TERRITORIO”, con DGR n. 630 del 29/04/2019 “ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. . N. 24/2017)” sono state aggiornate anche le linee guida per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica in Emilia Romagna.

A livello nazionale il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 ha approvato gli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” e tramite:

- Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n.532 del 12 luglio 2018 pubblicata sulla G.U. della Repubblica Italiana, n.169, del 23 luglio 2018, “Attuazione dell’articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77”, in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico (di seguito O.C.D.P.C. n.532/2018)
- Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 09 agosto 2018 Ripartizione relativa all’annualità 2016 dei contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, disciplinati dall’ordinanza del Capo del Dipartimento della protezione civile n.532 del 12 luglio 2018, adottata in attuazione dell’articolo 11, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 77”, pubblicato sulla G.U. n.224 del 26/09/2018, che ripartisce le risorse tra le Regioni.”,

ha assegnato le risorse finanziarie anche alla Regione Emilia-Romagna, per studi di microzonazione sismica. Con deliberazione della Giunta Regionale n.2047 in data 03 dicembre 2018, sono stati approvati i criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnati i contributi economici ai Comuni della Regione Emilia-Romagna risultanti in possesso dei requisiti indicati dall’OPCM n. 532/2018.

Il Comune di Riccione ha inoltrato domanda di contributo, attraverso apposita modulistica, trasmessa al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna in data 25/10/2018, Prot. n. 63990

(ricevuta con prot. Regionale PG/2018/0649519 del 25/10/2018) e con Determinazione Dirigenziale n. 106 del 08/01/2019 del medesimo Servizio R.E.R. è stato concesso il relativo contributo di cui all'O.C.D.P.C.

Nello svolgimento delle attività di studio previste dall'OCPC 532/18 per la Microzonazione Sismica di III Livello di Approfondimento si è ottemperato alle indicazioni e criteri definiti dall'All. "A2" della deliberazione della Giunta Regionale n. 2047/2018 e DGR 630/2019 nonché ai metodi della Geotecnica Sismica sia per quanto riguarda le modalità di analisi che di rappresentazione ed archiviazione informatica.

Il sottoscritto Dott. Geol. Alessandro Merli ha curato tutti gli aspetti di indagine, di elaborazione e restituzione dei dati coadiuvato dalla collaborazione del dott. Geol. Capacci Fausto.

Il Comune di Riccione è attualmente dotato di strumento urbanistico generale del PSC (Piano Strutturale Comunale) approvato in data antecedente al citato atto di coordinamento tecnico regionale (D.A.L. n. 112/07) e dal 2014, a supporto degli strumenti di programmazione/pianificazione e per gli aspetti di riduzione del rischio sismico, è stato condotto uno di MS di I e II° Livello studio con approfondimento di analisi della Condizione Limite d'Emergenza (CLE). Tale Studio preliminare di I e II Livello ha individuato le zone a maggior criticità per quanto concerne gli aspetti di potenziale liquefacibilità delle sabbie costiere, sulla base delle quali è stato incentrato il presente studio di approfondimento. Lo studio di microzonazione sismica di III° livello di approfondimento è stato realizzato in ottemperanza a:

- *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*, Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, 2008;
- Linee Guida AGI *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica"*, Pàtron Editore, 2005;
- D.G.R. 630/2019 della Regione Emilia-Romagna che ha approvato il seguente documento: *"ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)"*;
- D.G.R. 2047/2018 della Regione Emilia-Romagna che ha approvato il seguente documento: *"O.C.D.P.C. 12 LUGLIO 2018, N. 532 - ANNUALITÀ 2016 – ATTUAZIONE DELL'ART.2, COMMA 1, LETT. A), B). APPROVAZIONE DEI CRITERI, DELLE LINEE GUIDA E DELLE INDICAZIONI TECNICHE E PROCEDURALI PER LA PRESENTAZIONE DEI PROGETTI, L'ATTRIBUZIONE, LA CONCESSIONE E LA LIQUIDAZIONE DEI CONTRIBUTI PER LA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO IN EDIFICI PUBBLICI STRATEGICI E RILEVANTI E PER STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA."*;
- Microzonazione Sismica - Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica – versione 4.0b – ottobre 2013, redatto dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica nominata con DPCM 21 aprile 2011.

2. INTRODUZIONE

A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, ad accrescere localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala intra-comunale. Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica (IS : prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta IS , per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. L'identificazione delle aree soggette ad amplificazione sismica è dunque di fondamentale importanza per la pianificazione e lo sviluppo urbanistico comunale. Uno studio di questo genere prende il nome di Microzonazione Sismica ed ha lo scopo di individuare porzioni del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La messa a punto di una procedura condivisa per lo studio di questi fenomeni è stata recentemente oggetto di un intenso lavoro di coordinamento e sintesi delle conoscenze finora disponibili da parte della Conferenza delle Regioni che, con il coordinamento del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ha messo all'opera una grande quantità di tecnici ed esperti per la messa a punto, nel 2009, degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** (Fig. 2.1).

Le prime esperienze regionali sulla microzonazione dopo vari eventi sismici e alcune normative regionali su tale ambito hanno rappresentato le condizioni preliminari per creare delle basi comuni e condivise, recependo quanto è stato elaborato e sperimentato a livello scientifico e sviluppando le istanze espresse in vario modo dalle Regioni e dalle amministrazioni.

Il gruppo di lavoro, coadiuvato anche dalle osservazioni da parte di soggetti esterni (Consiglio nazionale dei Geologi, Consiglio nazionale degli Ingegneri, Associazione Geotecnica Italiana, ecc..), nel corso della sua attività ha evidenziato che la sperimentazione e l'applicazione degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** rientra a pieno titolo nei programmi nazionali di previsione e prevenzione previsti dall'articolo 4 della legge n°225 del 24 Febbraio 1992.



Figura 2.1: Copertina dell'elaborato "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

Questo testo, che rappresenta un punto di riferimento per tutte le attività di microzonazione sismica ad opera degli Enti territoriali, definisce una serie di protocolli e tecniche di indagine del sottosuolo applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

In funzione dei diversi contesti, dei diversi obiettivi e delle disponibilità economiche le linee guida (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica) prevedono 3 differenti livelli di approfondimento, con complessità, impegno e costi crescenti.

Livello 1: è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste nella messa a punto di un quadro conoscitivo generale in base a dati preesistenti ed indagini a basso costo realizzate ex-novo. L'obiettivo è l'individuazione in pianta di una serie di settori definiti "microzone" all'interno dei quali è possibile ipotizzare un comportamento sismico dei terreni omogeneo.

Livello 2: introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee definite nel livello 1. A ciascuna microzona viene associato un fattore di amplificazione (FA) computato attraverso appositi abachi realizzati "ad hoc" per tutto il territorio regionale in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche.

Livello 3: restituisce una carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati e i prodotti informatici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica al III livello di analisi, del Comune di Riccione (RN). In Tabella 2.1 è riportata una sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici in allegato alla relazione:

Titolo Elaborato	Scala	N° tavole
Carta delle Indagini	1:10.000	1
Carta Geologico Tecnica A e B	1:5.000	2
Carta delle Sezioni Litotecniche di Superficie	1:2500/1:250	1
Carta delle MOPS	1:10.000	1
Carta isopotenziali di liquefazione	1:1.000	1
Carta delle MOPS	1:10.000	1
Carte di Microzonazione sismica	1:10.000	13

Nonostante le specifiche regionali redatte dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna prevedano di limitare tali studi alle zone urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale, il notevole quantitativo di informazioni pregresse omogeneamente distribuite sul territorio e l'agevole assetto geolitologico dei terreni affioranti ha permesso di caratterizzare integralmente, da un punto di vista sismico, il territorio comunale di Riccione.

3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE

Per la definizione della sismicità storica di Riccione è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2015). La Tabella 3.1 riporta per ogni evento sismico risentito: data, area epicentrale, intensità epicentrale I_0 (valori in scala MCS), magnitudo momento M_w (stimata da correlazioni empiriche o misurata) e intensità al sito I_s (MCS).

Tabella 3.1 – Storia sismica di Riccione (estratta dal DBMI15).

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	I_0	M_w
7	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66
F	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26
7	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
6-7	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4.82
8	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5.82
F	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5.48
5	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
NF	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4.42
NF	1969 01 10 16 17 32.00	Pianura Ravennate	22	5	4.38
NF	1969 08 09 09 20 57.00	Appennino tosco-romagnolo	33	5	4.2
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4.43
3	1987 07 05 13 12 37.46	Montefeltro	90	6	4.44
4-5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
2-3	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
NF	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18
3	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29
3	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4.21

*N.F (not felt-non avvertito)

*F. (felt-avvertito)

Dal catalogo sono stati estratti 21 terremoti e l'esame della storia sismica indica che il massimo risentimento nell'area di Riccione ($VI \leq I_s \leq VIII$ MCS) è stato raggiunto in occasione dei terremoti dell'Alto Adriatico del 1916 ($M_w = 5.82$) e del terremoto del Riminese del 1786 ($M_w = 5.66$) (Figura 3.1 – Tabella 3.1).

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
 Relazione Tecnico Illustrativa

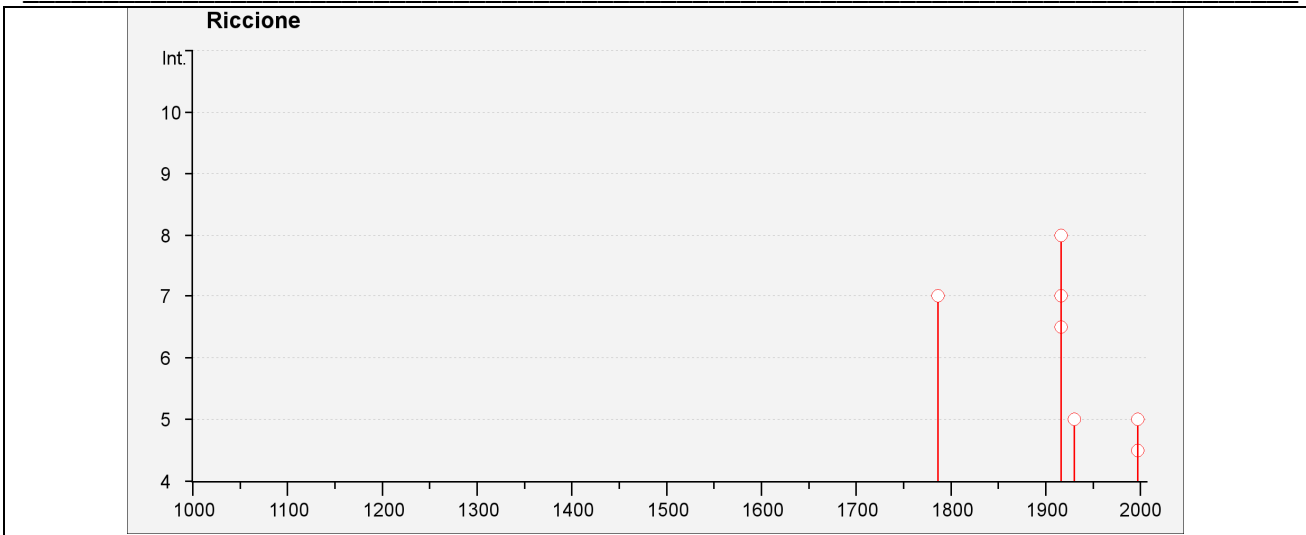
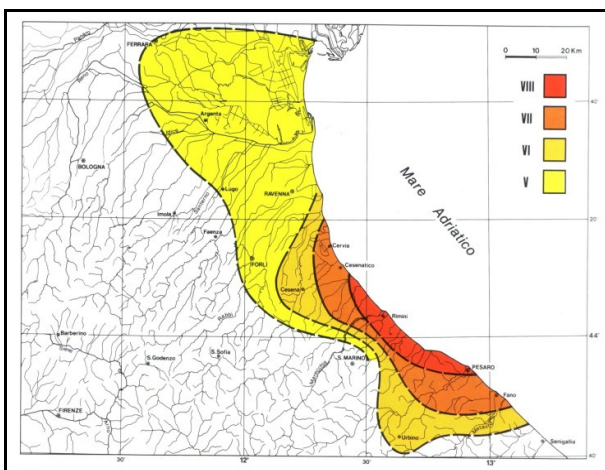
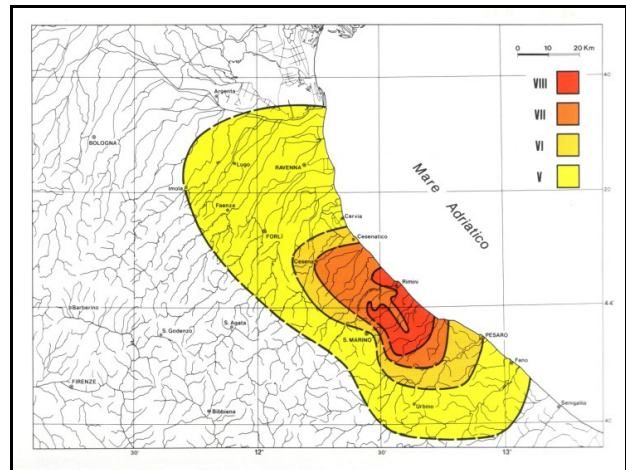


Figura 3.1– Storia sismica di Riccione (estratta dal DBMI15).

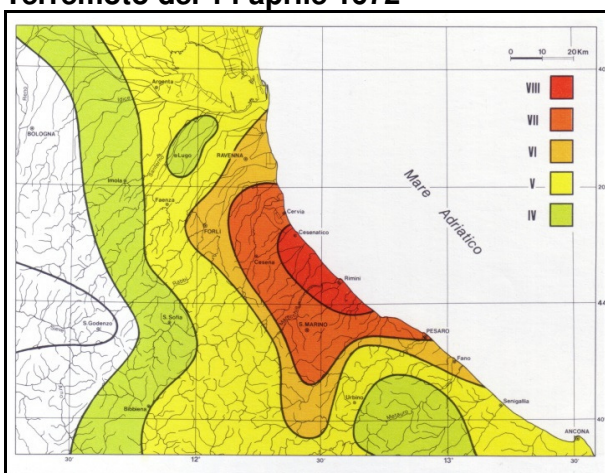
In Figura 3.2 è invece possibile osservare il risentimento desunto in base agli effetti macrosismici sul territorio romagnolo in conseguenza dei maggiori terremoti storici occorsi nell'alto adriatico.



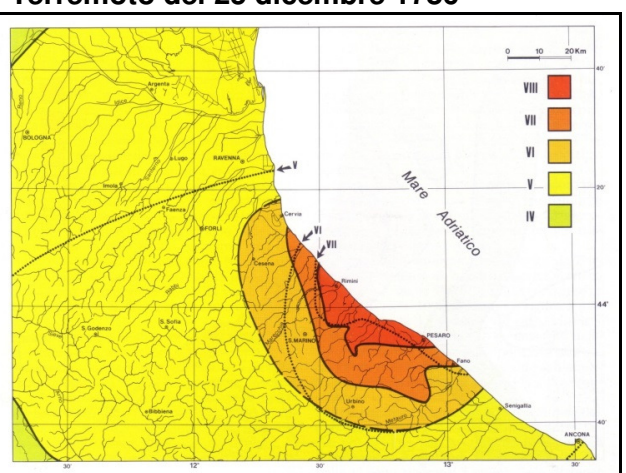
Terremoto del 14 aprile 1672



Terremoto del 25 dicembre 1786



Terremoto del 17 marzo 1875



Terremoto del 17 maggio – 16 agosto 1916

Figura 3.2 - Carte delle isosisme in cui le aree colorate dal rosso al verde corrispondono a parti di territorio colpite da effetti di severità decrescente. (DISS3/INGV).

Sulla scorta di tali cataloghi nonché di più approfondite informazioni storico-scientifiche e di studi su modelli geodinamici e crostali l'INGV ha sviluppato un database delle sorgenti sismogenetiche attive denominato DISS3, contenente potenziali fonti per i terremoti più grandi di 5,5 M in Italia e nelle aree circostanti. In particolare l'area d'intervento, risulta direttamente interessata dalla sorgente sismogenetica composita ITCS039 (denominata "Riminese On-Shore", Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006), molto prossima alla ITCS030, posizionata nello specchio marino frontostante, così come censite e caratterizzate nel database INGV_DISS 3.2.1, di cui di seguito si riporta uno stralcio georeferenziato ed ingrandito (figura 3.3), unitamente agli stralci di due sezioni sismiche profonde rispettivamente rappresentative delle sorgenti ITCS039 (figura 3.4) e ITCS030 (figura 3.5), caratterizzanti l'attività sismica dell'area:

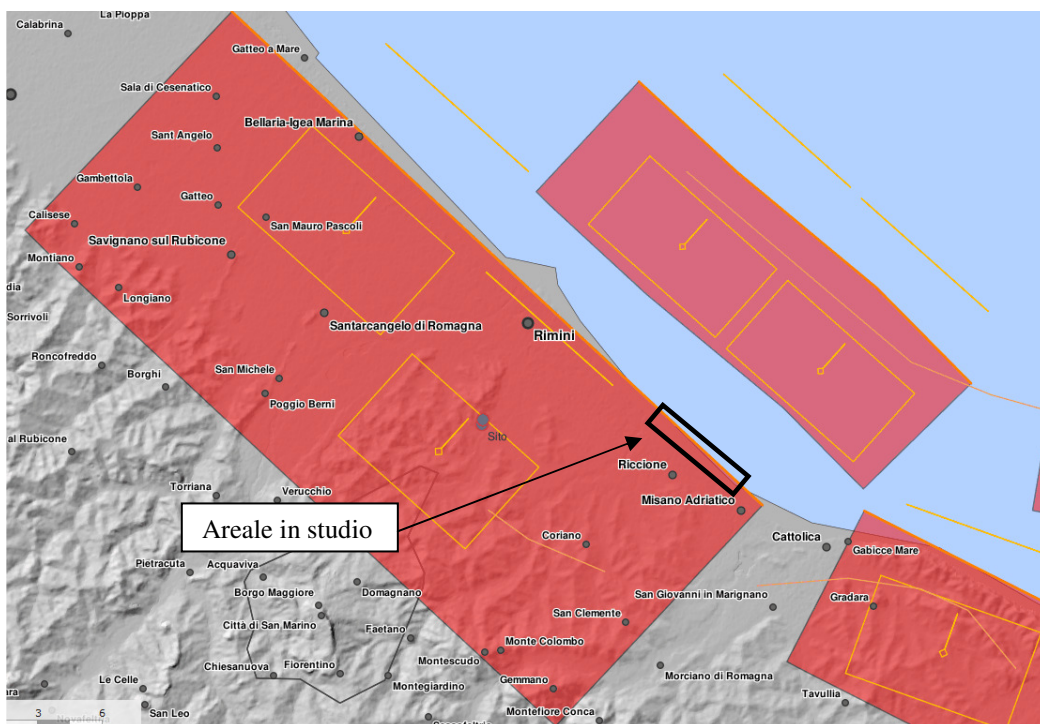


Figura 3.3– Storia sismica di Riccione (estratta dal DBMI15).

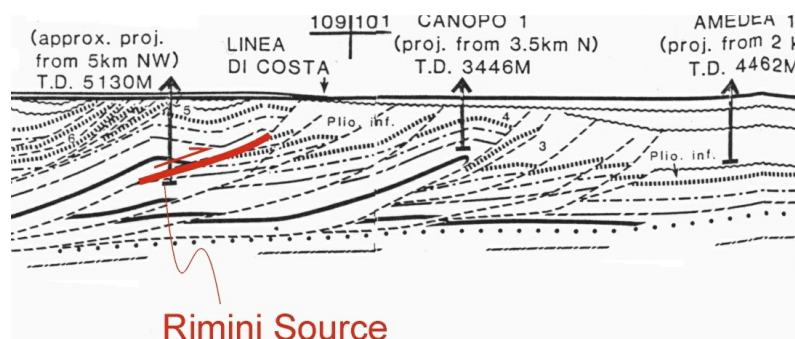


Figura 3.4 – Sorgente sismogenetica ITC039 - Riminese "on-shore" proiettata su Sezione Amedea-M.te.Amiata di Bally et al. [1986]. Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006

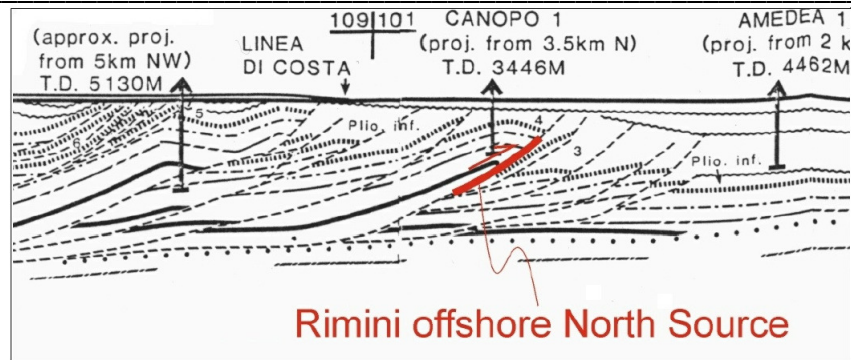
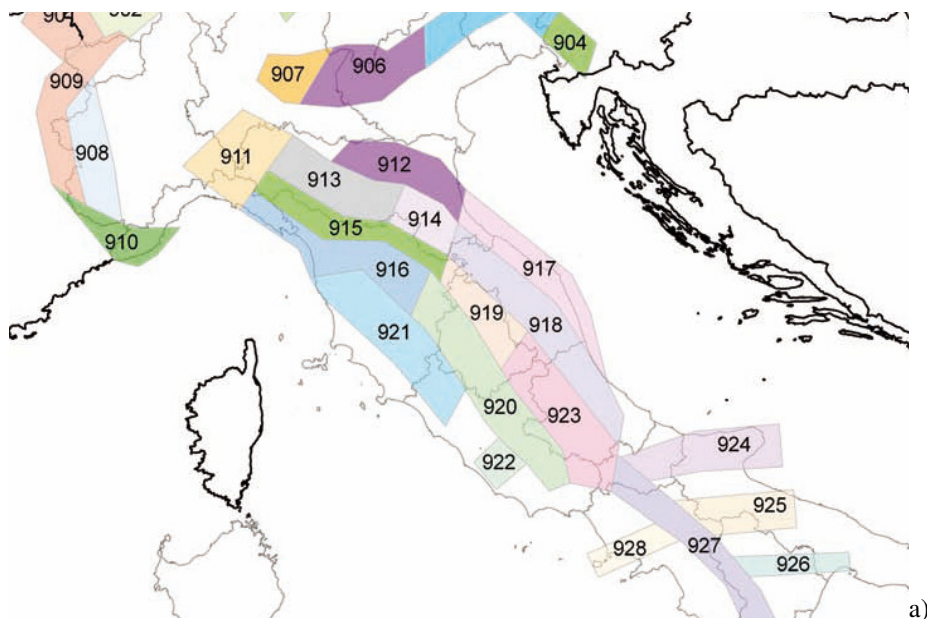


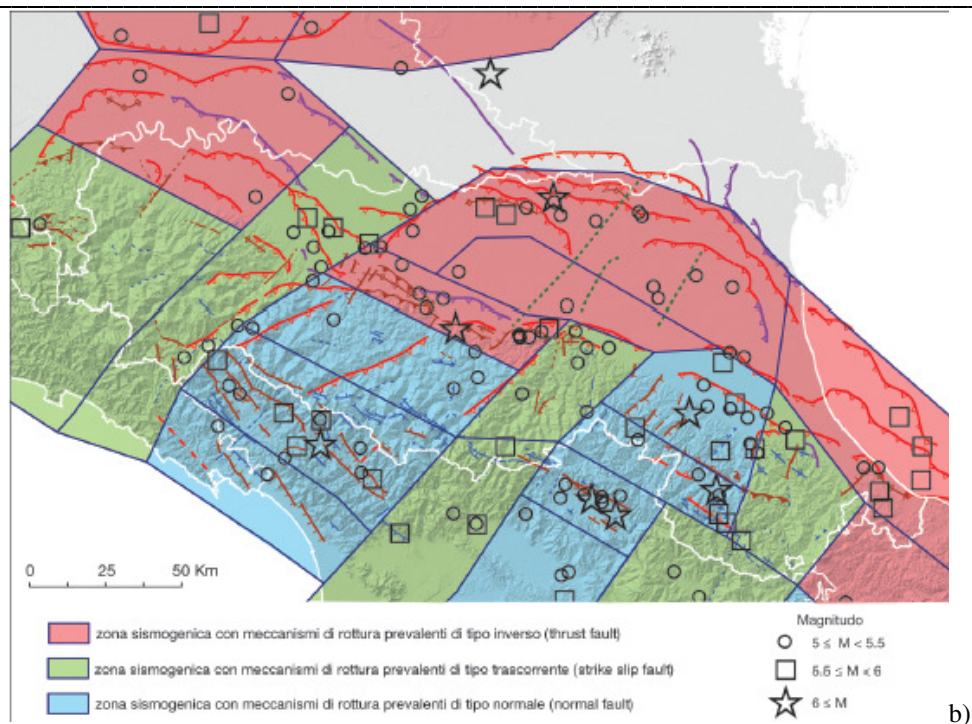
Figura 3.5 – Sorgente sismogenetica ITC030 - Riminese “off-shore” proiettata su Sezione Amedea-M.te.Amiata di Bally et al. [1986]. Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006

Il territorio comunale inoltre risulta prossimo e significativamente influenzabile anche dalle vicine sorgenti sismogenetiche ITIS036 (Val Marecchia), ITIS032 (Pesaro san Bartolo), ITCS032 (Pesaro-Senigallia) e ITCS043 (Pesaro-Senigallia offshore).

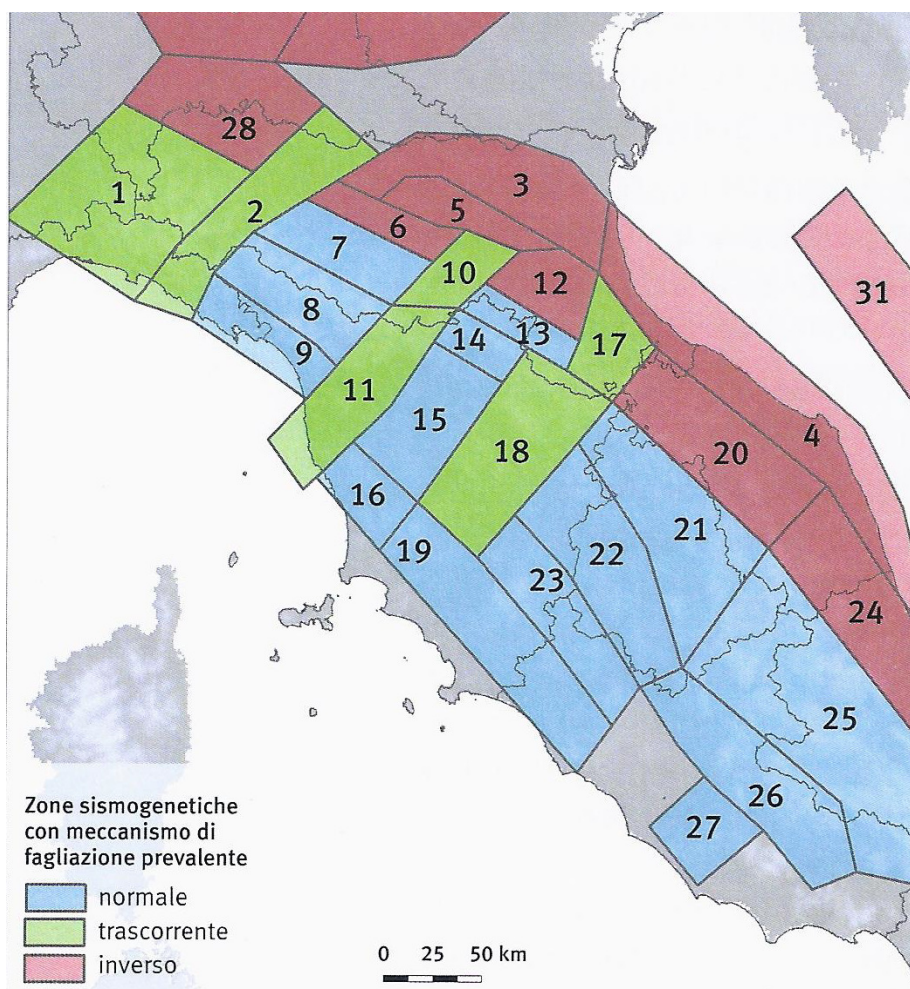
Per la definizione del valore di magnitudo di riferimento M_w (magnitudo momento), oltre ai valori desumibili dagli effetti macrosismici e/o strumentali degli eventi storici (database CPTI15-DBMI15) e dalle informazioni del DISS3, è opportuno valutare altresì la zonazione ZS9 definita dal Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica dell'INGV, in cui oltre agli aspetti statistici vengono valutati anche gli aspetti sismologici e geologici. Tale zonazione adotta un approccio probabilistico alla Cornell e, secondo tale assunto, si devono considerare tutte le ipotesi semplificative che sono alla base della zonazione stessa, in particolare l'assunto per cui i terremoti di magnitudo medio-alta possano verificarsi con la stessa probabilità in un punto qualsiasi di una zona.

Nell'ambito di tale mappatura l'area in studio risulta inserita all'interno della zona sismogenetica n. 917 (Rimini - Ancona; vedi stralcio in figura 3.6a sottostante).





b)



c)

Figura 3.6 - Stralcio cartografia zonazione ZS9 INGV (a) e zonazione carta sismotettonica 2016 Emilia Romagna (b-c).

Sia nel Rapporto Conclusivo (2004) che in Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica (anno 2008 a cura del Dipartimento per la Protezione civile) per la Zona 917 si raccomanda l'adozione del valore di $M_{wmax2} = 6.14$.

Tali valori risultano sostanzialmente in linea con la recente carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna – Edizione 2016, di cui in figura 3.6b e 3.6c se ne riporta uno stralcio illustrativo. In quest'ultima zonazione proposta dalla regione l'area in studio ricade pienamente nella **Zona 4**, per la quale i meccanismi focali associabili alle principali faglie attive risultano prevalentemente di tipo inverso, con una orientazione caratteristica SW/30 (direzione di immersione) e profondità ipocentrali comprese fra 5-15 km; la magnitudo massima ivi osservata storicamente risulta pari a $M_w=6.1$, mentre quella massima calcolata per scenari futuri, sulla base dei modelli di analisi adottati, porta a valori pari a $M_{wmax} = 6.16 \pm 0.21$.

Diversamente il metodo di “disaggregazione” condotto da INGV (Spallarossa e Barani; 2007) fornisce risultati ottenuti attraverso l'opera di disaggregazione della pericolosità sismica (Bazzurro e Cornell; 1999) ovvero un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. Tale metodo si pone come obiettivo quello di consentire in qualunque sito la stima di una coppia di riferimento magnitudo – distanza (nel seguito M-R) e pertanto riporta una mappatura del territorio nazionale con valori di magnitudo che possono essere utilizzati per verificare le condizioni di stabilità di versante o di liquefazione per opere alle quali è associato un periodo di riferimento (RP) non superiore a quello per il quale la mappa è stata dedotta (vedi “Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica”, 2008 a cura del Dipartimento per la Protezione civile).

Dai dati dell'analisi di disaggregazione il valore di magnitudo momento adottabile nel calcolo, al pari di quello della accelerazione, per opere ordinarie (progetti di basso-medio rischio e $V_n=50$ anni) con tempi max di ritorno di 475 anni e percentuale di superamento pari al 10%, potrebbe essere compatibile con $M_w = 5.5$ se definito dalle Fig. 2.8.1 pag. 113 e 2.8.3 pag. 115 delle ICMS (metodo eventualmente utilizzabile solo per $TR \leq 475$ anni come da indicazioni ICMS).

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, 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.

Dal diagramma di disaggregazione in Figura 3.7 (T_r 475 anni) si osserva inoltre come i maggiori contributi alla pericolosità dell'area siano legati al sistema di faglie costiere adriatiche (inshore e offshore) entro i 20 Km di distanza. In maniera minore intervengono i grandi sistemi appenninici conosciuti in letteratura come Etrurian Fault System (EFS) e Umbria Fault System.

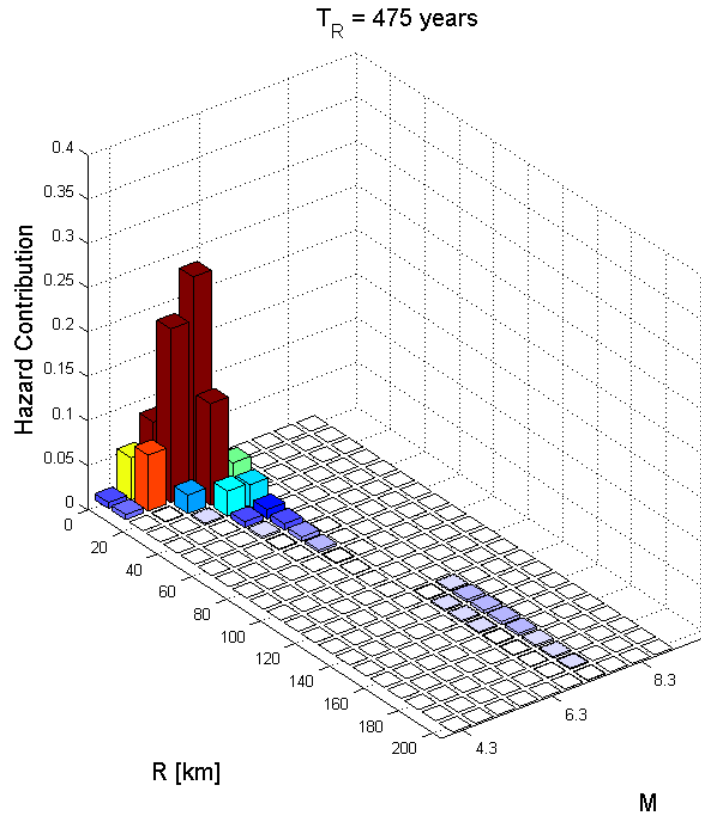


Figura 3.7–Diagramma di disaggregazione riferito all’area di Riccione.

Pertanto in relazione alle finalità e tipologia di studio, considerati i cataloghi storici e le relative incertezze, gli studi dell’INGV, la zonazione ZS9 e le indicazioni I.C.M.S., nonché la recente Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, si ritiene adeguata una **magnitudo momento massima di riferimento pari a $M_w=6.16$** .

Per completare l’inquadramento sismico dell’area, in accordo con quanto descritto nell’Allegato A3 e A4 alla DGR 630/2019 della Regione Emilia-Romagna, per ciascuna zona di analisi della risposta sismica di sito (RSL) è stato, infine, definito lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico in accelerazione atteso al *suolo rigido* per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) ed una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

In particolare gli spettri elastici di risposta e la scalatura dei segnali sismici di riferimento (al fine di ottenerne la necessaria spettrocompatibilità) si basa sui valori di pericolosità sismica elaborati da INGV per il territorio nazionale resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema “Sismica Microzonazione Sismica” (vedi figura 3.8); così il valore di “*arefg*” (accelerazione sismica orizzontale al suolo rigido) relativo a ciascun sito analizzato si ottiene utilizzando i valori di *arefg* definiti nei punti della griglia più prossimi al sito oppure tramite interpolazione dei valori secondo una media pesata dei valori relativi ai 4 nodi limitrofi.

Quindi il moto sismico (periodo di ritorno 475 anni) in termini di accelerogrammi relativi al sito analizzato è ottenuto moltiplicando le accelerazioni normalizzate dei segnali di riferimento per il valore di ancoraggio “arefg”, ottenuto utilizzando il valore pesato derivato dall’interpolazione dei punti della griglia vicini a ciascuna zona. In particolare, data l’estensione del comparto urbanistico in studio, tramite lo specifico foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 (realizzato sulla base del progetto INGV S1 e fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici a seguito dell’entrata in vigore delle NTC 2008) si è verificata la possibile variazione di accelerazione al suolo rigido attesa lungo tutta l’area.



Figura 3.8 – Nodi griglia INGV-Progetto S1 di riferimento per il territorio comunale (raffigurati con cerchiatura rossa)

Da tale disamina si evince che, muovendosi nell’ambito del territorio, il valore arrotondato di arefg può variare localmente da arefg = 0.183 (ag/g) a arefg = 0.184 (ag/g).

Pertanto, ai sensi della DGR 630/2019, lo spettro di risposta di riferimento a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso (periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento pari al 5%) per ciascun punto del territorio viene modulato attraverso lo spettro normalizzato di riferimento (figura 3.9) moltiplicando i valori della tabella 3.2 per il valore di arefg ottenuto precedentemente.

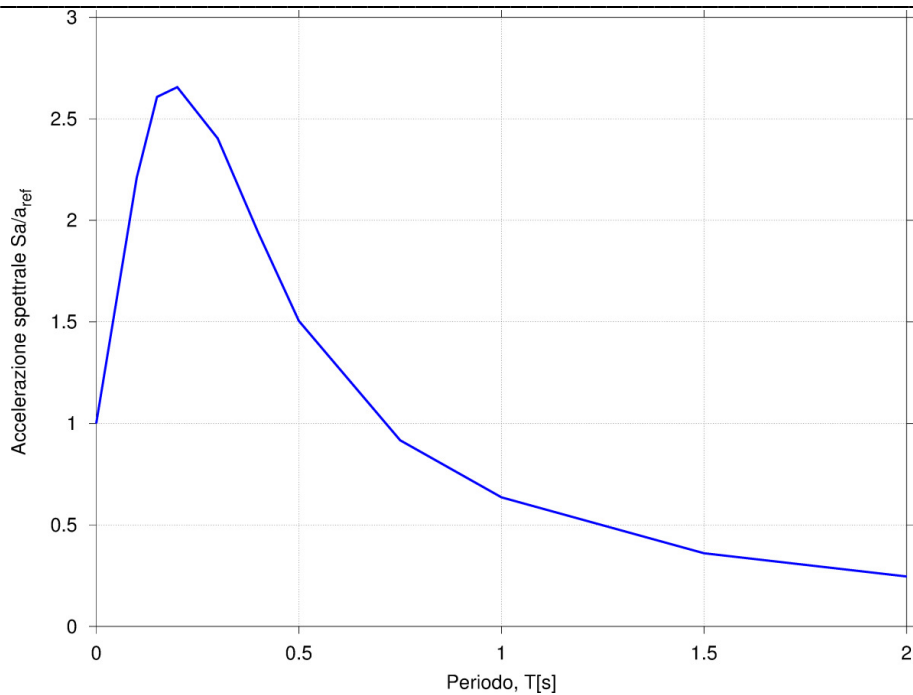


Figura 3.9 – Spettro di risposta normalizzato (Periodo di ritorno: 475 anni, smorzamento: 5%) per l’Emilia-Romagna

T(s)	Sa/aref
0	1
0.1	2.21
0.15	2.608
0.2	2.6562
0.3	2.4033
0.4	1.9394
0.5	1.505
0.75	0.9172
1	0.6359
1.5	0.3608
2	0.2462

Tabella 3.2 - Valori che definiscono lo spettro normalizzato previsto per l’Emilia-Romagna (si veda anche figura3.9)

Gli Accelerogrammi Naturali indicati dalla R.E.R. per le analisi di RSL di III Livello sono estratti dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motion database”, con caratteristiche energetiche e di scuotimento (durata, contenuto in frequenza, ecc.) diverse tra loro, in modo da poter investigare, quanto più possibile, il comportamento del sottosuolo e la sua suscettibilità ai fenomeni amplificativi/dissipativi quando sottoposto ad azioni sismiche differenti.

I 3 segnali di riferimento all’interno della banca dati accelerometrica vengono identificati attraverso i seguenti codici:

1. 000046xa
2. 000126xa
3. 000354xa

*Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa*

Tali segnali sismici, ciascuno scalato all'accelerazione di ancoraggio arefg prevista al bedrock attraverso l'interpolazione per l'area di riferimento, risultano quindi complessivamente spettrocompatibili con lo spettro elastico di riferimento regionale, rappresentativo della pericolosità sismica di base attesa al sito ai sensi della DGR 630/2019.

Inoltre ai fini della ricostruzione del quadro di pericolosità sismica dell'area ci si avvale del database ITHACA creato per la raccolta e consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie attive che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci (vedi figura 3.10) è uno strumento fondamentale sia per analisi di pericolosità ambientale / sismica che per la pianificazione territoriale.

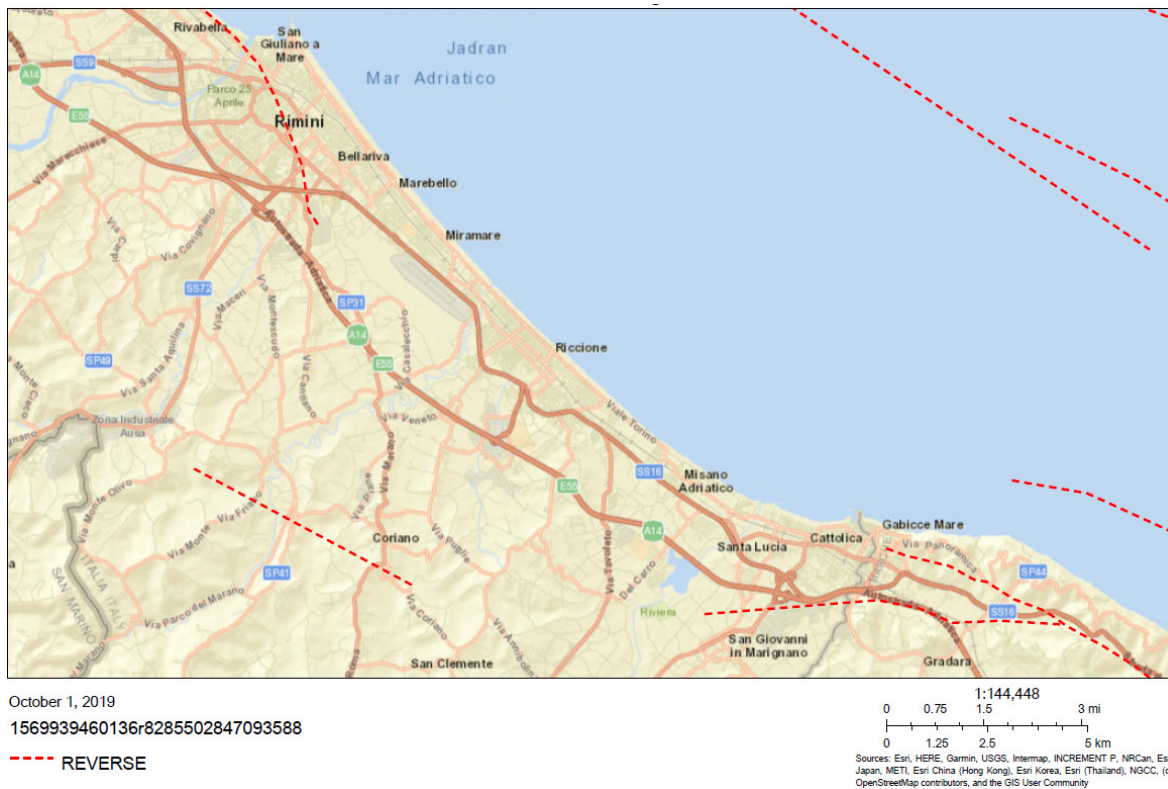


Figura 3.10 – Stralcio WebGIS database Ithaca – FAGLIE CAPACI - ISPRA Servizio Geologico d'Italia

Da tale database è possibile rilevare come, nell'ambito delle aree in studio o in zone limitrofe, non vengano identificate strutture tettoniche attive che possano comportare effetti di superficie.

Per quanto riguarda invece la Geologia di sottosuolo la Carta Geologica Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo alla scala 1:250.000 (vedi figura 3.11) segnala la presenza di un sovrascorrimento post – tortoniano in prossimità del tratto meridionale dell'area in studio. Tali thrust tuttavia risultano collocati ad alcune migliaia di metri di profondità, dando luogo a strutture per definizione “cieche”.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN) Relazione Tecnico Illustrativa

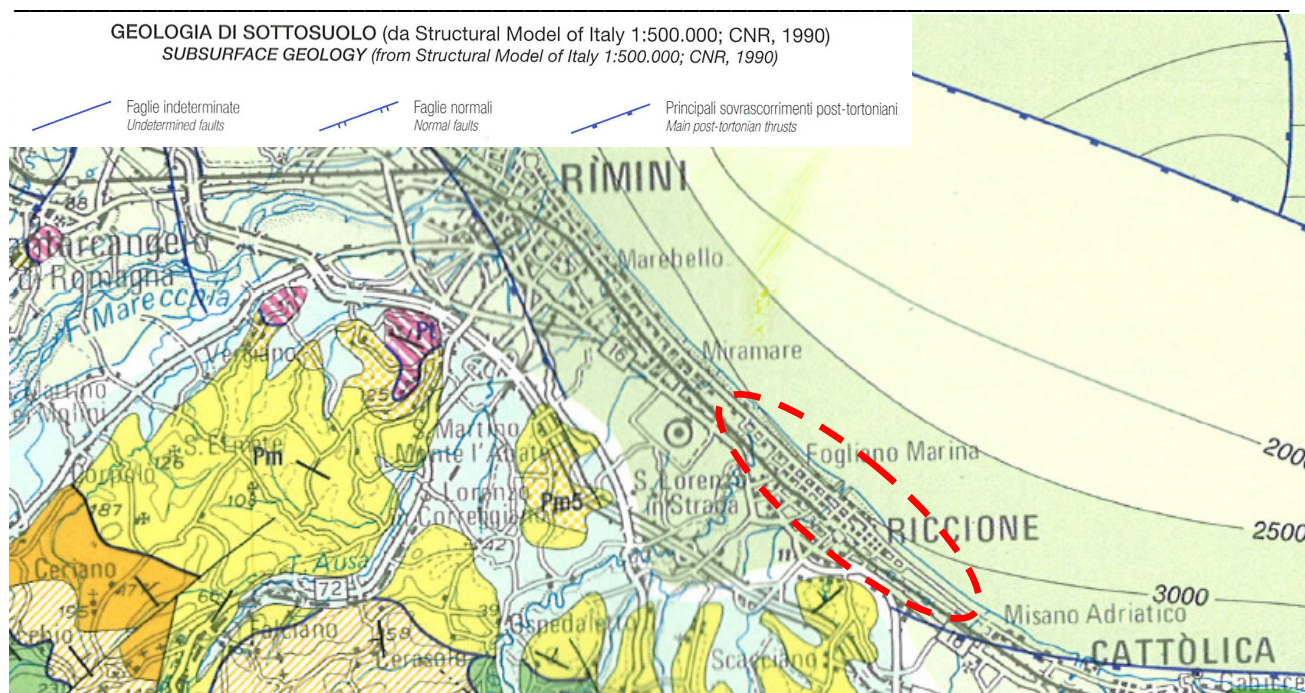


Figura 3.11 – Stralcio Carta Geologica Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo alla scala 1:250.000

Le stesse strutture tettoniche sepolte e profonde vengono individuate nella nuova Carta Sismotettonica 2016 RER di cui in figura 3.12 se ne riporta uno stralcio.

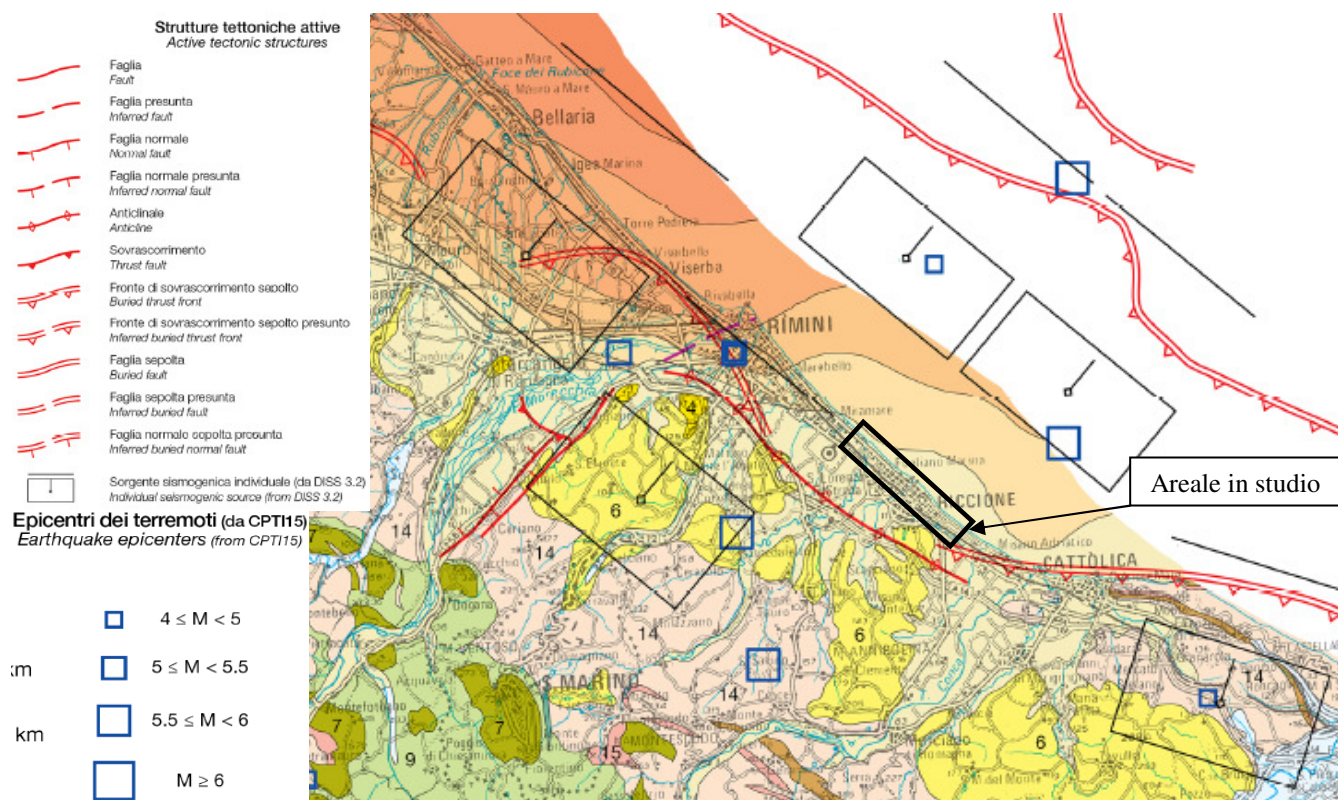


Figura 3.12 – Stralcio nuova Carta Sismotettonica 2016 RER

Pertanto sulla base di questi dati si può affermare che nell'area oggetto di pianificazione, allo stato della conoscenza scientifica attuale, non si rinviene la presenza certa di faglie attive e capaci, legate all'orogenesi appenninica, di una certa rilevanza che possano essere segnalate negli studi di Microzonazione Sismica, come previsto negli I.C.M.S. (gruppo di lavoro MS 2008), nella versione 1.0 a titolo "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci FAC".

In conseguenza di ciò anche in questo caso si può affermare che nel territorio oggetto di studio non vi sono situazioni accertate riconducibili a "zone di faglia attiva e capace" in grado di condizionare in maniera consistente la pericolosità sismica locale soprattutto in termini di deformazioni/fagliazioni superficiali. Allo stesso modo sono da escludere effetti differenziali quali zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse e zone con cavità sepolte.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

4.1 Inquadramento tettonico regionale

L'appennino romagnolo è sinteticamente costituito da una catena principale e da una fascia marginale. La catena principale presenta uno stile tettonico ad ampie strutture (pieghe fagliate, accavallamenti, ecc) con dominante orientamento appenninico: la successione è continua dal Langhiano al Messiniano per oltre 3.000 mt di spessore e cioè dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola con passaggio da una sedimentazione torbiditica ad una di ambiente lagunare a sedimentazione chimica e meccanica.

Di seguito si riporta uno schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004) e una sezione trasversale regionale (Fantoni e Franciosi, 2009) della bassa Romagna (Figure 4.1 e 4.2)

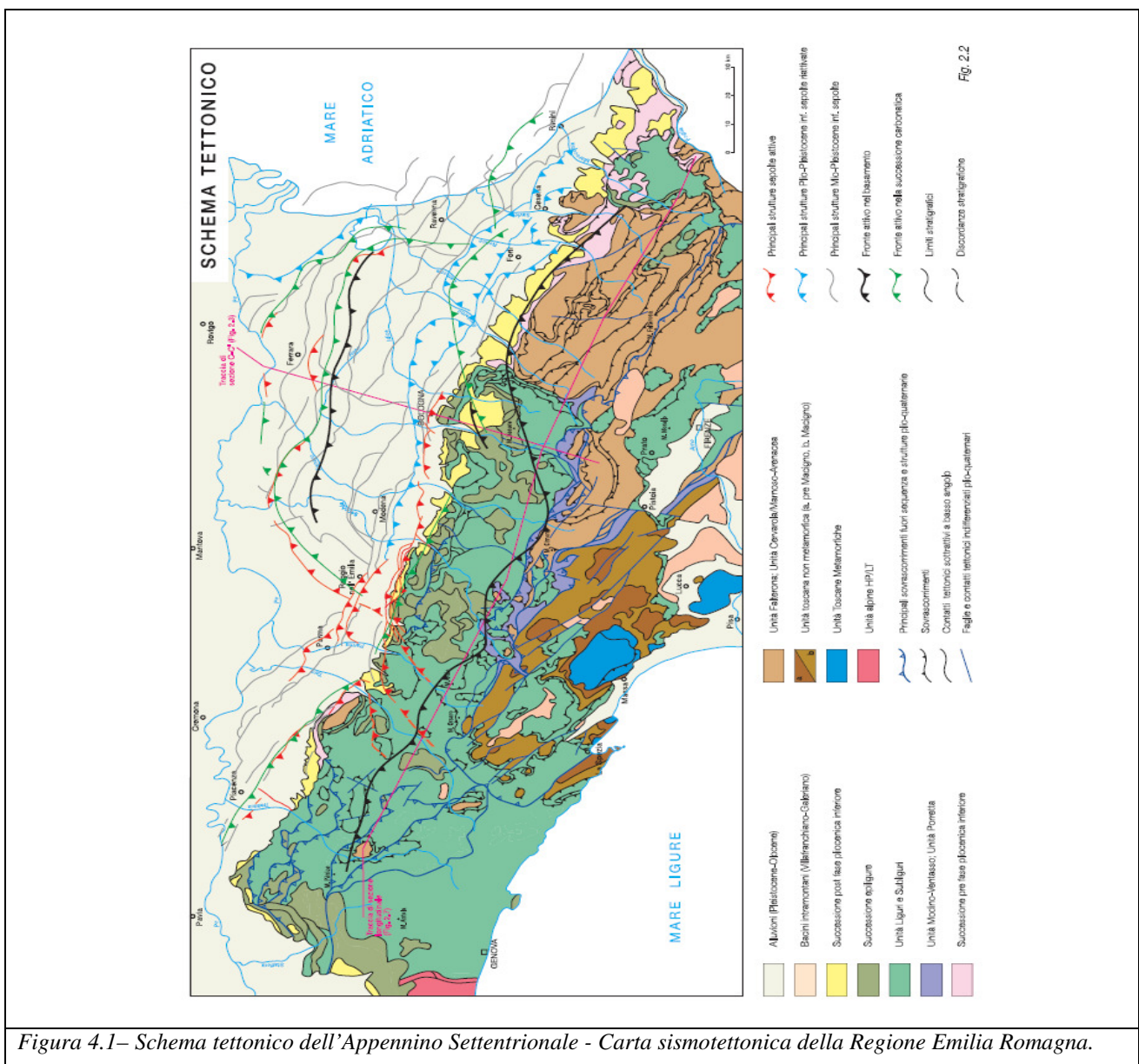
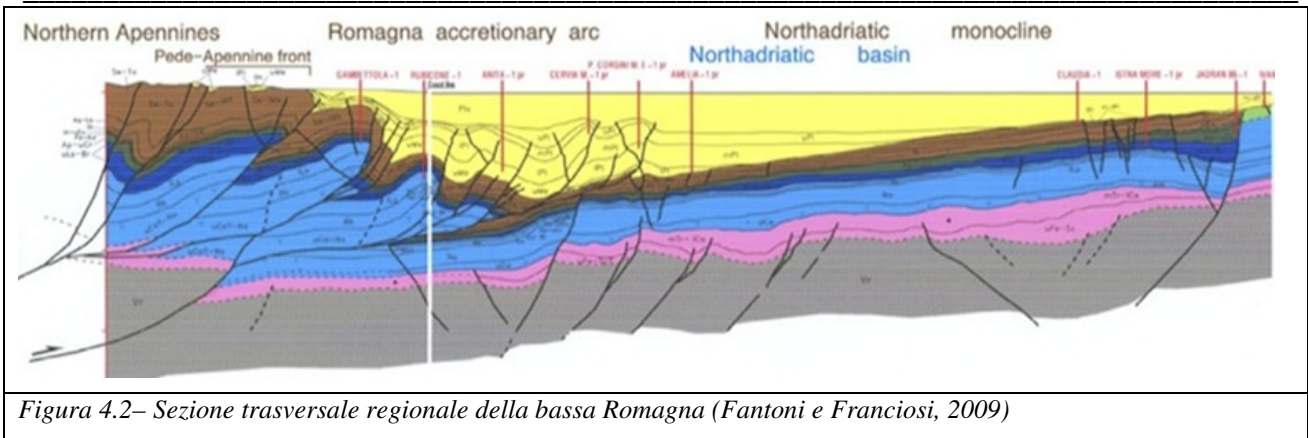


Figura 4.1– Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna.



L'area costiera risulta delimitata a SO da due megacolate gravitative della Coltre della Val Marecchia: la prima della fine del Tortoniano presenta numerosi ed ingenti esotici derivanti dai complessi "tosco-emiliani"; la seconda, originatasi per smembramento della prima dopo il sollevamento del paleoappennino interno nel pliocene inferiore, segue la regressione deposizionale (depositi marini per lo più di fase regressiva in Val Marecchia dello spessore anche di 1.700 mt) della successione pliocenica deposta sull'alloctono. Ad essa succedono le ultime spinte e faglie ad orientamento appenninico trasversale che hanno variamente dislocato i contatti della colata sia con il paleoautoctono che con il mesoautoctono e neoautoctono. Segue il ciclo pliocenico medio - superiore marino anch'esso con fase regressiva dominante e spessori anch'essi notevoli. Si succede poi un successivo ciclo pleistocenico inferiore marino sul cui tetto poggiano i depositi continentali-litorali del ciclo pleistocenico inferiore medio.

Gli eventi orogenetici che hanno portato alla successione stratigrafica attuale sono riconducibili alle spinte tettoniche, avvenute secondo direzione SW-NE, di origine appenninica e che hanno determinato, verso la fine del Miocene l'innalzamento dei depositi pliocenici. La linea di costa era collocata abbastanza vicino al limite di spartiacque che corrispondeva alla linea di cerniera tra aree in sollevamento e aree subsidenti. Tale linea era interrotta da faglie trasversali ad andamento antiappenninico (oggi ancora sismicamente attive) su cui si sono impostati gli assi di erosione fluviale di cui si segnala, per il territorio comunale, quello del Torrente Marano. Pertanto appare evidente come il bordo appenninico esterno e l'attuale fascia costiera siano il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che ha regolato e regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

Secondo le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico entro la quale si è verificato un consistente accumulo di depositi soprattutto neogenici. La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche". In base alla ricostruzione bilanciata delle sezioni suddette attraverso la Pianura Padana si sono

messi in rilievo i caratteri geometrici delle deformazioni, i principali livelli di scollamento alla base della successione mesozoica e i raccordi delle coperture. L'analisi del fronte sepolto ha rivelato un assetto tettonico ad accavallamenti arcuati e non lineari dovuta alla differente rigidità della crosta continentale superiore padana. La distribuzione di tali "embrici" nel tempo segue una propagazione anomala, per la riattivazione delle strutture al margine pedeappenninico, almeno fino al Pleistocene medio. Ciò è stato reso possibile dalla funzione di cerniera fra zone soggette a movimenti verticali opposti del lineamento pedeappenninico (Castellarin et alii, 1985 - *Giornale di Geologia*, ser. 3° vol. 47) rappresentato in zona dai primi rilievi di età pliocenica presenti nell'entroterra a ridosso della fascia costiera. Il lineamento è collegato ad un sistema di svincoli trasversali (elementi antiappenninici, vedi "linea della Val Marecchia") cinematicamente connessi con l'evoluzione differenziale dei vari segmenti del fronte appenninico.

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica (Scandone, 1980) denominata "Avanfossa appenninico - adriatica" (Ori GG., Roveri M. e Vannoni F., 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno della Avanfossa. Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-peistocenica della zona di studio.

La tetto-genesi della nostra area inizia nel Tortoniano, in corrispondenza di una fase tettonica molto accentuata ad occidente, quando la fascia romagnolo - marchigiana interna, ubicata sul fronte della catena, costituisce una depressione fortemente articolata in piccoli bacini con sviluppo parallelo all'asse appenninico ("Bacini minori intrappenninici": Ricci Lucchi, 1975).

Il bordo appenninico esterno e l'avanfossa appenninico - adriatica propriamente detta, a cavallo dei quali ricade il territorio comunale di Riccione, iniziano a delinearsi durante il Messiniano migrando nella fascia esterna e trovano il loro massimo sviluppo nel pliocene inferiore quando la tetto-genesi appenninica raggiunge il suo acme e la catena si estende ormai su tutta l'area. Durante il pliocene medio - superiore la distensione, legata all'avanzamento del fronte estensionale tirrenico, comincia ad interessare la parte più interna della catena mentre i principali fronti compressivi sono ubicati nella fascia romagnolo - marchigiana esterna determinandone il sollevamento e la parziale emersione.

Nel pleistocene inferiore - medio i fronti compressivi migrano in Adriatico. Si hanno movimenti differenziali verticali delle aree che continuano anche nel "Pleistocene glaciale" influenzando lo sviluppo e la tipologia della sedimentazione.

L'attività tettonica non si è ancora esaurita, almeno nella fase avanzata dell'orogene (Pianura Padana, Adriatico) come è dimostrato dalla frequente attività sismica della regione.

4.2 Inquadramento geografico

Il territorio riccionese si colloca sulle ultime propaggini meridionali della Pianura Padana, che progressivamente tende a restringersi notevolmente sino a chiudersi completamente in corrispondenza del promontorio di Gabicce Monte, al confine con il territorio marchigiano.

I confini amministrativi sono a nord con il Comune di Rimini nei pressi dell'Aeroporto Civile di Miramare di Rimini e verso ovest lungo il torrente Marano; ad ovest confina con il Comune di Coriano, in parte con il Rio Melo ed in parte il confine corre parallelo alla fascia di territorio pedecollinare. A sud confina con il Comune di Misano Adriatico, interessando per l'ultimo tratto, fino al mare, il Rio Alberello. In direzione est è delimitato dal mare Adriatico.

Quale ultima propaggine della Pianura Padana, si tratta di un paesaggio sostanzialmente pianeggiante, soprattutto in prossimità della costa. Nell'entroterra è delimitato dalle ultime pendici collinari dei retrostanti rilievi appenninici, a sua volta caratterizzate da una morfologia generalmente dolce ed ondulata per la presenza di plastiche litologie argillose.

La superficie complessiva è di circa 17 Km², mentre l'altitudine dell'intero territorio oscilla tra gli estremi altimetrici di 0.0 mt sino a circa 63 mt s.l.m..

I principali corsi d'acqua presenti sul territorio sono il Torrente Marano e il Rio Melo, i quali attraversano il territorio riccionese con direzione SO-NE, mentre i corsi d'acqua minori sono rappresentati dallo scolo consorziale Rio dell'Asse, al confine Nord con il Comune di Rimini, il Rio Grande, affluente destro del Rio Melo, dallo scolo della Costa, che nasce dalle colline di Fontanelle e dallo scolo consorziale Alberello, al confine Sud con il territorio del Comune di Misano Adriatico.

La linea pedemontana appenninica che da NW si sviluppa verso SE, restringe la fascia di pianura prima di incontrare il mare Adriatico al punto che nella zona più meridionale a meno di un chilometro dalla linea di riva iniziano i primi rilievi collinari.

4.3 Assetto geomorfologico delle aree in studio e modello geologico di riferimento

I terreni affioranti si sono venuti costituendo in posto (a differenza ad esempio di quelli alloctoni, mesoautoctoni e neoautoctoni della coltre affioranti nella Valmarecchia e nell'entroterra sammarinese che sono migrati arealmente) e pertanto si presentano secondo una successione stratigrafica normale, con termini più antichi alla base e via via i più recenti in superficie.

Il territorio riccionese è caratterizzato per la parte collinare dai depositi di età Plio - Pleistocenica prevalentemente di natura argillosa (Formazione delle Argille Grigio - Azzurre). Tali depositi rappresentano il locale substrato formazionale su cui poggiano i sedimenti deposti dai corsi d'acqua, nel corso delle loro divagazioni, sedimenti limosi, sabbiosi e ghiaiosi di origine alluvionale. Verso mare i depositi alluvionali

sono quindi interrotti da un gradino morfologico di alcuni metri di dislivello (falesia fossile o paleofalesia), a valle della quale sono presenti depositi sabbiosi di transizione di origine litorale, lagunare e marina.

Quest'ultima infatti si è originata a seguito dei più recenti eventi eustatici marini; le acque marine si estesero sulla piana fluvio-palustre raggiungendo il livello massimo alcuni metri al disopra del livello attuale (circa 6000 anni fa). Durante tale trasgressione vennero erosi i sedimenti della pianura alluvionale, formando un gradino tra la pianura e il mare sottostante (con un nuovo livello di base), sul fondo del quale iniziarono a depositarsi i materiali sabbiosi, trasportati e rimaneggiati dalle correnti marine. Questi poi emersero successivamente a seguito di una lenta e progressiva regressione del livello marino (in epoca recente) che quindi ha determinato l'assetto della attuale linea di costa e l'emersione delle sabbie marine. Si ipotizza che la falesia possa essere stata riattivata anche durante il secondo optimum climatico medioevale del 750-1100 d.C. per poi rimanere inalterata sino ai giorni nostri.

La scarpata della paleo falesia è rilevabile, lungo l'area in studio, ad una distanza variabile dalla riva compresa fra circa 500-750 di metri verso monte, estendendosi con continuità nell'ambito della provincia da Cattolica sino al Comune di Bellaria-Igea Marina; soprattutto in corrispondenza dell'abitato e per alcuni tratti in prossimità dei corsi d'acqua principali risulta localmente ed interrotta occultata dall'azione erosiva e di rimaneggiamento fluviale così come dall'attività antropica, risultando talora poco percepibile. I depositi continentali alla base del prisma sabbioso presentano granulometrie più fini, prevalentemente limo – argillose, con spessori dell'ordine delle poche decine di metri muovendo dalla zona meridionale sino a quella centrale, per poi divenire sensibilmente più profondi lungo la zona settentrionale sino al confine con Rimini; essi sono per lo più sedimentati per opera delle acque del sistema Torrente Marano - Rio Melo. Nella parte meridionale, tali depositi, appartengono alla conoide del Conca.

Il contesto di studio si configura quindi nell'ambito della "*Macroarea litorale - Zona litorale e piana costiera*" definita nel precedente studio di MS I-II.

L'aspetto morfologico dell'area è quello pianeggiante tipico delle fasce costiere basse, originato dall'interazione tra ambiente continentale (alluvionale) e marino (litorale). Le caratteristiche unità morfologiche del paesaggio costiero, quali cordoni e dune sabbiosi, sono scomparsi a seguito della massiccia antropizzazione del passato per lo sviluppo dell'attività turistico balneare, determinando un diffuso appiattimento degli arenili. Attualmente sono visibili ridotte superfici dunali in un tratto di spiaggia presso il centro estivo Bertazzoni, a sud del territorio comunale, mentre a nord si possono trovare nella zona antistante l'hotel le Conchiglie; in tali ambienti i processi di modellamento morfologico, oltre che all'azione delle correnti, sono dovuti principalmente all'azione del vento.

La conformazione lineare del tratto costiero consente un'azione piuttosto regolare da parte delle correnti litorali, con formazione di una fascia sabbiosa, estesa anche a notevole distanza dalle foci fluviali, che costituiscono le fonti di alimentazione per lo sviluppo del sistema deposizionale litorale. La larghezza

dell'arenile dipende dalle correnti marine che determinano zone di deposizione e d'erosione, nonché dalla migrazione delle foci nel tempo e dalla presenza di manufatti quali porti, moli, pennelli e scogliere antropiche che modificano il regolare sviluppo delle correnti stesse.

La serie marina, che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana), è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denotano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati, denota sia la vicinanza di fonti d'apporto grossolano, sia elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso.

La regressione marina dell'ultimo millennio ha creato lo scenario attuale, dove l'avanzata della spiaggia sul mare è stata nettamente prevalente almeno fino all'ultimo decennio. Essa ha comportato un accrescimento generale dell'arenile per un valore medio compreso tra 1.50 e 2.20 m all'anno, nel periodo compreso tra il 1820 e il 1970 (L'erosione marina tra i litorali di Cervia e Pesaro"; Antoniazzi A., 1976), ovviamente a tutto vantaggio dell'attività balneare. Tuttavia nello studio succitato si può apprezzare come negli ultimi decenni il tasso di accrescimento annuo dell'arenile risulti sensibilmente diminuito e con un trend in progressivo calo. In tale studio l'accrescimento e l'avanzamento medio della linea di riva spicca più marcatamente nel tratto costiero vicino ed a sud del porto canale, mentre lungo gli altri tratti di costa risulta più moderato sino a risultare quasi nullo in tempi più recenti (periodo 1955-1970), in corrispondenza della parte più meridionale del litorale del Comune di Riccione ed a confine con il Comune di Misano.

Infatti, da alcuni anni a questa parte, si osservano degli arretramenti sensibili sulla costa sud del territorio, tra la zona circa all'altezza della colonia Bertazzoni ed il confine comunale, mentre i maggiori accrescimenti si hanno più a nord, in particolare nel tratto a sud del porto. La tendenza generale, comunque, risulta essere di erosione nelle zone immediatamente a nord dei manufatti trasversali (sia opere accessorie quali porti e pontili che gli stessi pennelli e scogliere di protezione) e di accrescimento, per un certo raggio, nelle zone a sud degli stessi.

La regressione marina dell'ultimo millennio ha creato lo scenario attuale dove l'avanzata della spiaggia sul mare è stata nettamente prevalente almeno fino agli ultimi decenni.

Dal punto di vista geologico l'area di indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione del Pleistocene superiore - Olocene denominata "a4s" (sabbie e ghiaie delle spiagge attuali) nella Carta Geologica d'Italia. La carta Geologica della Regione Emilia Romagna inquadra l'area nel Subsistema di Ravenna (AES8; Pleistocene superiore - Olocene) appartenente al Sistema Emiliano - Romagnolo Superiore

della Successione del Margine Appenninico Neogenico Padano, unità composta da depositi alluvionali, marini e litorali. In particolare la fa ricadere all'interno di una unità di rango gerarchico inferiore (Unità di Modena "AES8a"; età post-romana – Olocene) composta da depositi deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico.

Il prisma sabbioso marino, alla stregua di quanto rilevato da Merli A. (Tesi di dottorato, 2019) presso l'adiacente costa riminese, è generalmente organizzato secondo due unità stratigrafiche e litotecniche arealmente continue e sovrapposte denominabili, partendo dall'alto, rispettivamente come A e B. Nell'areale studiato l'Unità A, (corrispondente all'unità stratigrafica superficiale AES8a) è presente sino a profondità di circa 2.5-4.0 mt da p.c., risultando costituita da sabbie generalmente cernite, omogenee, maggiormente addensate e con diametro medio leggermente superiore rispetto ai depositi caratteristici della sottostante Unità B, sempre caratterizzata da prevalenti sabbie ma organizzate secondo alternanze con livelli a maggior contenuto in fine congiuntamente ad un minor grado di addensamento. I depositi alluvionali di letto, a livello litotecnico, vengono identificati quale Unità C, alla cui sommità possono talora presenti circoscritti orizzonti metrici di ghiaie, quali strutture relitte di paleoalveo dei corsi d'acqua locali e/o di barra di foce.

Le sezioni litostratigrafiche/litotecniche superficiali di riferimento, rappresentative per i vari settori del territorio studiato, unitamente alla loro ubicazione, sono riportate nella *Carta delle sezioni litotecniche di superficie*, in cui le sopracitate *Unità litotecniche A, B e C* sono rispettivamente identificate con i litotipi *SW, SM, ML* della tabella di classificazione dei terreni (par. 2.1.9.1 degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Microzonazione sismica - Versione 4.1.1); in tali sezioni gli orizzonti ghiaiosi al tetto dell'Unità C vengono individuati con la sigla *GM*.

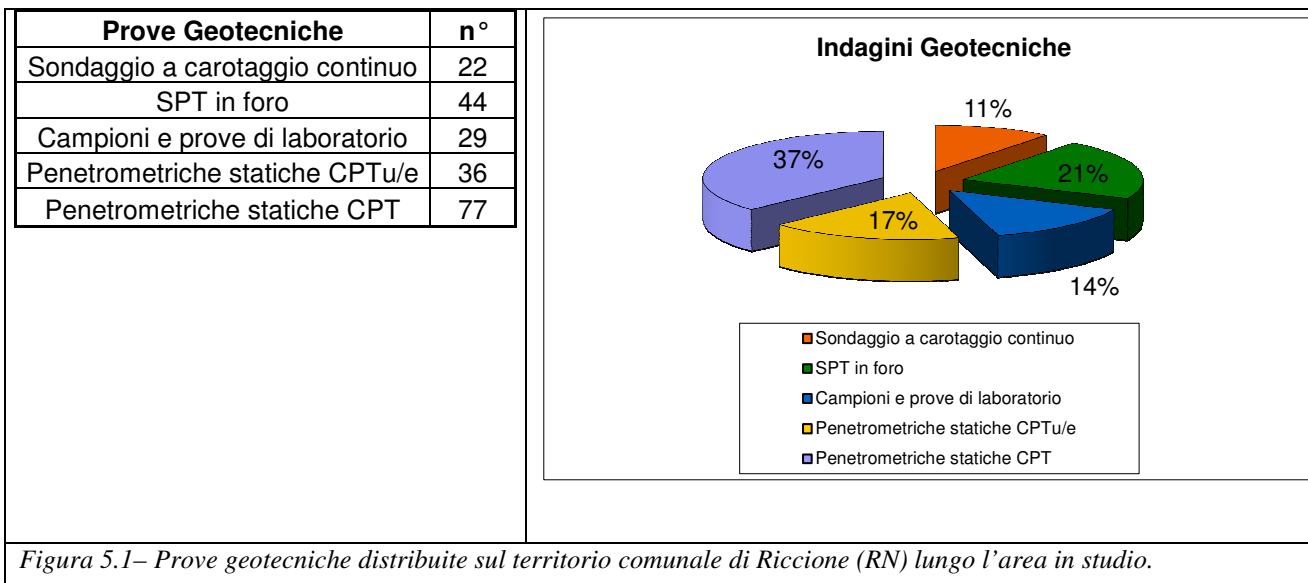
5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

A supporto delle valutazioni ed analisi condotte sulle aree sottoposte allo studio di III livello di approfondimento si sono utilizzate sia parte delle basi di dati geognostici e geofisici già adottate per gli studi di MS di I e II livello che nuove e mirate indagini di approfondimento per le necessità di caratterizzazione dinamica e per le analisi sul potenziale di liquefazione. In particolare le indagini integrative sono costituite da prove geognostiche e geofisiche di nuova realizzazione congiuntamente ad ulteriori prove reperite presso database della pubblica amministrazione e lavori di archivio privati a disposizione dello scrivente.

In dettaglio, lungo il tratto costiero oggetto di studio si tratta di 208 prove di tipo geotecnico e 85 prove di tipo geofisico uniformemente distribuite su tutto il territorio comunale.

Le informazioni pregresse del I e II livello di approfondimento sono state integrate raggiungendo un totale di 293 indagini disponibili ai fini della Microzonazione Sismica lungo il tratto studiato.

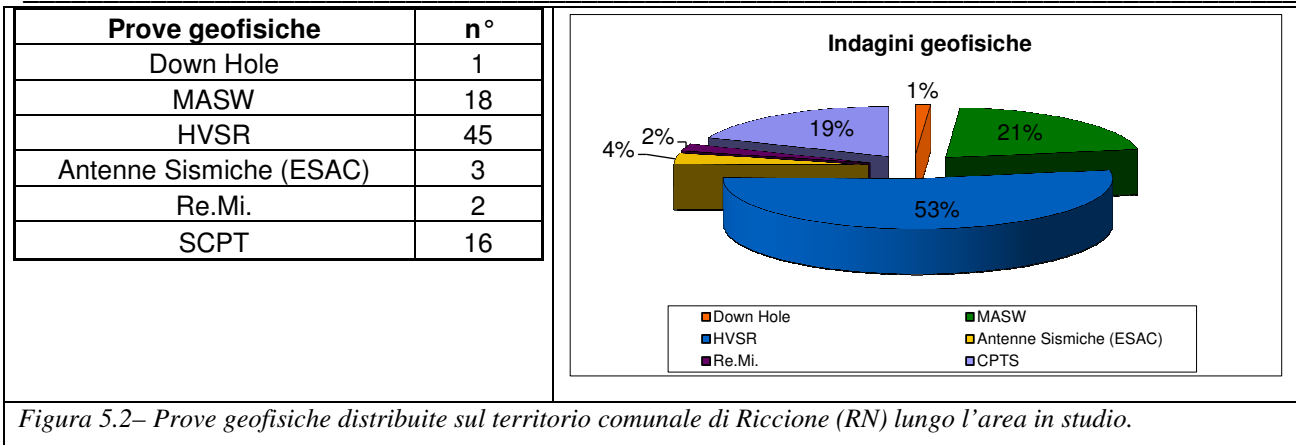
Le figure che seguono (Fig. 5.1 e 5.2) riassumono le differenti tipologie di indagini distribuite sul tratto di territorio comunale studiato.



Tutte le prospezioni disponibili sono state classificate e archiviate all'interno di un sistema informativo territoriale (G.I.S.) come previsto dagli standard di rappresentazione e archiviazione dati per la Microzonazione Sismica versione 4.0b.

(http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp).

Nella "Carta delle Indagini", in allegato alla relazione, è possibile visualizzare l'ubicazione di ciascuna delle prospezioni a disposizione, mentre in figura 5.5 viene riportato uno stralcio cartografico sintetico delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate in via diretta per le analisi numeriche di MS3.



Attraverso il data-base associato alla mappa è inoltre possibile visualizzare eventuali “report” e/o informazioni sulla modalità di realizzazione delle prove oltre alla data di esecuzione di quest’ultime (in tal modo è anche possibile immediatamente distinguere tra dati pregressi ed indagini integrative realizzate appositamente per gli studi di Microzonazione). Nell’ambito del database e delle prove utilizzate a supporto della MS3 è altresì possibile evincere i dati geognostici e stratigrafici più rappresentativi estrapolabili dalla stessa.

La fase di inserimento e integrazione dei dati, legata alla realizzazione della “Carta delle Indagini” e del relativo DB, ha permesso anche una attenta revisione critica del materiale pregresso disponibile.

5.1. Indagini integrative

5.1.1 Principali tecniche di indagine per la stima del profilo Vs

L’analisi dei fenomeni di amplificazione locale coincide con lo studio degli effetti di risonanza legati alle onde trasversali o di taglio. Per tale ragione, quantificare l’andamento delle velocità di propagazione di questa tipologia di onde nel primo sottosuolo (profilo Vs) rappresenta un’informazione essenziale ai fini della caratterizzazione meccanica (in campo dinamico) dei terreni.

Stime del profilo Vs vengono realizzate in sito attraverso appropriate prospezioni di tipo geofisico condotte, in base alle condizioni logistiche e alle profondità da esplorare, con differenti modalità esecutive:

Indagini sismiche di tipo diretto: Come dice il nome stesso questa tipologia di prospezioni ha il non trascurabile vantaggio di fornire una stima “diretta” delle velocità delle onde S. La tecnica d’indagine consiste nel generare, attraverso una sorgente artificiale (colpo di martello o piccoli esplosivi) un treno d’onde nel sottosuolo e misurare i tempi di arrivo della perturbazione in corrispondenza di una serie di sensori (geofoni) posti sulla superficie del terreno (indagine di sismica a rifrazione), in foro non rivestito (indagine Scpt o Sdmt) o all’interno di un foro di perforazione appositamente attrezzato (indagine down-hole). I principali svantaggi di tali metodologie risiedono, sia nell’esiguo volume di sottosuolo esplorato (con

una comune attrezzatura difficilmente si va oltre i 30-35 metri di profondità), sia nei costi d'indagine relativamente alti.

Indagini sismiche di tipo indiretto: Sono metodologie basate sull'analisi delle proprietà dispersive delle onde Superficiali (onde di Rayleigh) nei mezzi stratificati. Lo scopo di questa tipologia di prospezioni è risalire ad una funzione caratteristica del terreno (curva di dispersione) univocamente correlata alla struttura meccanico-stratigrafica del sito. Considerando che le onde Superficiali sono essenzialmente un prodotto delle onde di Volume e in particolar modo delle onde trasversali (S) è possibile, a partire dalla curva di dispersione, risalire in maniera indiretta al profilo di velocità V_s attraverso opportune procedure numeriche di inversione dati.

Le indagini di tipo indiretto vengono spesso diversificate, in base alla sorgente energizzante utilizzata per sollecitare i sensori, in "attive" e "passive":

Indirette Attive: Come le più comuni tecniche dirette, sfruttano sorgenti di tipo artificiale (colpo di martello) e una distribuzione lineare dei sensori sul terreno (MASW). Il principale vantaggio di questa tipologia di acquisizione consiste, oltre alla velocità ed al basso costo della prova, nell'ottima risoluzione che si ottiene nel caratterizzare gli strati di terreno maggiormente superficiali.

Indirette Passive: Utilizzano come fonte di energia la continua vibrazione (microtremori) del terreno, sia di origine antropica sia naturale, definita Rumore Sismico Ambientale o semplicemente Vibrazione Ambientale. I rilievi di tipo passivo sono generalmente realizzati attraverso distribuzioni monodimensionali (Re.Mi.) o bidimensionali (Re.Mi. – ESAC) dei sensori e raggiungono profondità di esplorazione dell'ordine delle centinaia di metri. Il principale svantaggio di questa tipologia di prova consiste in una scarsa risoluzione per gli strati più superficiali e in un'ambiguità interpretativa, spesso, non trascurabile. Tuttavia, tali indagini, se associate ad una conoscenza preliminare delle condizioni del sito che ne "guidi" l'interpretazione, risultano essere strumenti conoscitivi molto potenti. La sismica passiva, oltre ad essere applicata su stendimenti che prevedono l'utilizzo congiunto di più sensori, può essere inoltre, realizzata attraverso un'unica stazione di misura. Questa tecnica, conosciuta come metodologia HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), differentemente da ogni altra prospezione di tipo indiretto non ha lo scopo di ricavare le proprietà dispersive dei materiali bensì le modalità di vibrazione del terreno. Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare, infatti, la principale frequenza di vibrazione del suolo definita di "risonanza" e sfruttarla per scopi stratigrafici.

5.1.2 Campagna di misure geofisiche integrative

Per gli approfondimenti di studio utili alla Microzonazione Sismica di III Livello, nei mesi di Aprile-Maggio 2019 sono state realizzate n. 10 nuove indagini di tipo geofisico e reperite ulteriori n. 5 prove da archivio. Si tratta di prospezioni sia dirette in foro (tipo Scpt) che di tipo indiretto basate sull'analisi delle fasi d'onda Superficiali (onde di Rayleigh) condotte in modalità "attiva" (MASW) e "passiva" (HVSr, Re.Mi. e Antenna Sismica Multicanale).

In Tabella 5.1 è riportata una suddivisione di dettaglio delle prospezioni integrative riportate, mentre in Figura 5.4 è possibile osservare una parte della documentazione fotografica realizzata durante la campagna di acquisizione dati.

Tabella 5.1 – Suddivisione per tipologia delle indagini geofisiche integrative per la Microzonazione Sismica di Riccione (RN)

Indagini Geofisiche	
Sismica Passiva	N. Prospezioni
Stazione Singola (HVSr)	4
Re.Mi.	1
Antenna Sismica 2d (ESAC)	1
Sismica Attiva	N. Prospezioni
Scpt	8
MASW	1

Sismica Attiva in foro

Le nuove prove sismiche in foro di tipo SCPT sono state realizzate in 3 punti di sondaggio della profondità di 23-35 m realizzati in corrispondenza della rispettiva prova penetrometrica.

Le indagini hanno avuto le seguenti modalità di esecuzione (vedi schema in figura 5.3):

attraverso, opportuni sistemi meccanici (sorgenti energizzanti) posti sulla superficie del terreno sono state generate in serie, sia onde di compressione (P) sia onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH). Tali sollecitazioni sono state registrate attraverso un sensore tridimensionale con frequenza propria di 10 Hz ancorato a profondità crescenti all'interno del foro di perforazione (il passo utilizzato è di una registrazione ogni metro). In base ai tempi di arrivo del treno d'onde al ricevitore, nota la distanza tra sorgente e boccaforo, sono state valutate le distribuzioni delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

In dettaglio, per le indagini svolte, è stato utilizzato un sismografo PASI 16S24P a 24 canali. Di seguito vengono specificati sistemi sorgente utilizzati:

- Sorgente onde P : mazza del peso di 8 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

- Sorgente onde SH : mazza del peso di 8 Kg usata per colpire lateralmente una traversina in legno accoppiata al terreno.

Anche le ulteriori prove derivate da archivio ed utilizzate ai fini delle analisi sono state realizzate con tecniche operative analoghe e, in buona parte dei casi, con medesima strumentazione.

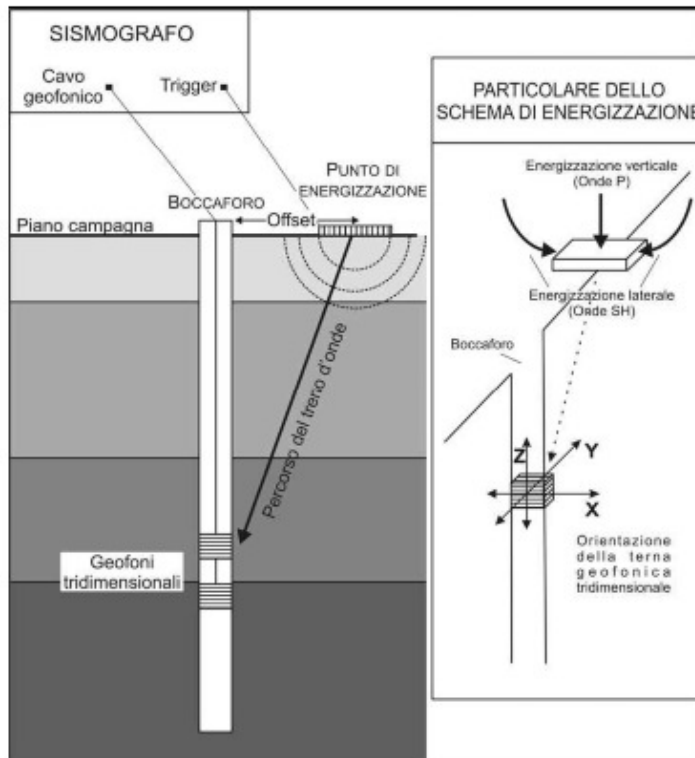


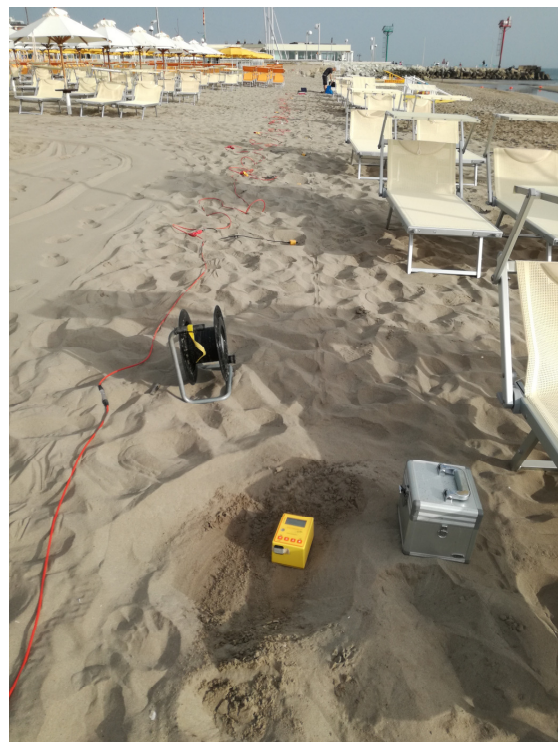
Figura 5.3
schema semplificato
di un'indagine
down-hole;

Sismica attiva e passiva di superficie

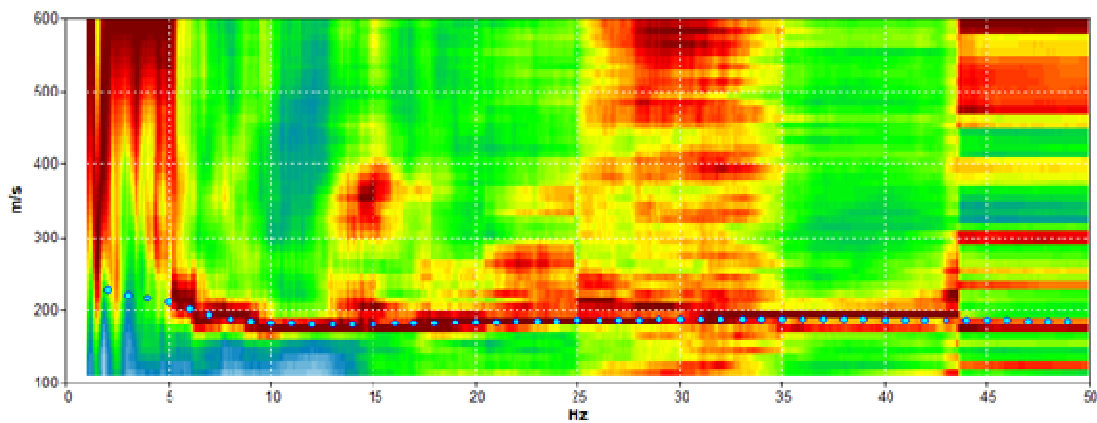
Le prospezioni Re.Mi. e tramite antenna sismica (ESAC) sono state realizzate con un sismografo multicanale Do.Re.Mi., 24-48 canali e convertitore a 16 bit prodotto da SARA electronic instruments s.r.l. Le registrazioni del campo di Vibrazioni Ambientali sono state eseguite per un tempo minimo di 20 minuti per mezzo di 24 sensori ad oscillazione verticale con frequenza propria a 4.5 Hz “ad alto guadagno” con segnale digitale. I sensori sono stati disposti su geometrie lineari e bidimensionali con interdistanze geofoniche variabili. Il dato rilevato è stato successivamente elaborato tramite software Grilla rispettivamente con tecnica Re.Mi. (refraction microtremor) ed ESAC (extended spatial auto-correlation, da Aki, 1957) per la computazione della curva di dispersione legata alle onde di Rayleigh (Ohori et al, 2002).



a)



b)



c)

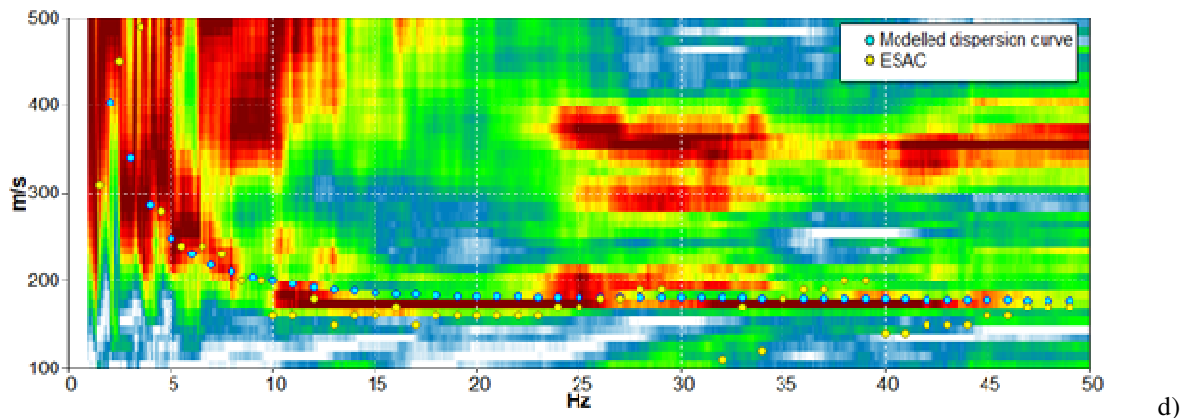


Figura 5.4– Documentazione fotografica realizzata durante la campagna integrativa di acquisizione dati per la prova Re.Mi a) ed ESAC-MASW b); spettri-curve di dispersione delle prove ReMi (c) ed ESAC (d).

Anche le indagini attive tipo MASW (Rix et al., 2002) sono state realizzate unicamente con acquirettore DoReMi prodotto dalla SARA-electronic instruments. Questo tipo di registrazione è stata eseguita mediante 12 sensori verticali (4.5 Hz) disposti con interdistanze geofoniche regolari lungo una geometria lineare. I sensori sono stati sollecitati attraverso una serie di colpi inferti al terreno attraverso una mazza di 8kg di peso, dotata di trigger, battente su di una piastra appoggiata al suolo ad una determinata distanza dal primo geofono dello stendimento (offset). La curva di dispersione legata alle onde di Rayleigh è stata successivamente computata mediante il software Grilla prodotto dalla Moho srl.

In figura 5.4 vengono riportate, a titolo di esempio, immagini degli stendimenti e le curve dispersione riferite alla postazioni ReMi 1 ed ESAC1 - M1 e, rispettivamente computate con tecnica congiunta ReMi-H/V e ESAC–MASW-H/V (per l'ubicazione far riferimento alla *Carta delle Indagini* in allegato).

Accanto alle metodologie su antenna sono, inoltre, state eseguite 36 misurazioni di tipo passivo su stazione singola HVSR (Bard, 1999). Per quest'ultime registrazioni è stato impiegato un velocimetro tridirezionale con frequenza propria a 4.5 Hz, modello Tromino prodotto dalla Micromed s.p.a. (<http://www.tromino.eu/>). Come per le antenne sismiche, le acquisizioni a stazione singola sono durate per un tempo di 20 minuti. La computazione delle curve dei rapporti spettrali (che permettono di risalire alla Frequenza di Risonanza del terreno) sono state elaborate con software Grilla (in dotazione al Tromino). Le procedure di elaborazione adottate per le misure a stazione singola sono espone in Picozzi et al., 2005. In ausilio alle prove di nuova realizzazione, sia a titolo correlativo che di ausilio alla modellazione di RSL, sono state utilizzate anche le prove geofisiche pregresse e realizzate a supporto della precedente MS di livello I-II, in particolare avvalendosi di tutte le prove SCPT (cono sismico) e quelle in array denominate SPAC 435 e 443.

In Figura 5.5 viene mostrata l'ubicazione delle prospezioni geofisiche utilizzate in via diretta per la modellazione/analisi di RSL a supporto della Microzonazione Sismica di III livello di Riccione.

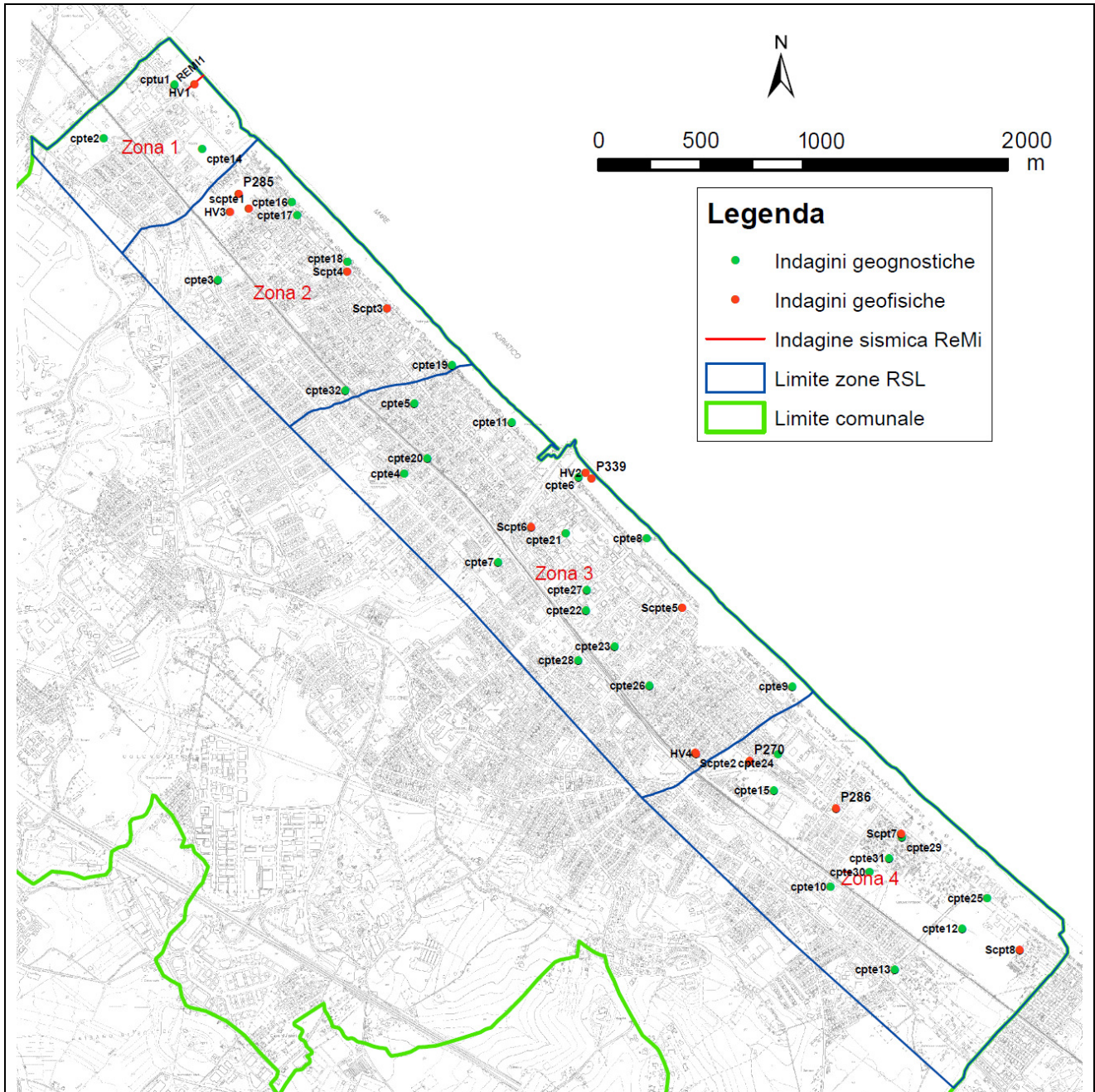


Figura 5.5-Indagini geognostiche/geofisiche realizzate ex-novo e di archivio utilizzate per le analisi di MS3.

Sismica attiva in foro

Tramite il set di prove in foro SCPT distribuite lungo l'area costiera, generalmente caratterizzate da un basso indice di dispersione ed buona risoluzione (passo di lettura 1 m), è stato possibile osservare il comportamento dinamico degli orizzonti più superficiali in termini di rigidità sismica (in particolare Vs e G0) in relazione ai caratteristici aspetti litostratigrafici e geomeccanici desumibili dalle prove CPT-CPTe.

Al proposito in Figura 5.6 si riporta una sovrapposizione dei profili analizzati entro l'area di studio, costituita dalle zone di affioramento delle sabbie costiere (sostanzialmente estesa dalla linea di costa sino alla palefolesia di monte lungo tutto il fronte costiero comunale).

I profili, a meno della presenza di circoscritte situazioni/fluttuazioni litostratigrafiche locali (es. paleoalvei ghiaiosi, orizzonti limoso-argillosi compressibili, ecc.) evidenziano trend di velocità comparabili in cui la modesta variabilità in termini di V_s , nonostante la continuità di assetto stratigrafico di assetto stratigrafico, può essere imputabile al diverso stato di addensamento e/o di compattezza dei depositi fra le varie zone di indagine. Il comportamento generale risulta sostanzialmente omogeneo, evidenziando la differenza di velocità fra le sabbie proprie delle Unità superficiali A e B per cui la prima essendo maggiormente omogenea ed addensata presenta anche una maggior rigidità sismica; di seguito i depositi alluvionali (generalmente fini) dell'Unità C mostrano un trend generale di crescita della velocità con la profondità, caratteristico dei depositi recenti e normalconsolidati.

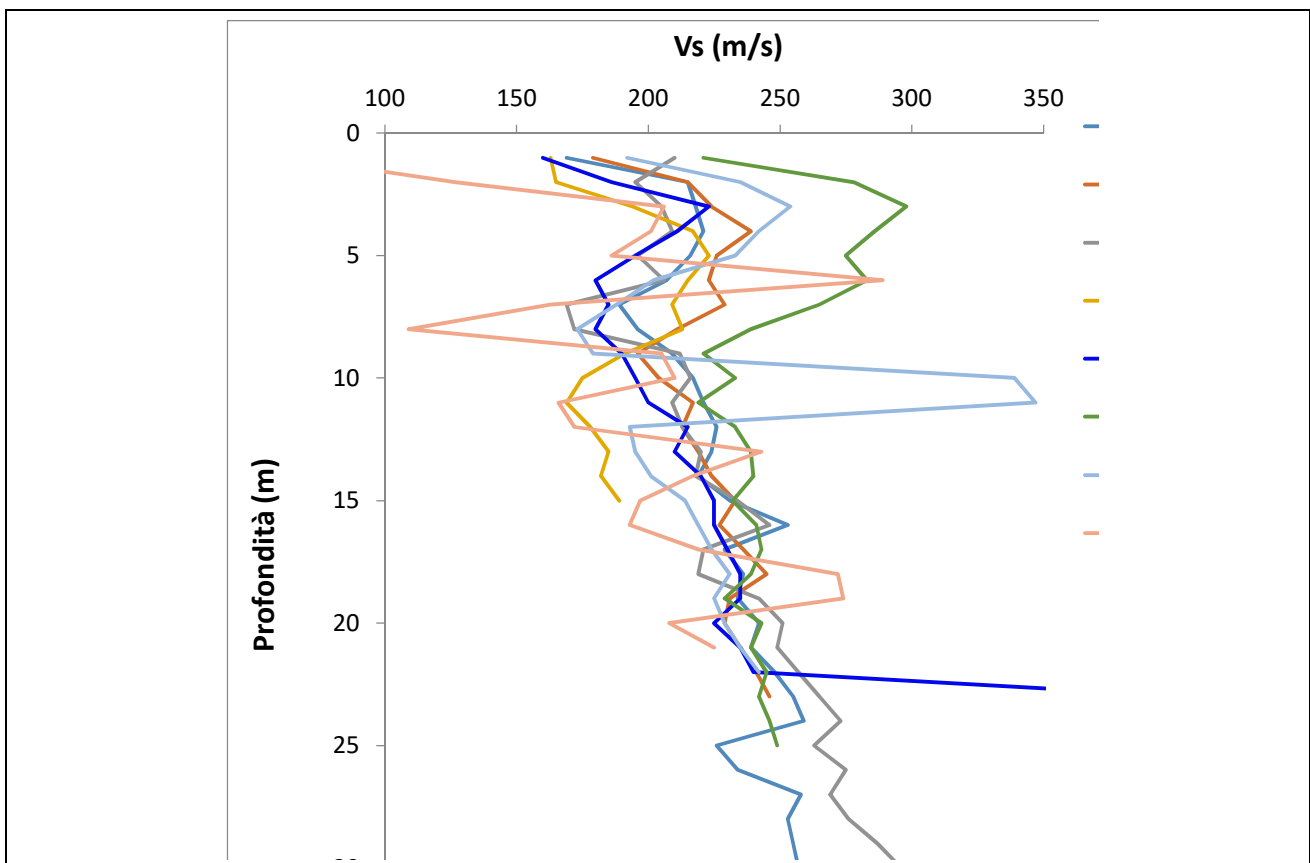


Figura 5.6-Sovrapposizione dei profili di velocità da prove SCPT in foro lungo l'area in studio

Indagini in array

Prima di definire l'andamento della velocità delle onde di Taglio (S) nel primo sottosuolo sono state calcolate le curve di dispersione per le antenne multicanale realizzate sul territorio comunale di Riccione. Per tutte le antenne sismiche è stato possibile operare su un'ampia superficie libera che garantisca un buon accoppiamento tra sensori e terreno.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Confrontando le curve di dispersione computate con tecnica in array illustrate in fig. 5.4c e 5.4d, è possibile apprezzare come gli orizzonti alluvionali presenti nelle prime decine di metri superficiali di ESAC1 presentino velocità maggiori rispetto a quelle stimabili in Re.Mi. in prossimità del confine settentrionale comunale. Ciò risulta coerente con quanto rilevato dalle prove in array P285 e P286 (con elaborazione ESAC) in sede di Microzonazione di Livello I-II, di cui in figura 5.7a e 5.7b se ne riporta l'ubicazione ed uno stralcio sintetico delle relative curve di dispersione.

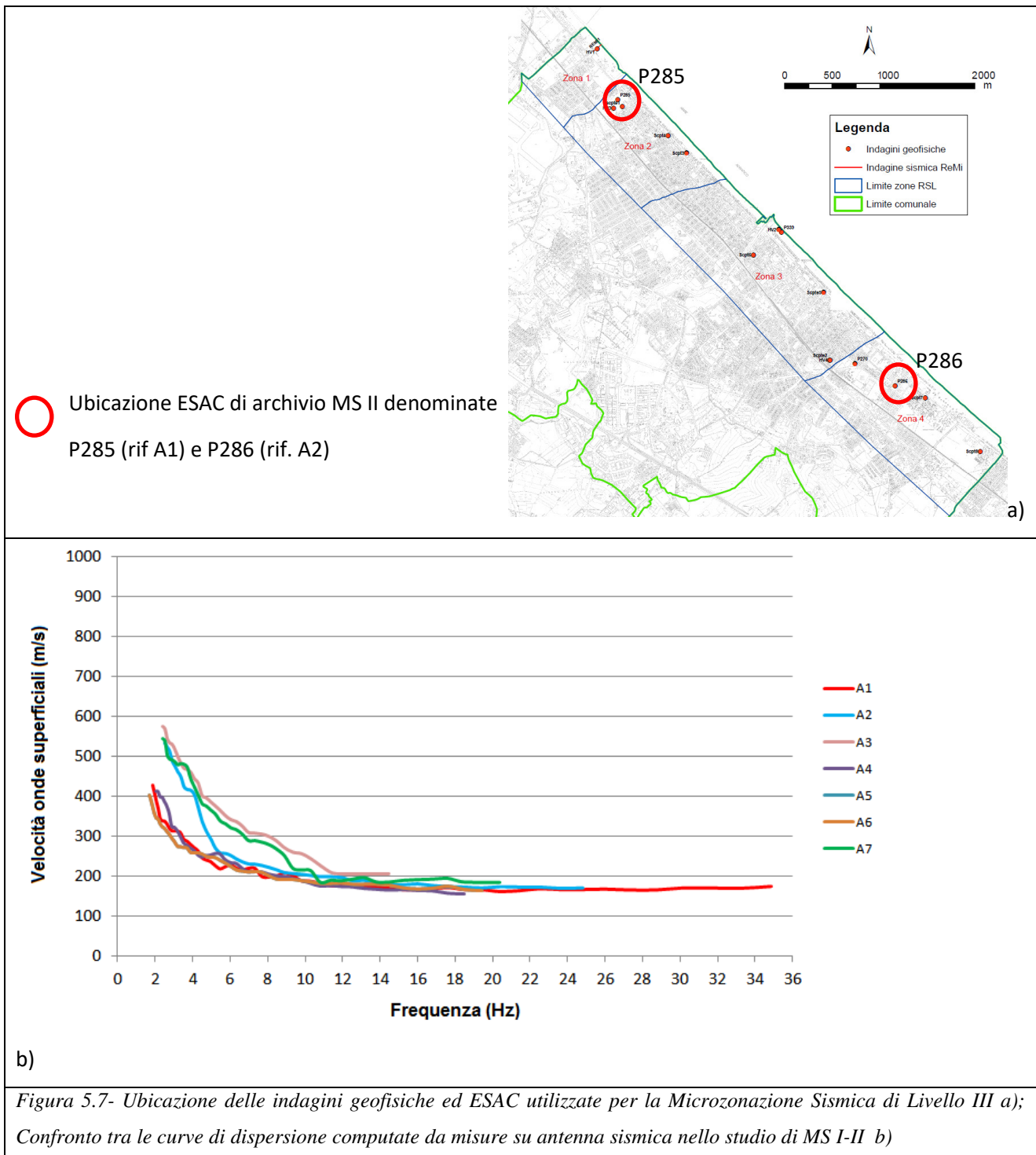


Figura 5.7- Ubicazione delle indagini geofisiche ed ESAC utilizzate per la Microzonazione Sismica di Livello III a); Confronto tra le curve di dispersione computate da misure su antenna sismica nello studio di MS I-II b)

Osservando in fig. 5.7b) i profili di A1 ed A2 (corrispondenti alle prove P285 e P286, realizzate a nord e a sud lungo la costa), coerentemente a quanto stimato in ReMi1 ed ESAC1, si apprezza un incremento di velocità degli orizzonti a medie - elevate profondità spostandosi da Nord verso Sud (soprattutto per frequenze $\leq 5 - 6$ Hz), potendolo correlare ad un aumento di rigidezza dei terreni alluvionali sottostanti il prisma sabbioso marino congiuntamente ad una progressiva risalita del substrato geologico; quest'ultimo raggiunge la minima profondità in prossimità del settore meridionale del territorio comunale.

Tuttavia da una analisi congiunta delle prove in array ed H/V è altrettanto evidente come, rigidezze proprie di un vero e proprio bedrock sismico, possano essere attribuite solo ad orizzonti profondi, entro il substrato geologico ed inoltre come quest'ultimo presenti modesti gradienti di velocità.

Indagini a stazione singola (HVSR)

Le curve dei rapporti spettrali riferite alle acquisizioni a stazione singola realizzate ex-novo per gli studi di Microzonazione Sismica risultano sostanzialmente coerenti con quelli già realizzati a supporto degli studi di I-II livello e per cui è evidente un progressivo aumento dei massimi di risonanza procedendo da Nord verso Sud, suggerendo un corrispondente e progressivo innalzamento del substrato geologico e/o la presenza di orizzonti a maggior rigidezza sempre più superficiali; tuttavia l'andamento di tali orizzonti caratterizzanti il sottosuolo costiero non presenta proprietà di rigidezza tali da essere assimilato ad un equivalente profilo di bedrock sismico adottabile per analisi di RSL.

Le indagini lungo la costa evidenziano massimi risonanti compresi all'incirca tra 0.8 e 2.1 Hz con valori di ampiezza mediamente compresi tra 1.6 e 3.0.

Chiaramente i massimi di ampiezza del rapporto H/V, soprattutto verso frequenze < 1 Hz, possono essere significativamente condizionati dai limiti strumentali di acquisizione (frequenza propria e smorzamento dei sensori, accoppiamento col terreno, ecc.), dalle caratteristiche litostratigrafiche del sito (es. presenza di livelli a bassa rigidezza e/o inversioni di velocità) nonché dalle condizioni di prova (es. caratteristiche energetiche e di contenuto in frequenza della forzante naturale durante la registrazione).

In tal senso sovente è possibile individuare picchi di ampiezza H/V minore posti a frequenze inferiori al massimo risonante (da analisi strumentale) i quali, a seguito di un'analisi congiunta con i dati derivati dalle misure in array e le informazioni geologiche, risultano particolarmente significativi per una definizione della stratigrafia sismica profonda e l'individuazione del bedrock sismico utile allo sviluppo di analisi di RSL. Il bedrock geofisico contraddistingue comunque l'assunzione di un significativo grado di omogeneità e rigidezza sismica per un considerevole tratto in profondità, al di sotto del quale è ragionevole attendersi assenza di importanti fenomeni amplificativi nel segnale sismico, quantomeno entro gli ambiti di interesse e/o ingegneristico.

5.2. Andamento delle Vs nel primo sottosuolo

Come evidenziato nell'inquadramento geologico (Capitolo 4) le profondità del substrato geologico attese per l'area di studio sono variabili lungo la costa, diminuendo progressivamente da Nord (dell'ordine delle centinaia di metri) verso Sud (dell'ordine di alcune decine di metri). Per caratterizzare in termini di valori di velocità delle onde di taglio (profili Vs) spessori di tali dimensioni, sono state sfruttate tutte le indagini geofisiche di nuova realizzazione e quelle a supporto del precedente studio di MS di livello I-II.

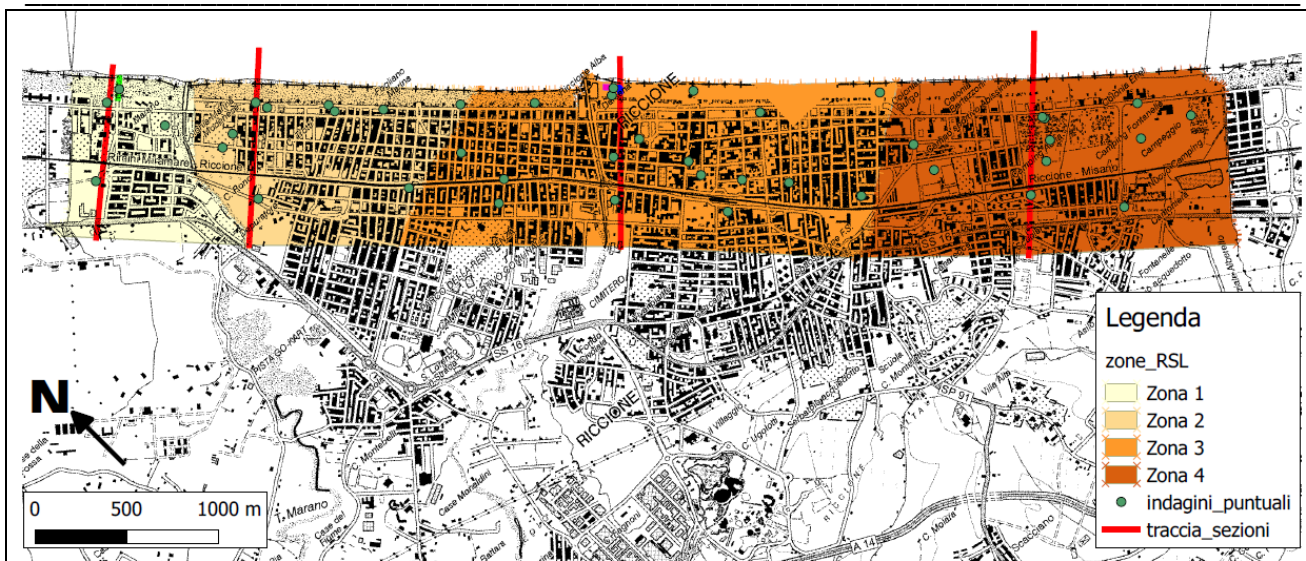
Le curve di dispersione, ricavate da indagini in array di tipo Re.Mi. e su Antenna Sismica (ESAC), e le curve dei rapporti spettrali computate da Indagini a Stazione Singola (HVSr), sono state utilizzate congiuntamente nelle simulazioni numeriche di "inversione dati" per una stima dei profili di velocità delle onde di taglio (Vs). Poiché le inversioni di velocità non portano ad un ad un unico modello di velocità (non esiste l'univocità della soluzione) si sono scelti i profili che avessero le seguenti caratteristiche:

- la miglior compatibilità tra dato sperimentale e teorico
- maggior coerenza con l'assetto geologico di sito (da evidenze dirette e dati di bibliografia)
- profondità del substrato sismico prossimo ai valori attesi per il sito di studio.

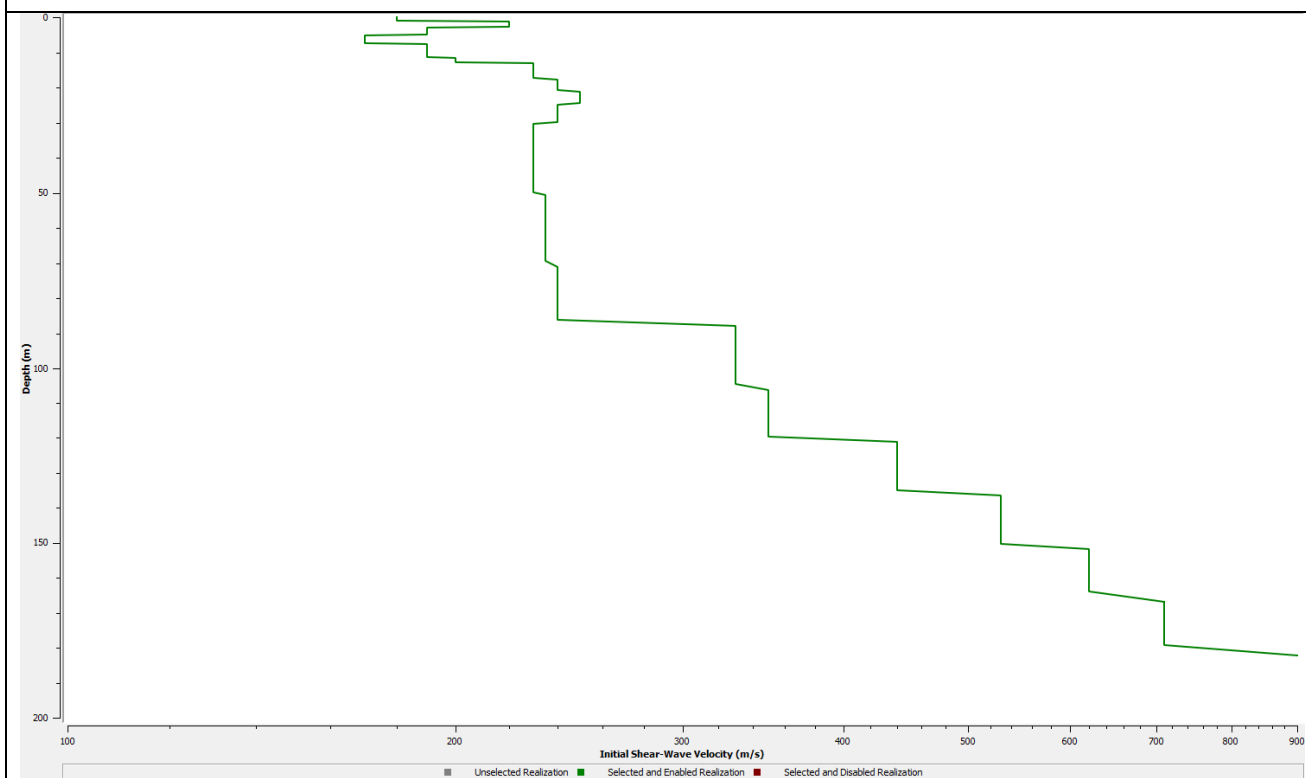
I modelli Vs, determinati con le modalità appena descritte, sono stati ulteriormente "ottimizzati" aggiungendo un ulteriore vincolo alle procedure di inversione, ovvero utilizzare la stratigrafia sismica superficiale ad alta risoluzione derivata dalle indagini sismiche in foro (Down-Hole e Coni Sismici) effettuate in sito o nelle immediate vicinanze.

Pertanto, sulla scorta di tali elaborazioni (e dei dati pregressi da MS I-II), il tratto costiero è stato suddiviso secondo 4 zone rappresentative (vedi figura 5.8a), caratterizzate da modelli di sottosuolo e profili di Vs caratteristici (figura 5.8b), utilizzati per le successive modellazioni di RSL, al fine di addivenire alle azioni sismiche di progetto per la stima dei fattori di amplificazione attesi e per le successive analisi di liquefazione.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

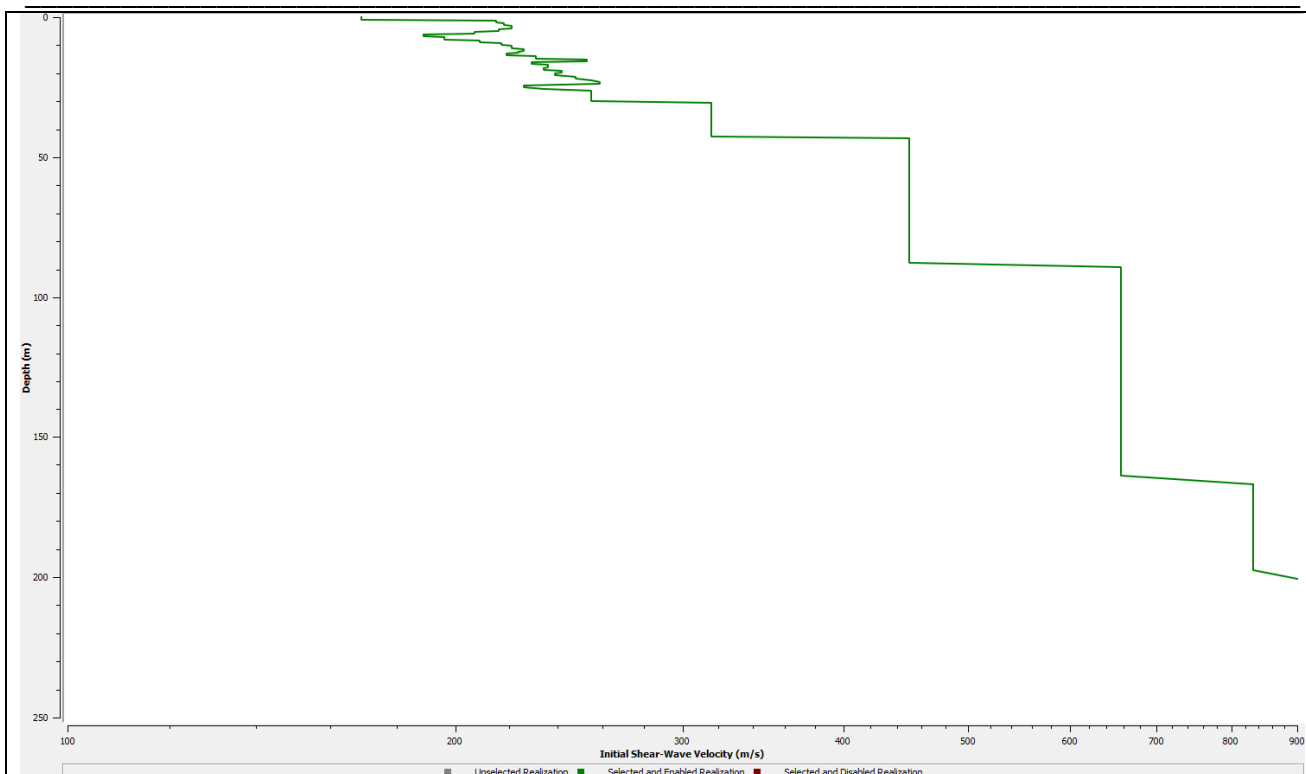


a)

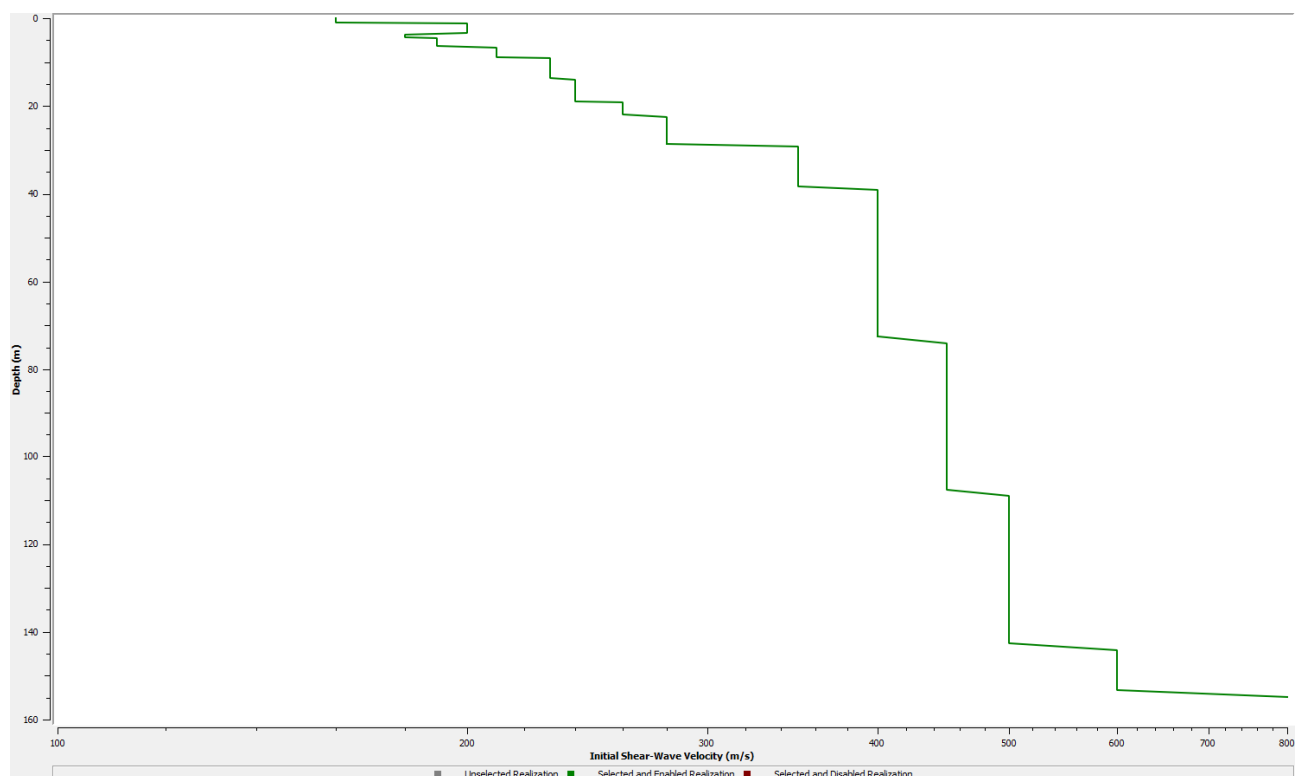


ZONA 1

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

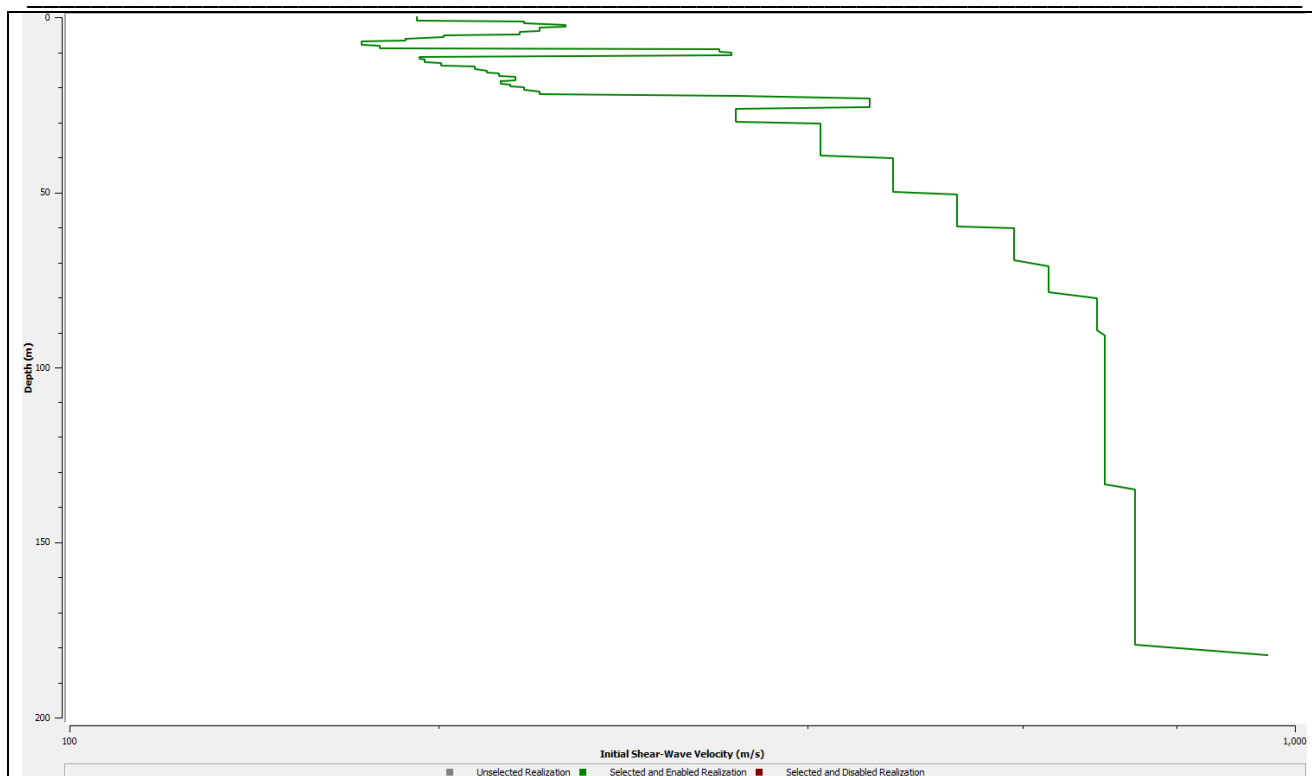


ZONA 2



ZONA 3

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa



ZONA 4

b)

Figura 5.8- Zone rappresentative per i profili di Vs lungo il tratto costiero studiato a); profili di Vs rappresentativi per ciascuna zona di RSL in cui è stato suddiviso il tratto costiero in studio b)

L'ubicazione delle indagini ed i risultati ottenuti (profili associati alle misure) sono visualizzabili rispettivamente nella *Carta delle Indagini* e nei report associati al *DB* della Microzonazione Sismica.

6. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO III (Analisi di RLS e Liquefazione)

Sulla base delle informazioni stratigrafiche profonde e superficiali, nonché sulla scorta delle analisi di laboratorio geotecnico e ciclico e delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate in sito, sono state realizzate una serie di analisi di RSL sulle verticali ritenute maggiormente significative. Il territorio è stato quindi suddiviso in 4 microzone contraddistinte da condizioni di pericolosità sismica omogenee ed, in base alle quali, sono state condotte le verifiche a liquefazione tramite metodologie semplificate sulla scorta di prove Cptu/, adottando metodi ritenuti congrui ed adeguati alle condizioni litostratigrafiche e suggeriti dalle linee guida di settore nonché contemplati fra i metodi della Geotecnica Sismica.

Dall'esito congiunto di queste metodologie di indagine si sono quindi sviluppate le cartografie di Microzonazione Sismica di Terzo Livello di approfondimento per liquefazione

6.1. Analisi di Risposta Sismica Locale

6.1.1 Modellazione numerica e codici di calcolo

Le analisi numeriche sono state effettuate in condizioni monodimensionali tramite il codice STRATA (Kottke e Rathje, 2008), che modella una colonna di terreno come un continuo stratificato a comportamento visco-elastico lineare. Le equazioni del moto sono risolte nel dominio della frequenza attraverso il calcolo e la successiva convoluzione delle funzioni di trasferimento di ogni strato, analogamente a quanto fatto dal ben noto codice di calcolo SHAKE91 (Idriss e Sun, 1992). La non linearità delle proprietà dinamiche, assunte indipendenti dalla frequenza, è portata in conto tramite l'approccio *lineare equivalente*. Secondo tale modello, il modulo di taglio G e il fattore di smorzamento D , che descrivono il comportamento meccanico di un materiale sotto sollecitazioni cicliche, vengono fatti dipendere dal livello della deformazione tangenziale γ_C indotta dalle sollecitazioni sismiche. A partire dai valori iniziali dei parametri di rigidità e smorzamento con una prima analisi si determina un primo valore caratteristico (o effettivo) della deformazione tangenziale γ_{eff} . Dalle curve $G/G_0-\gamma_C$ e $D-\gamma_C$, che esprimono il comportamento non lineare, si determinano quindi nuovi valori di G e D e si esegue una nuova analisi determinando un nuovo valore caratteristico. Il procedimento viene ripetuto fino a quando lo scarto percentuale tra i valori di G , D e γ_{eff} viene ritenuto accettabile.

Per le analisi sui segnali/spettri in fase di input/output sono stati utilizzati i software SeismoSignal e SeismoMatch, sviluppati dalla soc. SeismoSoft, di cui si dispone della relativa licenza d'uso.

6.1.2 Moto di input

Come previsto da Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, le analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) sono state condotte considerando, in ciascuna simulazione, differenti storie temporali applicate al bedrock sismico. In dettaglio, sono stati utilizzati i 3 segnali di riferimento indicati dalla Regione Emilia

Romagna in Del. G.R. N° 630 / 2019. Si tratta di **Accelerogrammi Naturali** estratti dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motion database”, con caratteristiche energetiche e di scuotimento (durata, contenuto in frequenza, ecc.) diverse tra loro, in modo da poter investigare, quanto più possibile, il comportamento del sottosuolo e la sua suscettibilità ai fenomeni amplificativi/dissipativi quando sottoposto ad azioni sismiche differenti. I 3 segnali di riferimento all’interno della banca dati accelerometrica vengono identificati attraverso i seguenti codici:

1. **000046xa**
2. **000126xa**
3. **000354xa**

Tali segnali, ciascuno scalato all’accelerazione di ancoraggio prevista al bedrock, risultano spettro-compatibili con lo spettro elastico comunale secondo le modalità definite al precedente Capitolo 3.

La “forma generale” dei 3 accelerogrammi (successivamente scalata in valor assoluto per ciascun comune) è riportata in figura 6.1.

Il valore di profondità del bedrock sismico, al quale sono stati ancorati i 3 segnali di riferimento, è stato determinato sia sulla base dell’analisi congiunta delle diverse prove geofisiche in sito (misure cptus, hvsr ed in array) sia sulle informazioni derivanti da sondaggi profondi. A tal proposito i profili di Vs di riferimento sono stati sintetizzati in figura 5.8b del precedente Capitolo 5.

Il comportamento geomeccanico/geofisico di tale interfaccia è stato descritto mediante i seguenti parametri: $\delta=22$ kN/m³, $V_s=800/950$ m/sec e $D_0=0.005$ (smorzamento/damping = 0.5 %).

Il livello freatico medio utilizzato per la modellazione numerica risulta variabile in relazione al sito di verifica e, comunque, mediamente compreso circa tra -1 e -2 m dal p.c. locale.

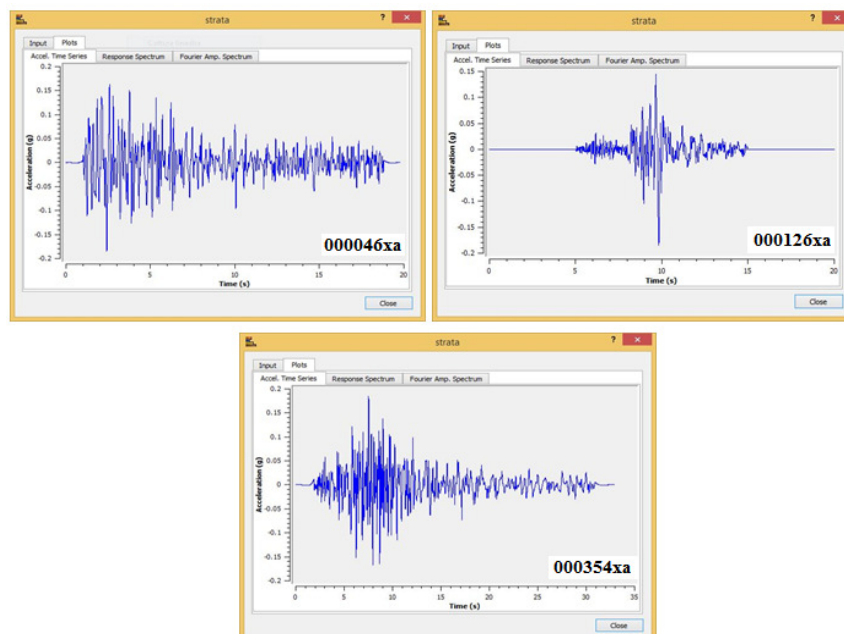


Figura 6.1-Sismogrammi di riferimento utilizzati come “Input” al bedrock per le analisi di RSL.

6.1.3 Modello di sottosuolo e parametri dinamici

Per quanto riguarda la caratterizzazione dinamica dei terreni, al fine di ottenere curve di decadimento del Modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e dello smorzamento ($D\%$) rappresentative per l'area, sono state utilizzate curve di letteratura sviluppate su campioni di terreno analoghi (per caratteristiche granulometriche e costitutive), effettuando prove di laboratorio dinamico (colonna risonante, taglio torsionale ciclico e triassiale ciclico) su provini di alta qualità (vedi figura 6.2).

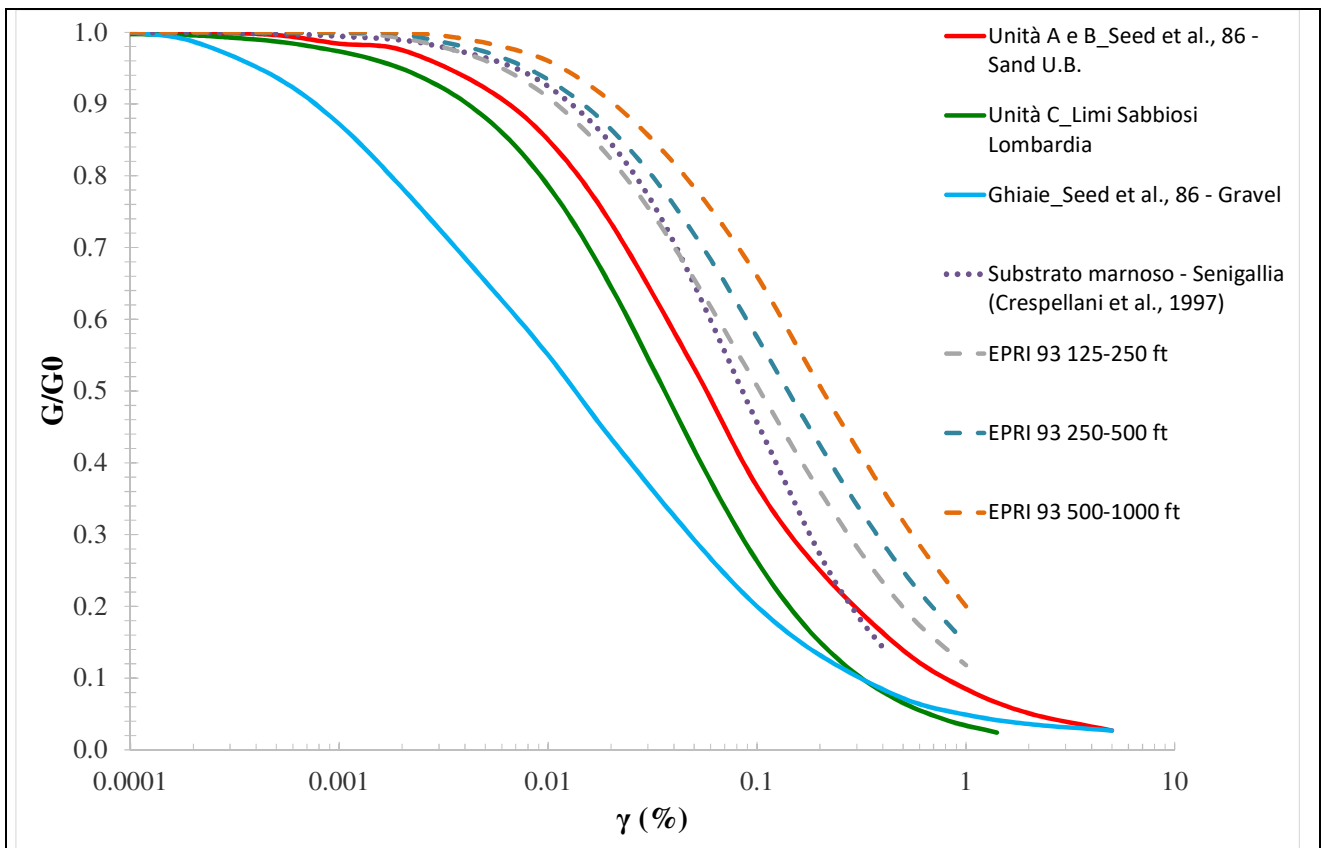
In virtù di recenti esperienze di laboratorio dinamico condotte su terreni analoghi ed in zone limitrofe a quelle di studio i modelli di terreno di letteratura utilizzati a tale scopo per i terreni sabbiosi e limo-argillosi sono quelli sviluppati da: Seed et al. (1986), EPRI (1993), Crespellani et al. (2007) e Regione Lombardia.

Per caratterizzare gli orizzonti di "ghiaie sabbiose" ai fini del modello di calcolo lineare equivalente si sono utilizzate le curve definite da Seed et al. (1986).

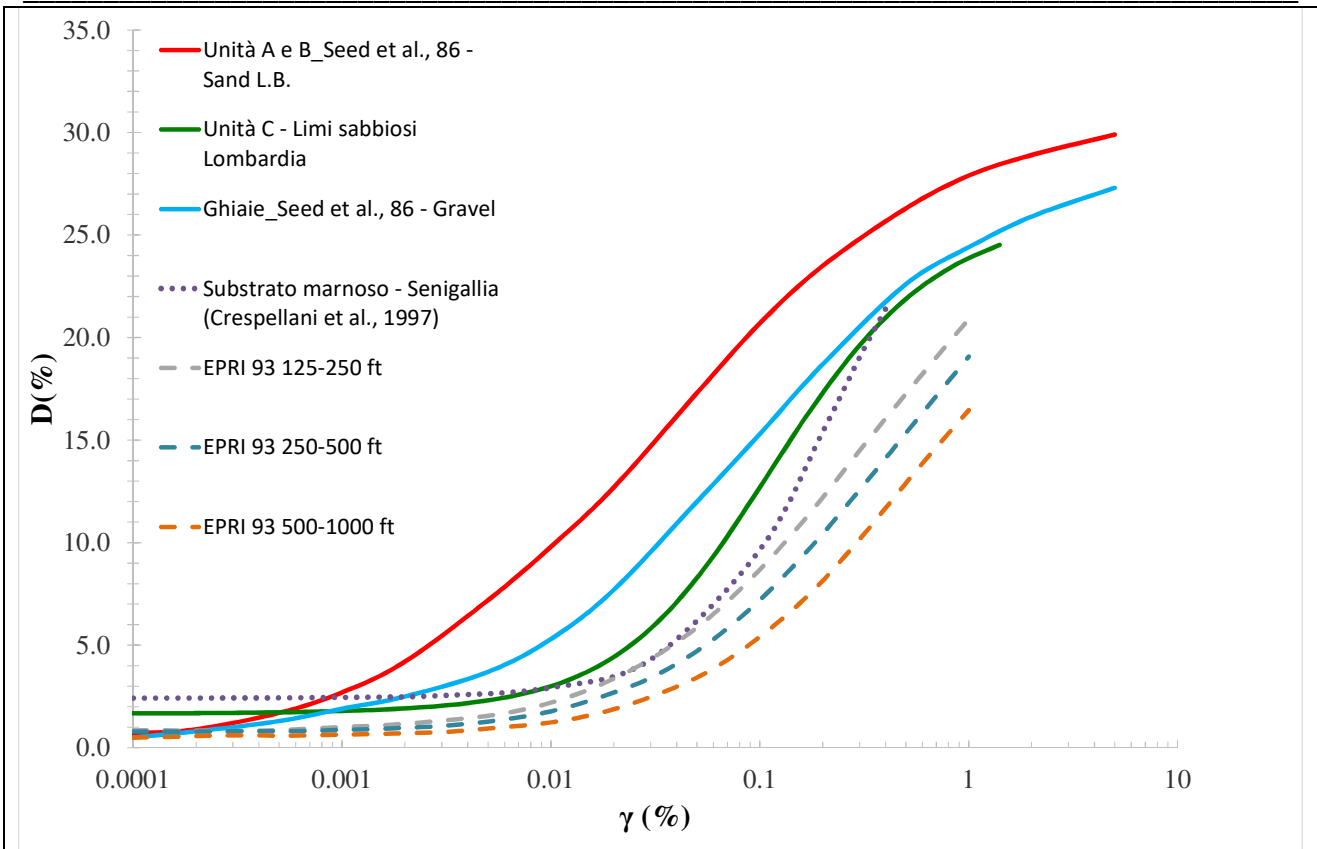
Diversamente per i sismostrati più profondi, non sondati e campionati direttamente, data la varietà tipologica dei materiali presenti (frequenti alternanze di limi-argillosi e, talora, orizzonti ghiaioso-sabbiosi), si sono utilizzate le curve di letteratura EPRI 93, formulate per terreni generici in funzione della profondità/carico litostatico (125-250 ft / 250-500 ft / 500-1000 ft).

La scelta delle curve utilizzate per ciascun sismostrato è stata condotta, quindi, sull'assunzione che il comportamento dei materiali, oltre che su parametri litologici, varia anche in funzione di:

- Profondità/pressione di confinamento • OCR • IP • Frequenza • N. cicli



a)



b)

Figura 6.2- Curve di caratterizzazione dinamica dei terreni. Curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 a); Curve di smorzamento $D\%$ b)

Pertanto in figura 6.3 si riportano i modelli di sottosuolo utilizzati per le analisi di *RSL* in corrispondenza delle verticali rappresentative per le Zone 1-2-3-4 in cui è stata suddivisa la piana costiera di Riccione e denominate rispettivamente, partendo da Nord verso Sud, come: ***RSL-01***, ***RSL-02***, ***RSL-03***, ***RSL-04***.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

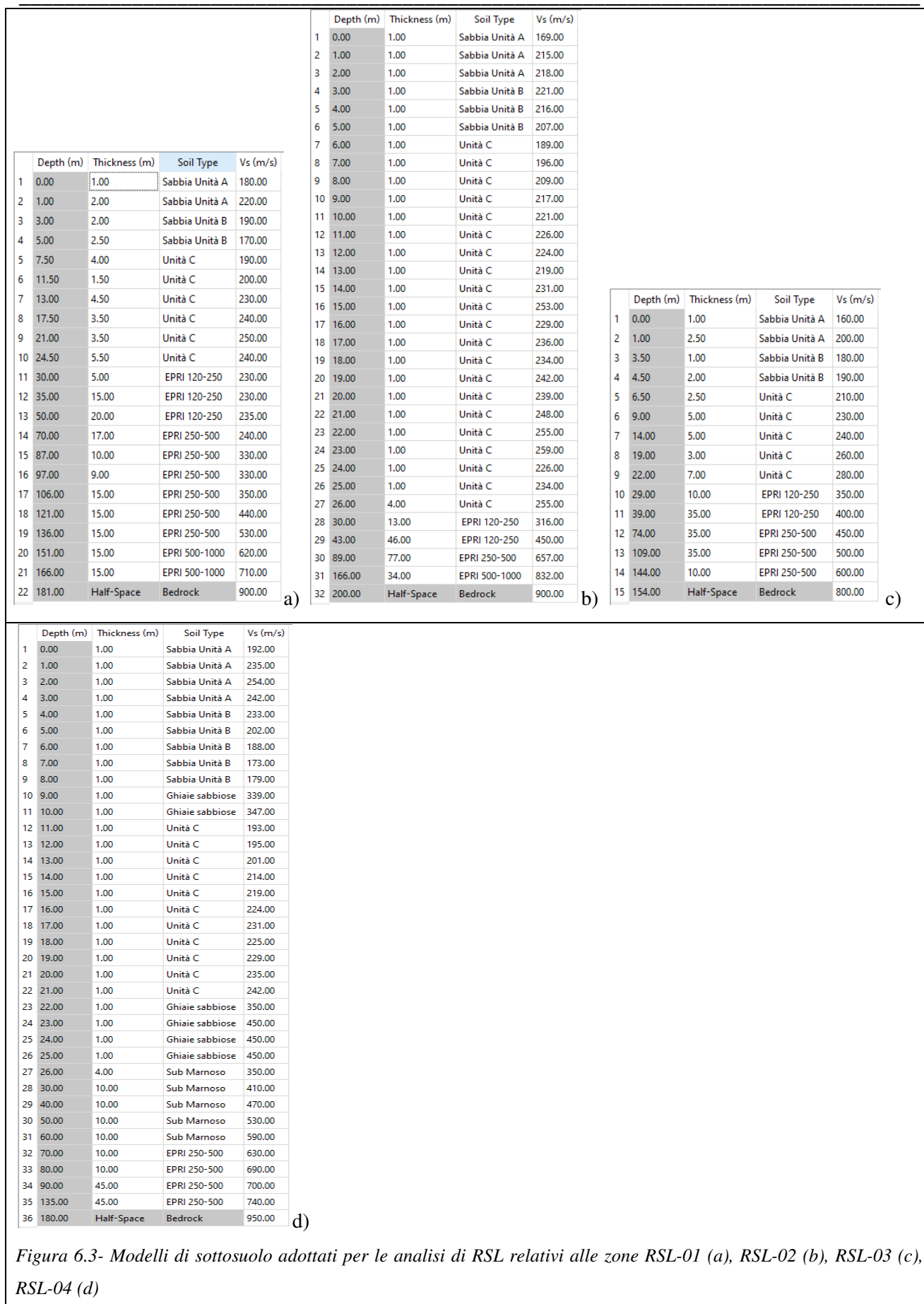


Figura 6.3- Modelli di sottosuolo adottati per le analisi di RSL relativi alle zone RSL-01 (a), RSL-02 (b), RSL-03 (c), RSL-04 (d)

I gradienti di velocità V_s sono stati definiti attraverso le numerose prove geofisiche svolte in sito. In dettaglio, gli orizzonti più superficiali (sino 20-35 m da p.c.) sono stati caratterizzati utilizzando i risultati delle prove simiche dirette (SCPT) mentre, per le V_s in profondità, sono stati utilizzati i risultati delle analisi tramite inversione congiunta tra array sismico ed HVSr (per maggiori dettagli capitolo 5).

Per il Bedrock sismico si è assunto un valore di Damping pari a 0.5 %.

6.1.4 Spettri di Risposta e Fattori di Amplificazione

Di seguito sono riportati risultati delle simulazioni RLS condotte in condizioni di *free field* con il software STRATA.

Per ciascuna verticale di calcolo nelle figure successive vengono visualizzati:

- i profili di accelerazione (A_g/g) riferiti a ciascuno dei 3 segnali di input congiuntamente a quello medio (media aritmetica dei 3 segnali);
- la media degli spettri elastici di accelerazione con smorzamento al 5% (riferita ai 3 segnali di Input);
- lo spettro elastico di accelerazione medio di output (media aritmetica dei 3 segnali);
- la funzione di trasferimento;
- il profilo delle deformazioni di taglio massime.

Inoltre, in ossequio alle direttive approvate con DGR 2047/2018 e 630/2019, per ciascuna area di verifica sono state calcolate le relative “PGA” al suolo libero (media dei 3 segnali) ed i fattori di amplificazione e di intensità spettrale determinati sulla base di:

- $F_{PGA} = PGA/PGA0$ (ove $PGA0 = a_{g\text{bedrock}}$)
- $FA = SA/SA0$, ovvero rapporti spettrali in accelerazione fra i seguenti periodi T (s) di riferimento: SA1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SA2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, SA3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$, SA4 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$;
- $FH = SI/SI0$, ovvero rapporti spettrali in pseudovelocità (Intensità di Housner) fra i seguenti periodi T (s) di riferimento: SI1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SI2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$, SI3 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$;
- Parametro di scuotimento assoluto H_{SM} (cm/s^2) (Naso et al., 2019), calcolato per l’intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ed H_{0408} , H_{0711} , H_{0515} , ovvero lo scuotimento in accelerazione (cm/s^2) atteso al sito per gli intervalli di periodi $0,4s \leq T \leq 0,8s$, $0,7s \leq T \leq 1,1s$ e $0,5s \leq T \leq 1,5s$;

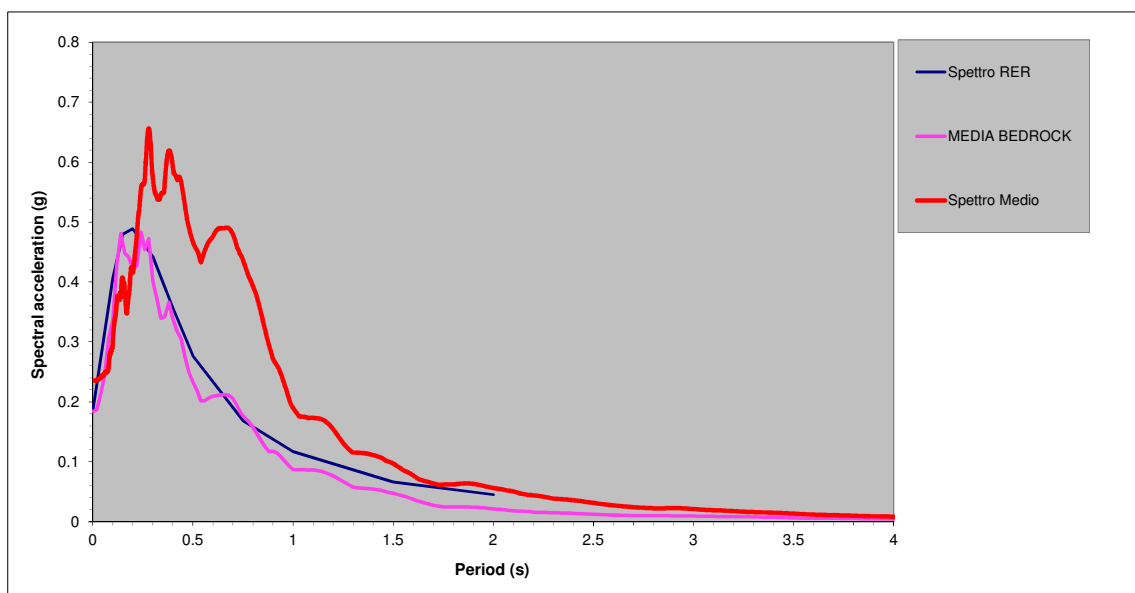
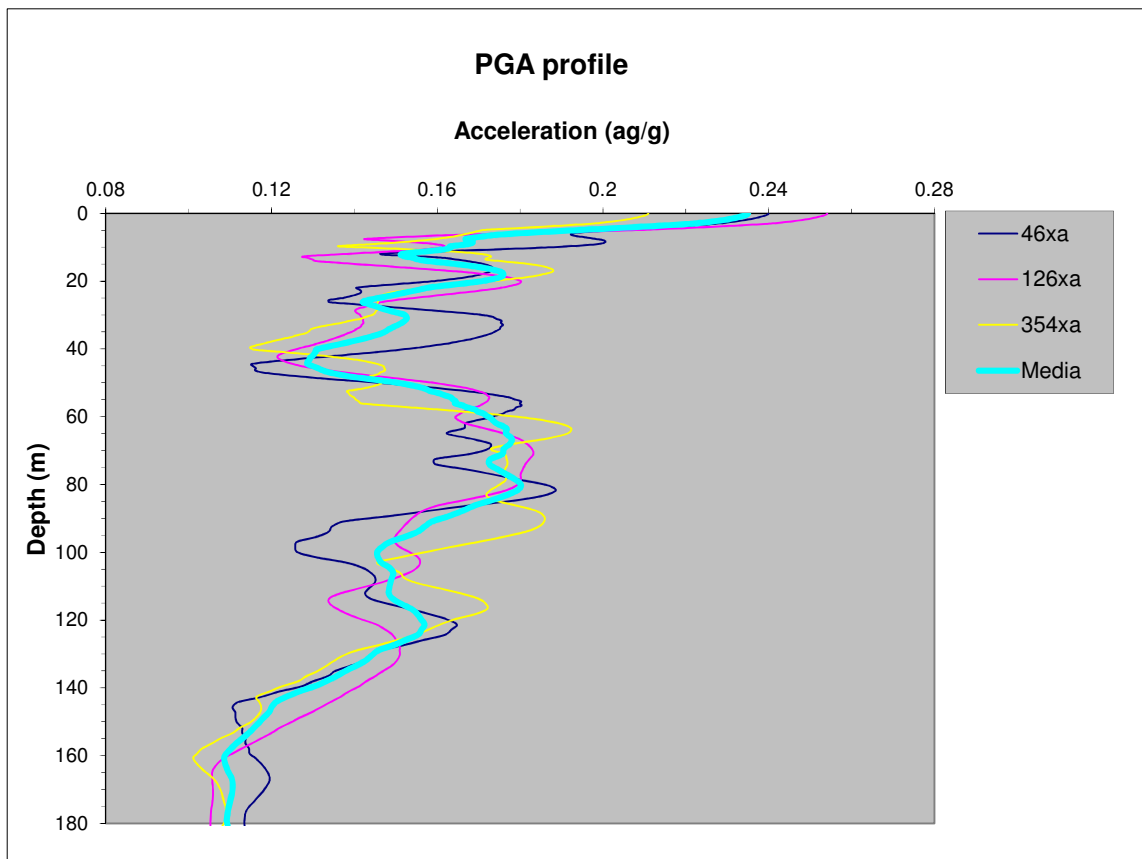
i quali vengono sinteticamente riepilogati per ciascuna zona in coda ai relativi profili e spettri.

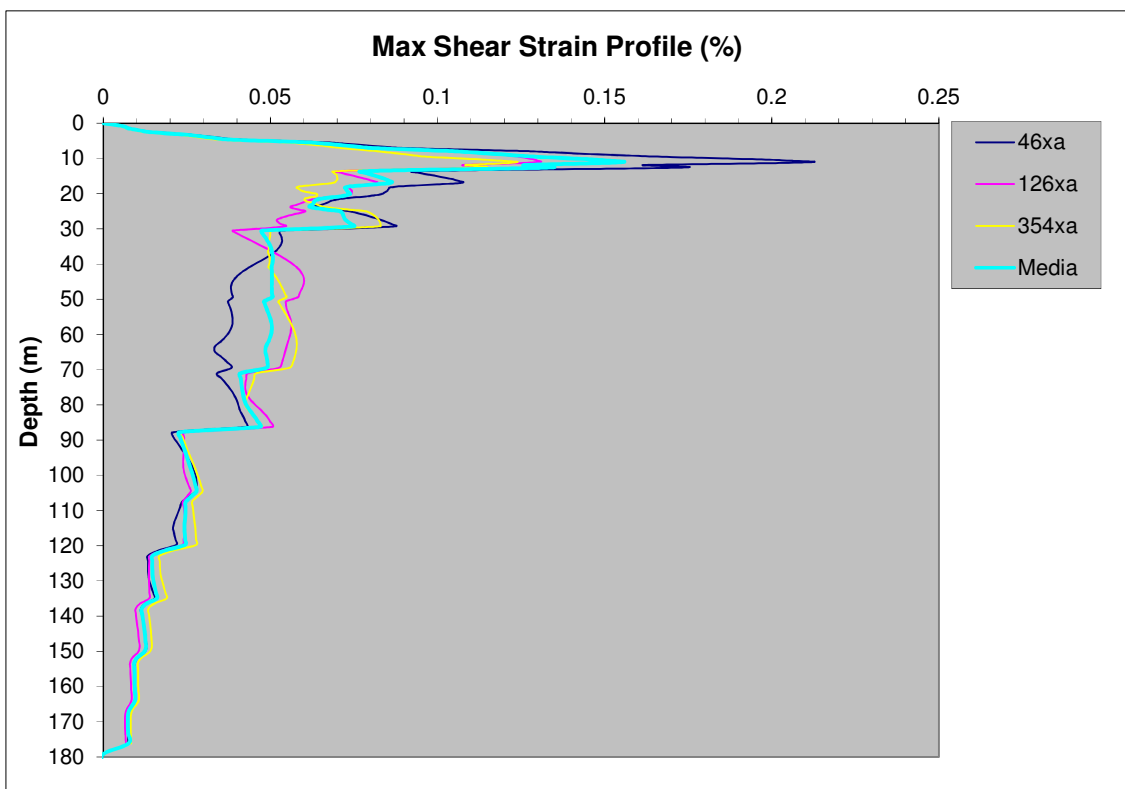
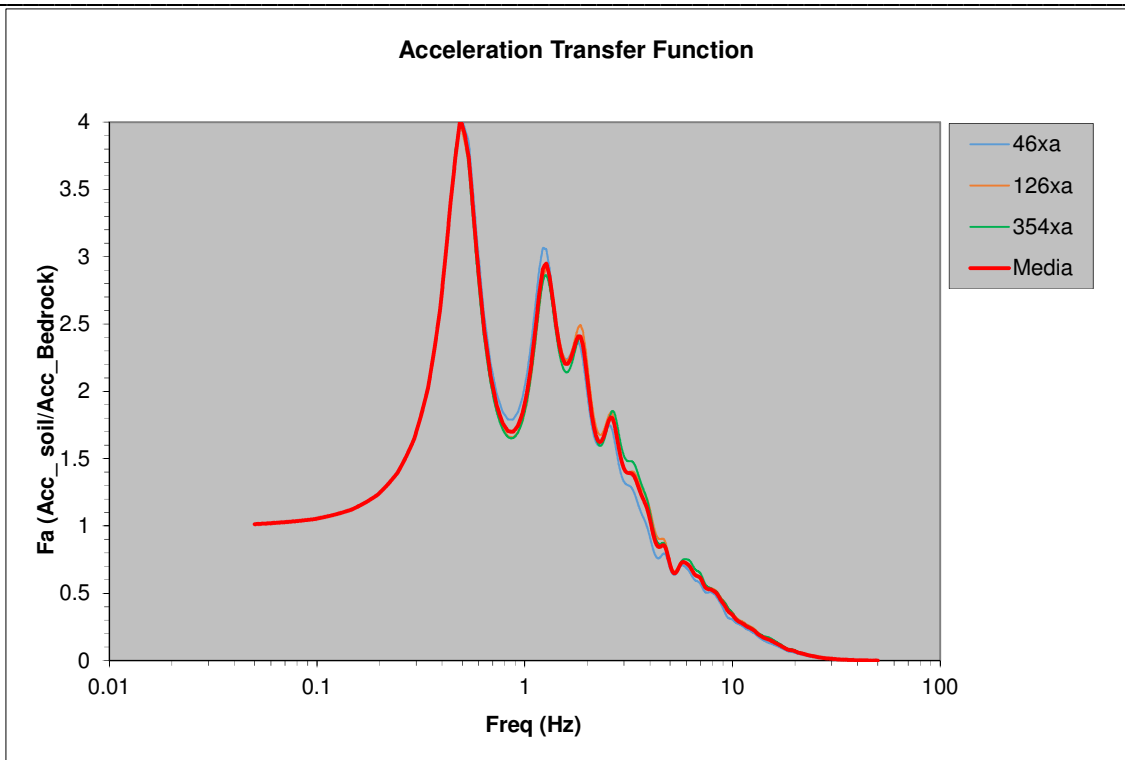
In coda a ciascuna verticale di verifica viene riportato anche il relativo valore di V_{SH} (nel caso specifico riferibile a V_{s30} in virtù della significativa profondità del bedrock sismico) onde consentire un eventuale confronto con i parametri tabellari proposti negli abachi regionali e/o delle ICMS.

In allegato n. 1 vengono riportati i parametri di scuotimento desumibili per gli accelerogrammi di input/output, mentre in allegato n. 2 vengono riportati i dati afferenti allo spettro elastico medio di output.

I dati numerici relativi ai singoli spettri vengono inoltre forniti nell’apposito database secondo le modalità definite negli standard di archiviazione dei dati.

ZONA 1





$V_{sH}(0-30)=0.215$ (m/s)

$PGA=0.235$

$F_{PGA}=1.280$

Fattori SA:

		Periodo(s)	Bedrock		Soil		FA
INT SPETT.	SA1	0.1-0.5	0.159377		0.204000		1.280
INT SPETT.	SA2	0.4-0.8	0.095763		0.191867		2.004
INT SPETT.	SA3	0.7-1.1	0.054374		0.118571		2.181
INT SPETT.	SA4	0.5-1.5	0.122829		0.264612		2.154

Fattori SI:

		Periodo(s)	Bedrock		Soil		FA
INT SPETT.	SI1	0.1-0.5	6.792155		10.024546		1.476
INT SPETT.	SI2	0.5-1.0	9.627480		22.540339		2.341
INT SPETT.	SI3	0.5-1.5	16.115741		35.813817		2.222

ASl_{pu}/ΔT= 402.498169

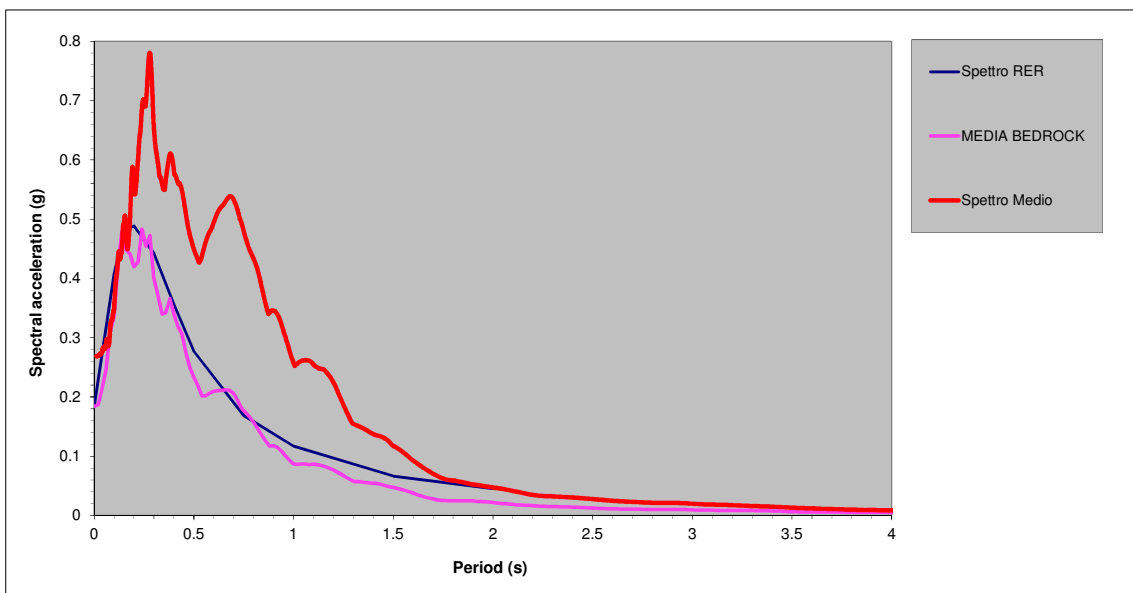
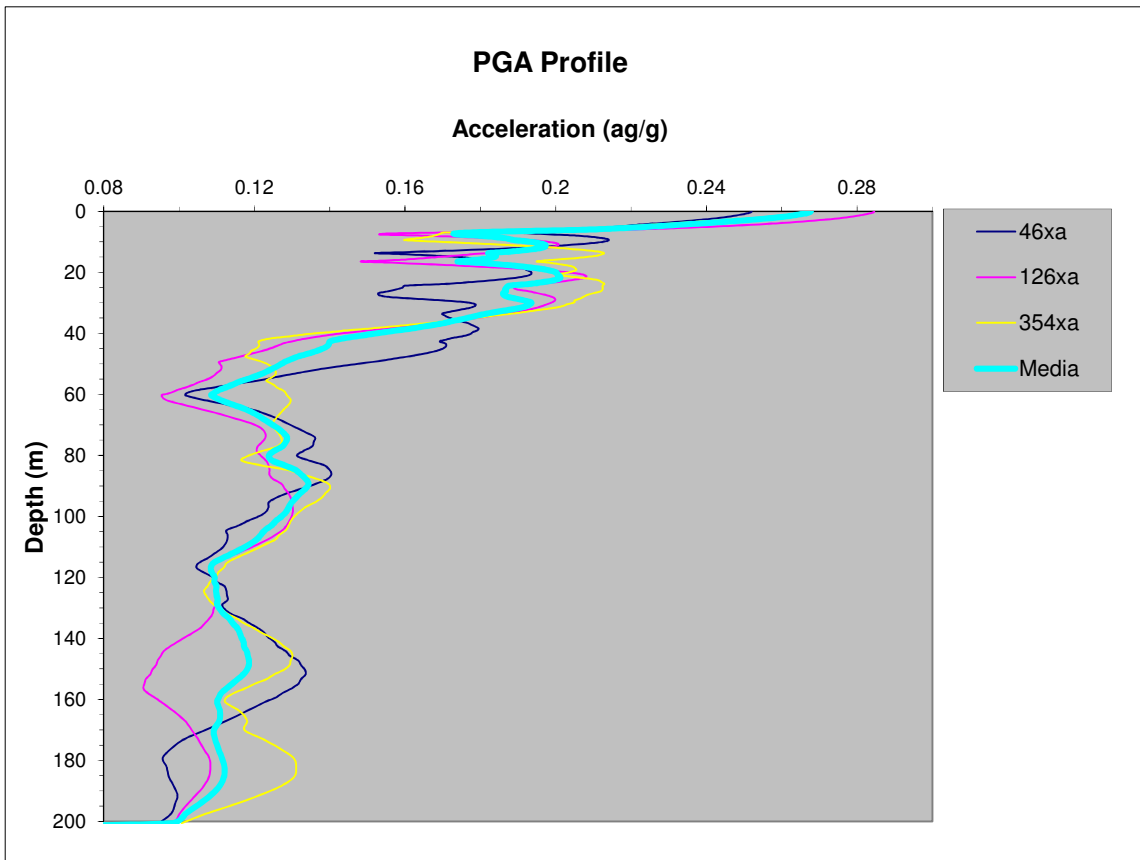
H_{SM}= 515.191

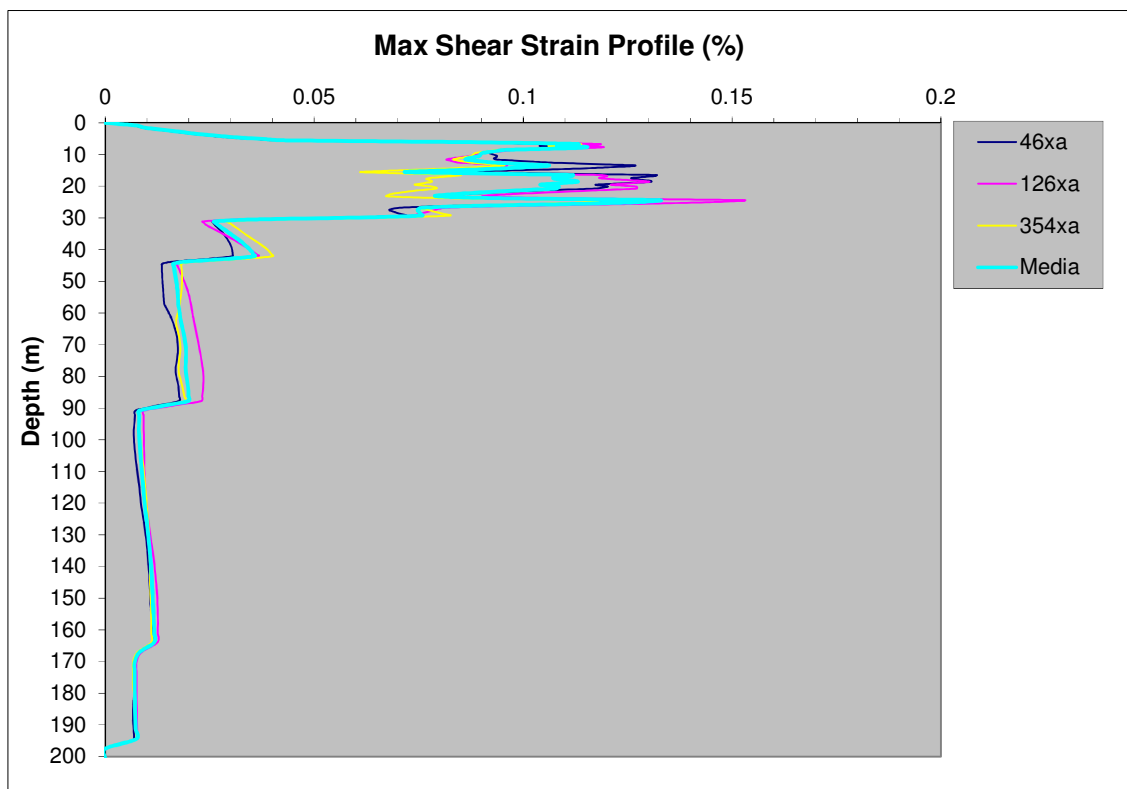
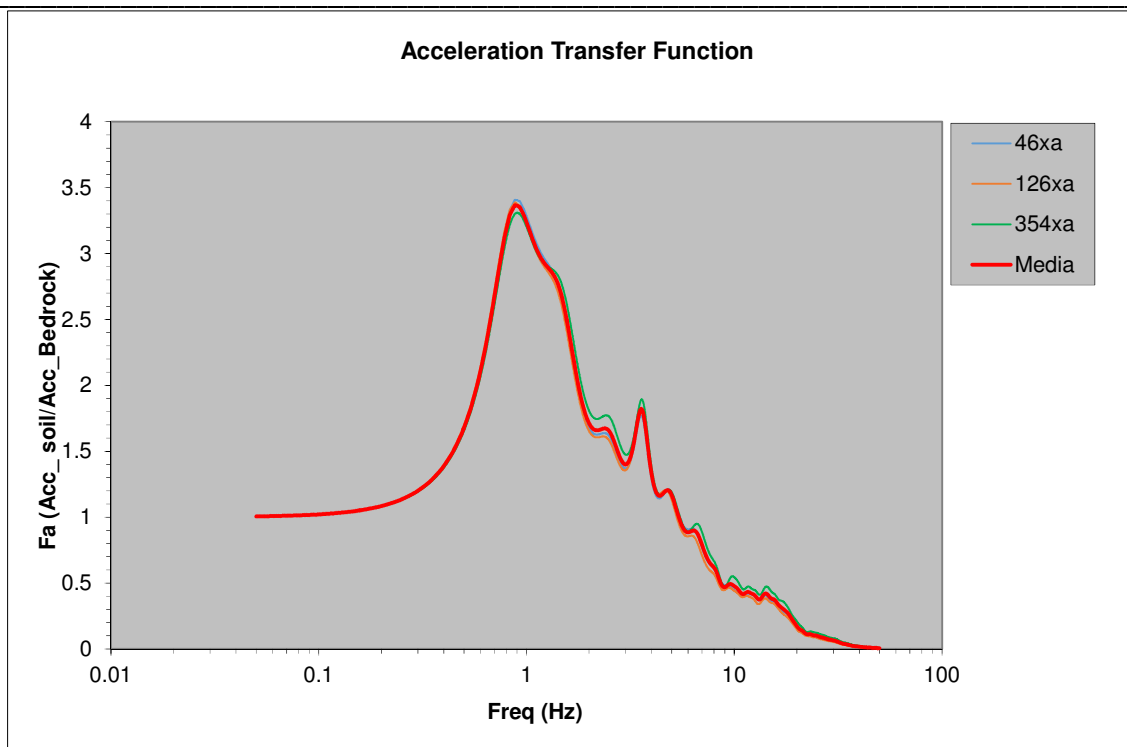
H₀₄₀₈= 470.393

H₀₇₁₁= 290.696

H₀₅₁₅= 259.496

ZONA 2





$V_{sH}(0-30)=0.226$ (m/s)

$PGA=0.268$

$F_{PGA}=1.458$

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
 Relazione Tecnico Illustrativa

Fattori SA:

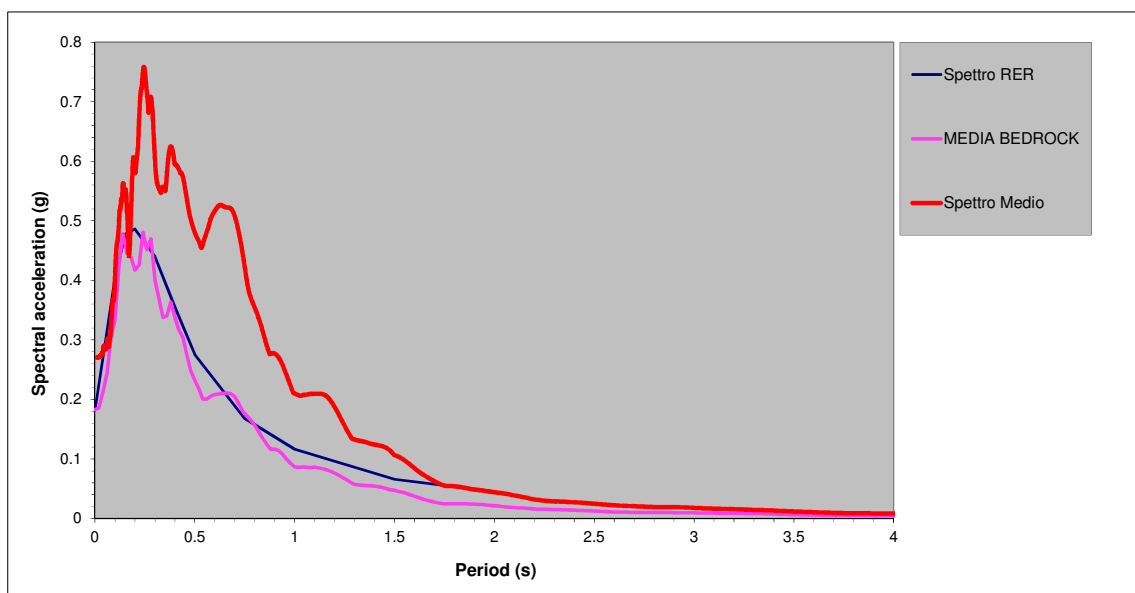
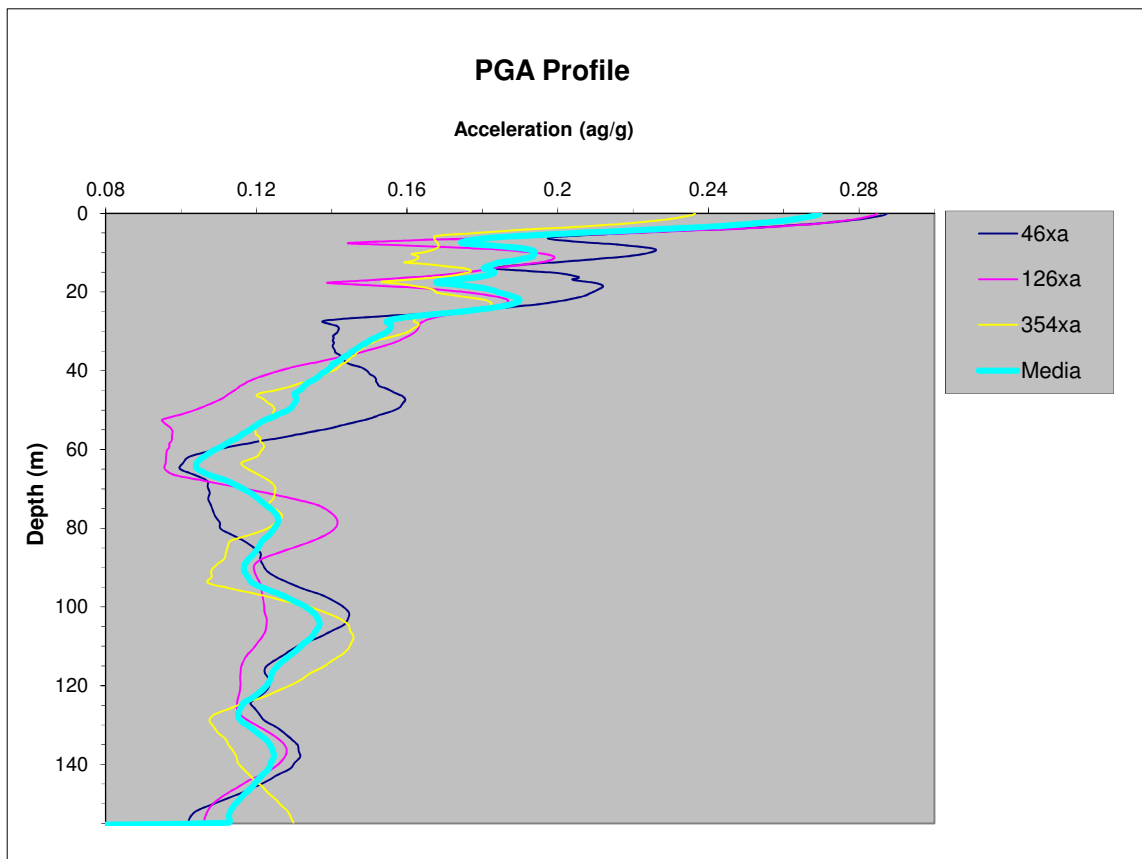
		Periodo(s)	Bedrock		Soil		FA
INT SPETT.	SA1	0.1-0.5	0.159377		0.225718		1.416
INT SPETT.	SA2	0.4-0.8	0.095763		0.198499		2.073
INT SPETT.	SA3	0.7-1.1	0.054374		0.143268		2.635
INT SPETT.	SA4	0.5-1.5	0.122829		0.311489		2.536

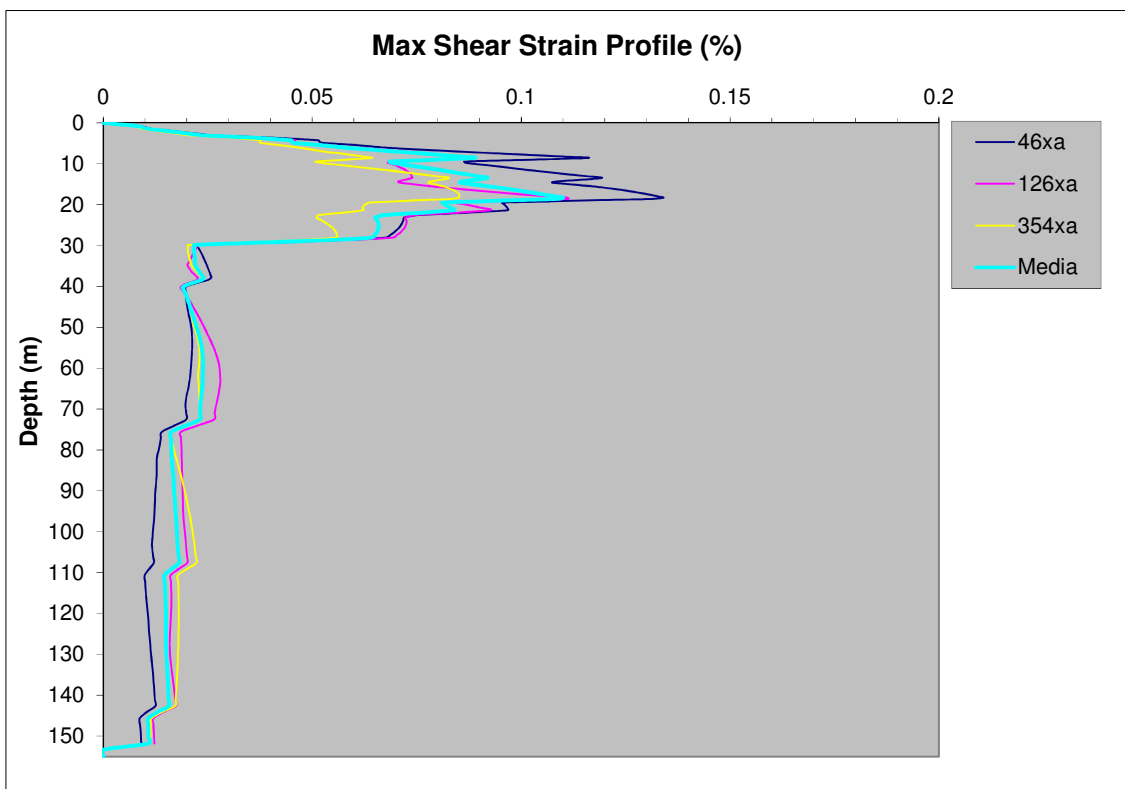
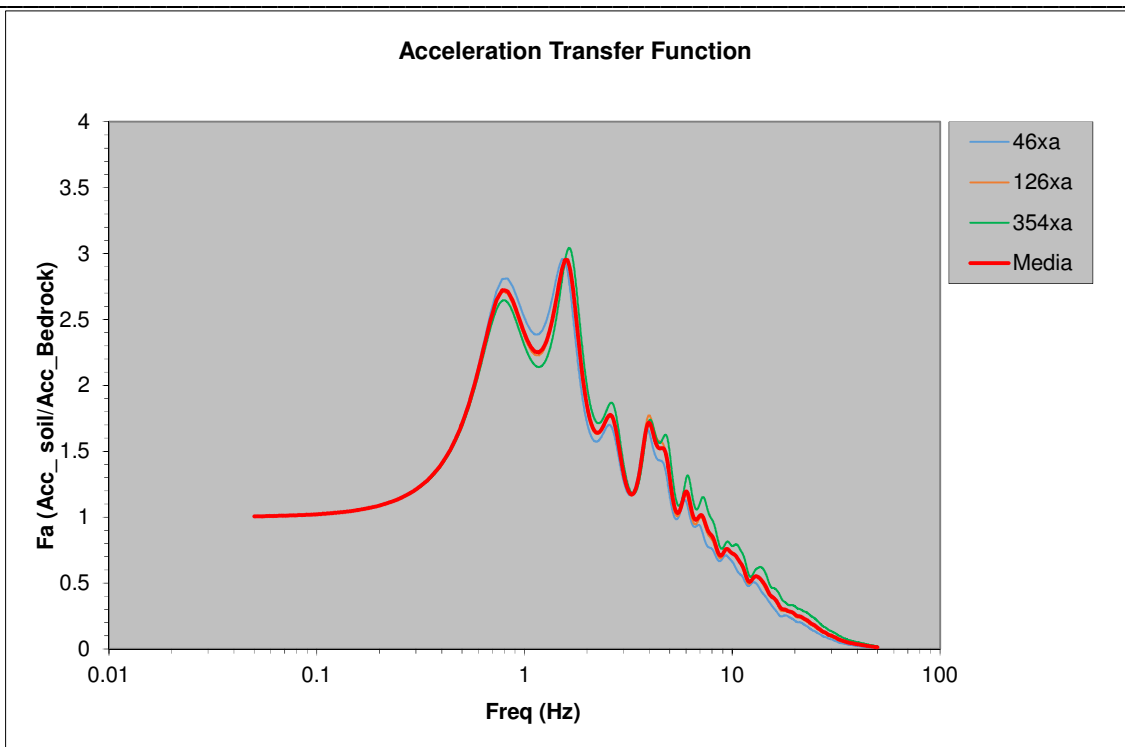
Fattori SI:

		Periodo(s)	Bedrock		Soil		FA
INT SPETT.	SI1	0.1-0.5	6.792155		10.710674		1.577
INT SPETT.	SI2	0.5-1.0	9.627480		25.117864		2.609
INT SPETT.	SI3	0.5-1.5	16.115741		43.394173		2.693

ASl_{pu}/ΔT= **402.498169**
H_{SM}= **570.038**
H₀₄₀₈= **486.651**
H₀₇₁₁= **351.245**
H₀₅₁₅= **305.467**

ZONA 3





$V_{sH}(0-30)=0.233$ (m/s)

$PGA=0.270$

$F_{PGA}=1.476$

Fattori SA:

		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SA1	0.1-0.5	0.158511	0.233349	1.472
INT SPETT.	SA2	0.4-0.8	0.095243	0.197850	2.077
INT SPETT.	SA3	0.7-1.1	0.054079	0.119279	2.206
INT SPETT.	SA4	0.5-1.5	0.122162	0.280095	2.293

Fattori SI:

		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SI1	0.1-0.5	6.755260	11.017026	1.631
INT SPETT.	SI2	0.5-1.0	9.575197	22.841114	2.385
INT SPETT.	SI3	0.5-1.5	16.028168	38.357948	2.393

ASl_{pu}/ΔT= 405.146869

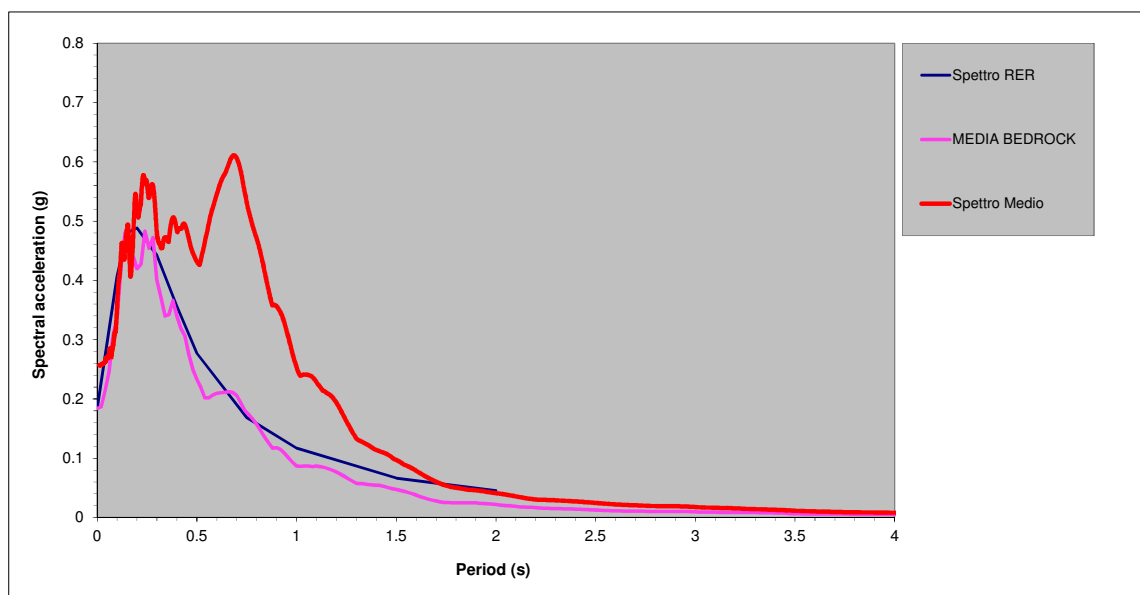
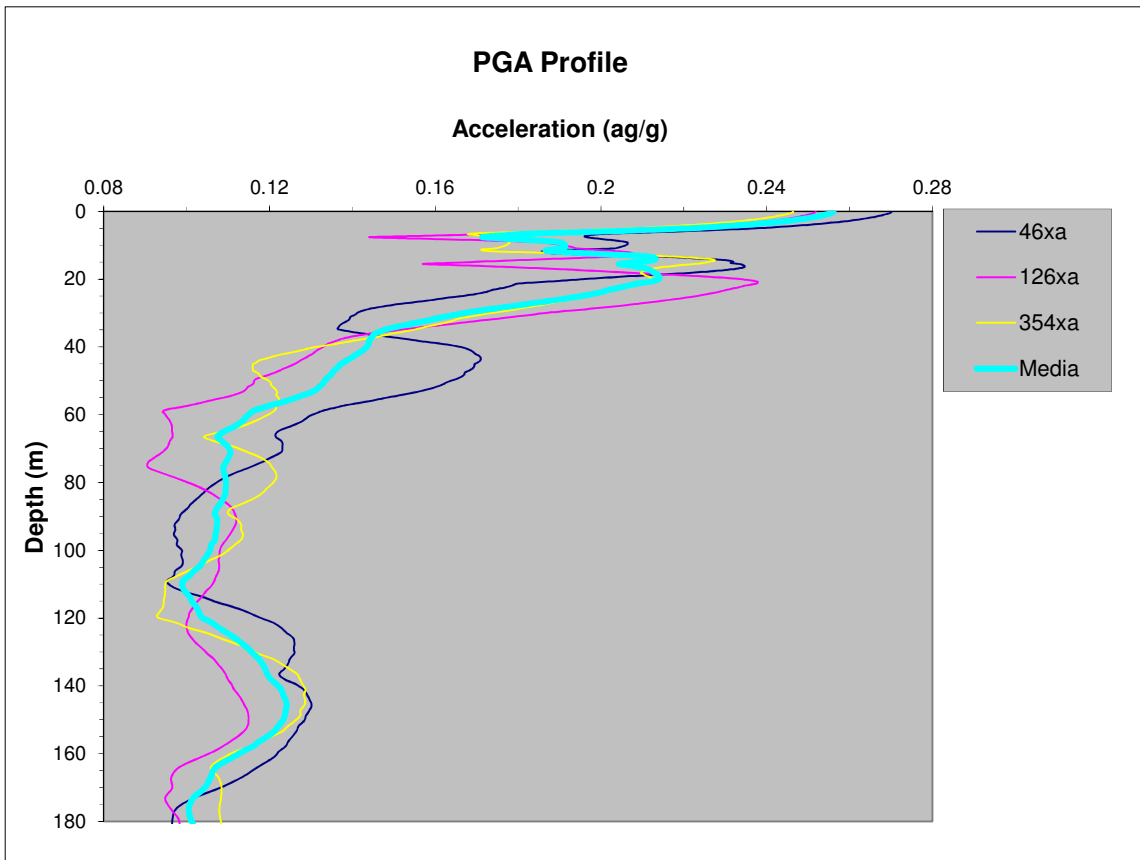
H_{SM}= 596.430

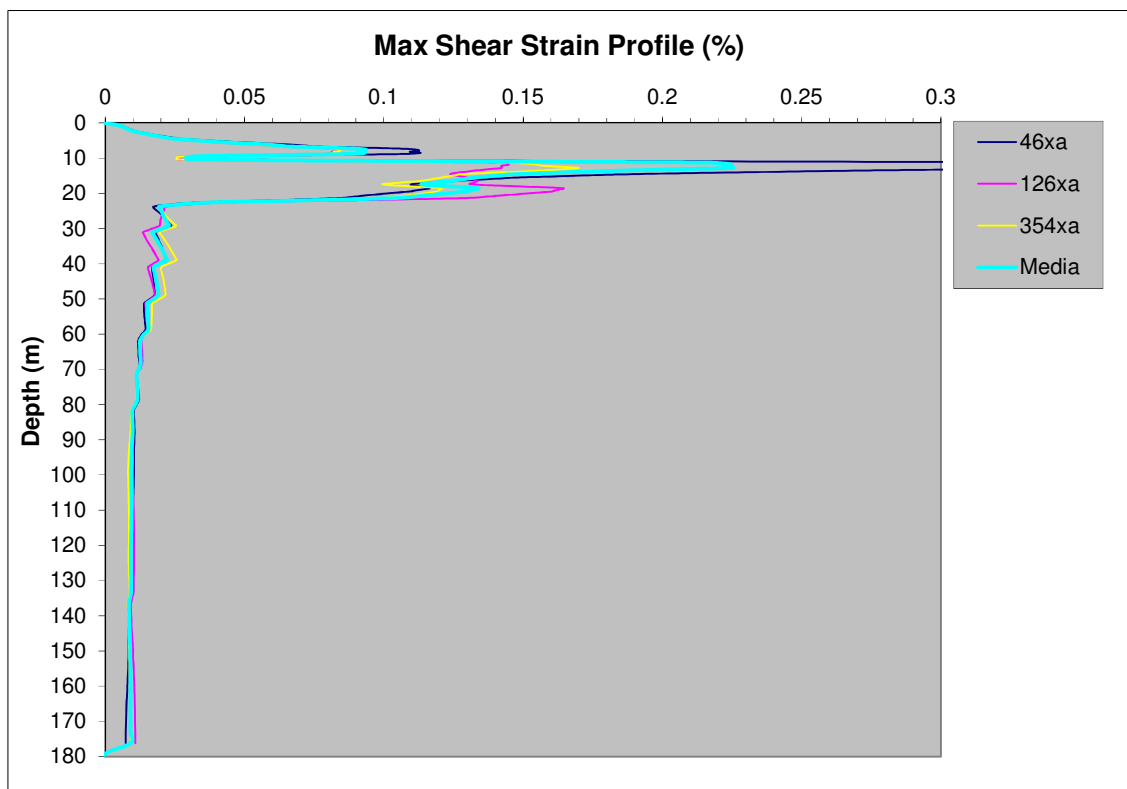
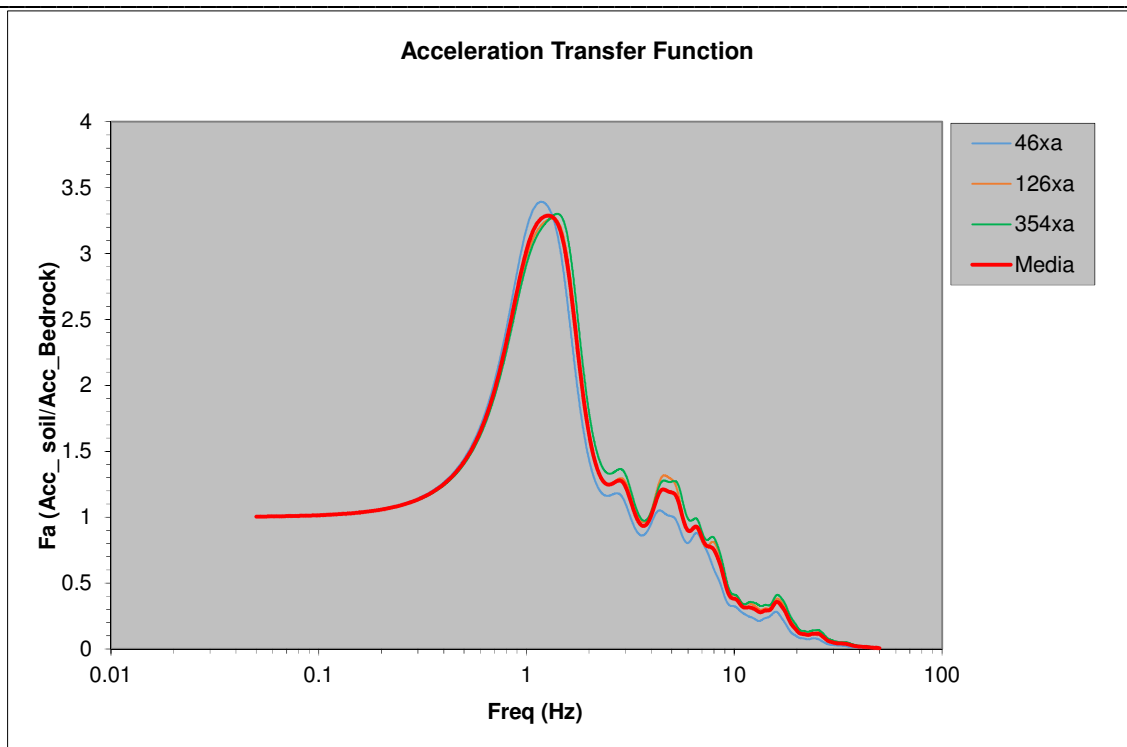
H₀₄₀₈= 485.060

H₀₇₁₁= 292.433

H₀₅₁₅= 274.680

ZONA 4





$V_{sH}(0-30)=0.270$ (m/s)

$PGA=0.256$

$F_{PGA}=1.394$

Fattori SA:

		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SA1	0.1-0.5	0.159377	0.195058	1.224
INT SPETT.	SA2	0.4-0.8	0.095763	0.207739	2.169
INT SPETT.	SA3	0.7-1.1	0.054374	0.149805	2.755
INT SPETT.	SA4	0.5-1.5	0.122829	0.316444	2.576

Fattori SI:

		Periodo(s)	Bedrock	Soil	FA
INT SPETT.	SI1	0.1-0.5	6.792155	9.171127	1.350
INT SPETT.	SI2	0.5-1.0	9.627480	26.967235	2.801
INT SPETT.	SI3	0.5-1.5	16.115741	42.854315	2.659

AS_{Ipu}/ΔT=	405.146869
H_{SM}=	495.849
H₀₄₀₈=	509.307
H₀₇₁₁=	367.272
H₀₅₁₅=	310.325

Il trend che è possibile osservare è imputabile ad un modesto ma generale incremento di rigidità sismica degli orizzonti alluvionali e marini procedendo da Nord verso Sud, particolarmente evidente fra le zone *RSL-01* e *02* e, talora in corrispondenza di *RSL-04*, caratterizzata da una più cospicua presenza di orizzonti ghiaiosi.

6.2. Potenziale di liquefazione

6.2.1 Suscettibilità a liquefazione ed analisi tramite metodi semplificati

Il comportamento non drenato dei terreni incoerenti superficiali soggetti ad elevate deformazioni cicliche (con ridotta capacità di drenaggio in relazione alla velocità di applicazione dei carichi), per la natura sostanzialmente incompressibile dell'acqua, può indurre la generazione di sovrappressioni interstiziali in grado di portare il terreno a liquefazione.

In prima battuta è quanto mai opportuno ricordare le evidenze storiche riguardo la periodica occorrenza di tali fenomeni lungo le coste romagnole in occasione dei maggiori terremoti storici conosciuti; specificamente, in base alle cronache, gli effetti legati all'evento del 1916 sono risultati particolarmente intensi sul tratto meridionale della costa romagnola, in conseguenza sia della magnitudo che della posizione degli epicentri, in quanto le relative sorgenti sismogenetiche sono individuabili (nel database DISS3) a poche miglia dalla costa, lungo lo specchio di mare frontistante i comuni di Rimini, Riccione, Misano e Cattolica, (sorgenti ITCS030, ITIS033, ITIS034).

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Le evidenze storiche in termini di effetti sul territorio vengono riportate nel recente catalogo di Galli P. (2000) e nel web-gis *Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai forti Terremoti (CEDIT)* - CERI dell'Università "Sapienza" di Roma, che censisce gli effetti indotti sul terreno da terremoti storici verificatisi in un arco temporale che va dall'anno 1000 d.C. al 2016 e di cui, in figura 6.3, ne viene riportato uno stralcio raffigurante gli eventi principali geolocalizzati lungo la costa della Provincia Riminese e nei tratti costieri limitrofi.

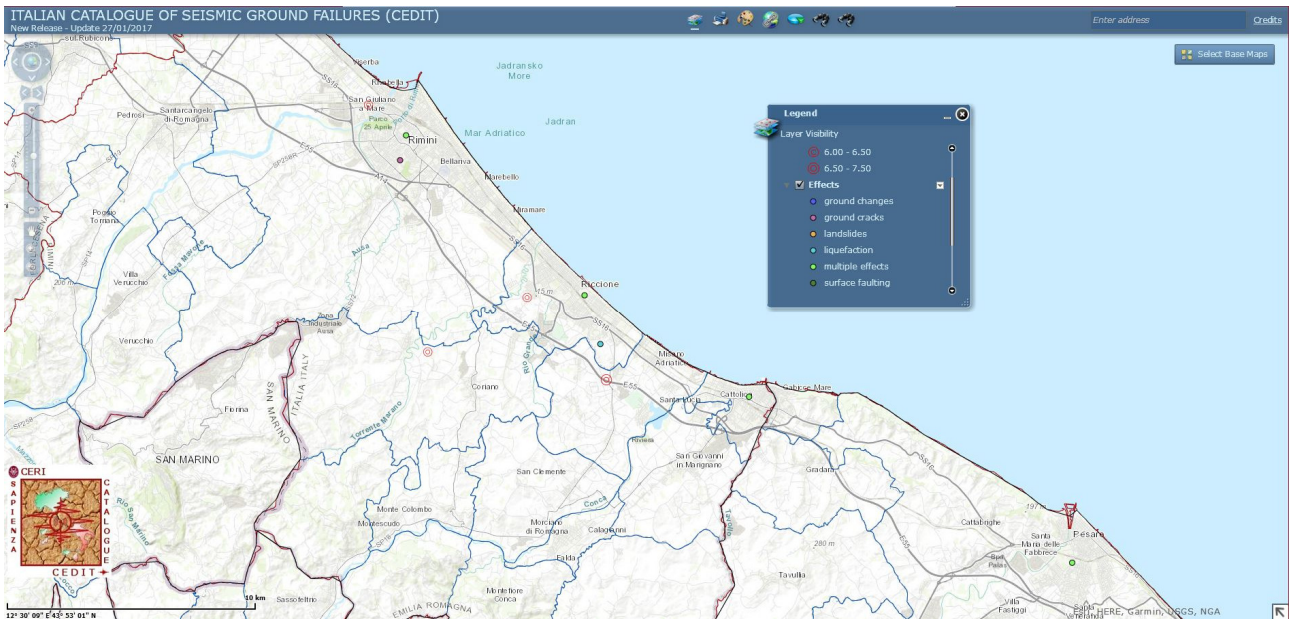


Figura 6.3 – Stralcio web-gis “Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai forti Terremoti (CEDIT)” - CERI dell'Università “Sapienza” di Roma.

Una prima indicazione in merito alla suscettibilità a liquefazione in condizioni sismiche dei terreni si può ottenere attraverso la sovrapposizione delle curve di distribuzione granulometrica dei campioni già utilizzati per la MS di livello I-II prelevati con i campi di potenziale liquefacibilità proposti da Tsuchida H. (1970). In tal caso essi ricadono entro i campi di potenziale suscettibilità per terreni Coefficiente di Uniformità $U_c < 3.5$ e $U_c > 3.5$.

In via generale, per verificare e quantificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione possono essere impiegate le procedure che, nell'ambito dell'Ingegneria Geotecnica Sismica, sono denominate ‘metodi semplificati’. Tali metodi, applicabili solo nelle condizioni di piano di campagna orizzontale o con deboli pendenze e depositi olocenici, richiedono la valutazione, fino alla profondità critica da p.c., del coefficiente di sicurezza FS .

Se il fattore $FS > 1,0$ la liquefazione è da escludere; se $FS < 1,0$ è invece possibile che avvengano fenomeni di liquefazione, ma in ogni caso vanno verificati anche i cedimenti post-sismici sia in sabbie sature che fuori falda, nonché in argille particolarmente compressibili potenzialmente soggette a fenomeni degradazione ciclica.

Nel caso specifico si sono utilizzate solo le penetrometrie CPTe/u eseguite e di archivio (vedi carta delle indagini e report in allegato 3), avvalendosi delle prove CPT con punta meccanica solo per considerazioni generali e correlazioni di tipo litostratigrafico; ciò ha consentito di valutare la stratigrafia lungo la costa a partire dal piano campagna attuale costantemente fino ad almeno – 20.0 mt; tuttavia oltre i 18/20 mt da p.c. la pressione litostatica tende ragionevolmente ad inibire il fenomeno e a rendere superflue tali valutazioni se non per situazioni o soluzioni progettuali particolari.

In base alla ricostruzione stratigrafica generale si possono fare le seguenti assunzioni generali:

- I litotipi prevalentemente sabbiosi che costituiscono le Unità A e B, rientrano nei fuso granulometrici dei sedimenti incoerenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione” come indicato in normativa DGR 630/2019, DM2018 (par. 7.11.3.4.2) e Linee Guida AGI 2005 (terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$)
- i terreni appartenenti all’Unità C, a prevalente contenuto limo – argilloso e dotati di significativo comportamento plastico ($FC > 20\%$ e Indice Plastico $IP > 10$), risultano ricadere al di fuori dei fusi granulometrici dei sedimenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione” secondo quanto indicato al punto n. 3 del paragrafo A1 dell’Allegato A3 - DGR 630/2019 nonché secondo quanto ipotizzato da vari autori (Seed - Idris 1967, Kishide 1970, Tsuchida, 1970).
- Gli occasionali orizzonti sabbiosi centimetrici/decimetri, occasionalmente intercalati all’interno dell’Unità C, sebbene rientranti fra quelli potenzialmente liquefacibili, dati la scarsa continuità laterale, le elevate pressioni litostatiche di confinamento e l’elevato spessore di terreni coesivi argillosi soprastanti, può essere ritenuto inibito ed ininfluenza dal punto di vista del potenziale di liquefazione atteso.
- Solo modestissimi ed occasionali orizzonti di limi-argillosi all’interno dell’Unità C, risultano caratterizzati da bassissima resistenza alla punta ed elevata compressibilità e, quindi, localmente risultano potenzialmente suscettibili di degradazione ciclica della resistenza non drenata.

6.2.2 Stima del potenziale di liquefazione tramite metodi CPT

Dai dati della campagna geognostica risulta che lo spessore del corpo sedimentario sabbioso costiero (rappresentato in loco dalle Unità A e B), costituito da sabbie prevalenti e alternanze di livelli sabbiosi con sottili orizzonti limosi ed argillosi ma a comportamento generale prettamente incoerente, risulta variabile fra i valori di circa 5.5-8.0 mt (eccetto le zone di chiusura contro la paleo falesia in cui va assottigliandosi per chiudersi a becco di flauto); tuttavia alla base del cuneo sabbioso, talora, sono presenti orizzonti metrici di sabbie limose alluvionali e/o ghiaietto di barra di foce, determinando un’ulteriore spessore locale di materiali incoerenti potenzialmente liquefacibili. Data l’estensione dell’area in studio, si sono adottate le azioni sismiche derivate dalla suddivisione in 4 microzone omogene in relazione agli assetti geologici e stratigrafici adottati per la modellazione di RSL.

La stima del potenziale di liquefazione può essere effettuata in condizioni “free-field” con i “metodi semplificati” indicati in Allegato A3 della DGR 630/2019 , e a tal fine per ogni verticale si è utilizzato il picco di accelerazione massima in superficie a_{max} (PGA) desunto, per ciascuna zona di RSL, mediante analisi della risposta locale sotto l’azione sismica di riferimento.

Per il caso in esame risulta possibile analizzare la potenziale liquefacibilità dei terreni attraverso metodi basati sullo stato tensionale in cui il fattore di sicurezza alla liquefazione viene definito tramite il rapporto tra resistenza ciclica *CRR* e azione sismica di progetto *CSR* (Cyclic Stress Ratio) per cui $FS=CRR/CSR$; in particolare ci si può avvalere di metodologie di tipo storico – empirico fra cui quelle basate su prove CPT come raccomandato nelle Linee Guida AGI 2005 e ICMS 2008.

Per quanto riguarda la scelta del metodo si è adottata la formulazione di Robertson 2009 (R09), ritenuta particolarmente idonea e riconosciuta per affidabilità e diffusione a livello internazionale e nel mondo accademico; in particolare poi la stima in continuo del contenuto in fine % *FC* (Robertson & Fear, 1995) risulta ben calibrata sulla situazione litostratigrafica e granulometrica dei sedimenti in posto. Tale metodo, in assenza di puntuali e diffuse prove di laboratorio, consente una stima della resistenza ciclica di riferimento sulla scorta della resistenza alla punta in funzione del parametro di comportamento del terreno *I_c* (soil behavior index), in quanto il valore di resistenza ciclica finale dei terreni è influenzato da diversi fattori genetici e costitutivi oltre al solo “contenuto in fine apparente”.

Fra gli altri metodi altrettanto riconosciuti quali ad es. quello proposto Idriss-Boulanger (2014), nonostante abbia comportato un ulteriore aggiornamento di alcuni parametri e delle case-history di riferimento, a parere dello scrivente risulta molto sensibile alle valutazioni/stime del contenuto in fine dei terreni e, il modello di interpretazione dell’*FC* insito nel metodo, richiederebbe un’approfondita e specifica calibrazione basata su di un vasta base di dati di laboratorio.

In tal senso per l’analisi di tipo areale ed in base ai riscontri ottenuti da studi pregressi in aree limitrofe del medesimo ambito costiero, al grado di conoscenza della stratigrafia, di affidabilità delle prove e dei dati utilizzati, si è scelto di utilizzare il metodo di Robertson 2009 (R09) adottando un adeguato fattore di sicurezza di riferimento al fine di garantire lo stesso grado di confidenza, in termini probabilistici, proprio degli altri metodi CPT maggiormente diffusi in letteratura (IB2014, IB08, Moss 2006).

Per una stima del rischio in termini probabilistici, il valore di *PL* riferito al singolo strato ed al relativo *FS*, ricavato tramite il metodo di Robertson, può essere definito attraverso la formulazione di Ku et al. (2012),

per cui $P_L = 1 - \Phi \left[\frac{0.102 + \ln(F_s)}{0.276} \right]$ (con Φ = distribuzione standard normale), secondo il quale a valori soglia di $FS=1.2$ corrisponde una probabilità di accadimento pari a $PL=15\%$.

Anche secondo un approccio deterministico, tale soglia di *FS* viene altresì raccomandata dall’autore per valutazioni inerenti opere ordinarie (comunicazione personale) perché il metodo mantiene, comunque, un certo grado di conservatività.

L'adozione dei metodi semplificati di verifica a liquefazione, in relazione alle condizioni di pericolosità sismica generale ed alla stima dei carichi ciclici ipotizzabili, richiede l'adozione di una M_w (magnitudo momento) di riferimento che, per il caso in esame, viene stimata pari a $M_w=6.16$.

La verifica di calcolo, riportata in allegato n. 3, è stata effettuata come da normativa attraverso l'utilizzo del software CLiq vers. 2.3.1.15 della software house Geologismiki, utilizzando le prove Cpte/u identificate nella "Carta delle Indagini" e riportate nel database, la cui stratigrafia è stata discretizzata mediando i valori ottenibili secondo orizzonti di 5 cm.

Il metodo $R09$ è basato su un proprio fattore caratteristico di scalatura della magnitudo (MSF) 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. Essendo uno studio di tipo areale ed in assenza di specifiche indicazioni progettuali il calcolo è stato effettuato assumendo condizioni di free-field ed un livello di falda ipotizzabile in condizioni di massimo innalzamento medio stagionale.

Dall'analisi congiunta degli accelerogrammi utilizzati per le analisi di RSL , oltre alla PGA media attesa a suolo libero è stato definito anche il profilo medio di CSR . Tuttavia ai fini dell'azione sismica, trattandosi di ampie aree di studio nonché in riferimento alle indicazioni contenute nel NASEM Report-2016, si è optato per l'utilizzo della sola PGA ricavata per ciascuna delle zone studiate $RSL-01$, $RSL-02$, $RSL-03$ e $RSL-04$, per cui i rispettivi valori (arrotondati) risultano pari a:

PGA1=0.24 ag/g

PGA2=0.27 ag/g

PGA3=0.27 ag/g

PGA4=0.26 ag/g

Il piano/quota di riferimento utilizzato per le verifiche è pari al piano campagna attuale (p.c.).

Come indicatore di rischio complessivo, oltre al valore di FS per ciascun singolo strato, viene stimato anche il potenziale di liquefazione " IPL " lungo la colonna stratigrafica fino alle profondità sondate secondo il metodo di Iwasaki et Al. 1982, come recentemente rivisto ed aggiornato da Sonmez (2003), integrando in modo pesato il potenziale di liquefazione di ciascuno strato su tutto il profilo stratigrafico indagato e per cui:

IWASAKI 1982

$IPL=0$ Rischio liquefazione molto basso

$0 < IPL \leq 5$ Rischio liquefazione basso

$5 < IPL \leq 15$ Rischio liquefazione alto

$IPL > 15$ Rischio liquefazione molto alto

SONMEZ 2003

$IPL=0$ Rischio liquefazione molto basso

$0 < IPL \leq 2$ Rischio liquefazione basso

$2 < IPL \leq 5$ Rischio liquefazione moderato

$5 < IPL \leq 15$ Rischio liquefazione alto

$IPL > 15$ Rischio liquefazione molto alto

In funzione del FS calcolato sono stati determinati, altresì, le deformazioni massime (γ_{max} - LDI) ed i cedimenti attesi (ε_v - ΔSi) nei terreni sia in falda che fuori falda (Zhang, 2002, Priebe, 1998), siano essi incoerenti che coesivi (rispettivamente per deformazione volumetrica/riaddensamento e riconsolidazione; Robertson metodo “All Soil, 2009”).

In allegato n. 3-4 viene altresì illustrata anche l’entità dei cedimenti post-sismici attesi ΔS , cumulativa sia per terreni incoerenti che coesivi i quali, all’interno di ciascuna zona, presentano una modesta variabilità areale.

A titolo di riferimento Ishihara e Yoshimine (1992), in relazione ai cedimenti stimati ed al grado di danneggiamento/effetti attesi al suolo, identificano tre ambiti di pericolosità per cui:

Cedimento (cm)	Grado di danneggiamento
$\Delta S < 10$	Assente - Lieve
$10 < \Delta S < 30$	Medio
$\Delta S > 30$	Esteso - Severo

Infine in relazione al rapporto di spessore fra gli strati liquefacibili/non liquefacibili altri autori (Crespellani et. al. 1988; Ishihara, 1985; Youd e Garri 1994, 1995) e della relativa profondità schematizzano la possibilità di propagazione verso l’alto e di avere manifestazioni superficiali in funzione del moto sismico atteso (vedi figura 6.4).

In ultimo, a supporto del giudizio complessivo e sui potenziali effetti sulla stabilità del terreno e delle strutture è opportuno valutare anche altri indicatori di pericolosità quale il parametro LSN (Van Ballegooy et al., 2013) (vedi allegato 4).

Tali indicatori, infatti, portano a stimare rispettivamente la probabilità di sviluppo del fenomeno in relazione all’IPL e gli scenari di deformazione/danno attesi in superficie sulla base dell’assetto stratigrafico rilevato e del rapporto fra orizzonti liquefacibili/non liquefacibili; ciò consente un giudizio più approfondito sul potenziale di danneggiamento e sulla severità delle manifestazioni superficiali attese.

Il valore di LSN viene ricavato tramite l’integrazione, su tutta la colonna stratigrafica, del coefficiente di riconsolidazione verticale ε_v calcolato con il metodo di Zhang et al. (2002). In tal modo vengono definiti i seguenti valori e scenari di riferimento:

$$LSN = 1000 \cdot \int \frac{\varepsilon_v}{z} \cdot dz$$

<i>LSN Range</i>	<i>Predominant performances</i>
<i>0 ÷ 10</i>	<i>Little to no expression of liquefaction, minor effects</i>
<i>10 ÷ 20</i>	<i>Minor expression of liquefaction some sand boil</i>
<i>20 ÷ 30</i>	<i>Moderate expression of liquefaction, with sand boil and structural damage</i>
<i>30 ÷ 40</i>	<i>Moderate to severe expression of liquefaction, settlement can cause structural damage</i>
<i>40 ÷ 50</i>	<i>Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlement of structure</i>
<i>>50</i>	<i>Severe damage, extensive evidence of liquefaction at surface, severe total and differential settlement affecting structure, damage to services</i>

Gli scenari di danno stimabili con il parametro *LSN* risultano significativamente condizionati dal rapporto tra strati liquefacibili/non liquefacibili, la loro posizione e la relativa deformabilità, cosa che il metodo, sulla scorta di prove ad alta risoluzione (quali CPTe/u), riesce a discriminare con buona attendibilità.

In linea generale, osservando la carta di microzonazione, è possibile apprezzare trend generali per cui i valori di IPL e cedimento e, quindi, di pericolosità per liquefazione, tendano ad aumentare progressivamente procedendo da monte verso mare commisuratamente all'aumento degli spessori del prisma sabbioso costiero; per buona parte del territorio urbanizzato, tali valori risultano essere caratteristici di un potenziale da medio ad alto. Coerentemente è possibile individuare una fascia a basso potenziale, lungo la parte centrale del paese, che si sviluppa nella zona di assottigliamento del prisma sabbioso, circa compresa tra la paleofalesia ed il tracciato ferroviario, ovvero secondo una profondità mediamente variabile fra 60 e 150 m di distanza dalla paleo falesia, in virtù dell'assetto morfologico locale.

Un altro trend di rilievo, a scala territoriale comunale, è determinato dal progressivo incremento del potenziale di liquefazione spostandosi dal settore meridionale verso nord, diventando significativamente più alto presso le zone a nord del porto canale, verosimilmente in virtù dei maggiori spessori e minore resistenza ciclica delle sabbie costituenti il primo sottosuolo. Tale trend, in assenza di una più approfondita caratterizzazione dinamica/ciclica dei materiali ed al cospetto di un minor valore di PGA atteso presso la zona RSL-01, sembrerebbe quindi essere prevalentemente imputabile ad un decremento della resistenza ciclica attesa per tali sabbie lungo il tratto centro-settentrionale della fascia costiera.

Inoltre la maggiore resistenza ciclica dei depositi costieri lungo il settore meridionale (zona RSL-04), può essere imputabile anche alla frequente presenza di orizzonti ghiaiosi ad elevata resistenza ciclica e capacità di drenaggio in corrispondenza degli orizzonti basali del cuneo sabbioso marino.

Infine, per un giudizio complessivo circa i parametri di pericolosità stimati, osservando comparativamente i rispettivi risultati per ciascuna prova, si rileva quanto segue:

- In corrispondenza di zone o prove a medesimo grado di pericolosità per IPL, i valori di cedimento post-sismico atteso risultano sostanzialmente correlabili allo spessore dei materiali potenzialmente liquefacibili, fornendo un valore conservativo senza contemplare il rapporto fra strati liquefacibili/non liquefacibili e la relativa profondità; tale aspetto talora può comportare valori di cedimento non sempre direttamente proporzionali agli andamenti di IPL.
- IPL offre una stima pesata con la profondità del grado di pericolosità in funzione della presenza e spessore lungo la verticale dei vari orizzonti liquefacibili/non liquefacibili (discretizzati secondo le situazioni $FS < 0$ o $FS > 0$), consentendo di discriminare specifiche soglie di rischio secondo valori di riferimento riconosciuti nella comunità scientifica e professionale a livello nazionale ed internazionale (IPL=0, 2, 5, 15, >15).

- LSN essendo un estimatore della severità di danno atteso in superficie risulta maggiormente sensibile allo spessore della crosta superficiale, al rapporto fra strati liquefacibili/non liquefacibili e alla relativa profondità. LSN segue generalmente i trend di pericolosità evidenziati da IPL ma rispetto a quest'ultimo, poiché ε_v varia in modo maggiormente progressivo in funzione dell'entità del fattore di sicurezza alla liquefazione, talora risulta esaltare maggiormente (in eccesso o in difetto di pericolosità) situazioni stratigrafiche specifiche.
- A fronte di valori di IPL per rischio Moderato ($2 < IPL \leq 5$) ed Alto ($5 < IPL \leq 15$), le caratteristiche geomeccaniche e stratigrafiche dei depositi costieri di Riccione determinano valori di LSN e di cedimento massimo generalmente riconducibili a manifestazioni con severità di danneggiamento attesa da bassa sino a moderata nei casi di maggior criticità o spessore dei depositi.

Chiaramente gli scenari attesi e derivabili dai metodi semplificati possono essere significativamente influenzati da ulteriori variabili di sito specifiche e sismogenetiche quali:

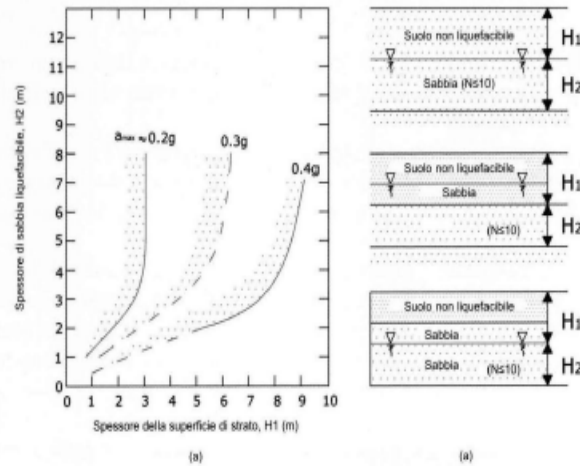
- Fenomeni di direzionalità dell'azione sismica e tipologia di faglia
- Distanza epi/ipocentrale
- condizioni idrogeologiche e/o di drenaggio locale
- configurazioni geomorfologiche particolari e/o mancanza di contenimento laterale dei terreni
- presenza di carichi piezometrici e/o falde in pressione
- presenza di gas nel sottosuolo
- fenomeni di interazione terreno struttura e/o di carichi concentrati
- preesistenza di sforzi di taglio in condizioni statiche

In allegato n. 3 si riportano i report sintetici delle verifiche a liquefazione effettuate su ciascuna area, mentre in allegato n. 4 vengono illustrate le tabelle parametriche riepilogative di tutti i corrispondenti valori di IPL, LSN e cedimento calcolati per ciascuna zona di RSL.

Qualora opere edilizie, infrastrutture o aree di previsione urbanistica ricadano a cavallo dei limiti di potenziale di liquefazione di riferimento (es. $IPL=2$ o $IPL=5$) e/o di zone caratterizzate da differente fattore di amplificazione sismica, sarà opportuno associare ad esse il parametro di pericolosità più conservativo nell'ambito di variazione; nel caso le aree o infrastrutture interessate da tale intersezione risultino di significativa estensione, tale approccio andrà adottato per un congruo tratto od estensione funzionale al mantenimento delle prestazioni attese per l'infrastruttura e/o area interessata.

Valutazione delle manifestazioni superficiali in funzione del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile

Accelerazione [gal] 1 gal = 1 cm/s ²	Condizione	Propagazione della liquefazione verso l'alto	Manifestazioni superficiali
200	$h_1 \geq 3 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
	$h_1 \leq 3 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
300	$h_1 < 5 \text{ m e } h_2 > 4 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 5 \text{ m e } h_2 < 4 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
400 - 500	$h_1 < 7 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 7 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO



Relazione fra lo spessore dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato sovrapposto (Ishihara, 1985)

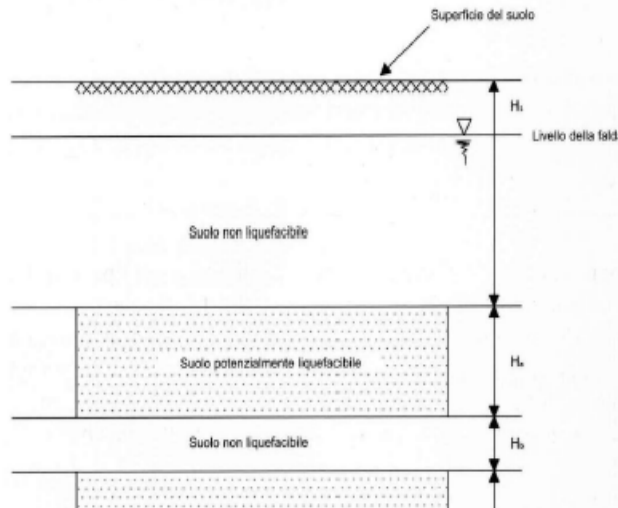


Figura 6.4 – Schema per la valutazione delle manifestazioni superficiali per liquefazione (Crespellani et. al. 1988; Ishihara, 1985; Youd e Garri 1994, 1995)

7. AGGIORNAMENTO CARTA DELLE M.O.P.S.

In seguito agli aggiornamenti di studio di Livello III, con particolare riferimento alle stime del potenziale di liquefazione, si è conseguita una parziale ripermimetrazione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in quanto le aree contraddistinte da valori di $0 \leq IPL \leq 2$, generalmente caratterizzate da una bassa probabilità di occorrenza oltreché da modeste manifestazioni superficiali e ridotti cedimenti post-sismici attesi, sono state stralciate dalle zone caratterizzate da potenziale instabilità. Tale minore pericolosità è prevalentemente attribuibile ad un minor spessore del prisma sabbioso (data la prossimità alla zona di chiusura a becco di flauto contro la paleofalesia marina) congiuntamente alle migliori caratteristiche di comportamento ciclico.

Allo stesso tempo si è colta l'occasione per aggiornare agli standard 4.1.1 la struttura grafica ed il database della carta delle MOPS, a suo tempo sviluppata secondo precedenti standard 3.0. Tale adeguamento, oltre ad aspetti legati alla struttura del database, sostanzialmente ha comportato l'aggiunta di ulteriori microzone in luogo delle aree/poligoni deperimetrati dalle zone soggette a liquefazione e delle zone in frana caratterizzate da instabilità.

In figura 7.1 si riporta una sintesi grafica delle colonnine stratigrafiche attribuite alle diverse microzone, individuate nella *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)* e definite secondo i criteri, codici e definizioni contenuti nei recenti Standard 4.1.1:

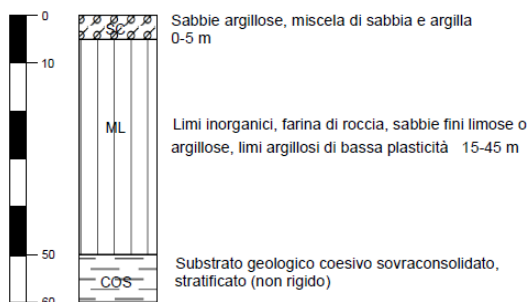


Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)

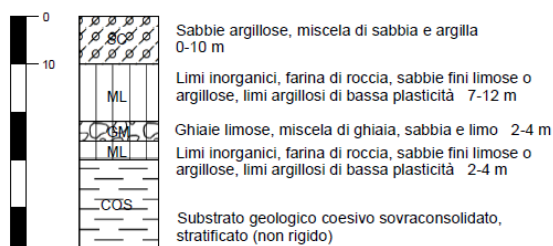
Relazione Tecnico Illustrativa



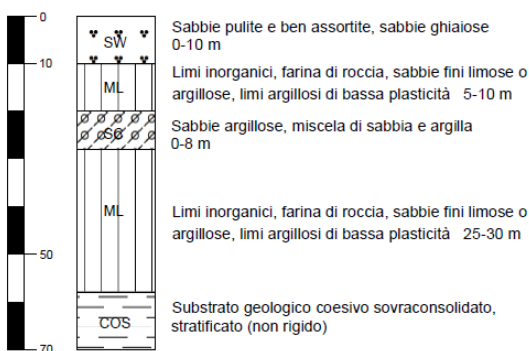
ZONA 5



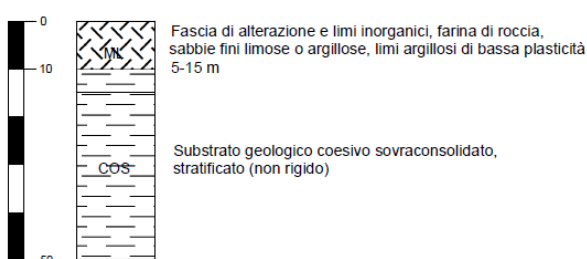
ZONA 6



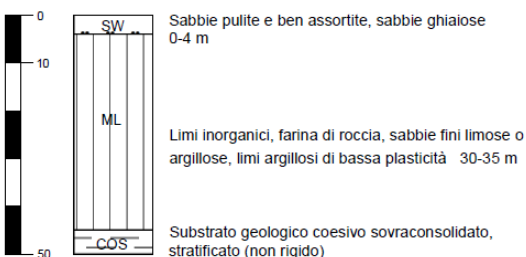
ZONA 7



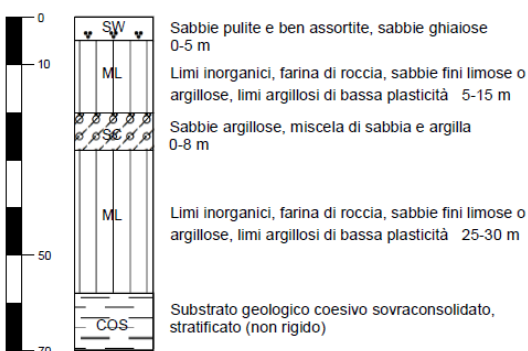
ZONA 8



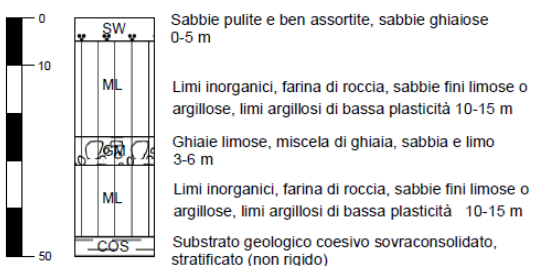
ZONA 9



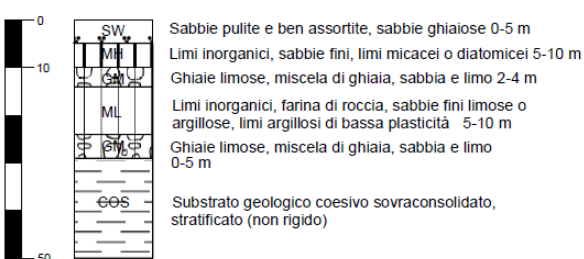
ZONA 10



ZONA 11



ZONA 12



Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
 Relazione Tecnico Illustrativa

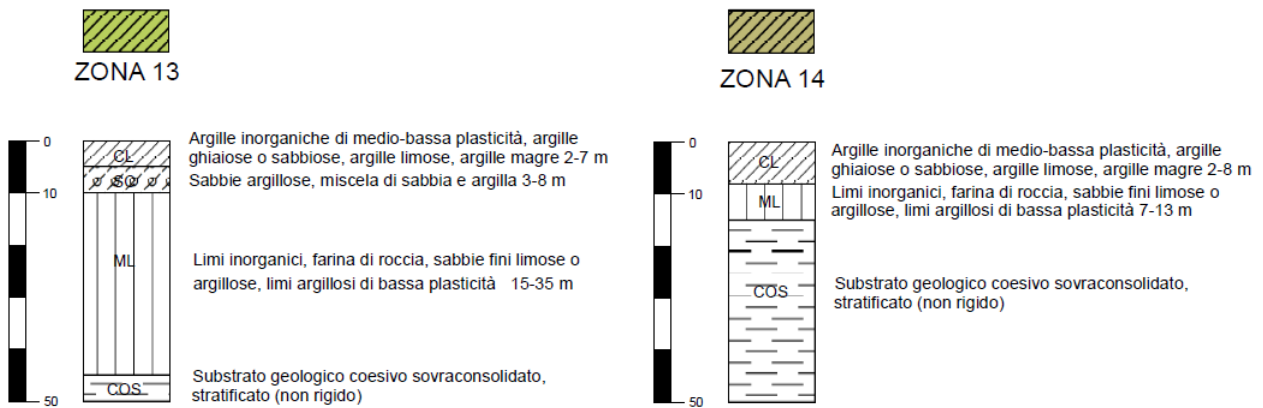


Figura 7.1 – Sintesi riepilogativa delle colonnine stratigrafiche definite per le varie microzone nell'ambito della revisione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

In Fig. 7.2 si riporta invece uno stralcio della carta delle MOPS con rappresentate le nuove microzone numerate da 9 a 14, di stralcio dalle aree soggette a instabilità per liquefazione e per definire le aree instabili per frana.

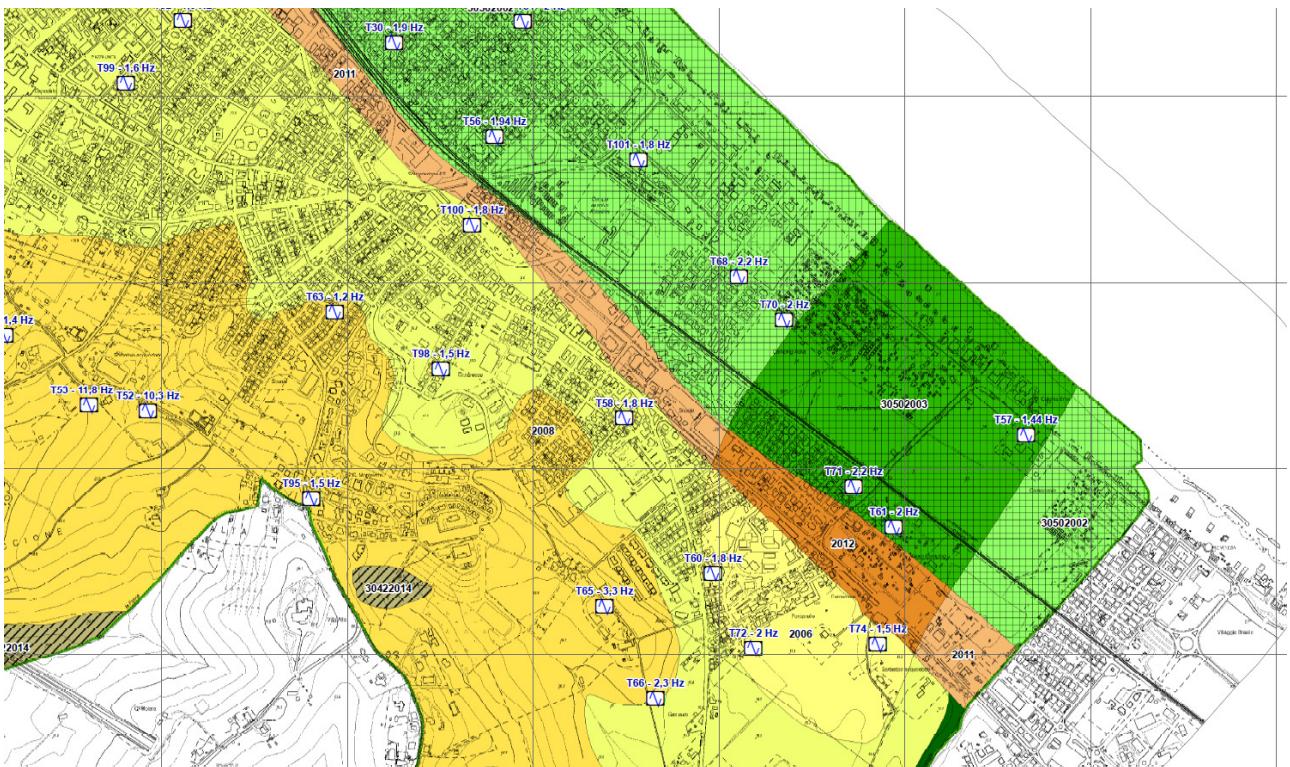


Figura 7.2 – Stralcio della carta delle MOPS per la definizione delle nuove microzone di stralcio dalle aree soggette a instabilità per liquefazione e per le aree instabili per frana.

8. CONCLUSIONI

La microzonazione sismica effettuata sul territorio del Comune di Riccione, interessante la zona di piana costiera, ha permesso di valutare la pericolosità sismica sia nelle aree urbane che in quelle di prevista urbanizzazione.

Nell'area di studio non vi sono situazioni accertate riconducibili a “zone di faglia attiva e capace” in grado di condizionare in maniera consistente la pericolosità sismica locale soprattutto in termini di deformazioni/fagliazioni superficiali. Allo stesso modo sono da escludere effetti differenziali quali zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse e zone con cavità sepolte.

Non sono state riscontrate zone stabili, cioè zone dove non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura. Tutte le zone individuate sono riconducibili a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale, mentre nelle zone suscettibili di instabilità sono attese fenomenologie di liquefazione dei terreni con occorrenza di cedimenti post-sismici.

Le numerose verifiche di *RSL* e *Potenziale di Liquefazione* hanno permesso di quantificare i possibili effetti conseguenti ad un ipotetico sisma sul territorio oggetto di studio. Nella carta di Microzonazione con approfondimenti (III livello), che rappresenta l'elaborato finale degli studi, ogni microzona è stata caratterizzata mediante 3 importanti fattori: il primo quantifica l'entità e le amplificazioni attese del moto sismico (Accelerazione massima al suolo PGA ed i Fattori di Amplificazione F_{PGA} , FA , FH , H_{SM}), il secondo (potenziale di liquefazione *IPL*) è un indicatore della suscettibilità dei terreni nei confronti di potenziali fenomeni di liquefazione nonché della severità delle potenziali manifestazioni superficiali attese, il terzo (espresso numericamente al fianco di ciascun punto di indagine) contempla i cedimenti post-sismici attesi a seguito di un eventuale innesco della liquefazione.

Ulteriori considerazioni, per un giudizio complessivo in merito a ciascuna zona di indagine, potranno essere condotte valutando anche i corrispondenti valori di LSN, utili a stimare manifestazioni e di scenari danneggiamento atteso in superficie.

L'innesco e sviluppo della liquefazione, quale fenomeno complesso dal punto di vista dei fattori predisponenti e scatenanti, risulterà comunque fortemente condizionato da specifiche condizioni sismogenetiche (distanza epi/ipocentrale, fenomeni di direttività, contenuto in frequenza del segnale, durata della fase forte, ecc.) o dalla presenza di stati tensionali preesistenti imputabili alla presenza di opere/strutture o situazioni morfologiche ed idrogeologiche particolari.

Considerata la continuità dei depositi sabbiosi, l'entità dei fenomeni e gli aspetti di non linearità ipotizzabili per il comportamento dinamico/ciclico dei terreni, all'occorrenza e/o in fase di progettazione esecutiva per opere strategiche (e/o di rilevanza) potrà essere opportuno condurre approfondimenti di studio tramite analisi con prove di laboratorio ciclico/dinamico ed eventualmente di risposta sismica di sito con metodi di calcolo non lineari ed in tensioni efficaci opportunamente calibrati; tali approfondimenti consentiranno di simulare con maggior precisione i fenomeni di amplificazione sismica, gli aspetti deformativi e le sovrappressioni interstiziali attesi in condizioni sismiche.

Qualora opere edilizie, infrastrutture o aree di previsione urbanistica ricadano a cavallo dei limiti di potenziale di liquefazione di riferimento (es. $IPL=2$ o $IPL=5$) e/o di zone caratterizzate da differente fattore di amplificazione sismica, sarà opportuno associare ad esse il parametro di pericolosità più conservativo nell'ambito di variazione; nel caso le aree o infrastrutture interessate da tale intersezione risultino di significativa estensione, tale approccio andrà adottato per un congruo tratto od estensione funzionale al mantenimento delle prestazioni attese per l'infrastruttura e/o area interessata.

Tali informazioni potranno essere di ausilio sia per la progettazione urbanistica che per la pianificazione territoriale ai fini della mitigazione del rischio sismico nelle aree di interesse e per la pubblica incolumità.

BIBLIOGRAFIA

Andrus, R. D., and Stokoe, K. H., II. (2000). "Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 126(11), 1015–1025.

Andrus, R.D., Stokoe, K.H., (2004). "*Guide for Shear-Wave-Based Liquefaction Potential Evaluation*", Earthquake Spectra, Volume 20, No. 2, pages 285±308, Earthquake Engineering Research Institute (EERI) Oakland, California, USA.

Bouckovalas, G. & Dakoulas, P. (2007) Liquefaction performance of shallow foundation in presence of a soil crust, Earthquake Geotechnical Engineering, Chapter 11, 245-276

Brett W. Maurer, Russell A. Green, Misko Cubrinovski, and Brendon A. Bradley, (2013) "Evaluation of Liquefaction Potential Index (LPI) for Assessing Liquefaction Hazard: A Case Study in Christchurch, New Zealand" - poster

Building Seismic Safety Council, 1994. *NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings*. Federal Emergency Management Agency.

BSSC (1997). *NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures*. 1997 edition, Part 2, Commentary, Building Seismic Safety Council, Washington, DC.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Chen, C. J., & Juang, C. H., (2000). "Calibration of SPT- and CPT based liquefaction evaluation methods." Innovations applications in geotechnical site characterization, P. Mayne and R. Hryciw, eds., Geotechnical Special Publication No. 97, ASCE, New York, pp: 49–64.

Crespellani, T., Nardi, R., Simoncini, C., (1988), "La liquefazione del terreno in condizioni sismiche", Edizioni Zanichelli, Bologna.

Decreto Ministeriale 31/07/2012 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici – EC8 parte 5

EN 1998 - 5 (2005). Eurocodice 8 (EC8) "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici" UNI EN 1998 - 5, Gennaio 2005.

Facciorusso, J., 2008. Calcolo del potenziale di liquefazione su vasta scala: approccio deterministico e approccio probabilistico. Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica, Catania

Facciorusso, J., 2009. Criteri per la costruzione di mappe di pericolosità sismica di liquefazione per le grandi aree. ANIDIS 2009 Bologna.

Fortunato C., Martino S., Prestininzi A., Romeo R.W., coauthors Fantini A., Sanandrea P. (2012). "New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures" (CEDIT). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, DOI: 10.4408/IJEGE.2012-02.O-05

Galli, P. (2000). New Empirical Relationships between Magnitude and Distance for Liquefaction. Tectonophysics, 324, 169 - 187

Kramer, S.L. (1996). Geotechnical earthquake engineering. Prentice - Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics.

Idriss, I. M., and Boulanger, R. W. (2008). Soil liquefaction during earthquakes. Monograph MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, 261 pp.

Ishihara, K., (1996) "Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics". Clarendon, Oxford.

Ishihara, K. & Yoshimine, M. (1992). Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, Soils and Foundations, 32 (1), 173–188

Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K., and Yasuda, S. (1978). "A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan." Proceedings of the 2nd International Conference on Microzonation, San Francisco, 885-896.

Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K. (1982). "Simplified procedures for assessing soil liquefaction during earthquakes." Proceedings of the Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Southampton UK, 925-939.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Juang, C.H, Yuan, H., Kun, D., Yang, S.H., & Christopher, R.A. (2005) Estimating severity of liquefaction-induced damage near foundation Soil Dynamics and Earthquake Engineering 25 pp403-411

Juang, C. H., et Al. (2001). Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering "Assessing Probability-based Methods for Liquefaction Potential Evaluation".

Juang, C. H., Chen, C. J., and Jiang, T. (2001). "Probabilistic framework for liquefaction potential by shear wave velocity." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 127(8), 670–678.

Juang, C. H., Jiang, T., and Andrus, R. D. (2002). "Assessing probability based methods for liquefaction evaluation." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 128(7), 580–589.

Jonathan D. Bray and Rodolfo B. Sancio, (2006). "Assessment of the Liquefaction Susceptibility of Fine-Grained Soils"

Lee, D. H., Ku, C. S., and Yuan, H. (2003). "A study of the liquefaction risk potential at Yuanlin, Taiwan." *Engineering Geology*, 71(1/2), 97-117.

Li, D. K., Juang, C. H., and Andrus, R. D. (2006). "Liquefaction potential index: A critical assessment." *Journal of GeoEngineering*, 1(1), 11-24.

Linee Guida AGI – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – 2005

NASEM Report (2016). State of the Art and Practice in the Assessment of Earthquake - Induced Soil Liquefaction and Its Consequences. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). ISBN: 978 - 0 - 309 - 44027 - 1. DOI: <https://doi.org/10.17226/23474>.

Papathanassiou, G. (2008). "LPI-based approach for calibrating the severity of liquefaction-induced failures and for assessing the probability of liquefaction surface evidence." *Engineering Geology*, 96(1/2), 94-104.

Report ASCE, (2011), Ku, C.S., et Al., "*Liquefaction Probability by Probabilistic Version of Robertson and Wride Model*". ASCE.

Report NCEER, (1997), Youd, T.L., et Al., "*Liquefaction resistance of soils*" Summary Report of Workshop Participants, National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER).

Robertson, P.K., Wride, C.E., (1998). "*Evaluating cyclic liquefaction potential using The cone penetration test*". Canadian Geotechnical Journal, Ottawa.

Robertson P.K., "Performance based earthquake design using the CPT". In proceedings of IS-Tokyo 2009: International conference on performance-based design in earthquake geotechnical engineering- From case history to practice, Tokyo, Japan, 15-18 June(2009).

Schnabel, P. B., Lysmer, J., Seed, H. B. (1972). SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. Rep. No. EERC 72 - 12, EERI, Berkeley, Calif.

Microzonazione Sismica di III livello di approfondimento per il territorio Comunale di Riccione (RN)
Relazione Tecnico Illustrativa

Seed, H.B., and Idriss, I.M., (1971). "Simplified Procedure for evaluating soil liquefaction potential". *Journal Soil Mechanics and Foundations*, ASCE .

Sonmez H, 2003. Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol-Turkey). *Environ. Geology* 44(7):862–871.

S. Toprak, T.L. Holzer, M.J. Bennett, J.C. Tinslay, "CPT and SPT-based probabilistic assessment of liquefaction potential." Proceedings of 7th U.S.–Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Liquefaction, Seattle, Technical Report MCEER-99-0019(1999).

S. van Ballegooy, P.J. Malan, M.E. Jacka, V.I.M.F. Lacrosse, J.R. Leeves & J.E. Lyth / Tonkin & Taylor Limited - H. Cowan / New Zealand Earthquake Commission, "Methods for characterising effects of liquefaction in terms of damage severity", 15WCEE Lisboa, 2012

Tonkin and Taylor Ltd (2013) Liquefaction vulnerability study, Tonkin and Taylor Report for The Earthquake Commission 52020.0200/v1.0. February 2013

Toprak, S. and Holzer, T. L. (2003). "Liquefaction potential index: field assessment." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 129(4), 315–322.

Zhang, G., Robertson, P. K., Brachman, R. W. I. (2002). Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground, *Canadian Geotechnical Journal*, 39, 1168–80

Zhang, G., Robertson, P. K., & Brachman, R. W. I., (2004). Estimating liquefaction-induced lateral displacements using the standard penetration test or cone penetration test *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 130, 861

ALLEGATI

ALLEGATO N. 1

Parametri di scuotimento sismico - Input/Output

ALLEGATO N. 1

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI INPUT

RSL - 1

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	2.41
Max. Velocity (cm/sec)	8.33271
Time of Max. Velocity (sec)	2.49
Max. Displacement (cm)	0.83545
Time of Max. Displacement (sec)	2.405
Vmax / Amax: (sec)	0.04616
Acceleration RMS: (g)	0.03539
Velocity RMS: (cm/sec)	1.70174
Displacement RMS: (cm)	0.14147
Arias Intensity: (m/sec)	0.38226
Characteristic Intensity (Ic)	0.02963
Specific Energy Density (cm2/sec)	57.36798
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	457.46301
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15745
Velocity Spectrum Intensity (cm)	34.49948
Housner Intensity (cm)	23.37274
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.15021
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.23271
Effective Design Acceleration (g)	0.18035
A95 parameter (g)	0.18075
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.26491
Significant Duration:	13.475
Effective Duration:	13.275

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	9.815
Max. Velocity (cm/sec)	10.50664
Time of Max. Velocity (sec)	9.75
Max. Displacement (cm)	0.8683
Time of Max. Displacement (sec)	9.835
Vmax / Amax: (sec)	0.05821
Acceleration RMS: (g)	0.01852
Velocity RMS: (cm/sec)	1.17477
Displacement RMS: (cm)	0.15036
Arias Intensity: (m/sec)	0.10558
Characteristic Intensity (Ic)	0.01126
Specific Energy Density (cm2/sec)	27.57396
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	147.8751
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.14266
Velocity Spectrum Intensity (cm)	33.3236
Housner Intensity (cm)	24.98575
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.10454
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	4.78707
Effective Design Acceleration (g)	0.18441
A95 parameter (g)	0.18354
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.32783
Significant Duration:	3.53
Effective Duration:	3.01

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	7.525
Max. Velocity (cm/sec)	9.08494
Time of Max. Velocity (sec)	5.755
Max. Displacement (cm)	1.94977
Time of Max. Displacement (sec)	13.435
Vmax / Amax: (sec)	0.05033
Acceleration RMS: (g)	0.02855
Velocity RMS: (cm/sec)	2.16644
Displacement RMS: (cm)	0.41951
Arias Intensity: (m/sec)	0.41287
Characteristic Intensity (Ic)	0.02766
Specific Energy Density (cm2/sec)	154.2972
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	576.186
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15874
Velocity Spectrum Intensity (cm)	42.22709
Housner Intensity (cm)	38.88056
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.16415
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	8.11934
Effective Design Acceleration (g)	0.17834
A95 parameter (g)	0.18169
Predominant Period (sec)	0.14
Mean Period (sec)	0.36994
Significant Duration:	15.355
Effective Duration:	14.645

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	6.583
Max. Velocity (cm/sec)	9.308
Time of Max. Velocity (sec)	5.998
Max. Displacement (cm)	1.218
Time of Max. Displacement (sec)	8.558
Vmax / Amax: (sec)	0.052
Acceleration RMS: (g)	0.027
Velocity RMS: (cm/sec)	1.681
Displacement RMS: (cm)	0.237
Arias Intensity: (m/sec)	0.300
Characteristic Intensity (Ic)	0.023
Specific Energy Density (cm2/sec)	79.746
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	393.841
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.153
Velocity Spectrum Intensity (cm)	36.683
Housner Intensity (cm)	29.080
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.140
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.380
Effective Design Acceleration (g)	0.181
A95 parameter (g)	0.182
Predominant Period (sec)	0.220
Mean Period (sec)	0.321
Significant Duration (sec):	10.787
Effective Duration (sec):	10.310

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI OUTPUT

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.24
Time of Max. Acceleration (sec)	3.095
Max. Velocity (cm/sec)	18.50124
Time of Max. Velocity (sec)	2.925
Max. Displacement (cm)	2.181
Time of Max. Displacement (sec)	3.08
Vmax / Amax: (sec)	0.07858
Acceleration RMS: (g)	0.04214
Velocity RMS: (cm/sec)	3.2499
Displacement RMS: (cm)	0.36682
Arias Intensity: (m/sec)	0.54233
Characteristic Intensity (Ic)	0.03851
Specific Energy Density (cm2/sec)	209.28284
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	536.57848
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.19866
Velocity Spectrum Intensity (cm)	69.20564
Housner Intensity (cm)	48.34872
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.16119
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	10.15135
Effective Design Acceleration (g)	0.23948
A95 parameter (g)	0.2382
Predominant Period (sec)	0.38
Mean Period (sec)	0.45191
Significant Duration:	13.185
Effective Duration:	13.19

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.2542
Time of Max. Acceleration (sec)	10.5
Max. Velocity (cm/sec)	17.78986
Time of Max. Velocity (sec)	10.42
Max. Displacement (cm)	1.72576
Time of Max. Displacement (sec)	10.525
Vmax / Amax: (sec)	0.07134
Acceleration RMS: (g)	0.02647
Velocity RMS: (cm/sec)	2.44586
Displacement RMS: (cm)	0.35107
Arias Intensity: (m/sec)	0.21577
Characteristic Intensity (Ic)	0.01925
Specific Energy Density (cm2/sec)	119.5552
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	215.3208
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.20629
Velocity Spectrum Intensity (cm)	61.5394
Housner Intensity (cm)	49.85758
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.09717
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	7.22142
Effective Design Acceleration (g)	0.25427
A95 parameter (g)	0.25357
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.53686
Significant Duration:	3.47
Effective Duration:	3.24

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.21098
Time of Max. Acceleration (sec)	8.2
Max. Velocity (cm/sec)	18.22601
Time of Max. Velocity (sec)	6.435
Max. Displacement (cm)	3.55961
Time of Max. Displacement (sec)	14.095
Vmax / Amax: (sec)	0.08806
Acceleration RMS: (g)	0.04197
Velocity RMS: (cm/sec)	4.77057
Displacement RMS: (cm)	1.02355
Arias Intensity: (m/sec)	0.89263
Characteristic Intensity (Ic)	0.04931
Specific Energy Density (cm2/sec)	748.2937
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	922.6572
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.20661
Velocity Spectrum Intensity (cm)	92.22286
Housner Intensity (cm)	86.81897
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.18577
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	15.08553
Effective Design Acceleration (g)	0.21024
A95 parameter (g)	0.20726
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.61676
Significant Duration:	20.01
Effective Duration:	20.14

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.235
Time of Max. Acceleration (sec)	7.265
Max. Velocity (cm/sec)	18.172
Time of Max. Velocity (sec)	6.593
Max. Displacement (cm)	2.489
Time of Max. Displacement (sec)	9.233
Vmax / Amax: (sec)	0.079
Acceleration RMS: (g)	0.037
Velocity RMS: (cm/sec)	3.489
Displacement RMS: (cm)	0.580
Arias Intensity: (m/sec)	0.550
Characteristic Intensity (Ic)	0.036
Specific Energy Density (cm2/sec)	359.044
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	558.185
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.204
Velocity Spectrum Intensity (cm)	74.323
Housner Intensity (cm)	61.675
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.148
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	10.819
Effective Design Acceleration (g)	0.235
A95 parameter (g)	0.233
Predominant Period (sec)	0.313
Mean Period (sec)	0.535
Significant Duration (sec):	12.222
Effective Duration (sec):	12.190

ALLEGATO N. 1

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI INPUT

RSL - 2

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	2.41
Max. Velocity (cm/sec)	8.33271
Time of Max. Velocity (sec)	2.49
Max. Displacement (cm)	0.83545
Time of Max. Displacement (sec)	2.405
Vmax / Amax: (sec)	0.04616
Acceleration RMS: (g)	0.03539
Velocity RMS: (cm/sec)	1.70174
Displacement RMS: (cm)	0.14147
Arias Intensity: (m/sec)	0.38226
Characteristic Intensity (Ic)	0.02963
Specific Energy Density (cm2/sec)	57.36798
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	457.46301
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15745
Velocity Spectrum Intensity (cm)	34.49948
Housner Intensity (cm)	23.37274
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.15021
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.23271
Effective Design Acceleration (g)	0.18035
A95 parameter (g)	0.18075
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.26491
Significant Duration:	13.475
Effective Duration:	13.275

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	9.815
Max. Velocity (cm/sec)	10.50664
Time of Max. Velocity (sec)	9.75
Max. Displacement (cm)	0.8683
Time of Max. Displacement (sec)	9.835
Vmax / Amax: (sec)	0.05821
Acceleration RMS: (g)	0.01852
Velocity RMS: (cm/sec)	1.17477
Displacement RMS: (cm)	0.15036
Arias Intensity: (m/sec)	0.10558
Characteristic Intensity (Ic)	0.01126
Specific Energy Density (cm2/sec)	27.57396
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	147.8751
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.14266
Velocity Spectrum Intensity (cm)	33.3236
Housner Intensity (cm)	24.98575
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.10454
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	4.78707
Effective Design Acceleration (g)	0.18441
A95 parameter (g)	0.18354
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.32783
Significant Duration:	3.53
Effective Duration:	3.01

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	7.525
Max. Velocity (cm/sec)	9.08494
Time of Max. Velocity (sec)	5.755
Max. Displacement (cm)	1.94977
Time of Max. Displacement (sec)	13.435
Vmax / Amax: (sec)	0.05033
Acceleration RMS: (g)	0.02855
Velocity RMS: (cm/sec)	2.16644
Displacement RMS: (cm)	0.41951
Arias Intensity: (m/sec)	0.41287
Characteristic Intensity (Ic)	0.02766
Specific Energy Density (cm2/sec)	154.2972
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	576.186
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15874
Velocity Spectrum Intensity (cm)	42.22709
Housner Intensity (cm)	38.88056
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.16415
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	8.11934
Effective Design Acceleration (g)	0.17834
A95 parameter (g)	0.18169
Predominant Period (sec)	0.14
Mean Period (sec)	0.36994
Significant Duration:	15.355
Effective Duration:	14.645

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	6.583
Max. Velocity (cm/sec)	9.308
Time of Max. Velocity (sec)	5.998
Max. Displacement (cm)	1.218
Time of Max. Displacement (sec)	8.558
Vmax / Amax: (sec)	0.052
Acceleration RMS: (g)	0.027
Velocity RMS: (cm/sec)	1.681
Displacement RMS: (cm)	0.237
Arias Intensity: (m/sec)	0.300
Characteristic Intensity (Ic)	0.023
Specific Energy Density (cm2/sec)	79.746
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	393.841
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.153
Velocity Spectrum Intensity (cm)	36.683
Housner Intensity (cm)	29.080
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.140
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.380
Effective Design Acceleration (g)	0.181
A95 parameter (g)	0.182
Predominant Period (sec)	0.220
Mean Period (sec)	0.321
Significant Duration (sec):	10.787
Effective Duration (sec):	10.310

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI OUTPUT

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.25202
Time of Max. Acceleration (sec)	2.92
Max. Velocity (cm/sec)	19.65378
Time of Max. Velocity (sec)	2.745
Max. Displacement (cm)	2.23197
Time of Max. Displacement (sec)	2.91
Vmax / Amax: (sec)	0.07949
Acceleration RMS: (g)	0.04651
Velocity RMS: (cm/sec)	3.35649
Displacement RMS: (cm)	0.36685
Arias Intensity: (m/sec)	0.66036
Characteristic Intensity (Ic)	0.04464
Specific Energy Density (cm2/sec)	223.23625
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	599.87796
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.22205
Velocity Spectrum Intensity (cm)	72.95713
Housner Intensity (cm)	51.79312
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.1657
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	11.17054
Effective Design Acceleration (g)	0.25214
A95 parameter (g)	0.24885
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.40984
Significant Duration:	13.29
Effective Duration:	13.33

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.285
Time of Max. Acceleration (sec)	10.325
Max. Velocity (cm/sec)	20.57111
Time of Max. Velocity (sec)	10.24
Max. Displacement (cm)	2.33962
Time of Max. Displacement (sec)	10.35
Vmax / Amax: (sec)	0.07358
Acceleration RMS: (g)	0.02828
Velocity RMS: (cm/sec)	2.86239
Displacement RMS: (cm)	0.42259
Arias Intensity: (m/sec)	0.24623
Characteristic Intensity (Ic)	0.02126
Specific Energy Density (cm2/sec)	163.7423
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	225.0379
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.21955
Velocity Spectrum Intensity (cm)	72.41967
Housner Intensity (cm)	60.05784
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.12036
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	9.53404
Effective Design Acceleration (g)	0.28439
A95 parameter (g)	0.28429
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.57471
Significant Duration:	3.195
Effective Duration:	3.135

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.26662
Time of Max. Acceleration (sec)	8.02
Max. Velocity (cm/sec)	18.96696
Time of Max. Velocity (sec)	8.09
Max. Displacement (cm)	3.65709
Time of Max. Displacement (sec)	13.86
Vmax / Amax: (sec)	0.07252
Acceleration RMS: (g)	0.04923
Velocity RMS: (cm/sec)	5.45844
Displacement RMS: (cm)	0.94593
Arias Intensity: (m/sec)	1.22751
Characteristic Intensity (Ic)	0.06262
Specific Energy Density (cm2/sec)	979.4957
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	1066.358
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.23511
Velocity Spectrum Intensity (cm)	102.4602
Housner Intensity (cm)	94.9154
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.23186
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	17.61361
Effective Design Acceleration (g)	0.26517
A95 parameter (g)	0.26191
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.61322
Significant Duration:	19.165
Effective Duration:	19.275

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.268
Time of Max. Acceleration (sec)	7.088
Max. Velocity (cm/sec)	19.731
Time of Max. Velocity (sec)	7.025
Max. Displacement (cm)	2.743
Time of Max. Displacement (sec)	9.040
Vmax / Amax: (sec)	0.075
Acceleration RMS: (g)	0.041
Velocity RMS: (cm/sec)	3.892
Displacement RMS: (cm)	0.578
Arias Intensity: (m/sec)	0.711
Characteristic Intensity (Ic)	0.043
Specific Energy Density (cm2/sec)	455.491
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	630.425
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.226
Velocity Spectrum Intensity (cm)	82.612
Housner Intensity (cm)	68.922
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.173
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	12.773
Effective Design Acceleration (g)	0.267
A95 parameter (g)	0.265
Predominant Period (sec)	0.267
Mean Period (sec)	0.533
Significant Duration (sec):	11.883
Effective Duration (sec):	11.913

ALLEGATO N. 1

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI INPUT

RSL - 3

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.183
Time of Max. Acceleration (sec)	2.405
Max. Velocity (cm/sec)	8.28768
Time of Max. Velocity (sec)	2.485
Max. Displacement (cm)	0.83034
Time of Max. Displacement (sec)	2.4
Vmax / Amax: (sec)	0.04617
Acceleration RMS: (g)	0.03521
Velocity RMS: (cm/sec)	1.69313
Displacement RMS: (cm)	0.14136
Arias Intensity: (m/sec)	0.37811
Characteristic Intensity (Ic)	0.02939
Specific Energy Density (cm2/sec)	56.74614
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	454.97848
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.1566
Velocity Spectrum Intensity (cm)	34.31205
Housner Intensity (cm)	23.24578
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.1494
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.19921
Effective Design Acceleration (g)	0.17937
A95 parameter (g)	0.17977
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.26491
Significant Duration:	13.475
Effective Duration:	13.58

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.183
Time of Max. Acceleration (sec)	9.815
Max. Velocity (cm/sec)	10.45081
Time of Max. Velocity (sec)	9.75
Max. Displacement (cm)	0.87636
Time of Max. Displacement (sec)	9.835
Vmax / Amax: (sec)	0.05821
Acceleration RMS: (g)	0.01842
Velocity RMS: (cm/sec)	1.16868
Displacement RMS: (cm)	0.15124
Arias Intensity: (m/sec)	0.10444
Characteristic Intensity (Ic)	0.01117
Specific Energy Density (cm2/sec)	27.2751
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	147.0746
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.14189
Velocity Spectrum Intensity (cm)	33.14244
Housner Intensity (cm)	24.84986
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.10397
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	4.75952
Effective Design Acceleration (g)	0.18341
A95 parameter (g)	0.18254
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.32783
Significant Duration:	3.53
Effective Duration:	3.19

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.183
Time of Max. Acceleration (sec)	7.52
Max. Velocity (cm/sec)	9.03479
Time of Max. Velocity (sec)	5.75
Max. Displacement (cm)	1.92746
Time of Max. Displacement (sec)	13.43
Vmax / Amax: (sec)	0.05033
Acceleration RMS: (g)	0.0284
Velocity RMS: (cm/sec)	2.15498
Displacement RMS: (cm)	0.41663
Arias Intensity: (m/sec)	0.40839
Characteristic Intensity (Ic)	0.02743
Specific Energy Density (cm2/sec)	152.6227
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	573.054
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15788
Velocity Spectrum Intensity (cm)	41.99742
Housner Intensity (cm)	38.66905
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.16325
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	8.07684
Effective Design Acceleration (g)	0.17737
A95 parameter (g)	0.1807
Predominant Period (sec)	0.14
Mean Period (sec)	0.36994
Significant Duration:	15.355
Effective Duration:	16.17

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.183
Time of Max. Acceleration (sec)	6.580
Max. Velocity (cm/sec)	9.258
Time of Max. Velocity (sec)	5.995
Max. Displacement (cm)	1.211
Time of Max. Displacement (sec)	8.555
Vmax / Amax: (sec)	0.052
Acceleration RMS: (g)	0.027
Velocity RMS: (cm/sec)	1.672
Displacement RMS: (cm)	0.236
Arias Intensity: (m/sec)	0.297
Characteristic Intensity (Ic)	0.023
Specific Energy Density (cm2/sec)	78.881
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	391.702
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.152
Velocity Spectrum Intensity (cm)	36.484
Housner Intensity (cm)	28.922
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.139
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.345
Effective Design Acceleration (g)	0.180
A95 parameter (g)	0.181
Predominant Period (sec)	0.220
Mean Period (sec)	0.321
Significant Duration (sec):	10.787
Effective Duration (sec):	10.980

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI OUTPUT

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.28741
Time of Max. Acceleration (sec)	2.88
Max. Velocity (cm/sec)	18.56533
Time of Max. Velocity (sec)	2.97
Max. Displacement (cm)	2.27144
Time of Max. Displacement (sec)	2.865
Vmax / Amax: (sec)	0.06585
Acceleration RMS: (g)	0.04919
Velocity RMS: (cm/sec)	3.34747
Displacement RMS: (cm)	0.36662
Arias Intensity: (m/sec)	0.73857
Characteristic Intensity (Ic)	0.04856
Specific Energy Density (cm2/sec)	221.9263
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	619.89476
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.24136
Velocity Spectrum Intensity (cm)	73.24409
Housner Intensity (cm)	51.465
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.20827
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	11.98696
Effective Design Acceleration (g)	0.2878
A95 parameter (g)	0.28525
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.38657
Significant Duration:	13.245
Effective Duration:	13.195

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.28476
Time of Max. Acceleration (sec)	10.28
Max. Velocity (cm/sec)	19.06364
Time of Max. Velocity (sec)	10.2
Max. Displacement (cm)	2.23988
Time of Max. Displacement (sec)	10.3
Vmax / Amax: (sec)	0.06824
Acceleration RMS: (g)	0.02825
Velocity RMS: (cm/sec)	2.49293
Displacement RMS: (cm)	0.33355
Arias Intensity: (m/sec)	0.24576
Characteristic Intensity (Ic)	0.02123
Specific Energy Density (cm2/sec)	124.2006
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	221.9382
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.22024
Velocity Spectrum Intensity (cm)	66.65362
Housner Intensity (cm)	53.14225
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.12811
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	7.84654
Effective Design Acceleration (g)	0.28473
A95 parameter (g)	0.28404
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.49274
Significant Duration:	3.49
Effective Duration:	3.45

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.23645
Time of Max. Acceleration (sec)	6.685
Max. Velocity (cm/sec)	17.35636
Time of Max. Velocity (sec)	6.2
Max. Displacement (cm)	3.57959
Time of Max. Displacement (sec)	13.82
Vmax / Amax: (sec)	0.07483
Acceleration RMS: (g)	0.04684
Velocity RMS: (cm/sec)	4.70332
Displacement RMS: (cm)	0.8303
Arias Intensity: (m/sec)	1.11159
Characteristic Intensity (Ic)	0.05813
Specific Energy Density (cm2/sec)	727.2347
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	1004.24
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.2404
Velocity Spectrum Intensity (cm)	90.74434
Housner Intensity (cm)	83.84539
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.22
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	14.60703
Effective Design Acceleration (g)	0.23576
A95 parameter (g)	0.23347
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.53708
Significant Duration:	18.46
Effective Duration:	18.8

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.270
Time of Max. Acceleration (sec)	6.615
Max. Velocity (cm/sec)	18.328
Time of Max. Velocity (sec)	6.457
Max. Displacement (cm)	2.697
Time of Max. Displacement (sec)	8.995
Vmax / Amax: (sec)	0.070
Acceleration RMS: (g)	0.041
Velocity RMS: (cm/sec)	3.515
Displacement RMS: (cm)	0.510
Arias Intensity: (m/sec)	0.699
Characteristic Intensity (Ic)	0.043
Specific Energy Density (cm2/sec)	357.787
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	615.358
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.234
Velocity Spectrum Intensity (cm)	76.881
Housner Intensity (cm)	62.818
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.185
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	11.480
Effective Design Acceleration (g)	0.269
A95 parameter (g)	0.268
Predominant Period (sec)	0.267
Mean Period (sec)	0.472
Significant Duration (sec):	11.732
Effective Duration (sec):	11.815

ALLEGATO N. 1

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI INPUT

RSL - 4

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	2.41
Max. Velocity (cm/sec)	8.33271
Time of Max. Velocity (sec)	2.49
Max. Displacement (cm)	0.83545
Time of Max. Displacement (sec)	2.405
Vmax / Amax: (sec)	0.04616
Acceleration RMS: (g)	0.03539
Velocity RMS: (cm/sec)	1.70174
Displacement RMS: (cm)	0.14147
Arias Intensity: (m/sec)	0.38226
Characteristic Intensity (Ic)	0.02963
Specific Energy Density (cm2/sec)	57.36798
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	457.46301
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15745
Velocity Spectrum Intensity (cm)	34.49948
Housner Intensity (cm)	23.37274
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.15021
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.23271
Effective Design Acceleration (g)	0.18035
A95 parameter (g)	0.18075
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.26491
Significant Duration:	13.475
Effective Duration:	13.275

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	9.815
Max. Velocity (cm/sec)	10.50664
Time of Max. Velocity (sec)	9.75
Max. Displacement (cm)	0.8683
Time of Max. Displacement (sec)	9.835
Vmax / Amax: (sec)	0.05821
Acceleration RMS: (g)	0.01852
Velocity RMS: (cm/sec)	1.17477
Displacement RMS: (cm)	0.15036
Arias Intensity: (m/sec)	0.10558
Characteristic Intensity (Ic)	0.01126
Specific Energy Density (cm2/sec)	27.57396
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	147.8751
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.14266
Velocity Spectrum Intensity (cm)	33.3236
Housner Intensity (cm)	24.98575
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.10454
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	4.78707
Effective Design Acceleration (g)	0.18441
A95 parameter (g)	0.18354
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.32783
Significant Duration:	3.53
Effective Duration:	3.01

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	7.525
Max. Velocity (cm/sec)	9.08494
Time of Max. Velocity (sec)	5.755
Max. Displacement (cm)	1.94977
Time of Max. Displacement (sec)	13.435
Vmax / Amax: (sec)	0.05033
Acceleration RMS: (g)	0.02855
Velocity RMS: (cm/sec)	2.16644
Displacement RMS: (cm)	0.41951
Arias Intensity: (m/sec)	0.41287
Characteristic Intensity (Ic)	0.02766
Specific Energy Density (cm2/sec)	154.2972
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	576.186
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.15874
Velocity Spectrum Intensity (cm)	42.22709
Housner Intensity (cm)	38.88056
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.16415
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	8.11934
Effective Design Acceleration (g)	0.17834
A95 parameter (g)	0.18169
Predominant Period (sec)	0.14
Mean Period (sec)	0.36994
Significant Duration:	15.355
Effective Duration:	14.645

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.184
Time of Max. Acceleration (sec)	6.583
Max. Velocity (cm/sec)	9.308
Time of Max. Velocity (sec)	5.998
Max. Displacement (cm)	1.218
Time of Max. Displacement (sec)	8.558
Vmax / Amax: (sec)	0.052
Acceleration RMS: (g)	0.027
Velocity RMS: (cm/sec)	1.681
Displacement RMS: (cm)	0.237
Arias Intensity: (m/sec)	0.300
Characteristic Intensity (Ic)	0.023
Specific Energy Density (cm2/sec)	79.746
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	393.841
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.153
Velocity Spectrum Intensity (cm)	36.683
Housner Intensity (cm)	29.080
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.140
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	6.380
Effective Design Acceleration (g)	0.181
A95 parameter (g)	0.182
Predominant Period (sec)	0.220
Mean Period (sec)	0.321
Significant Duration (sec):	10.787
Effective Duration (sec):	10.310

PARAMETRI DI SCUOTIMENTO - ACCELEROGRAMMI DI OUTPUT

000046xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.27023
Time of Max. Acceleration (sec)	2.84
Max. Velocity (cm/sec)	18.20649
Time of Max. Velocity (sec)	2.68
Max. Displacement (cm)	2.21752
Time of Max. Displacement (sec)	2.835
Vmax / Amax: (sec)	0.06868
Acceleration RMS: (g)	0.041
Velocity RMS: (cm/sec)	3.33252
Displacement RMS: (cm)	0.37422
Arias Intensity: (m/sec)	0.51329
Characteristic Intensity (Ic)	0.03696
Specific Energy Density (cm2/sec)	220.05971
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	506.81787
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.18718
Velocity Spectrum Intensity (cm)	70.14357
Housner Intensity (cm)	52.33266
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.15798
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	9.62958
Effective Design Acceleration (g)	0.27073
A95 parameter (g)	0.2682
Predominant Period (sec)	0.24
Mean Period (sec)	0.46213
Significant Duration:	13.185
Effective Duration:	13.055

000126xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.25188
Time of Max. Acceleration (sec)	10.23
Max. Velocity (cm/sec)	17.79661
Time of Max. Velocity (sec)	10.44
Max. Displacement (cm)	2.06485
Time of Max. Displacement (sec)	10.25
Vmax / Amax: (sec)	0.07202
Acceleration RMS: (g)	0.02797
Velocity RMS: (cm/sec)	2.86475
Displacement RMS: (cm)	0.40825
Arias Intensity: (m/sec)	0.24087
Characteristic Intensity (Ic)	0.02091
Specific Energy Density (cm2/sec)	164.0126
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	233.1688
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.19801
Velocity Spectrum Intensity (cm)	73.37946
Housner Intensity (cm)	57.70071
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.11643
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	10.42293
Effective Design Acceleration (g)	0.25147
A95 parameter (g)	0.24998
Predominant Period (sec)	0.28
Mean Period (sec)	0.58871
Significant Duration:	3.26
Effective Duration:	3.445

000354xa

Parameter	Corrected Accelerogram
Max. Acceleration (g)	0.24641
Time of Max. Acceleration (sec)	6.65
Max. Velocity (cm/sec)	19.15043
Time of Max. Velocity (sec)	6.165
Max. Displacement (cm)	3.10784
Time of Max. Displacement (sec)	13.78
Vmax / Amax: (sec)	0.07922
Acceleration RMS: (g)	0.04664
Velocity RMS: (cm/sec)	5.09468
Displacement RMS: (cm)	0.82075
Arias Intensity: (m/sec)	1.10179
Characteristic Intensity (Ic)	0.05775
Specific Energy Density (cm2/sec)	853.2962
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	1033.122
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.19822
Velocity Spectrum Intensity (cm)	91.22476
Housner Intensity (cm)	84.1393
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.20636
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	15.31805
Effective Design Acceleration (g)	0.24678
A95 parameter (g)	0.24206
Predominant Period (sec)	0.7
Mean Period (sec)	0.62206
Significant Duration:	19.82
Effective Duration:	19.99

VALORI MEDI	
Max. Acceleration (g)	0.256
Time of Max. Acceleration (sec)	6.573
Max. Velocity (cm/sec)	18.385
Time of Max. Velocity (sec)	6.428
Max. Displacement (cm)	2.463
Time of Max. Displacement (sec)	8.955
Vmax / Amax: (sec)	0.073
Acceleration RMS: (g)	0.039
Velocity RMS: (cm/sec)	3.764
Displacement RMS: (cm)	0.534
Arias Intensity: (m/sec)	0.619
Characteristic Intensity (Ic)	0.039
Specific Energy Density (cm2/sec)	412.456
Cumulative Absolute Velocity (cm/sec)	591.036
Acceleration Spectrum Intensity (g*sec)	0.194
Velocity Spectrum Intensity (cm)	78.249
Housner Intensity (cm)	64.724
Sustained Maximum Acceleration (g)	0.160
Sustained Maximum Velocity (cm/sec)	11.790
Effective Design Acceleration (g)	0.256
A95 parameter (g)	0.253
Predominant Period (sec)	0.407
Mean Period (sec)	0.558
Significant Duration (sec):	12.088
Effective Duration (sec):	12.163

ALLEGATO N. 2

Dati spettro medio di Output

ALLEGATO N. 2

DATI SPETTRO MEDIO MZS - DGR 630/2019 - RSL 1

Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/sec)
0	0.235	0.000	0.000	0.235	0.000
0.02	0.236	0.040	0.002	0.236	0.738
0.04	0.241	0.167	0.010	0.241	1.505
0.06	0.247	0.445	0.022	0.247	2.314
0.08	0.262	1.135	0.042	0.262	3.274
0.1	0.302	1.881	0.075	0.301	4.702
0.12	0.368	3.761	0.131	0.367	6.873
0.14	0.375	6.272	0.182	0.374	8.168
0.16	0.379	7.392	0.240	0.378	9.441
0.18	0.380	8.745	0.305	0.379	10.646
0.2	0.416	10.485	0.413	0.415	12.961
0.22	0.479	12.656	0.575	0.478	16.411
0.24	0.555	17.116	0.792	0.553	20.722
0.26	0.577	20.323	0.965	0.575	23.322
0.28	0.658	25.515	1.277	0.655	28.649
0.3	0.574	24.794	1.277	0.571	26.751
0.32	0.544	24.800	1.378	0.542	27.060
0.34	0.548	26.028	1.567	0.546	28.966
0.36	0.572	29.356	1.833	0.569	31.994
0.38	0.623	35.025	2.224	0.620	36.771
0.4	0.593	35.942	2.344	0.590	36.827
0.42	0.576	35.960	2.511	0.573	37.571
0.44	0.570	37.078	2.730	0.567	38.981
0.46	0.530	36.566	2.774	0.528	37.888
0.48	0.492	35.416	2.802	0.489	36.677
0.5	0.469	35.226	2.898	0.467	36.421
0.52	0.455	35.755	3.043	0.453	36.768
0.54	0.435	37.563	3.137	0.433	36.498
0.56	0.454	39.705	3.523	0.452	39.531
0.58	0.470	41.728	3.915	0.468	42.411
0.6	0.480	43.452	4.269	0.477	44.705
0.62	0.487	45.475	4.628	0.484	46.899
0.64	0.492	48.345	4.984	0.490	48.934
0.66	0.495	50.993	5.335	0.493	50.792
0.68	0.492	52.512	5.627	0.490	51.989
0.7	0.480	52.112	5.817	0.478	52.211
0.72	0.458	50.693	5.869	0.456	51.216
0.74	0.444	52.957	6.012	0.442	51.043
0.76	0.432	53.260	6.176	0.430	51.057
0.78	0.417	52.868	6.274	0.415	50.537
0.8	0.395	51.940	6.252	0.393	49.100
0.82	0.370	50.428	6.143	0.368	47.069
0.84	0.347	48.779	6.052	0.345	45.269
0.86	0.322	46.927	5.883	0.320	42.979
0.88	0.298	45.343	5.697	0.296	40.678
0.9	0.275	44.345	5.498	0.273	38.384
0.92	0.263	43.177	5.496	0.261	37.538
0.94	0.248	42.418	5.417	0.247	36.208
0.96	0.228	40.589	5.201	0.227	34.037
0.98	0.207	39.168	4.908	0.206	31.469
1	0.193	37.891	4.754	0.191	29.869
1.02	0.183	36.447	4.698	0.182	28.941
1.04	0.177	35.888	4.734	0.176	28.602
1.06	0.176	35.357	4.880	0.175	28.928
1.08	0.174	34.921	4.994	0.172	29.052
1.1	0.174	35.835	5.190	0.173	29.643
1.12	0.174	36.062	5.375	0.172	30.155
1.14	0.172	36.179	5.519	0.171	30.419
1.16	0.169	36.957	5.595	0.167	30.304
1.18	0.163	37.192	5.592	0.162	29.777
1.2	0.155	36.847	5.516	0.154	28.881
1.22	0.147	36.013	5.383	0.146	27.725
1.24	0.138	34.859	5.217	0.137	26.435
1.26	0.129	33.554	5.049	0.128	25.176
1.28	0.122	32.240	4.926	0.121	24.181
1.3	0.117	31.026	4.857	0.116	23.477
1.32	0.117	30.502	5.002	0.116	23.812
1.34	0.116	30.472	5.129	0.115	24.049
1.36	0.115	30.332	5.235	0.114	24.187
1.38	0.114	30.127	5.336	0.113	24.295
1.4	0.113	29.964	5.434	0.112	24.390
1.42	0.111	30.204	5.511	0.110	24.384
1.44	0.109	30.271	5.526	0.107	24.112
1.46	0.104	30.150	5.440	0.103	23.410
1.48	0.101	29.884	5.434	0.100	23.068
1.5	0.098	29.277	5.412	0.097	22.672
1.52	0.094	28.360	5.319	0.093	21.985
1.54	0.090	27.915	5.198	0.088	21.208
1.56	0.086	27.649	5.095	0.084	20.522
1.58	0.083	28.260	5.049	0.081	20.079
1.6	0.079	28.483	4.937	0.078	19.386
1.62	0.074	28.390	4.778	0.073	18.530
1.64	0.071	28.080	4.696	0.070	17.991
1.66	0.069	27.636	4.663	0.068	17.650
1.68	0.067	27.121	4.631	0.066	17.318
1.7	0.065	26.590	4.602	0.064	17.009
1.72	0.063	26.085	4.580	0.062	16.731
1.74	0.063	25.604	4.645	0.062	16.775
1.76	0.063	25.145	4.783	0.062	17.077
1.78	0.063	25.058	4.901	0.062	17.298
1.8	0.063	25.554	4.997	0.062	17.444
1.82	0.064	25.995	5.168	0.063	17.841
1.84	0.065	26.351	5.346	0.064	18.256
1.86	0.065	26.599	5.493	0.064	18.556
1.88	0.065	26.728	5.604	0.064	18.731
1.9	0.064	26.732	5.678	0.063	18.777
1.92	0.063	26.617	5.716	0.062	18.705
1.94	0.062	26.398	5.721	0.061	18.528
1.96	0.061	26.237	5.699	0.060	18.269
1.98	0.059	26.432	5.658	0.058	17.953
2	0.057	26.524	5.603	0.056	17.603
2.02	0.056	26.559	5.541	0.055	17.236

2.04	0.054	26.536	5.483	0.053	16.887
2.06	0.053	26.450	5.469	0.052	16.680
2.08	0.052	26.301	5.480	0.051	16.553
2.1	0.051	26.084	5.491	0.050	16.430
2.12	0.050	25.786	5.422	0.049	16.069
2.14	0.048	25.395	5.357	0.047	15.728
2.16	0.047	25.151	5.290	0.046	15.387
2.18	0.045	24.968	5.258	0.045	15.153
2.2	0.045	24.734	5.294	0.044	15.118
2.22	0.044	24.434	5.305	0.043	15.015
2.24	0.043	24.134	5.288	0.042	14.832
2.26	0.042	24.063	5.238	0.041	14.562
2.28	0.041	23.895	5.155	0.040	14.205
2.3	0.040	23.789	5.087	0.039	13.896
2.32	0.039	23.799	5.129	0.038	13.890
2.34	0.039	23.742	5.155	0.038	13.842
2.36	0.038	23.622	5.166	0.037	13.754
2.38	0.038	23.447	5.161	0.037	13.625
2.4	0.037	23.225	5.142	0.036	13.460
2.42	0.036	22.965	5.109	0.035	13.264
2.44	0.035	22.677	5.065	0.034	13.042
2.46	0.034	22.372	5.012	0.033	12.802
2.48	0.033	22.088	4.954	0.032	12.550
2.5	0.032	22.024	4.891	0.031	12.293
2.52	0.032	21.943	4.828	0.031	12.038
2.54	0.031	21.850	4.766	0.030	11.790
2.56	0.030	21.755	4.707	0.029	11.553
2.58	0.029	21.660	4.653	0.028	11.331
2.6	0.028	21.573	4.604	0.027	11.126
2.62	0.028	21.495	4.561	0.027	10.938
2.64	0.027	21.429	4.524	0.026	10.768
2.66	0.026	21.376	4.493	0.026	10.612
2.68	0.026	21.337	4.466	0.025	10.471
2.7	0.025	21.309	4.444	0.025	10.342
2.72	0.025	21.292	4.424	0.024	10.220
2.74	0.025	21.284	4.428	0.024	10.154
2.76	0.024	21.281	4.453	0.024	10.137
2.78	0.024	21.281	4.481	0.023	10.127
2.8	0.024	21.281	4.512	0.023	10.124
2.82	0.024	21.279	4.544	0.023	10.124
2.84	0.024	21.270	4.577	0.023	10.126
2.86	0.024	21.254	4.609	0.023	10.127
2.88	0.023	21.228	4.641	0.023	10.124
2.9	0.023	21.189	4.669	0.022	10.116
2.92	0.023	21.138	4.695	0.022	10.103
2.94	0.023	21.074	4.717	0.022	10.082
2.96	0.023	20.994	4.735	0.022	10.052
2.98	0.022	20.901	4.749	0.022	10.013
3	0.022	20.792	4.757	0.021	9.963
3.02	0.022	20.670	4.760	0.021	9.904
3.04	0.022	20.536	4.758	0.021	9.834
3.06	0.021	20.389	4.750	0.020	9.754
3.08	0.021	20.230	4.737	0.020	9.663
3.1	0.021	20.063	4.718	0.020	9.563
3.12	0.020	20.045	4.695	0.019	9.455
3.14	0.020	20.124	4.666	0.019	9.337
3.16	0.020	20.175	4.633	0.019	9.212
3.18	0.019	20.201	4.596	0.018	9.081
3.2	0.019	20.203	4.555	0.018	8.943
3.22	0.018	20.183	4.510	0.018	8.800
3.24	0.018	20.148	4.462	0.017	8.653
3.26	0.018	20.181	4.411	0.017	8.502
3.28	0.017	20.253	4.381	0.016	8.393
3.3	0.017	20.319	4.364	0.016	8.309
3.32	0.017	20.379	4.344	0.016	8.221
3.34	0.016	20.434	4.322	0.016	8.131
3.36	0.016	20.482	4.298	0.015	8.037
3.38	0.016	20.526	4.272	0.015	7.942
3.4	0.016	20.564	4.245	0.015	7.844
3.42	0.015	20.596	4.216	0.015	7.746
3.44	0.015	20.625	4.186	0.014	7.646
3.46	0.015	20.649	4.156	0.014	7.547
3.48	0.015	20.669	4.124	0.014	7.446
3.5	0.014	20.684	4.092	0.013	7.347
3.52	0.014	20.696	4.060	0.013	7.247
3.54	0.014	20.703	4.027	0.013	7.148
3.56	0.013	20.708	3.994	0.013	7.050
3.58	0.013	20.709	3.961	0.012	6.952
3.6	0.013	20.708	3.928	0.012	6.856
3.62	0.013	20.703	3.895	0.012	6.761
3.64	0.012	20.697	3.862	0.012	6.667
3.66	0.012	20.688	3.837	0.012	6.586
3.68	0.012	20.678	3.811	0.011	6.506
3.7	0.012	20.666	3.784	0.011	6.427
3.72	0.012	20.652	3.758	0.011	6.348
3.74	0.011	20.637	3.732	0.011	6.270
3.76	0.011	20.620	3.706	0.011	6.193
3.78	0.011	20.602	3.679	0.010	6.116
3.8	0.011	20.583	3.653	0.010	6.040
3.82	0.011	20.562	3.627	0.010	5.966
3.84	0.011	20.541	3.601	0.010	5.892
3.86	0.010	20.519	3.575	0.010	5.818
3.88	0.010	20.497	3.548	0.009	5.746
3.9	0.010	20.473	3.522	0.009	5.675
3.92	0.010	20.449	3.496	0.009	5.604
3.94	0.010	20.424	3.471	0.009	5.535
3.96	0.010	20.399	3.445	0.009	5.466
3.98	0.009	20.373	3.419	0.009	5.398
4	0.009	20.347	3.393	0.009	5.330

ALLEGATO N. 2

DATI SPETTRO MEDIO MZS - DGR 630/2019 - *RSL 2*

Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/sec)
0	0.268	0.000	0.000	0.268	0.000
0.02	0.269	0.048	0.003	0.269	0.841
0.04	0.276	0.214	0.011	0.276	1.725
0.06	0.288	0.640	0.026	0.288	2.699
0.08	0.313	1.610	0.050	0.313	3.912
0.1	0.348	2.548	0.086	0.348	5.432
0.12	0.434	4.592	0.155	0.433	8.120
0.14	0.459	8.073	0.223	0.457	9.998
0.16	0.475	9.642	0.301	0.474	11.831
0.18	0.501	12.162	0.402	0.499	14.028
0.2	0.556	14.905	0.551	0.554	17.307
0.22	0.601	16.253	0.720	0.599	20.575
0.24	0.690	22.095	0.984	0.687	25.751
0.26	0.701	25.732	1.172	0.698	28.325
0.28	0.782	31.610	1.517	0.779	34.048
0.3	0.655	29.444	1.457	0.652	30.523
0.32	0.596	28.394	1.510	0.593	29.651
0.34	0.563	26.600	1.609	0.560	29.738
0.36	0.569	29.355	1.826	0.567	31.878
0.38	0.613	34.106	2.188	0.610	36.178
0.4	0.583	34.366	2.305	0.580	36.213
0.42	0.565	35.823	2.464	0.562	36.868
0.44	0.550	36.647	2.636	0.548	37.637
0.46	0.511	35.870	2.675	0.509	36.545
0.48	0.474	34.555	2.703	0.472	35.383
0.5	0.452	34.042	2.793	0.450	35.093
0.52	0.434	34.319	2.903	0.432	35.075
0.54	0.439	36.153	3.165	0.437	36.830
0.56	0.463	39.642	3.597	0.462	40.357
0.58	0.482	42.172	4.011	0.480	43.451
0.6	0.497	44.046	4.430	0.495	46.387
0.62	0.511	47.334	4.857	0.508	49.218
0.64	0.524	50.941	5.307	0.521	52.097
0.66	0.536	54.501	5.775	0.533	54.974
0.68	0.541	56.372	6.192	0.539	57.211
0.7	0.534	55.857	6.467	0.531	58.045
0.72	0.514	56.257	6.593	0.512	57.534
0.74	0.492	56.238	6.660	0.489	56.551
0.76	0.473	55.803	6.754	0.471	55.836
0.78	0.457	55.712	6.865	0.454	55.302
0.8	0.436	54.768	6.888	0.433	54.101
0.82	0.411	53.725	6.826	0.409	52.307
0.84	0.385	52.658	6.713	0.383	50.214
0.86	0.359	51.599	6.568	0.357	47.989
0.88	0.346	50.590	6.619	0.344	47.257
0.9	0.348	51.700	6.968	0.346	48.643
0.92	0.340	52.257	7.120	0.339	48.625
0.94	0.324	51.620	7.072	0.322	47.270
0.96	0.302	50.060	6.886	0.301	45.072
0.98	0.280	47.803	6.642	0.278	42.587
1	0.260	45.606	6.422	0.258	40.352
1.02	0.258	44.779	6.641	0.257	40.910
1.04	0.262	46.057	6.994	0.260	42.252
1.06	0.262	47.232	7.280	0.261	43.154
1.08	0.261	48.144	7.505	0.259	43.662
1.1	0.255	49.028	7.623	0.254	43.540
1.12	0.251	49.225	7.789	0.250	43.697
1.14	0.248	49.720	7.970	0.247	43.929
1.16	0.244	50.157	8.118	0.243	43.973
1.18	0.236	48.565	8.110	0.234	43.185
1.2	0.225	47.549	7.995	0.223	41.863
1.22	0.211	46.716	7.764	0.210	39.984
1.24	0.197	45.474	7.457	0.195	37.783
1.26	0.182	43.790	7.114	0.180	35.476
1.28	0.167	42.031	6.758	0.166	33.174
1.3	0.157	40.270	6.535	0.156	31.587
1.32	0.154	40.024	6.608	0.153	31.455
1.34	0.150	39.749	6.642	0.149	31.146
1.36	0.146	39.393	6.642	0.145	30.687
1.38	0.142	39.530	6.630	0.140	30.185
1.4	0.138	39.668	6.666	0.137	29.919
1.42	0.137	39.709	6.783	0.135	30.013
1.44	0.135	39.422	6.888	0.134	30.054
1.46	0.132	38.578	6.891	0.130	29.654
1.48	0.126	37.097	6.753	0.124	28.669
1.5	0.118	37.035	6.536	0.117	27.376
1.52	0.115	36.677	6.499	0.113	26.863
1.54	0.110	36.058	6.396	0.109	26.094
1.56	0.105	35.219	6.240	0.103	25.134
1.58	0.099	34.203	6.045	0.097	24.039
1.6	0.094	33.084	5.868	0.092	23.044
1.62	0.089	31.941	5.716	0.088	22.171
1.64	0.084	30.836	5.549	0.083	21.260
1.66	0.080	29.817	5.379	0.079	20.361
1.68	0.076	29.101	5.216	0.074	19.507
1.7	0.072	28.471	5.065	0.071	18.719
1.72	0.068	27.885	4.929	0.067	18.006
1.74	0.065	27.355	4.810	0.064	17.370
1.76	0.063	26.880	4.707	0.061	16.805
1.78	0.061	26.458	4.698	0.060	16.584
1.8	0.060	26.084	4.741	0.059	16.548
1.82	0.059	25.962	4.764	0.058	16.447
1.84	0.058	26.092	4.767	0.057	16.278
1.86	0.056	26.156	4.748	0.055	16.040
1.88	0.055	26.147	4.708	0.054	15.734
1.9	0.053	26.062	4.684	0.052	15.491
1.92	0.053	25.903	4.720	0.052	15.445
1.94	0.052	25.682	4.738	0.051	15.346
1.96	0.051	25.406	4.742	0.050	15.201
1.98	0.050	25.090	4.733	0.049	15.020
2	0.049	24.746	4.715	0.047	14.811
2.02	0.047	24.387	4.689	0.046	14.584

2.04	0.046	24.305	4.657	0.045	14.343
2.06	0.045	24.265	4.620	0.044	14.092
2.08	0.044	24.213	4.577	0.043	13.827
2.1	0.042	24.146	4.527	0.041	13.546
2.12	0.041	24.058	4.468	0.040	13.242
2.14	0.040	23.944	4.396	0.039	12.908
2.16	0.038	23.795	4.311	0.037	12.540
2.18	0.037	23.606	4.210	0.036	12.134
2.2	0.036	23.371	4.180	0.035	11.938
2.22	0.035	23.138	4.148	0.034	11.741
2.24	0.034	23.141	4.102	0.033	11.505
2.26	0.034	23.091	4.146	0.033	11.528
2.28	0.034	22.981	4.189	0.032	11.545
2.3	0.033	22.878	4.229	0.032	11.553
2.32	0.033	22.816	4.263	0.032	11.546
2.34	0.033	22.732	4.291	0.032	11.522
2.36	0.032	22.628	4.312	0.031	11.480
2.38	0.032	22.640	4.326	0.031	11.420
2.4	0.031	22.687	4.332	0.030	11.342
2.42	0.031	22.720	4.332	0.030	11.248
2.44	0.030	22.737	4.326	0.029	11.140
2.46	0.030	22.737	4.315	0.029	11.020
2.48	0.029	22.723	4.299	0.028	10.892
2.5	0.029	22.695	4.280	0.028	10.758
2.52	0.028	22.656	4.260	0.027	10.622
2.54	0.028	22.607	4.239	0.026	10.486
2.56	0.027	22.552	4.219	0.026	10.354
2.58	0.027	22.494	4.200	0.025	10.228
2.6	0.026	22.433	4.183	0.025	10.110
2.62	0.026	22.372	4.170	0.024	10.001
2.64	0.025	22.314	4.160	0.024	9.902
2.66	0.025	22.261	4.155	0.024	9.814
2.68	0.024	22.214	4.153	0.023	9.738
2.7	0.024	22.174	4.156	0.023	9.672
2.72	0.024	22.142	4.163	0.023	9.617
2.74	0.024	22.120	4.174	0.022	9.572
2.76	0.023	22.106	4.188	0.022	9.534
2.78	0.023	22.102	4.205	0.022	9.504
2.8	0.023	22.107	4.225	0.022	9.480
2.82	0.023	22.120	4.246	0.021	9.460
2.84	0.022	22.141	4.268	0.021	9.443
2.86	0.022	22.169	4.291	0.021	9.428
2.88	0.022	22.204	4.314	0.021	9.413
2.9	0.022	22.243	4.337	0.021	9.397
2.92	0.022	22.287	4.359	0.021	9.379
2.94	0.022	22.333	4.379	0.020	9.359
2.96	0.021	22.382	4.397	0.020	9.334
2.98	0.021	22.432	4.413	0.020	9.305
3	0.021	22.482	4.427	0.020	9.272
3.02	0.021	22.532	4.438	0.020	9.234
3.04	0.020	22.580	4.446	0.019	9.189
3.06	0.020	22.626	4.451	0.019	9.140
3.08	0.020	22.669	4.454	0.019	9.085
3.1	0.020	22.709	4.453	0.019	9.025
3.12	0.019	22.746	4.449	0.018	8.959
3.14	0.019	22.778	4.442	0.018	8.889
3.16	0.019	22.807	4.432	0.018	8.813
3.18	0.019	22.831	4.420	0.018	8.733
3.2	0.018	22.850	4.405	0.017	8.650
3.22	0.018	22.865	4.388	0.017	8.562
3.24	0.018	22.876	4.369	0.017	8.472
3.26	0.018	22.882	4.347	0.016	8.378
3.28	0.017	22.884	4.324	0.016	8.283
3.3	0.017	22.882	4.299	0.016	8.185
3.32	0.017	22.877	4.273	0.016	8.086
3.34	0.016	22.867	4.245	0.015	7.986
3.36	0.016	22.854	4.216	0.015	7.884
3.38	0.016	22.838	4.187	0.015	7.783
3.4	0.016	22.819	4.156	0.014	7.681
3.42	0.015	22.798	4.125	0.014	7.579
3.44	0.015	22.774	4.094	0.014	7.478
3.46	0.015	22.748	4.062	0.014	7.377
3.48	0.014	22.721	4.031	0.013	7.277
3.5	0.014	22.691	3.999	0.013	7.178
3.52	0.014	22.660	3.967	0.013	7.081
3.54	0.014	22.627	3.935	0.013	6.984
3.56	0.013	22.594	3.903	0.012	6.889
3.58	0.013	22.559	3.872	0.012	6.795
3.6	0.013	22.524	3.841	0.012	6.703
3.62	0.013	22.488	3.810	0.012	6.613
3.64	0.013	22.451	3.780	0.011	6.524
3.66	0.012	22.414	3.750	0.011	6.437
3.68	0.012	22.376	3.720	0.011	6.352
3.7	0.012	22.339	3.691	0.011	6.268
3.72	0.012	22.301	3.662	0.011	6.186
3.74	0.011	22.263	3.634	0.010	6.106
3.76	0.011	22.225	3.607	0.010	6.027
3.78	0.011	22.187	3.580	0.010	5.950
3.8	0.011	22.150	3.553	0.010	5.875
3.82	0.011	22.112	3.527	0.010	5.801
3.84	0.011	22.075	3.501	0.010	5.728
3.86	0.010	22.037	3.476	0.009	5.658
3.88	0.010	22.001	3.451	0.009	5.588
3.9	0.010	21.964	3.434	0.009	5.533
3.92	0.010	21.927	3.435	0.009	5.506
3.94	0.010	21.891	3.436	0.009	5.479
3.96	0.010	21.855	3.436	0.009	5.451
3.98	0.010	21.819	3.436	0.009	5.424
4	0.009	21.784	3.435	0.009	5.396

ALLEGATO N. 2

DATI SPETTRO MEDIO MZS - DGR 630/2019 - RSL 3

Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/sec)
0	0.270	0.000	0.000	0.270	0.000
0.02	0.271	0.054	0.003	0.271	0.847
0.04	0.281	0.246	0.011	0.280	1.752
0.06	0.293	0.827	0.026	0.293	2.740
0.08	0.326	2.012	0.052	0.325	4.065
0.1	0.406	3.218	0.101	0.405	6.325
0.12	0.497	6.103	0.177	0.496	9.293
0.14	0.564	10.251	0.273	0.562	12.274
0.16	0.516	10.784	0.327	0.514	12.846
0.18	0.515	12.698	0.413	0.513	14.407
0.2	0.583	16.169	0.577	0.581	18.141
0.22	0.667	18.964	0.799	0.665	22.825
0.24	0.753	25.940	1.074	0.750	28.115
0.26	0.715	27.055	1.196	0.712	28.897
0.28	0.710	29.018	1.377	0.707	30.901
0.3	0.604	25.829	1.345	0.601	28.171
0.32	0.557	25.382	1.411	0.554	27.698
0.34	0.559	27.177	1.599	0.557	29.551
0.36	0.583	29.941	1.868	0.580	32.602
0.38	0.628	34.912	2.243	0.625	37.083
0.4	0.597	35.010	2.361	0.594	37.082
0.42	0.590	36.765	2.574	0.587	38.510
0.44	0.575	38.288	2.755	0.573	39.347
0.46	0.538	37.810	2.818	0.536	38.496
0.48	0.503	36.534	2.867	0.501	37.528
0.5	0.482	36.373	2.980	0.480	37.450
0.52	0.468	37.255	3.126	0.465	37.775
0.54	0.462	38.499	3.335	0.460	38.810
0.56	0.483	42.026	3.751	0.481	42.086
0.58	0.508	44.507	4.224	0.505	45.762
0.6	0.520	46.149	4.632	0.518	48.503
0.62	0.524	48.337	4.981	0.521	50.480
0.64	0.527	51.603	5.339	0.525	52.411
0.66	0.529	54.956	5.701	0.527	54.270
0.68	0.524	56.952	5.998	0.522	55.423
0.7	0.509	56.565	6.163	0.506	55.320
0.72	0.480	53.985	6.153	0.478	53.691
0.74	0.443	51.565	5.997	0.441	50.922
0.76	0.403	49.970	5.751	0.401	47.547
0.78	0.378	48.141	5.690	0.376	45.833
0.8	0.357	46.827	5.644	0.355	44.329
0.82	0.334	46.068	5.547	0.332	42.507
0.84	0.313	45.431	5.459	0.311	40.835
0.86	0.292	44.175	5.343	0.291	39.037
0.88	0.280	43.136	5.355	0.278	38.235
0.9	0.279	43.489	5.586	0.278	38.995
0.92	0.272	43.778	5.683	0.270	38.811
0.94	0.259	43.059	5.646	0.257	37.738
0.96	0.242	41.601	5.503	0.240	36.014
0.98	0.224	39.776	5.311	0.223	34.053
1	0.212	38.371	5.238	0.211	32.911
1.02	0.208	38.287	5.357	0.207	33.001
1.04	0.209	39.319	5.579	0.208	33.708
1.06	0.209	39.943	5.803	0.208	34.398
1.08	0.209	41.033	6.024	0.208	35.044
1.1	0.210	42.570	6.279	0.209	35.866
1.12	0.211	43.156	6.539	0.210	36.681
1.14	0.210	43.496	6.738	0.209	37.138
1.16	0.206	43.620	6.837	0.204	37.032
1.18	0.198	43.277	6.814	0.197	36.283
1.2	0.188	42.876	6.683	0.187	34.990
1.22	0.177	42.217	6.492	0.176	33.434
1.24	0.164	41.045	6.231	0.163	31.575
1.26	0.152	39.521	5.931	0.150	29.577
1.28	0.139	37.861	5.629	0.138	27.631
1.3	0.135	36.273	5.617	0.134	27.150
1.32	0.133	36.169	5.704	0.132	27.152
1.34	0.131	36.419	5.800	0.130	27.195
1.36	0.129	36.510	5.862	0.128	27.083
1.38	0.126	36.539	5.909	0.125	26.906
1.4	0.125	36.559	6.041	0.124	27.114
1.42	0.125	36.478	6.187	0.123	27.377
1.44	0.123	36.093	6.287	0.122	27.430
1.46	0.120	35.197	6.288	0.119	27.062
1.48	0.115	34.243	6.157	0.113	26.138
1.5	0.107	33.512	5.930	0.106	24.841
1.52	0.105	33.212	5.924	0.103	24.490
1.54	0.101	32.599	5.853	0.099	23.881
1.56	0.096	31.725	5.723	0.095	23.049
1.58	0.091	30.670	5.546	0.089	22.055
1.6	0.085	29.574	5.340	0.084	20.972
1.62	0.080	28.980	5.150	0.079	19.974
1.64	0.076	28.317	4.980	0.075	19.080
1.66	0.072	27.634	4.810	0.070	18.208
1.68	0.068	26.968	4.649	0.066	17.389
1.7	0.064	26.339	4.503	0.063	16.641
1.72	0.061	25.765	4.372	0.059	15.973
1.74	0.058	25.253	4.260	0.057	15.382
1.76	0.056	24.800	4.229	0.055	15.097
1.78	0.056	24.529	4.299	0.055	15.176
1.8	0.055	24.270	4.353	0.054	15.193
1.82	0.054	24.067	4.387	0.053	15.145
1.84	0.053	24.216	4.402	0.052	15.030
1.86	0.052	24.294	4.395	0.051	14.846
1.88	0.051	24.297	4.366	0.050	14.593
1.9	0.050	24.224	4.360	0.049	14.417
1.92	0.049	24.083	4.399	0.048	14.396
1.94	0.048	23.890	4.422	0.047	14.322
1.96	0.047	23.684	4.430	0.046	14.202
1.98	0.047	23.472	4.426	0.045	14.046
2	0.045	23.231	4.413	0.044	13.863
2.02	0.044	23.010	4.392	0.043	13.662

2.04	0.043	23.009	4.366	0.042	13.448
2.06	0.042	22.990	4.335	0.041	13.222
2.08	0.041	22.954	4.298	0.040	12.984
2.1	0.040	22.900	4.254	0.039	12.728
2.12	0.039	22.821	4.200	0.038	12.449
2.14	0.037	22.710	4.134	0.036	12.139
2.16	0.036	22.559	4.054	0.035	11.792
2.18	0.035	22.379	3.958	0.034	11.407
2.2	0.033	22.170	3.861	0.032	11.026
2.22	0.032	21.908	3.845	0.031	10.884
2.24	0.032	21.595	3.816	0.031	10.703
2.26	0.031	21.410	3.769	0.030	10.478
2.28	0.030	21.282	3.766	0.029	10.377
2.3	0.030	21.097	3.806	0.029	10.398
2.32	0.030	20.865	3.842	0.029	10.404
2.34	0.030	20.678	3.870	0.028	10.392
2.36	0.029	20.756	3.892	0.028	10.361
2.38	0.029	20.821	3.906	0.028	10.311
2.4	0.028	20.871	3.913	0.027	10.244
2.42	0.028	20.905	3.913	0.027	10.159
2.44	0.028	20.923	3.907	0.026	10.060
2.46	0.027	20.924	3.895	0.026	9.950
2.48	0.026	20.909	3.880	0.025	9.830
2.5	0.026	20.882	3.862	0.025	9.706
2.52	0.025	20.843	3.842	0.024	9.578
2.54	0.025	20.795	3.821	0.024	9.452
2.56	0.024	20.741	3.801	0.023	9.328
2.58	0.024	20.683	3.782	0.023	9.211
2.6	0.023	20.623	3.766	0.022	9.101
2.62	0.023	20.565	3.753	0.022	9.001
2.64	0.023	20.509	3.744	0.022	8.910
2.66	0.022	20.459	3.739	0.021	8.831
2.68	0.022	20.415	3.738	0.021	8.763
2.7	0.022	20.378	3.741	0.021	8.705
2.72	0.021	20.350	3.748	0.020	8.658
2.74	0.021	20.332	3.759	0.020	8.620
2.76	0.021	20.322	3.774	0.020	8.591
2.78	0.021	20.321	3.791	0.020	8.569
2.8	0.021	20.330	3.811	0.020	8.552
2.82	0.020	20.346	3.833	0.019	8.539
2.84	0.020	20.370	3.855	0.019	8.529
2.86	0.020	20.401	3.879	0.019	8.521
2.88	0.020	20.438	3.902	0.019	8.513
2.9	0.020	20.479	3.925	0.019	8.504
2.92	0.020	20.525	3.947	0.019	8.493
2.94	0.020	20.573	3.967	0.018	8.478
2.96	0.019	20.622	3.986	0.018	8.461
2.98	0.019	20.673	4.002	0.018	8.438
3	0.019	20.723	4.016	0.018	8.411
3.02	0.019	20.772	4.027	0.018	8.379
3.04	0.019	20.820	4.036	0.018	8.342
3.06	0.018	20.865	4.041	0.017	8.298
3.08	0.018	20.907	4.044	0.017	8.250
3.1	0.018	20.946	4.044	0.017	8.196
3.12	0.018	20.981	4.040	0.017	8.137
3.14	0.017	21.011	4.034	0.016	8.072
3.16	0.017	21.038	4.025	0.016	8.003
3.18	0.017	21.060	4.014	0.016	7.930
3.2	0.017	21.077	3.999	0.016	7.853
3.22	0.016	21.090	3.983	0.015	7.772
3.24	0.016	21.098	3.964	0.015	7.688
3.26	0.016	21.102	3.944	0.015	7.601
3.28	0.016	21.102	3.921	0.015	7.512
3.3	0.015	21.098	3.897	0.014	7.421
3.32	0.015	21.092	3.872	0.014	7.328
3.34	0.015	21.083	3.845	0.014	7.234
3.36	0.015	21.070	3.818	0.014	7.139
3.38	0.014	21.055	3.789	0.013	7.043
3.4	0.014	21.037	3.759	0.013	6.947
3.42	0.014	21.016	3.729	0.013	6.852
3.44	0.014	20.993	3.699	0.013	6.756
3.46	0.013	20.968	3.668	0.012	6.661
3.48	0.013	20.941	3.637	0.012	6.567
3.5	0.013	20.913	3.606	0.012	6.474
3.52	0.013	20.883	3.575	0.012	6.381
3.54	0.012	20.852	3.544	0.011	6.290
3.56	0.012	20.819	3.513	0.011	6.200
3.58	0.012	20.786	3.482	0.011	6.112
3.6	0.012	20.752	3.452	0.011	6.025
3.62	0.011	20.717	3.422	0.011	5.939
3.64	0.011	20.682	3.392	0.010	5.855
3.66	0.011	20.647	3.363	0.010	5.773
3.68	0.011	20.611	3.334	0.010	5.692
3.7	0.011	20.575	3.306	0.010	5.613
3.72	0.010	20.539	3.277	0.010	5.536
3.74	0.010	20.503	3.250	0.009	5.460
3.76	0.010	20.467	3.229	0.009	5.397
3.78	0.010	20.432	3.233	0.009	5.374
3.8	0.010	20.396	3.236	0.009	5.351
3.82	0.010	20.360	3.239	0.009	5.328
3.84	0.010	20.325	3.242	0.009	5.304
3.86	0.010	20.290	3.244	0.009	5.280
3.88	0.009	20.255	3.245	0.009	5.256
3.9	0.009	20.220	3.247	0.009	5.231
3.92	0.009	20.186	3.248	0.009	5.206
3.94	0.009	20.152	3.248	0.008	5.180
3.96	0.009	20.118	3.249	0.008	5.155
3.98	0.009	20.084	3.249	0.008	5.130
4	0.009	20.051	3.249	0.008	5.104

ALLEGATO N. 2

DATI SPETTRO MEDIO MZS - DGR 630/2019 - RSL 4

Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/sec)
0	0.256	0.000	0.000	0.256	0.000
0.02	0.257	0.047	0.003	0.257	0.804
0.04	0.262	0.184	0.010	0.262	1.638
0.06	0.274	0.662	0.024	0.274	2.564
0.08	0.290	1.292	0.046	0.290	3.623
0.1	0.355	2.257	0.088	0.354	5.531
0.12	0.447	5.131	0.160	0.446	8.355
0.14	0.451	8.462	0.219	0.449	9.825
0.16	0.458	9.722	0.290	0.456	11.392
0.18	0.469	11.930	0.376	0.468	13.139
0.2	0.521	15.058	0.516	0.519	16.201
0.22	0.535	14.612	0.641	0.533	18.312
0.24	0.567	18.600	0.808	0.564	21.143
0.26	0.541	19.084	0.905	0.539	21.877
0.28	0.561	22.298	1.088	0.558	24.410
0.3	0.479	20.786	1.065	0.476	22.309
0.32	0.456	20.324	1.156	0.454	22.702
0.34	0.474	22.012	1.356	0.472	25.061
0.36	0.471	24.051	1.511	0.469	26.369
0.38	0.508	28.099	1.815	0.506	30.018
0.4	0.486	28.675	1.922	0.483	30.191
0.42	0.490	30.430	2.140	0.488	32.017
0.44	0.495	32.746	2.373	0.493	33.889
0.46	0.472	32.700	2.471	0.470	33.755
0.48	0.447	32.064	2.551	0.446	33.392
0.5	0.434	32.188	2.683	0.432	33.713
0.52	0.436	33.144	2.918	0.434	35.256
0.54	0.467	36.591	3.366	0.465	39.170
0.56	0.498	40.155	3.866	0.496	43.375
0.58	0.526	42.883	4.377	0.524	47.418
0.6	0.548	46.881	4.883	0.546	51.137
0.62	0.565	51.524	5.374	0.563	54.457
0.64	0.582	56.084	5.901	0.580	57.937
0.66	0.603	60.324	6.497	0.600	61.852
0.68	0.614	63.048	7.018	0.611	64.845
0.7	0.607	63.832	7.359	0.604	66.055
0.72	0.584	64.005	7.488	0.581	65.345
0.74	0.549	63.129	7.433	0.546	63.112
0.76	0.522	61.633	7.462	0.520	61.688
0.78	0.501	61.181	7.535	0.498	60.698
0.8	0.473	60.690	7.490	0.471	58.826
0.82	0.443	59.321	7.355	0.440	56.355
0.84	0.414	57.480	7.211	0.411	53.937
0.86	0.385	55.086	7.046	0.383	51.478
0.88	0.362	52.308	6.926	0.360	49.453
0.9	0.359	53.000	7.186	0.357	50.171
0.92	0.347	52.388	7.269	0.346	49.647
0.94	0.329	51.586	7.192	0.328	48.070
0.96	0.305	49.516	6.942	0.303	45.433
0.98	0.278	47.231	6.604	0.277	42.338
1	0.256	44.904	6.334	0.255	39.799
1.02	0.242	43.115	6.206	0.240	38.231
1.04	0.243	43.182	6.480	0.241	39.147
1.06	0.241	44.200	6.687	0.240	39.637
1.08	0.237	44.999	6.819	0.235	39.673
1.1	0.229	45.330	6.846	0.228	39.106
1.12	0.221	45.127	6.842	0.219	38.382
1.14	0.214	44.890	6.868	0.213	37.851
1.16	0.209	44.437	6.950	0.208	37.642
1.18	0.203	42.926	6.984	0.202	37.189
1.2	0.194	41.847	6.898	0.193	36.116
1.22	0.183	41.385	6.713	0.181	34.570
1.24	0.171	40.420	6.464	0.169	32.753
1.26	0.158	39.142	6.183	0.157	30.834
1.28	0.146	37.699	5.895	0.145	28.937
1.3	0.135	36.222	5.619	0.134	27.159
1.32	0.131	35.165	5.623	0.130	26.766
1.34	0.127	34.719	5.617	0.126	26.339
1.36	0.123	34.429	5.584	0.122	25.800
1.38	0.118	34.382	5.541	0.117	25.227
1.4	0.115	34.324	5.554	0.114	24.926
1.42	0.113	34.174	5.601	0.112	24.784
1.44	0.111	33.764	5.636	0.109	24.593
1.46	0.107	33.363	5.615	0.106	24.165
1.48	0.102	33.506	5.487	0.101	23.296
1.5	0.098	33.384	5.411	0.097	22.664
1.52	0.094	32.992	5.344	0.093	22.092
1.54	0.090	32.370	5.229	0.089	21.336
1.56	0.087	31.577	5.188	0.086	20.895
1.58	0.084	30.671	5.108	0.082	20.313
1.6	0.080	29.713	4.997	0.079	19.621
1.62	0.076	28.762	4.866	0.075	18.871
1.64	0.072	27.865	4.726	0.071	18.107
1.66	0.068	27.137	4.587	0.067	17.364
1.68	0.065	26.606	4.456	0.064	16.666
1.7	0.062	26.099	4.336	0.060	16.027
1.72	0.059	25.633	4.231	0.058	15.455
1.74	0.056	25.210	4.139	0.055	14.946
1.76	0.054	24.833	4.060	0.053	14.495
1.78	0.052	24.513	4.021	0.051	14.194
1.8	0.051	24.327	4.044	0.050	14.116
1.82	0.050	24.149	4.050	0.049	13.983
1.84	0.049	23.977	4.040	0.048	13.794
1.86	0.048	23.811	4.029	0.047	13.611
1.88	0.047	23.673	4.076	0.046	13.623
1.9	0.047	23.556	4.109	0.046	13.588
1.92	0.046	23.378	4.128	0.045	13.508
1.94	0.045	23.169	4.133	0.044	13.386
1.96	0.044	23.010	4.126	0.043	13.228
1.98	0.043	22.850	4.110	0.042	13.042
2	0.042	22.687	4.086	0.041	12.836
2.02	0.041	22.523	4.056	0.040	12.616

2.04	0.040	22.357	4.021	0.039	12.386
2.06	0.039	22.190	3.983	0.038	12.148
2.08	0.038	22.078	3.939	0.037	11.900
2.1	0.037	21.997	3.889	0.035	11.637
2.12	0.035	21.896	3.831	0.034	11.354
2.14	0.034	21.767	3.762	0.033	11.046
2.16	0.033	21.638	3.690	0.032	10.734
2.18	0.032	21.682	3.673	0.031	10.585
2.2	0.031	21.695	3.642	0.030	10.403
2.22	0.031	21.667	3.644	0.030	10.313
2.24	0.031	21.595	3.684	0.030	10.335
2.26	0.030	21.471	3.724	0.029	10.353
2.28	0.030	21.300	3.760	0.029	10.363
2.3	0.030	21.167	3.793	0.029	10.361
2.32	0.030	21.056	3.820	0.029	10.345
2.34	0.029	20.928	3.841	0.028	10.313
2.36	0.029	20.911	3.855	0.028	10.264
2.38	0.029	20.930	3.863	0.027	10.198
2.4	0.028	20.938	3.864	0.027	10.117
2.42	0.028	20.932	3.860	0.027	10.022
2.44	0.027	20.913	3.851	0.026	9.916
2.46	0.027	20.880	3.837	0.026	9.801
2.48	0.026	20.837	3.821	0.025	9.680
2.5	0.026	20.783	3.803	0.024	9.557
2.52	0.025	20.721	3.783	0.024	9.433
2.54	0.025	20.652	3.764	0.023	9.311
2.56	0.024	20.580	3.746	0.023	9.195
2.58	0.024	20.505	3.730	0.023	9.084
2.6	0.023	20.431	3.717	0.022	8.982
2.62	0.023	20.359	3.707	0.022	8.890
2.64	0.022	20.291	3.701	0.021	8.807
2.66	0.022	20.229	3.698	0.021	8.735
2.68	0.022	20.173	3.699	0.021	8.673
2.7	0.021	20.126	3.705	0.020	8.621
2.72	0.021	20.087	3.714	0.020	8.578
2.74	0.021	20.068	3.726	0.020	8.543
2.76	0.021	20.056	3.741	0.020	8.516
2.78	0.021	20.044	3.758	0.020	8.493
2.8	0.020	20.031	3.777	0.019	8.475
2.82	0.020	20.024	3.797	0.019	8.461
2.84	0.020	20.035	3.818	0.019	8.447
2.86	0.020	20.052	3.839	0.019	8.434
2.88	0.020	20.074	3.860	0.019	8.421
2.9	0.020	20.100	3.880	0.019	8.405
2.92	0.019	20.130	3.898	0.018	8.388
2.94	0.019	20.161	3.915	0.018	8.366
2.96	0.019	20.194	3.929	0.018	8.341
2.98	0.019	20.228	3.942	0.018	8.311
3	0.019	20.261	3.952	0.018	8.276
3.02	0.018	20.293	3.959	0.017	8.236
3.04	0.018	20.323	3.963	0.017	8.191
3.06	0.018	20.350	3.965	0.017	8.141
3.08	0.018	20.375	3.963	0.017	8.085
3.1	0.018	20.396	3.959	0.017	8.024
3.12	0.017	20.414	3.952	0.016	7.959
3.14	0.017	20.427	3.942	0.016	7.889
3.16	0.017	20.437	3.930	0.016	7.815
3.18	0.017	20.442	3.915	0.016	7.736
3.2	0.016	20.444	3.898	0.015	7.655
3.22	0.016	20.441	3.879	0.015	7.570
3.24	0.016	20.434	3.858	0.015	7.482
3.26	0.016	20.424	3.836	0.015	7.393
3.28	0.015	20.410	3.811	0.014	7.301
3.3	0.015	20.393	3.786	0.014	7.208
3.32	0.015	20.373	3.759	0.014	7.114
3.34	0.014	20.349	3.731	0.013	7.019
3.36	0.014	20.322	3.702	0.013	6.923
3.38	0.014	20.293	3.673	0.013	6.828
3.4	0.014	20.262	3.643	0.013	6.732
3.42	0.013	20.228	3.613	0.012	6.637
3.44	0.013	20.193	3.582	0.012	6.542
3.46	0.013	20.156	3.551	0.012	6.449
3.48	0.013	20.117	3.520	0.012	6.356
3.5	0.012	20.078	3.490	0.011	6.265
3.52	0.012	20.037	3.459	0.011	6.174
3.54	0.012	19.996	3.429	0.011	6.086
3.56	0.012	19.954	3.399	0.011	5.998
3.58	0.012	19.911	3.369	0.011	5.913
3.6	0.011	19.868	3.339	0.010	5.828
3.62	0.011	19.825	3.310	0.010	5.746
3.64	0.011	19.782	3.282	0.010	5.665
3.66	0.011	19.740	3.254	0.010	5.586
3.68	0.011	19.697	3.226	0.010	5.508
3.7	0.010	19.654	3.199	0.009	5.432
3.72	0.010	19.612	3.172	0.009	5.358
3.74	0.010	19.570	3.153	0.009	5.297
3.76	0.010	19.528	3.156	0.009	5.274
3.78	0.010	19.487	3.159	0.009	5.251
3.8	0.010	19.447	3.161	0.009	5.227
3.82	0.010	19.406	3.163	0.009	5.203
3.84	0.009	19.367	3.165	0.009	5.179
3.86	0.009	19.328	3.166	0.009	5.154
3.88	0.009	19.289	3.167	0.008	5.129
3.9	0.009	19.251	3.168	0.008	5.103
3.92	0.009	19.214	3.168	0.008	5.078
3.94	0.009	19.177	3.168	0.008	5.052
3.96	0.009	19.140	3.168	0.008	5.026
3.98	0.009	19.104	3.167	0.008	5.000
4	0.009	19.069	3.166	0.008	4.974

ALLEGATO N. 3

REPORT VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

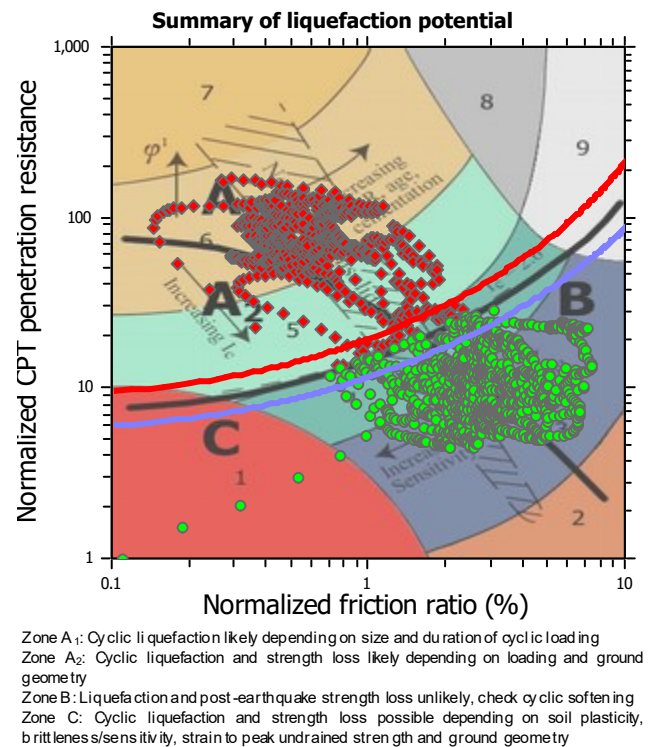
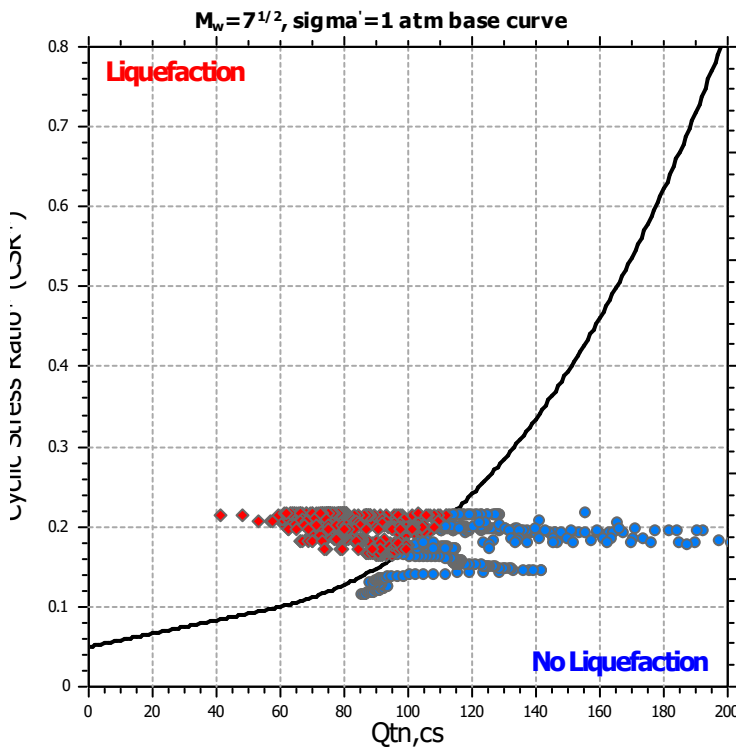
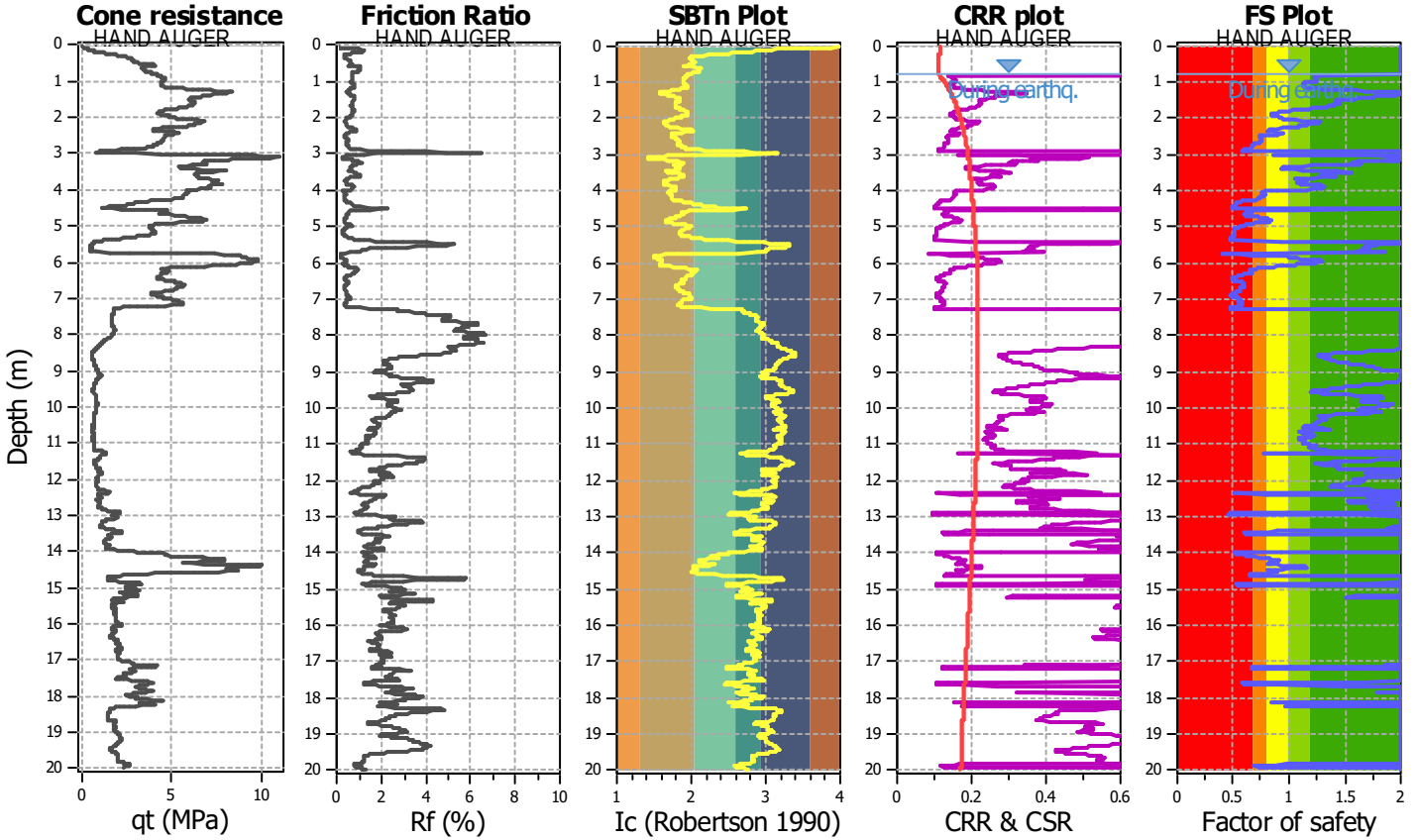
Project title :

Location :

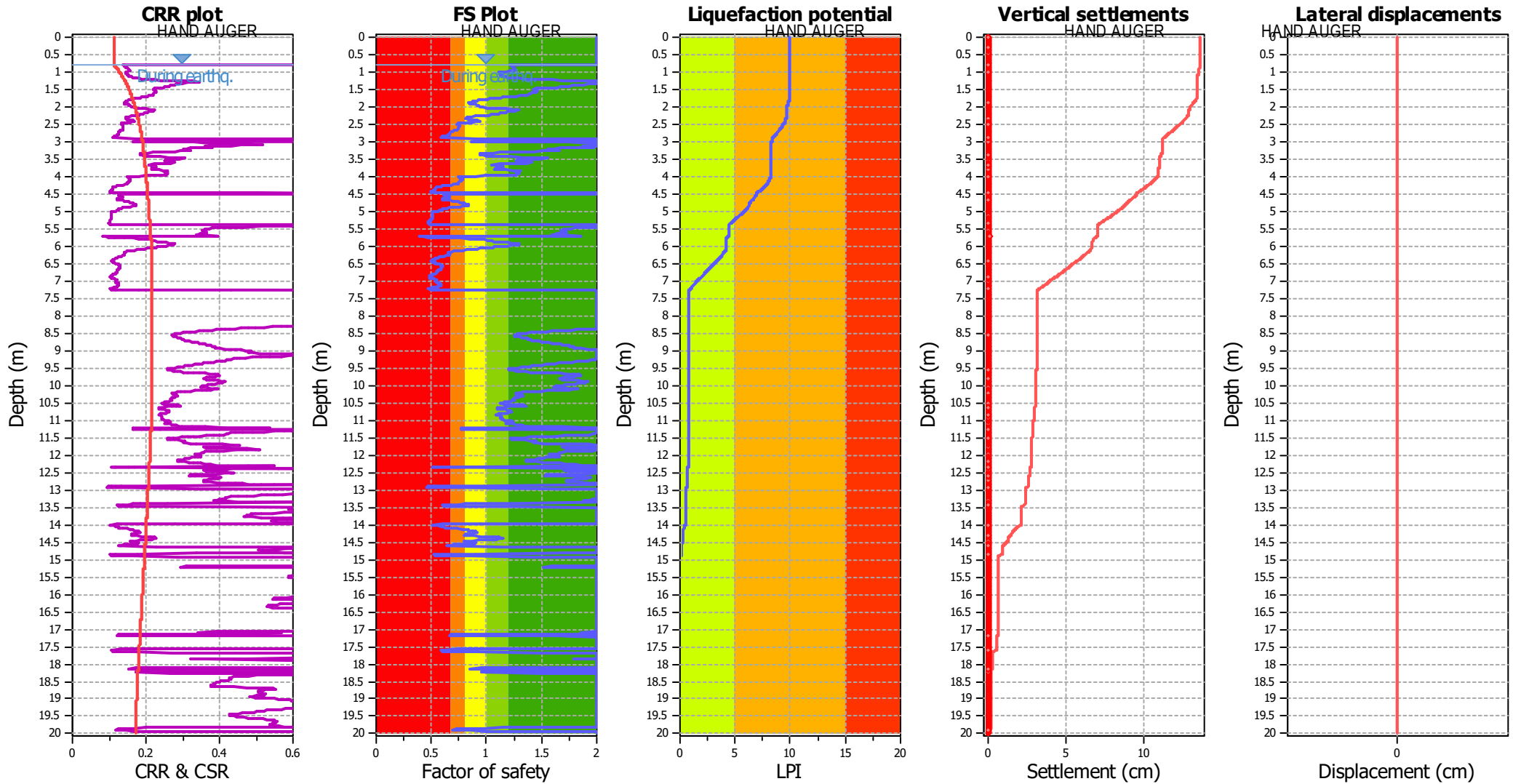
CPT file : CPTU1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	5	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.80 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	5	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

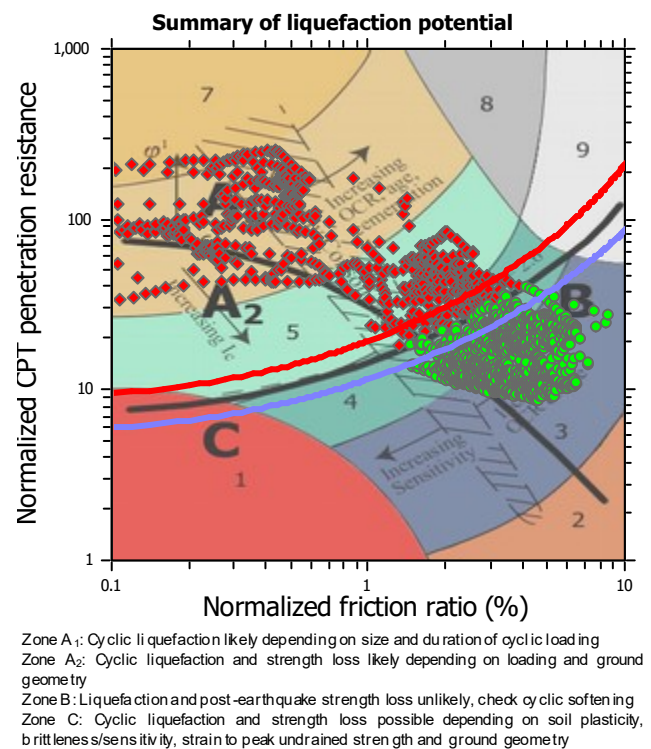
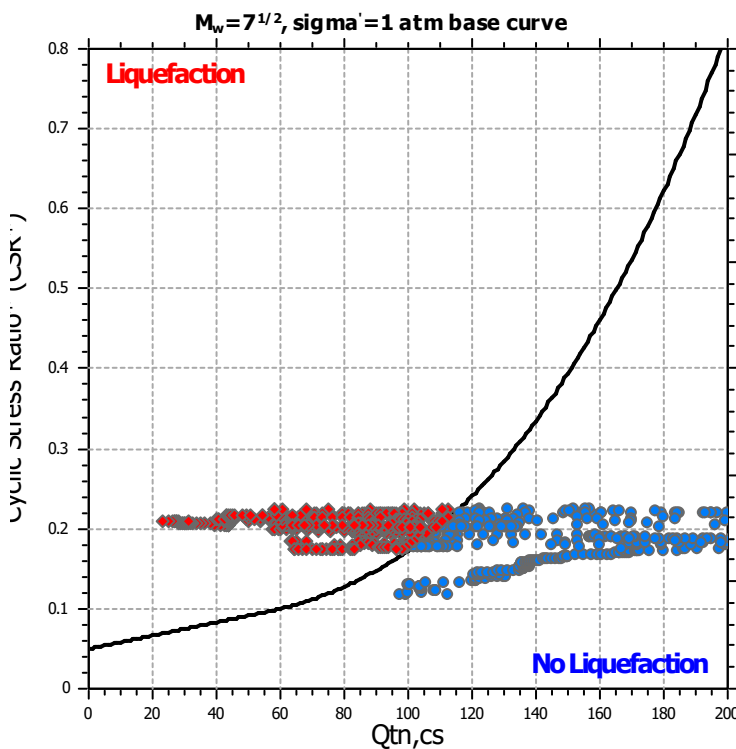
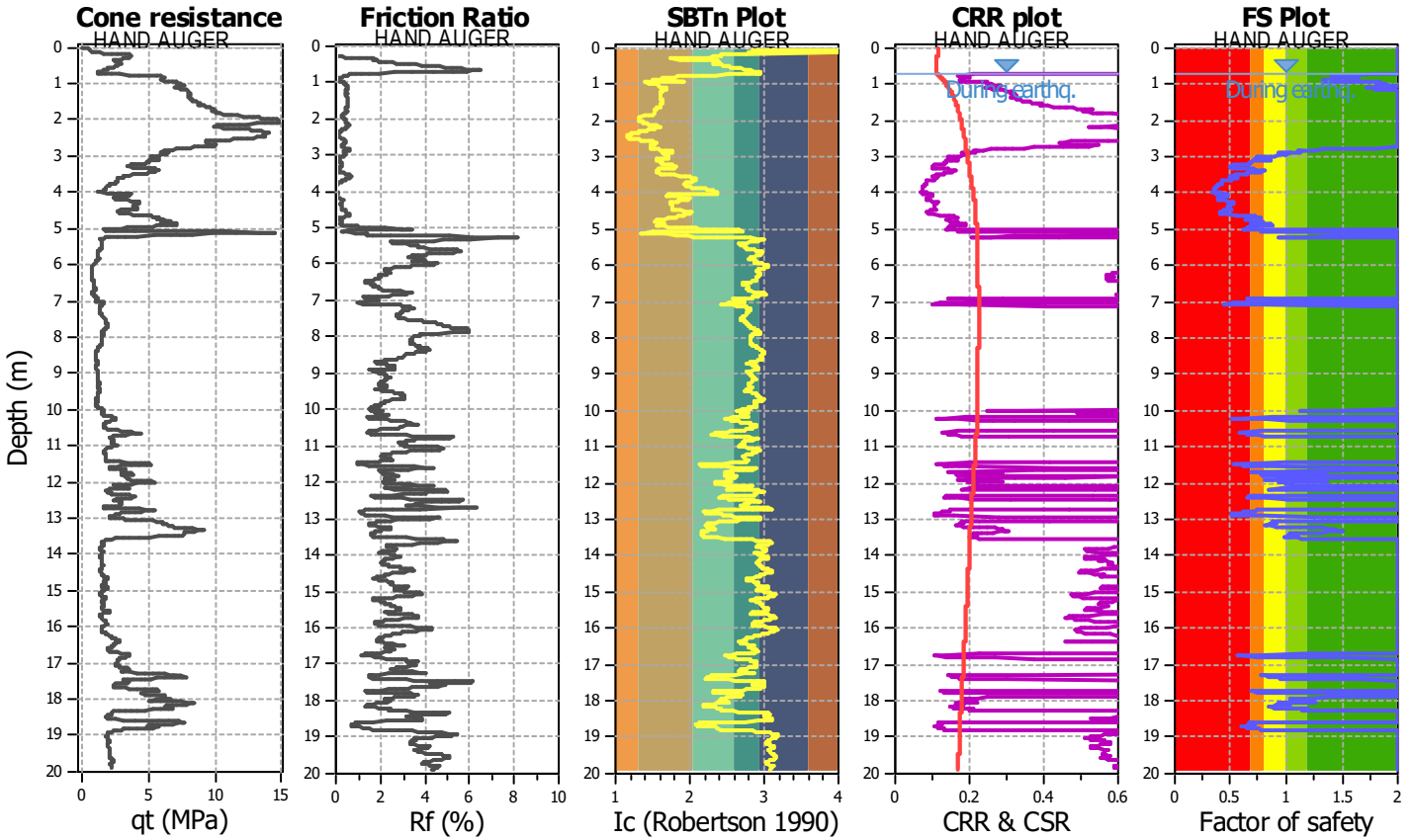
Project title :

Location :

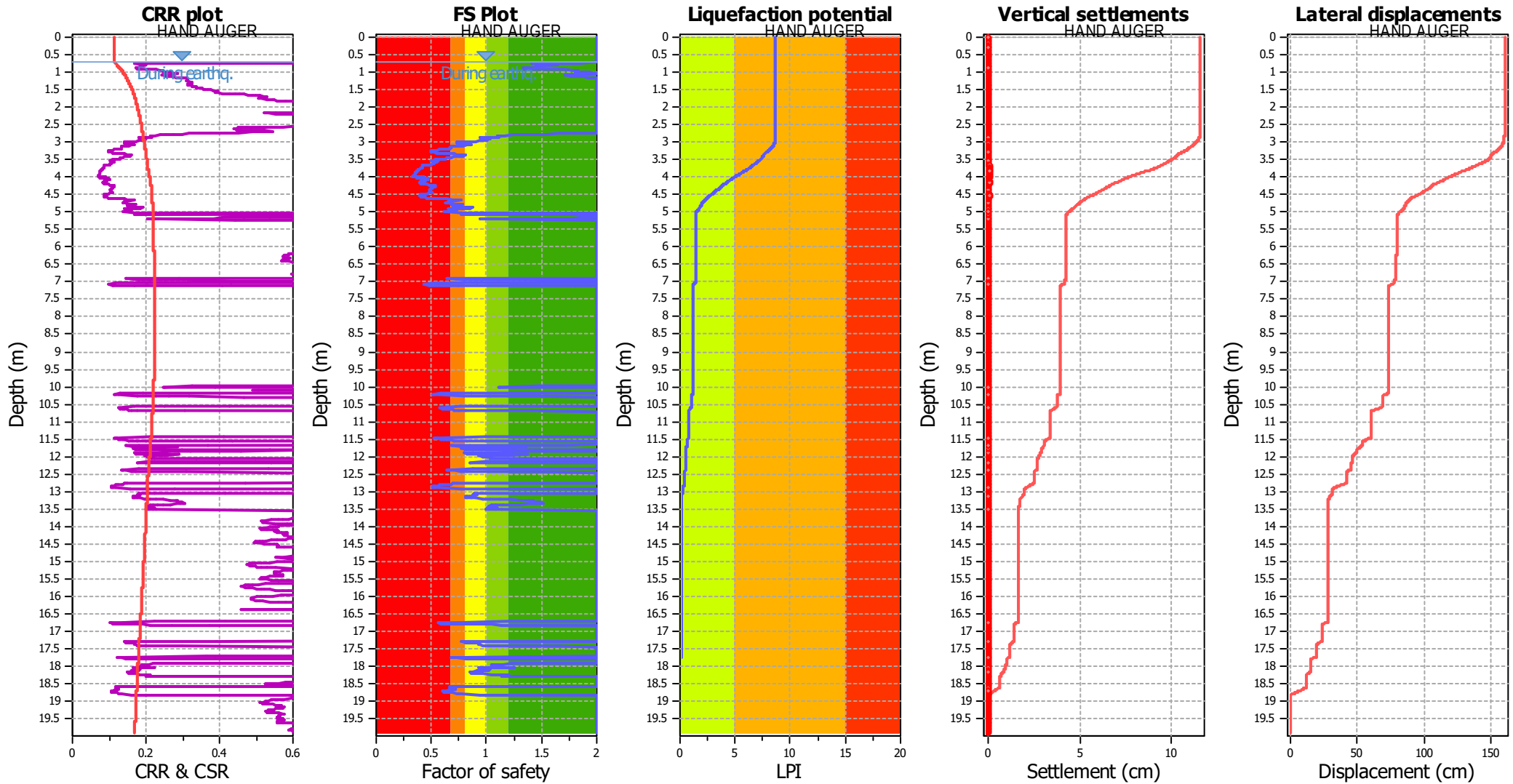
CPT file : CPTE2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

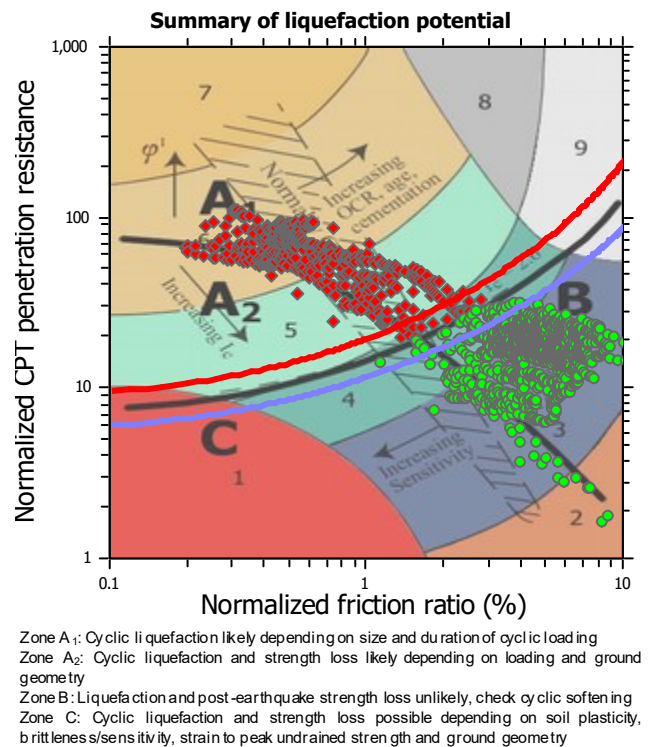
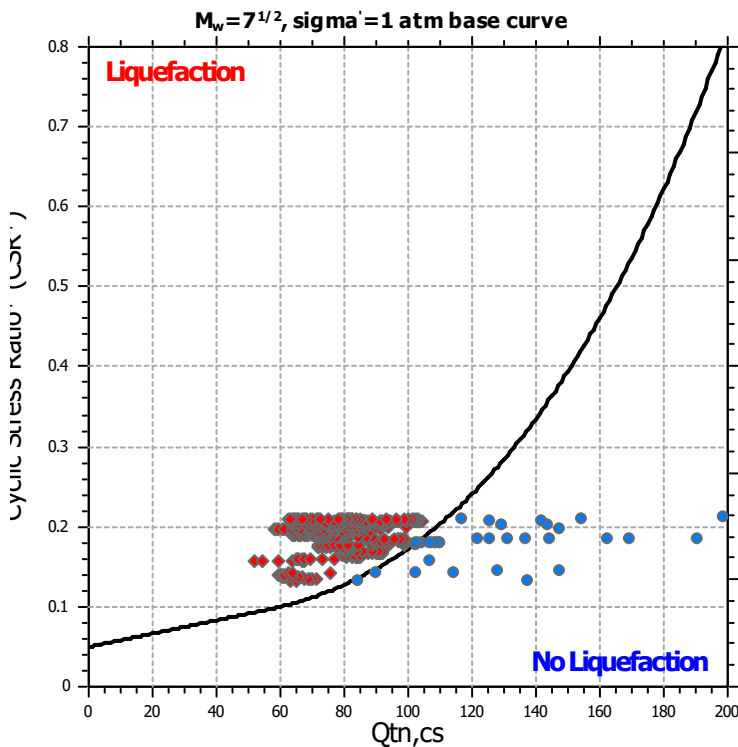
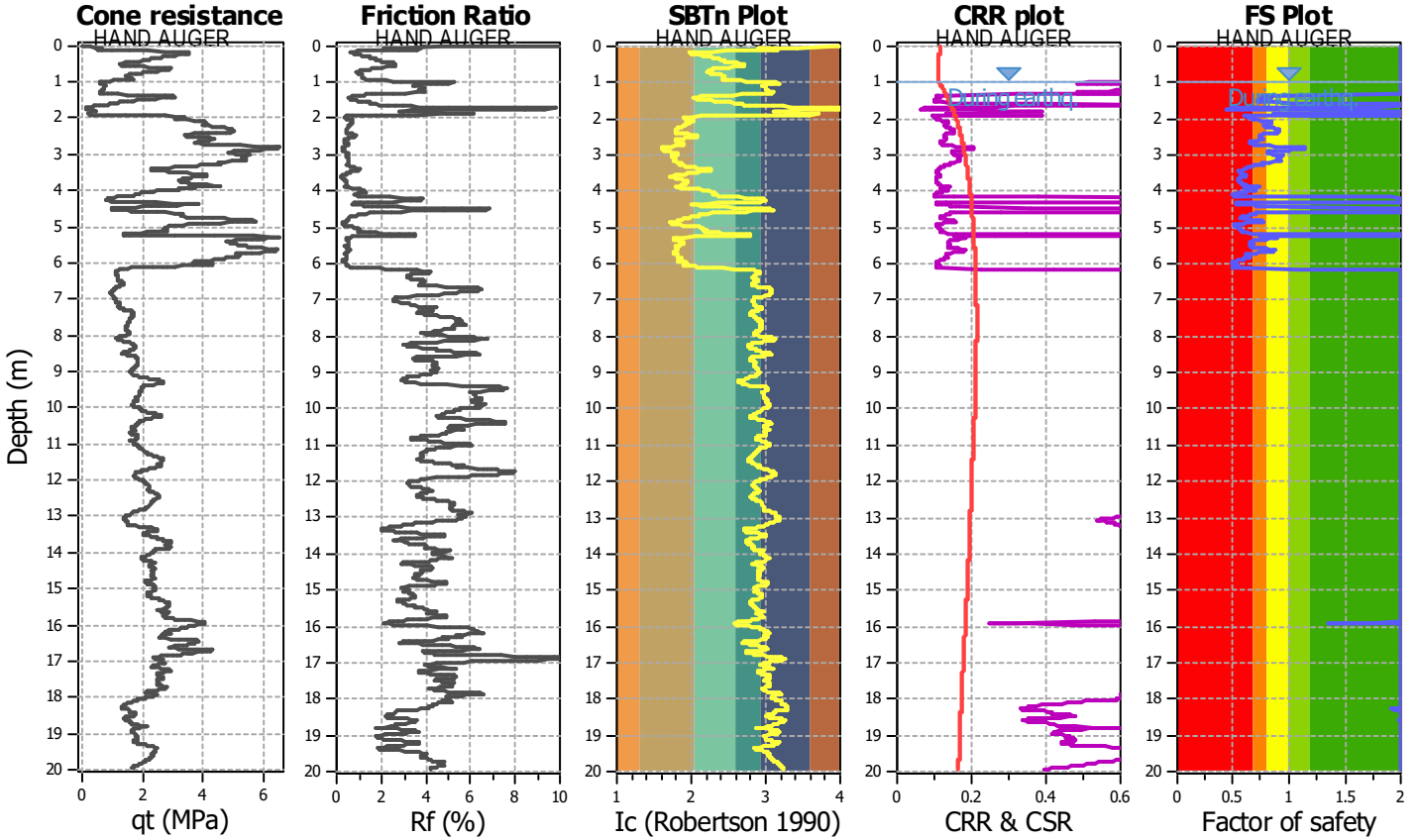
Project title :

Location :

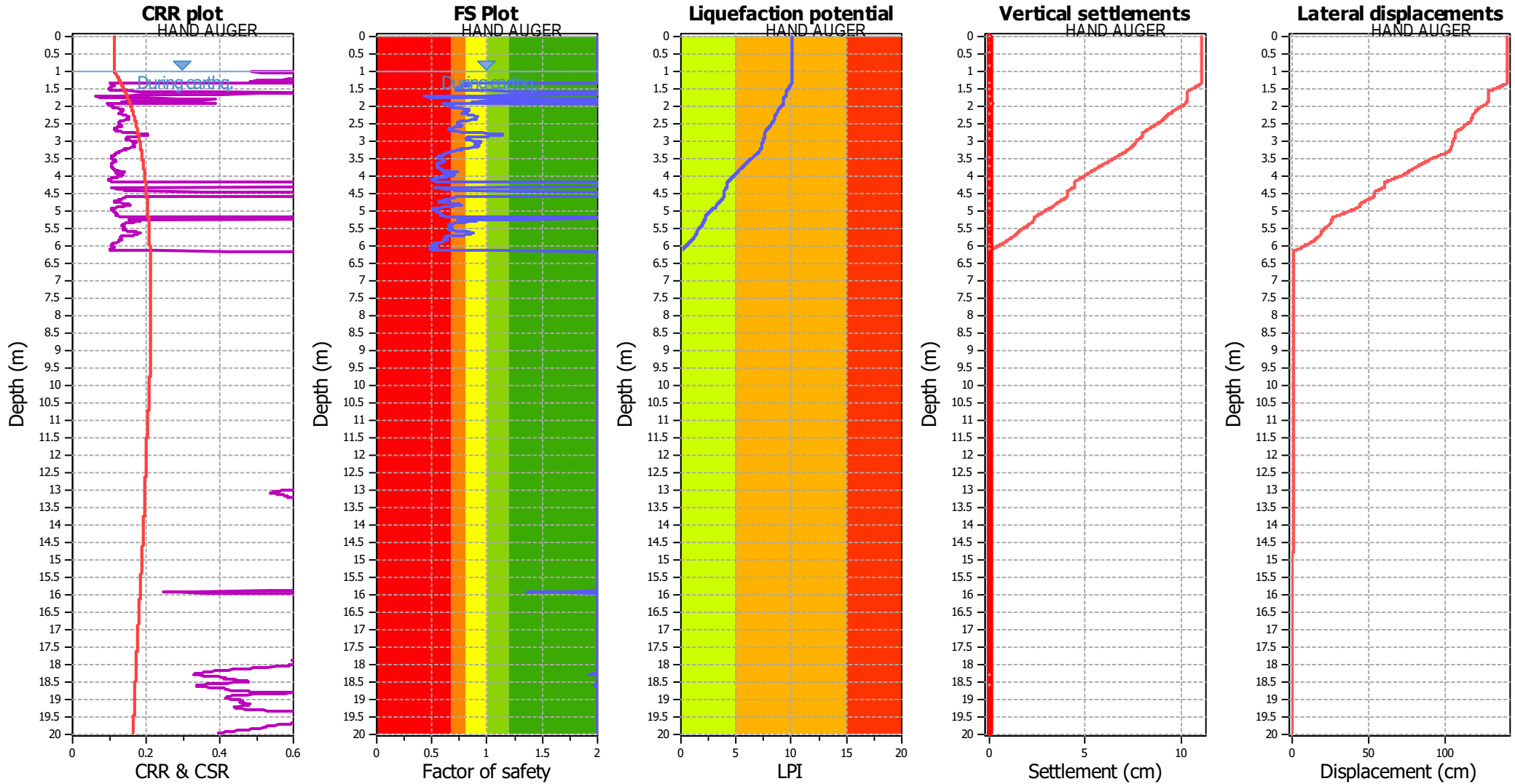
CPT file : CPTE14

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

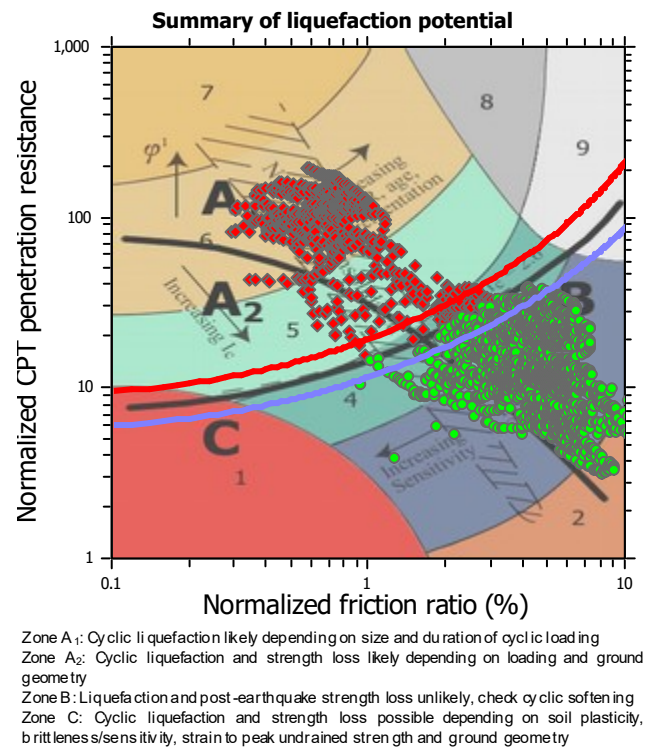
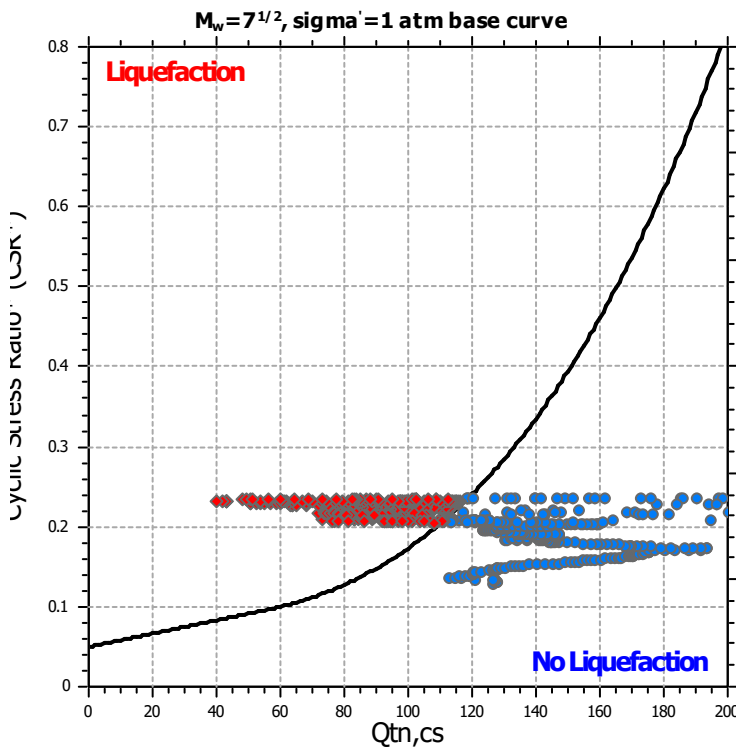
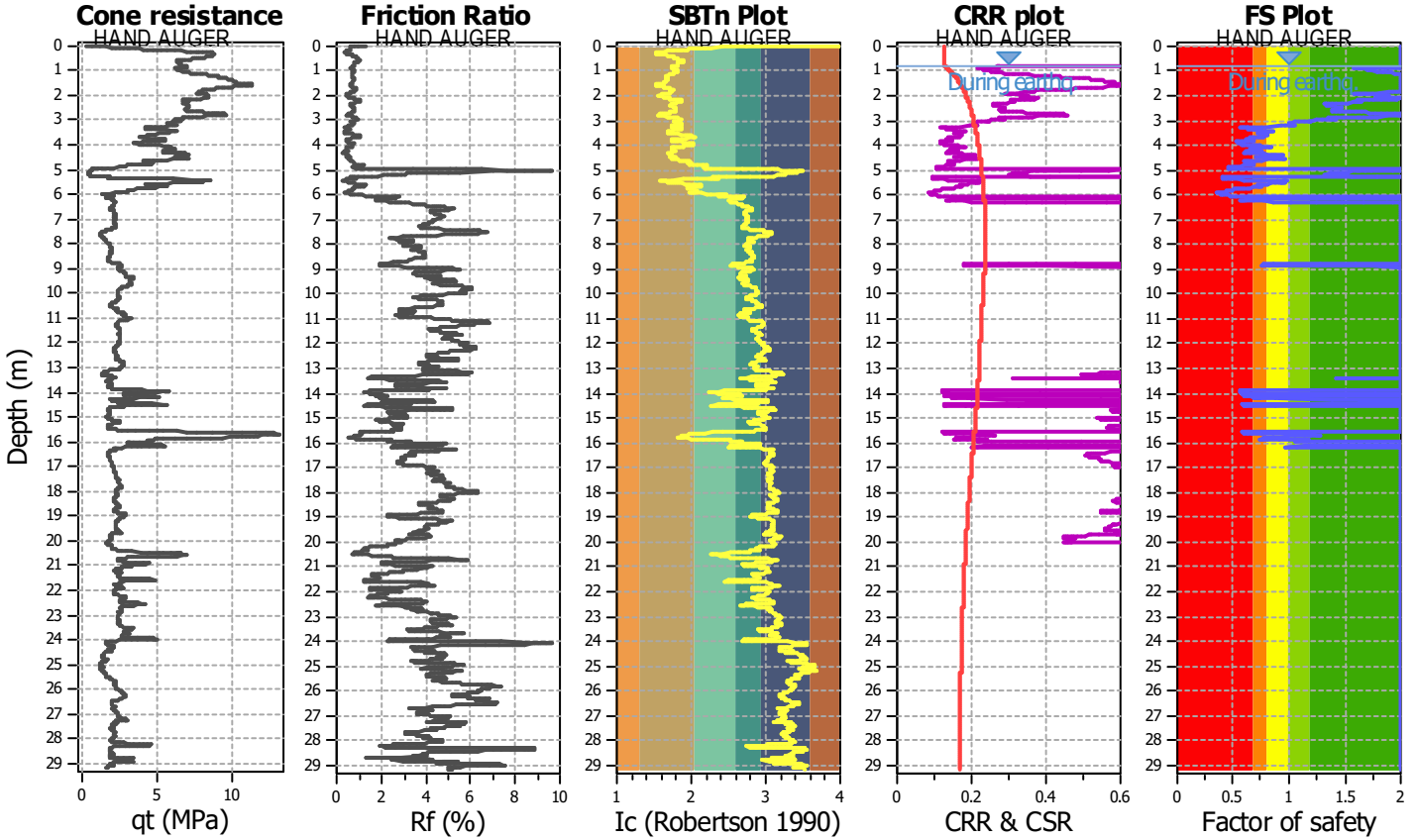
Project title : MS3- Riccione

Location :

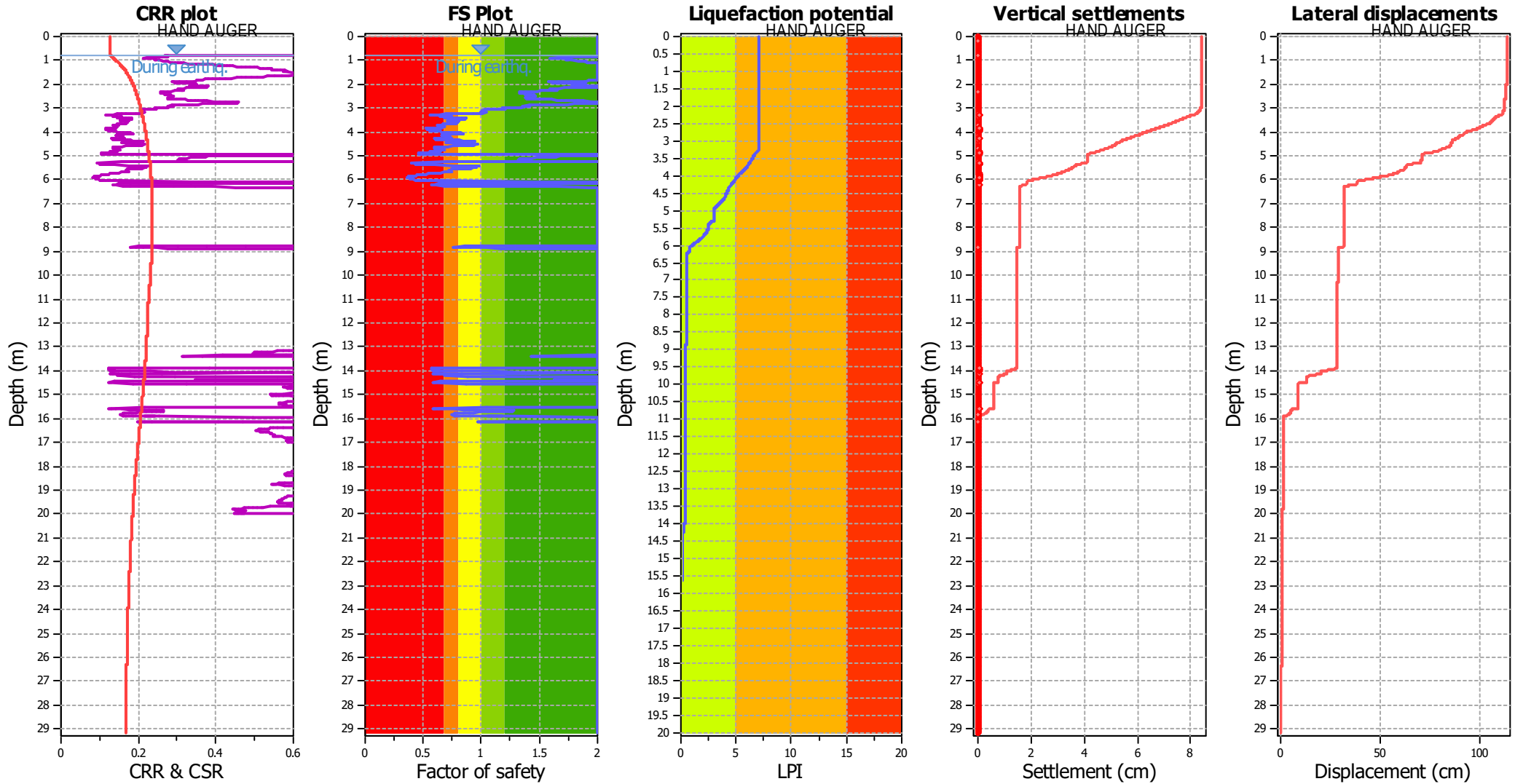
CPT file : SCPT1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.80 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	0.90 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

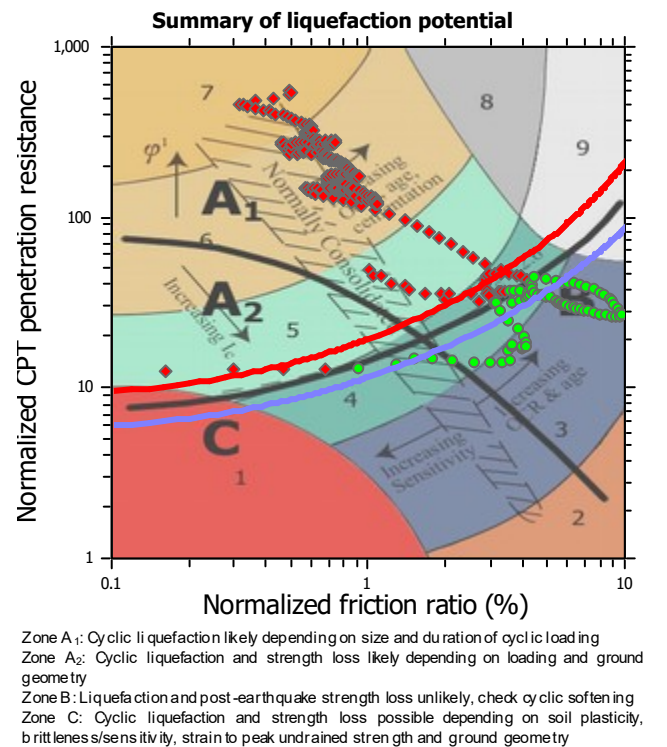
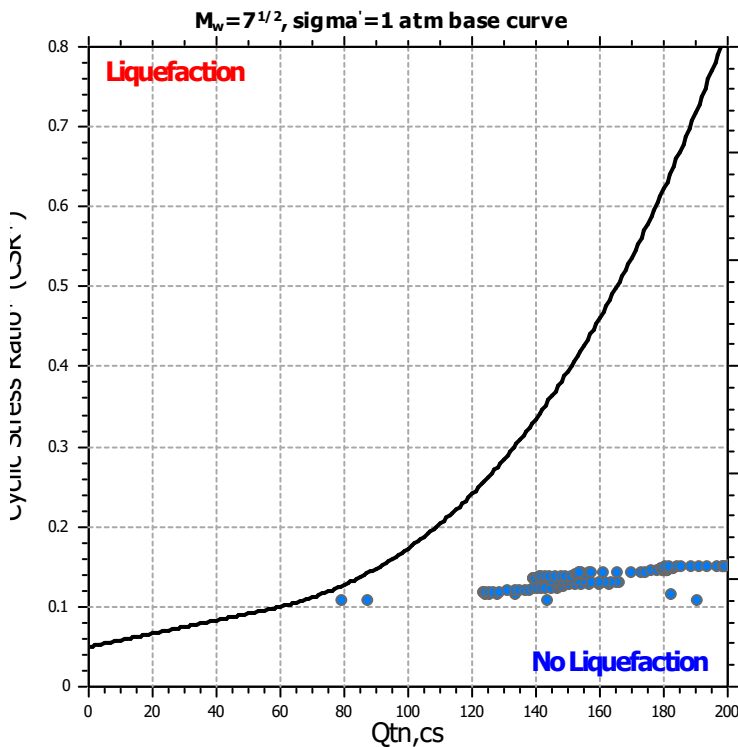
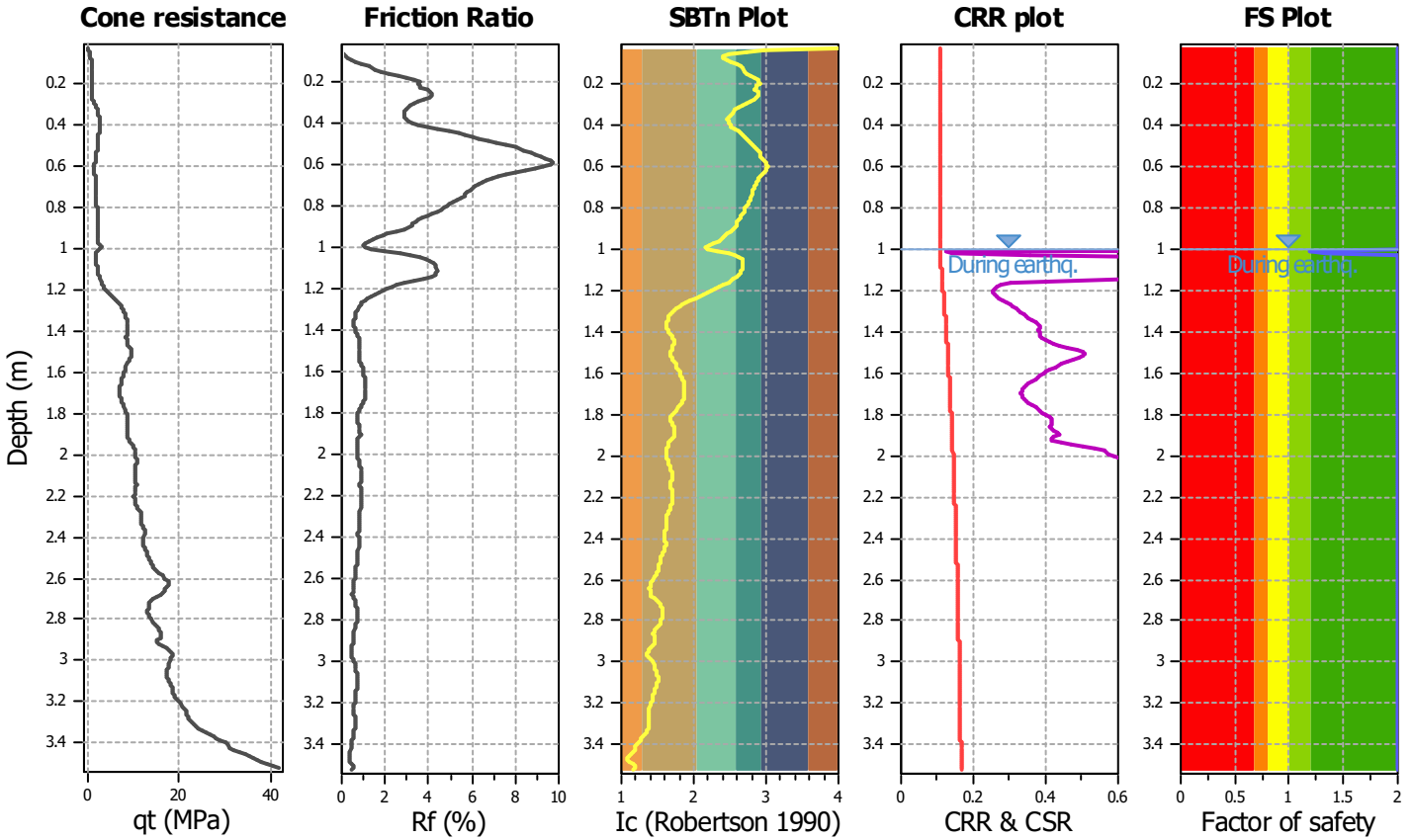
Project title : MS3- Riccione

Location :

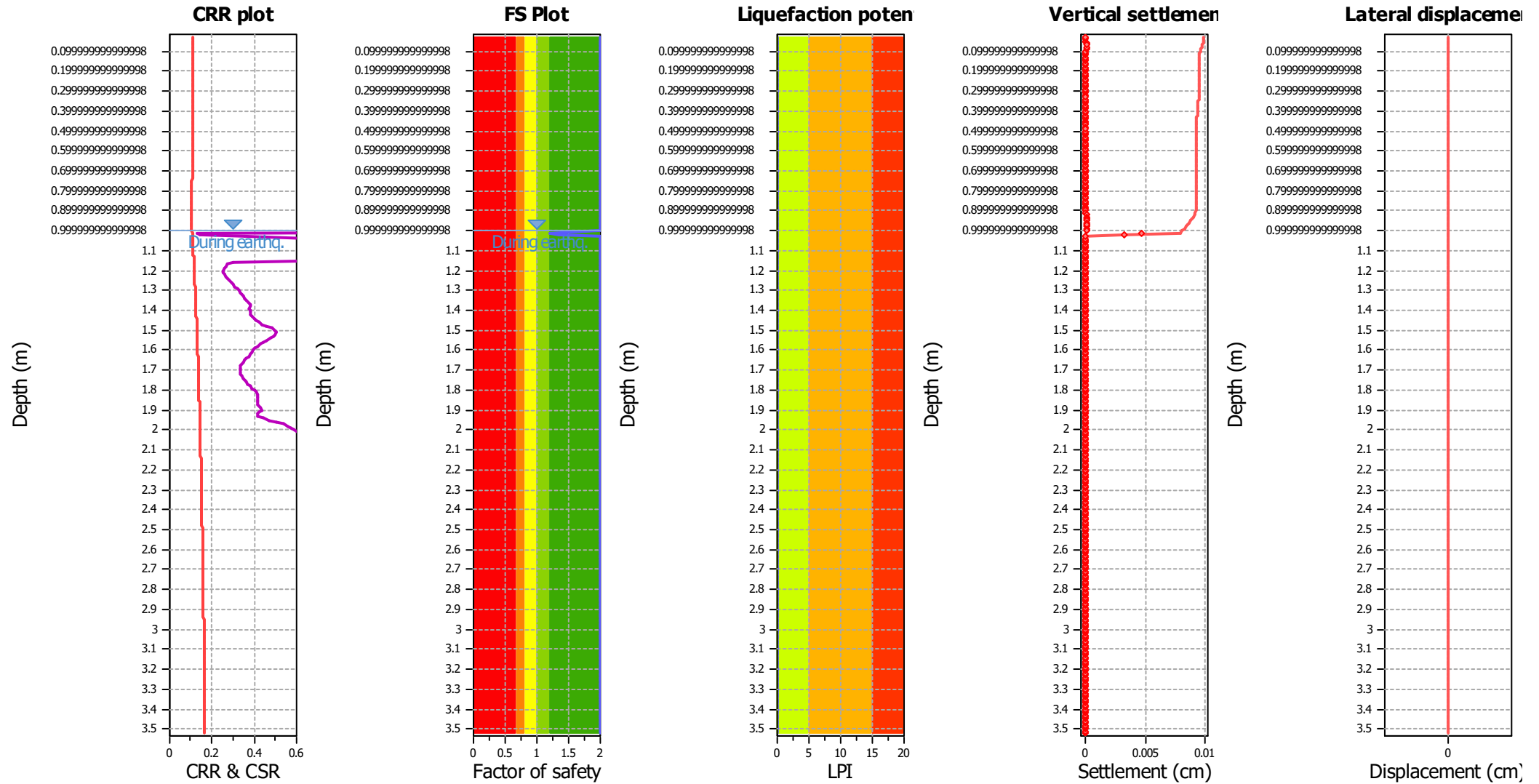
CPT file : CPTE3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	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 :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_v applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	No
Limit depth:	N/A

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

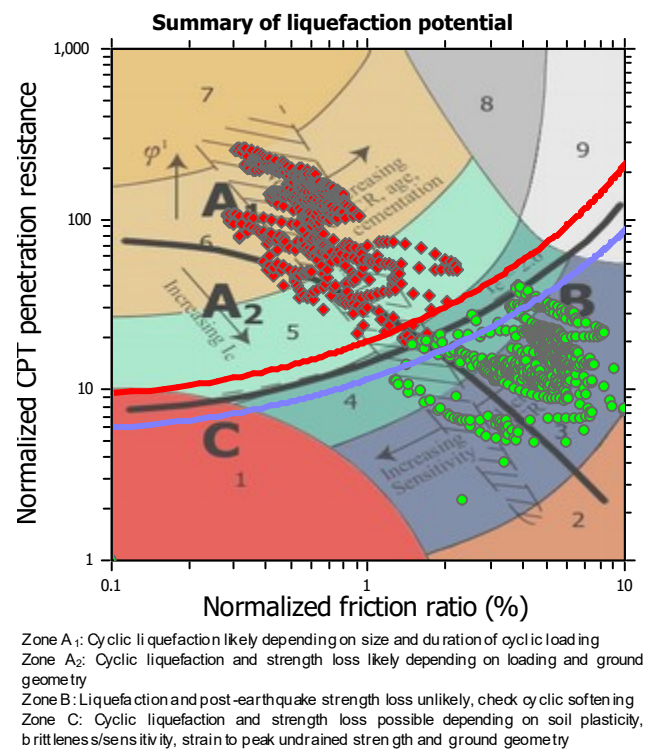
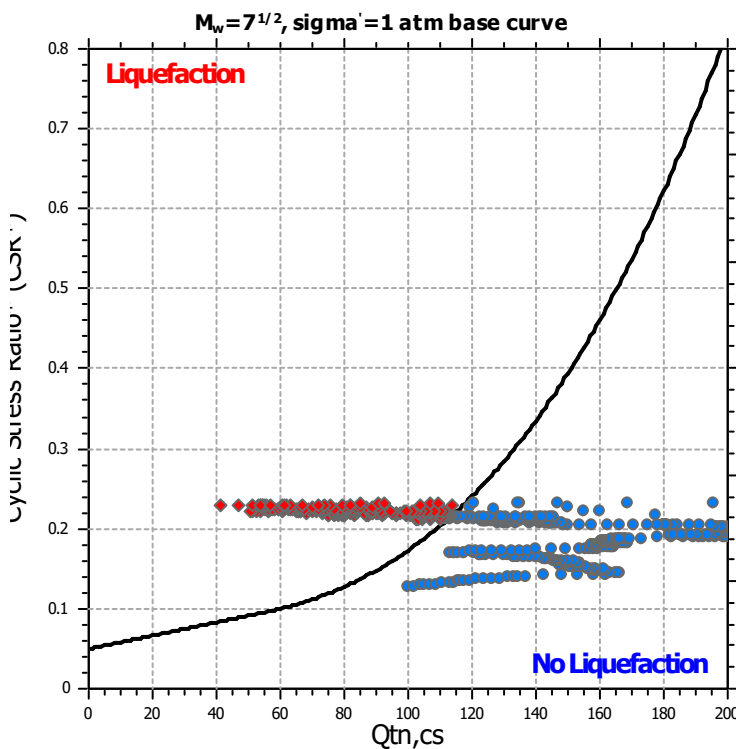
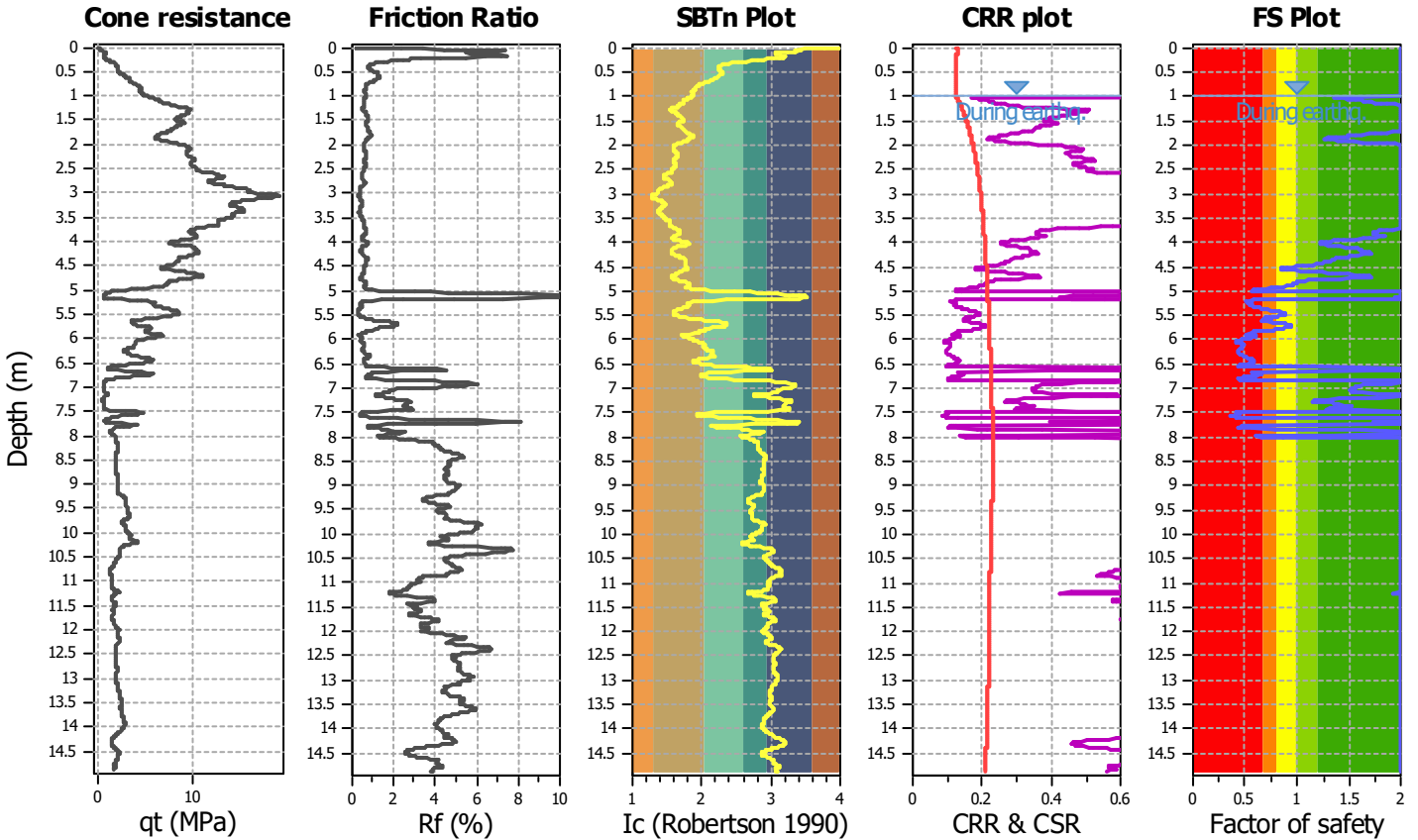
Project title : MS3- Riccione

Location :

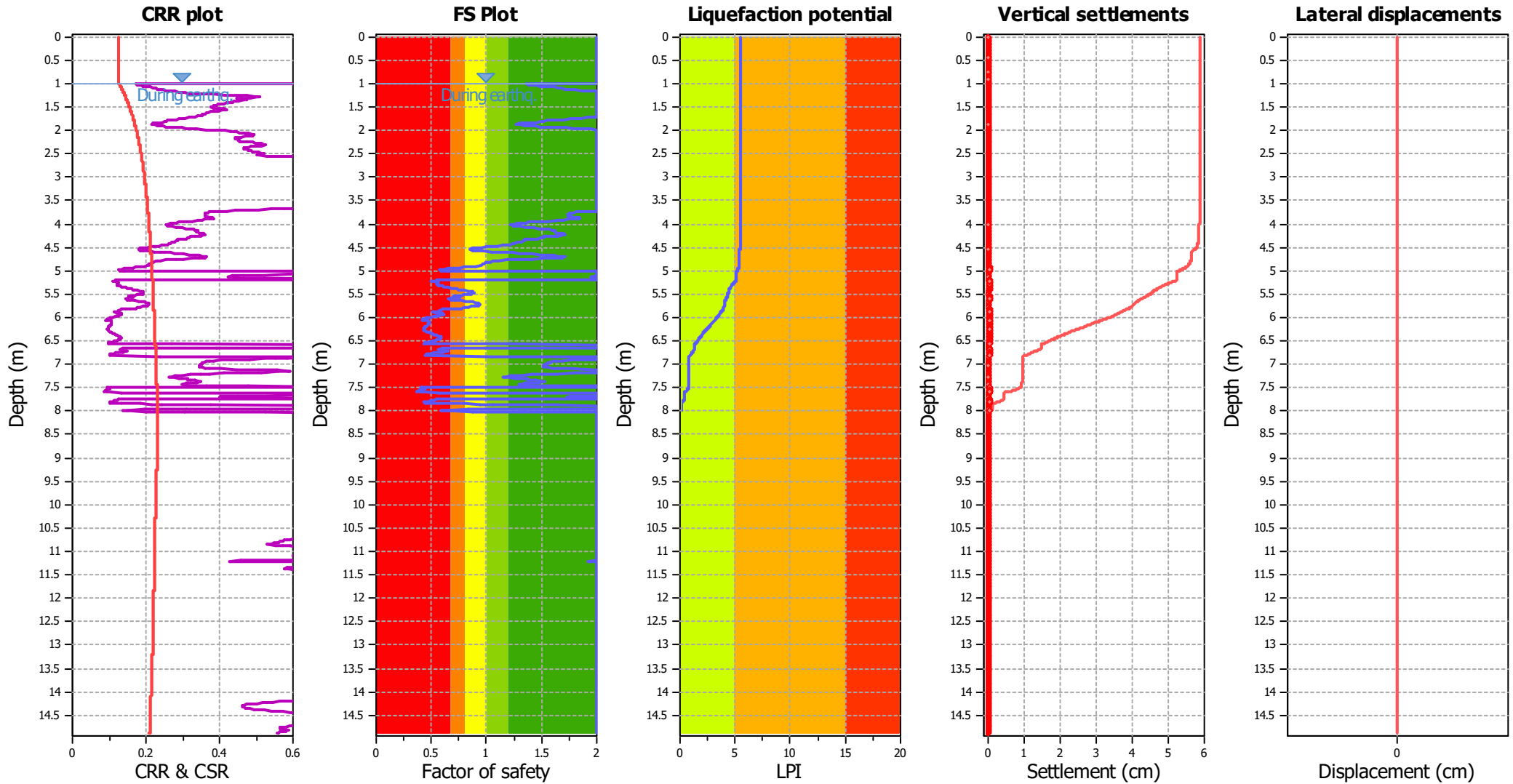
CPT file : CPTE16

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

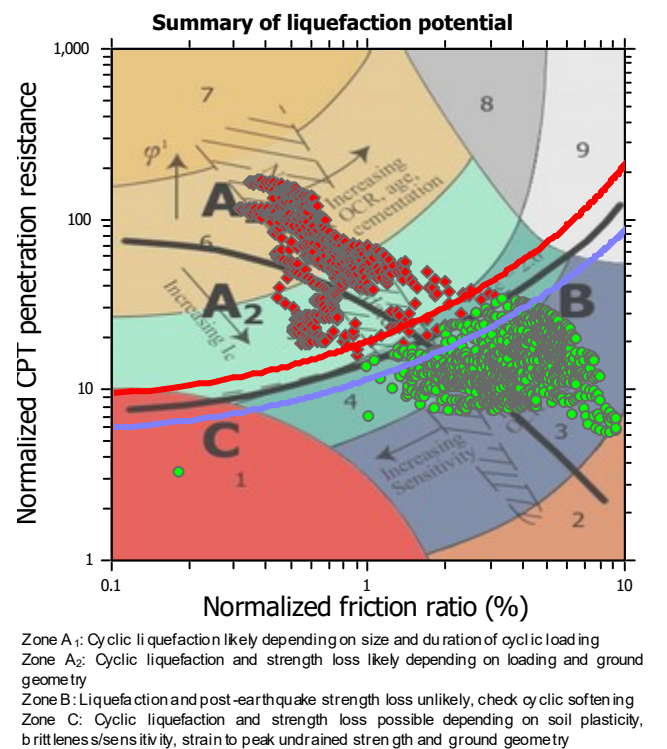
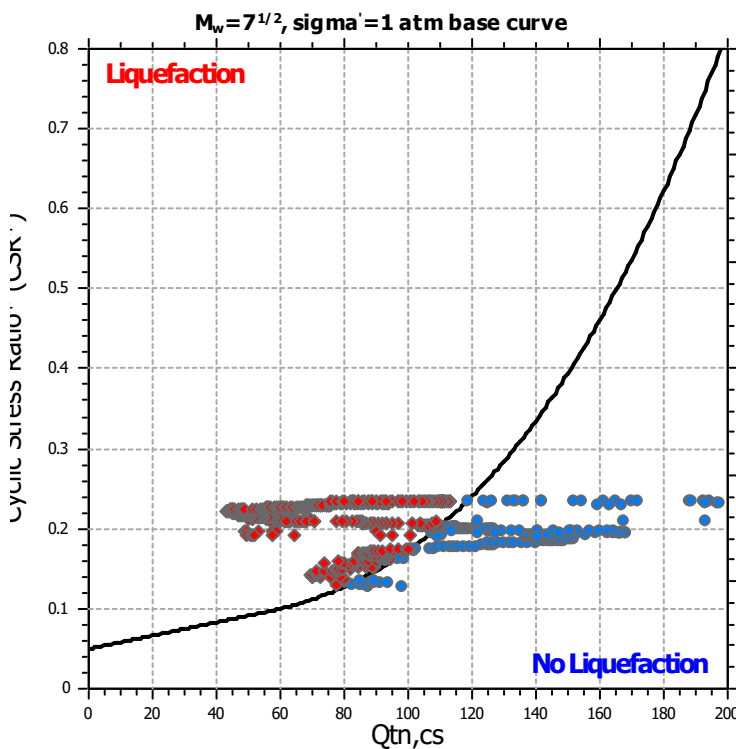
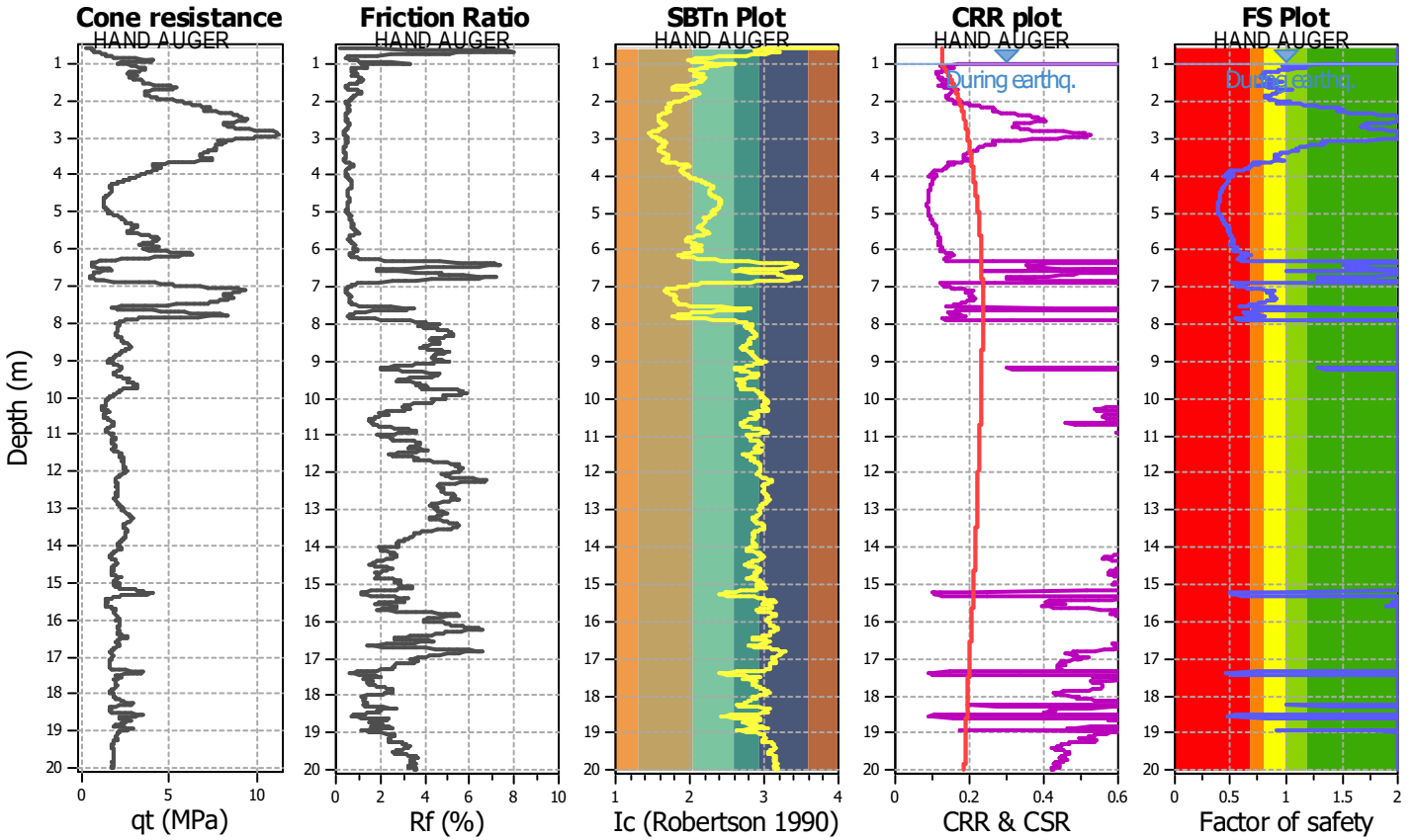
Project title : MS3- Riccione

Location :

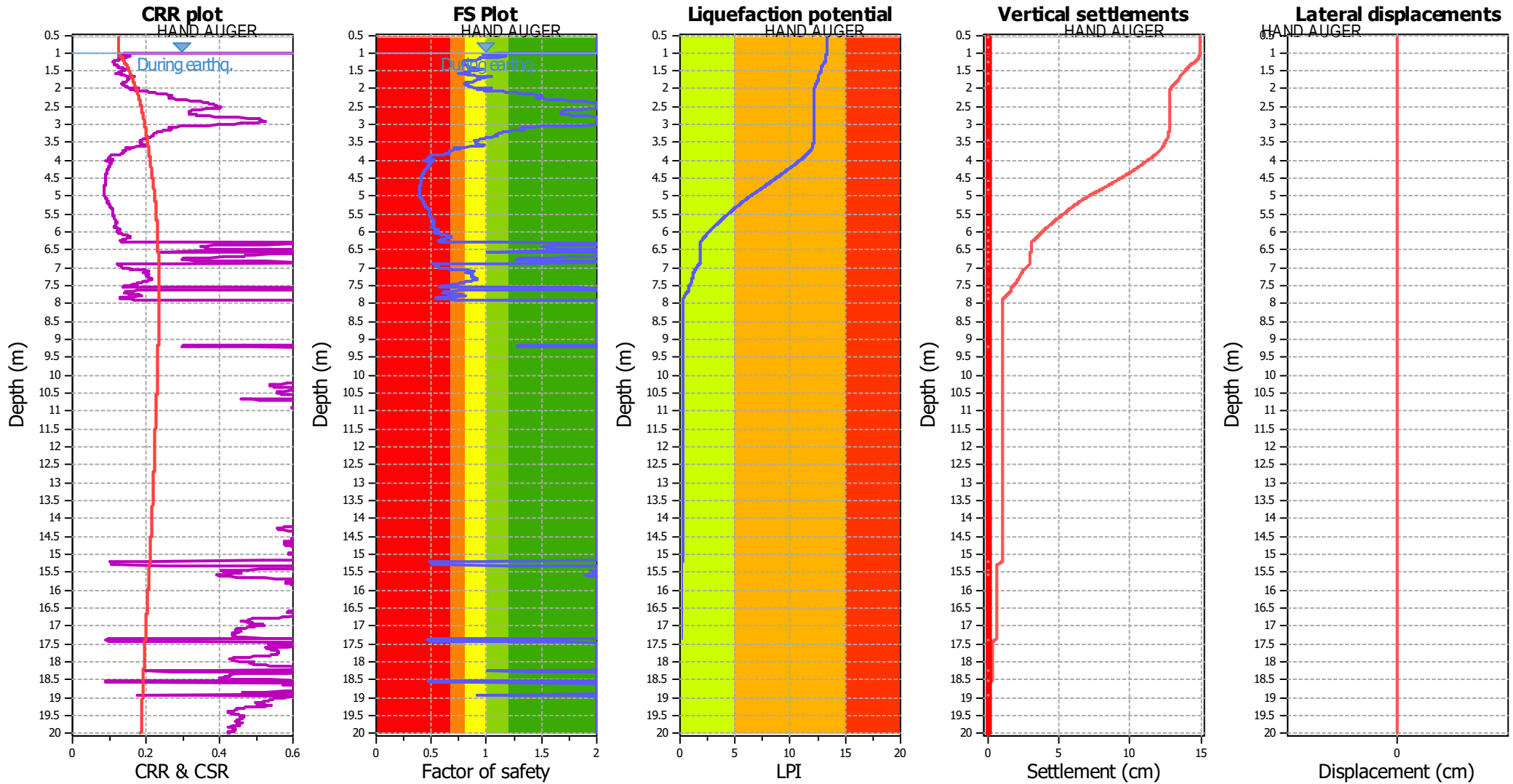
CPT file : CPTE17

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

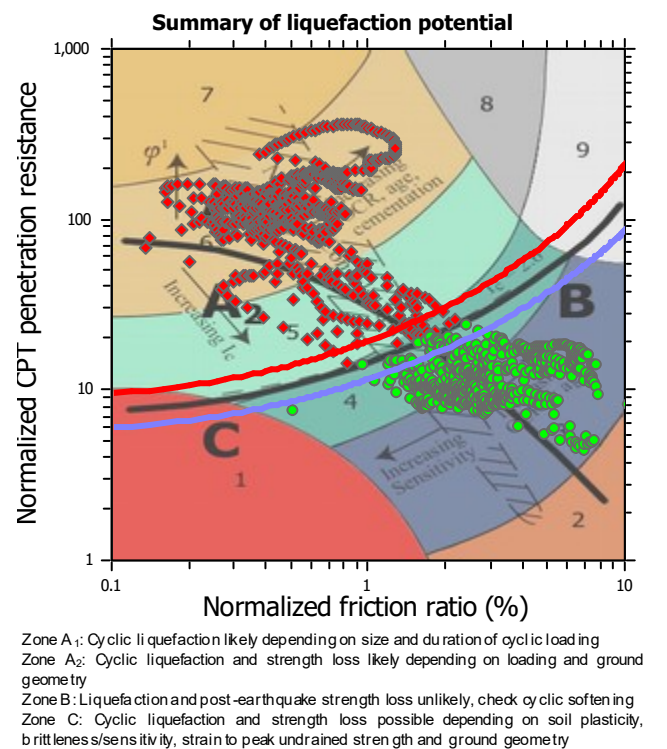
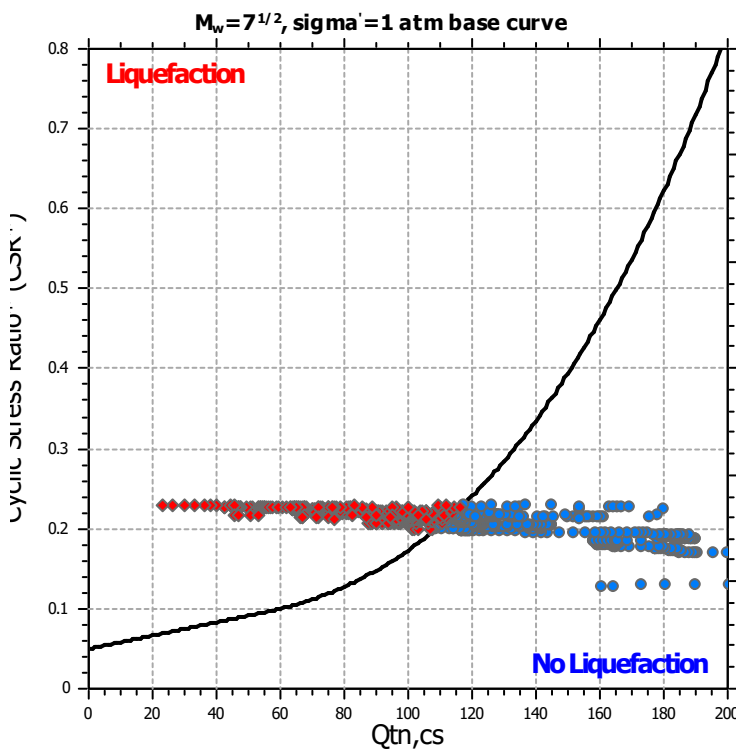
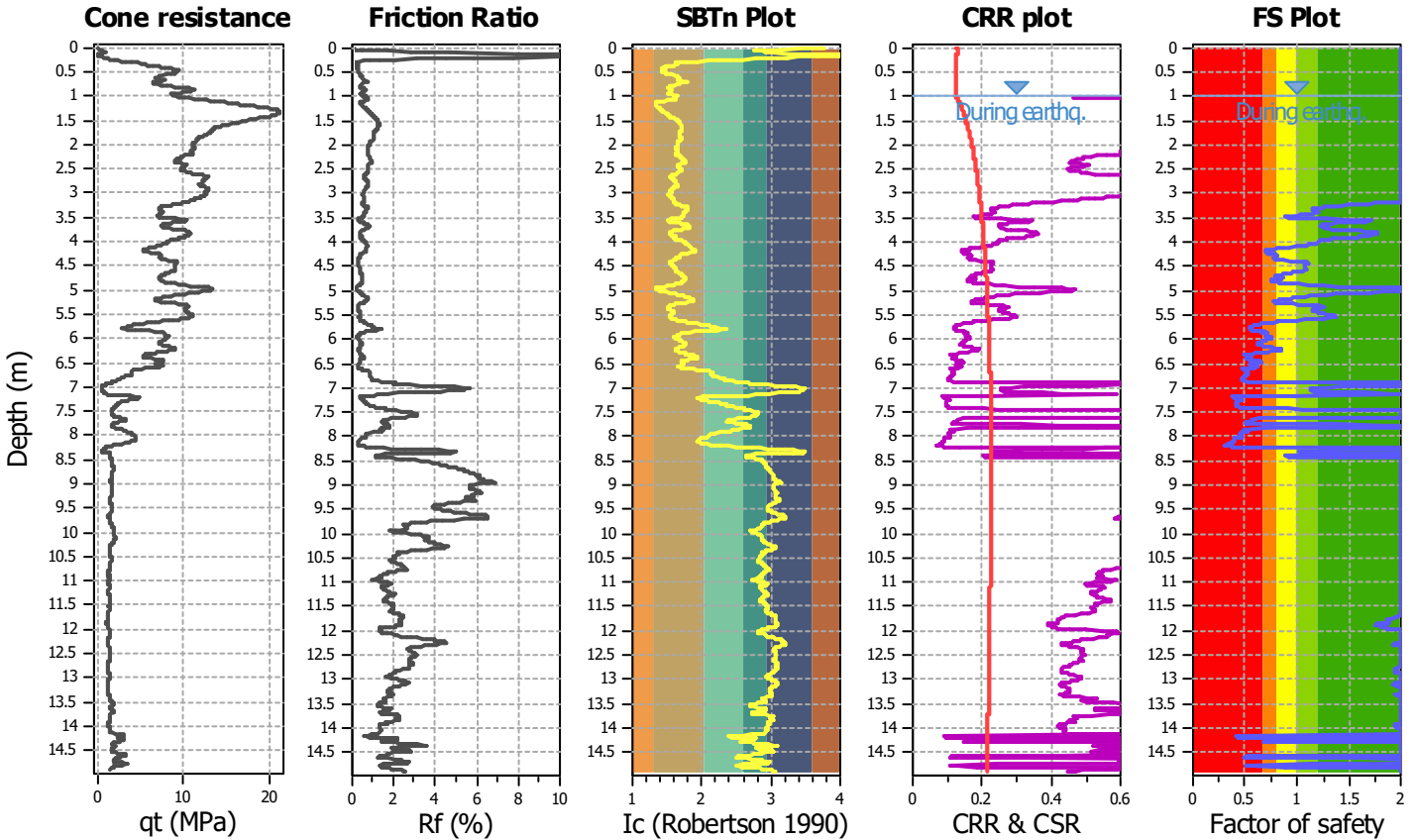
Project title : MS3- Riccione

Location :

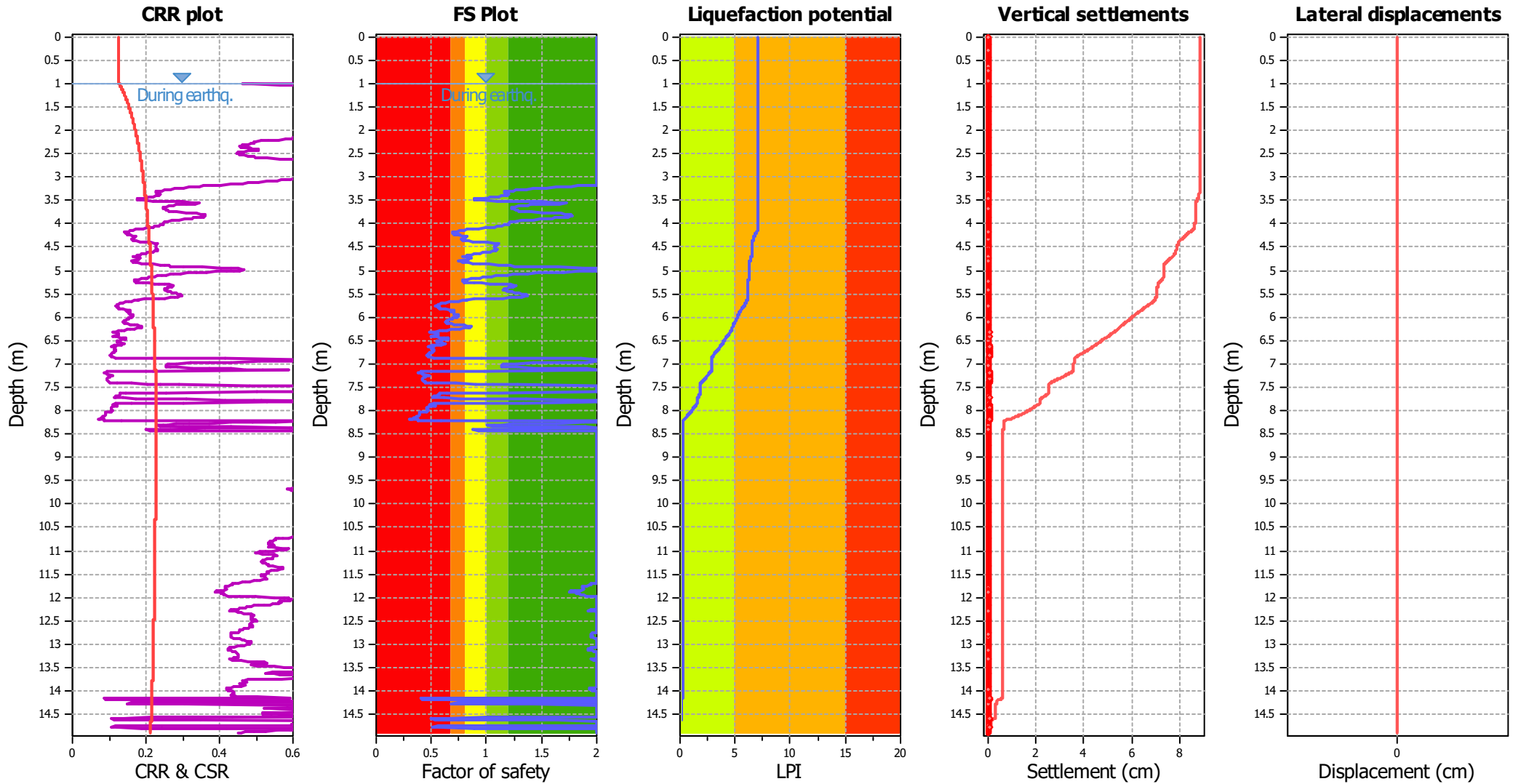
CPT file : CPTE18

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.90 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

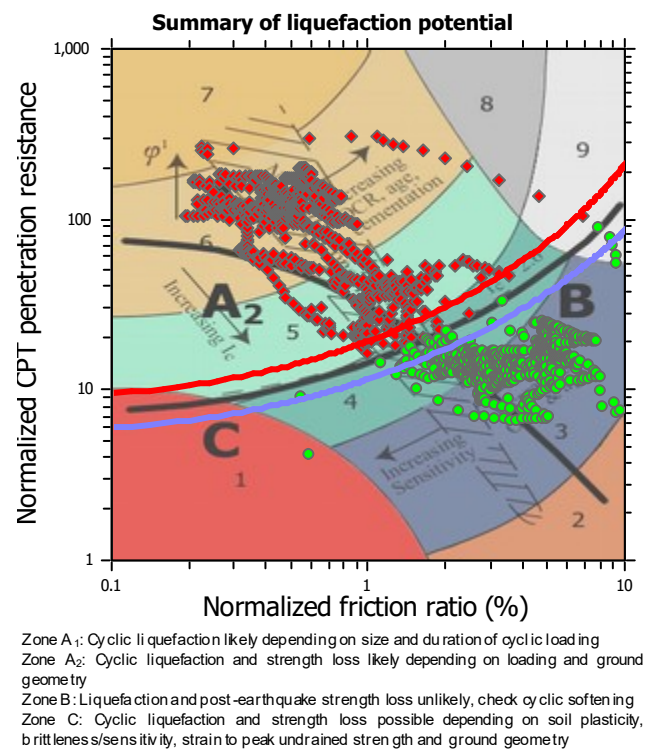
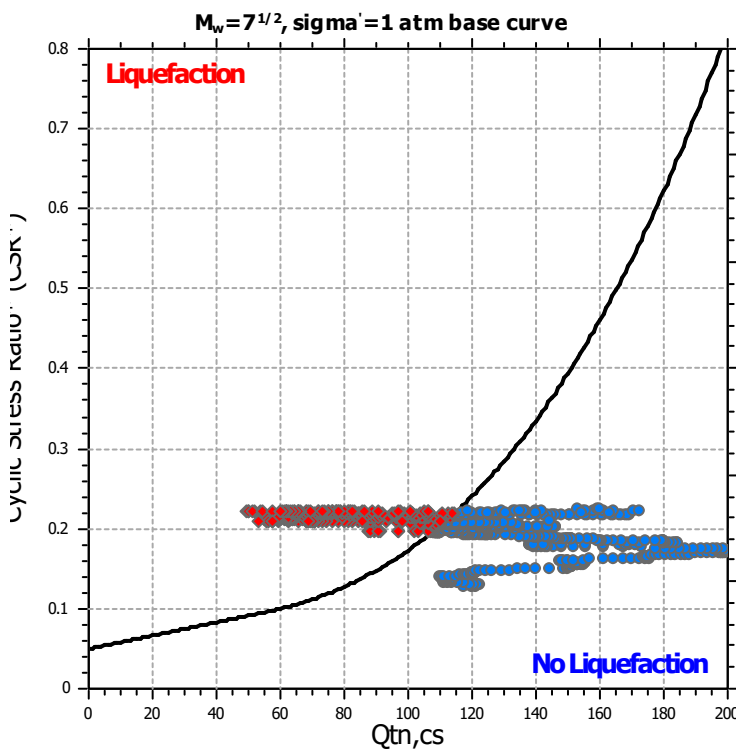
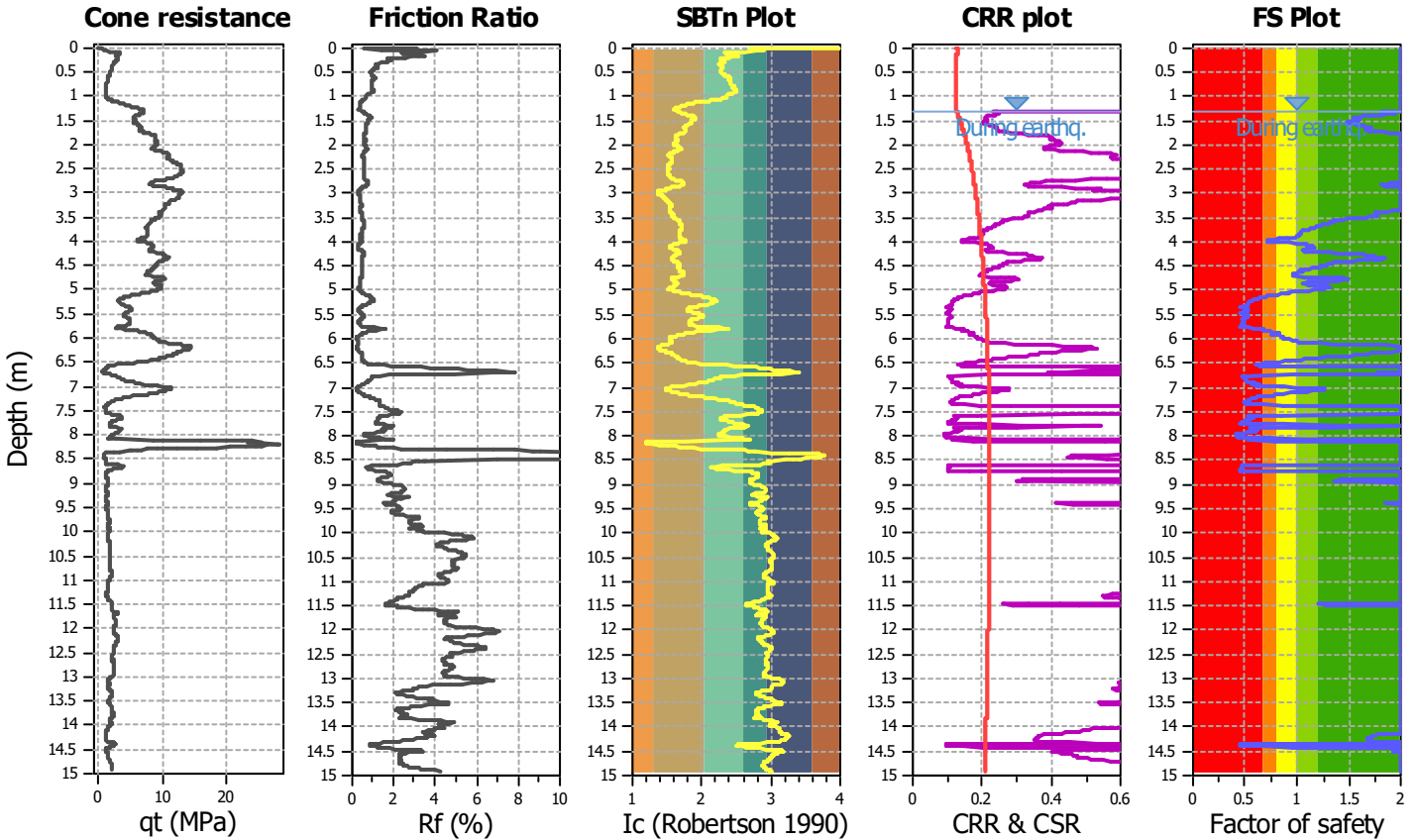
Project title : MS3- Riccione

Location :

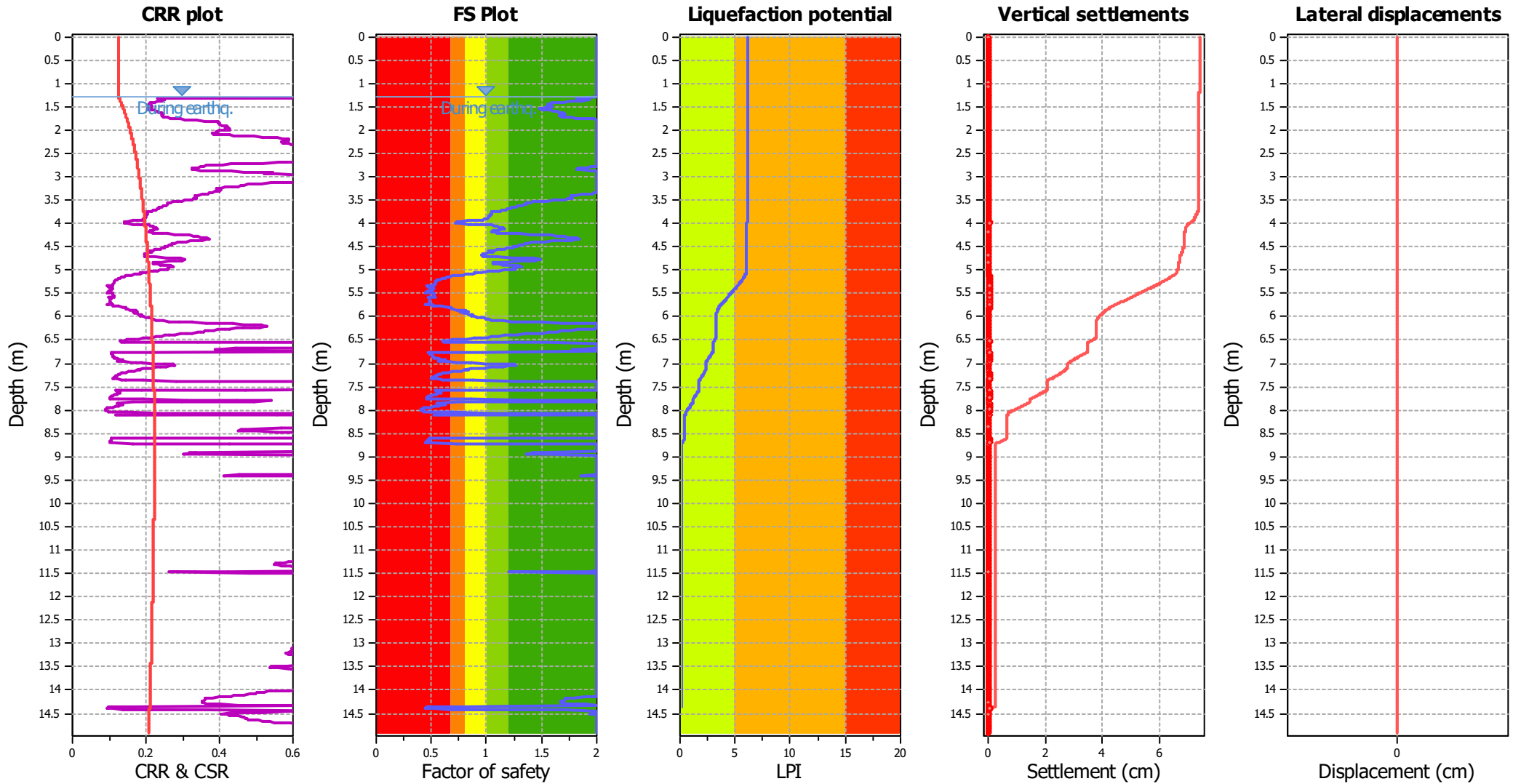
CPT file : CPT19

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.30 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.90 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

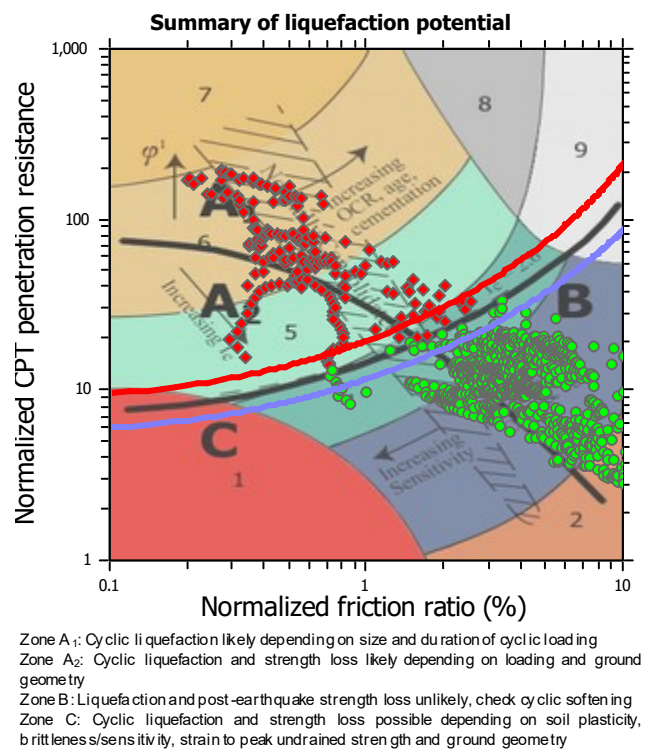
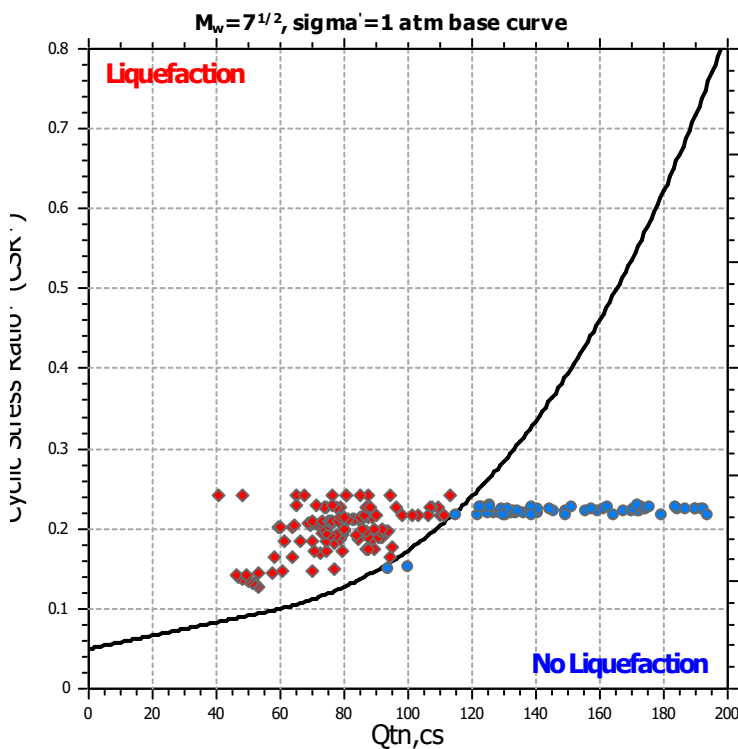
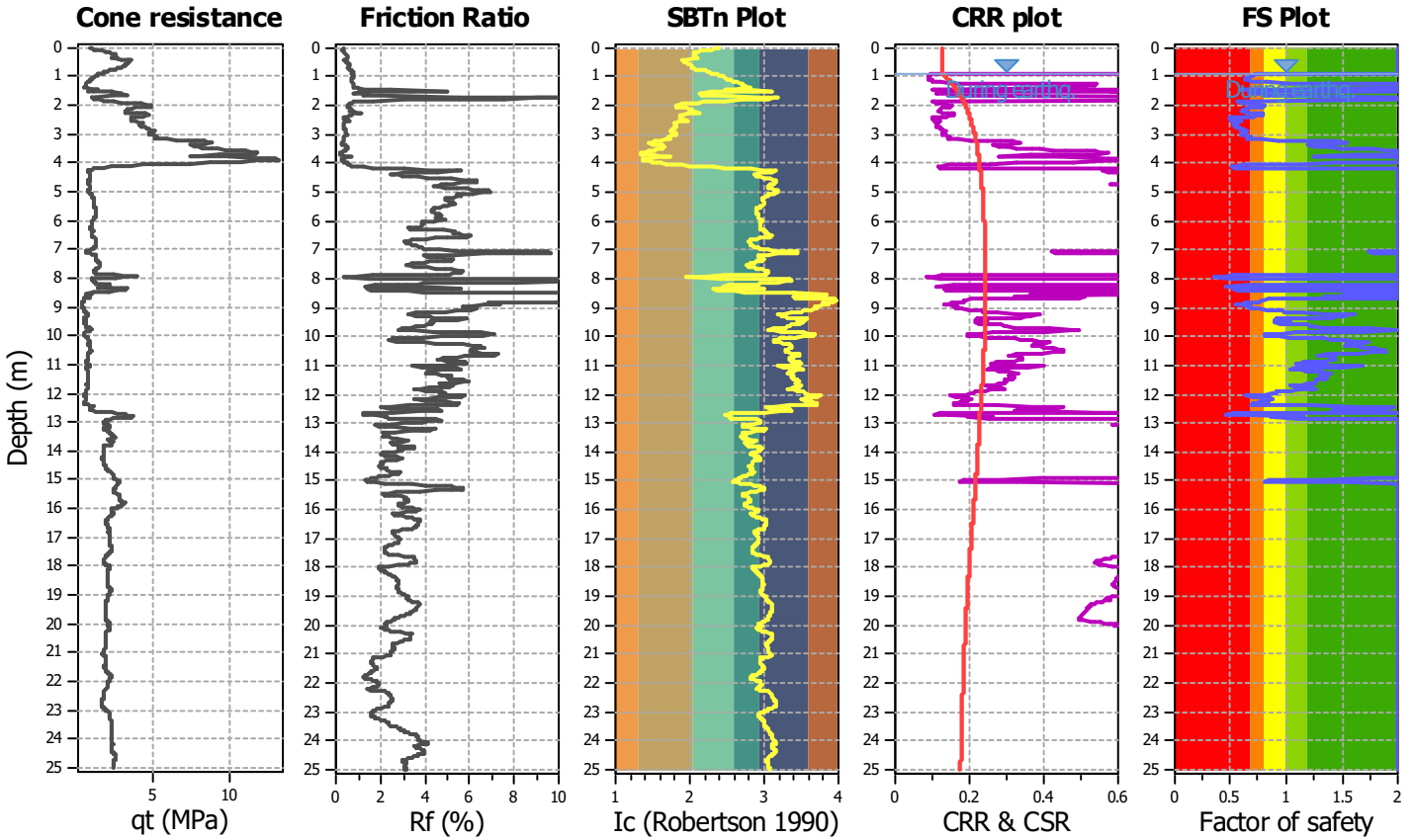
Project title : MS3- Riccione

Location :

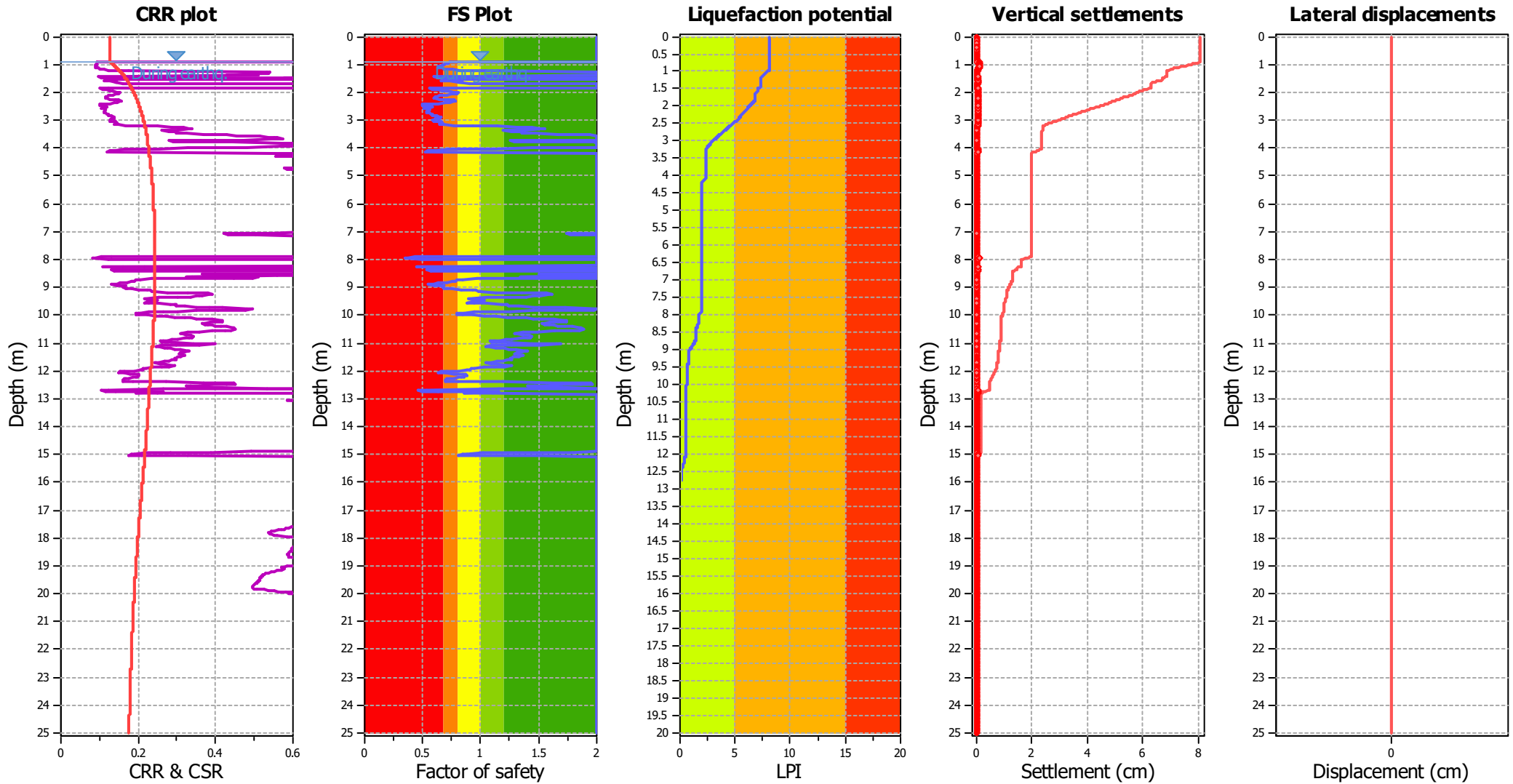
CPT file : CPT32

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.05 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.90 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	0.90 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.05 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

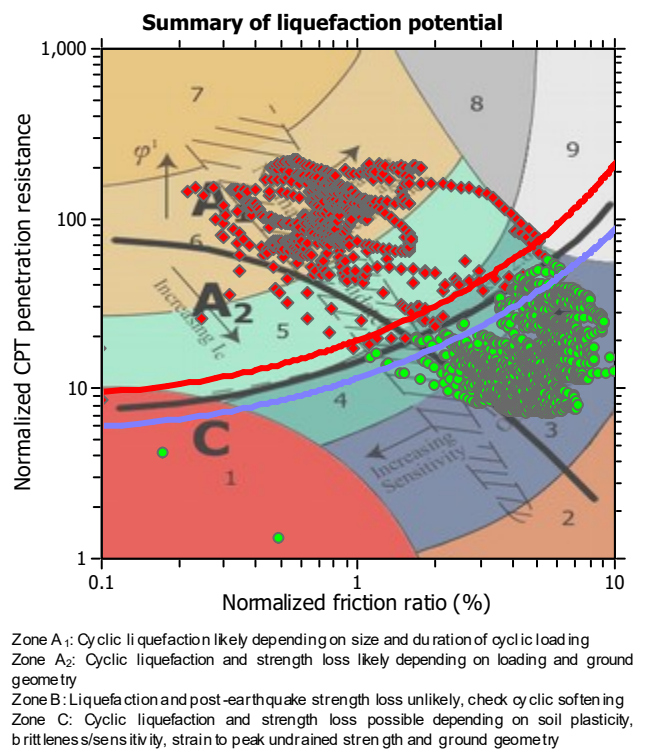
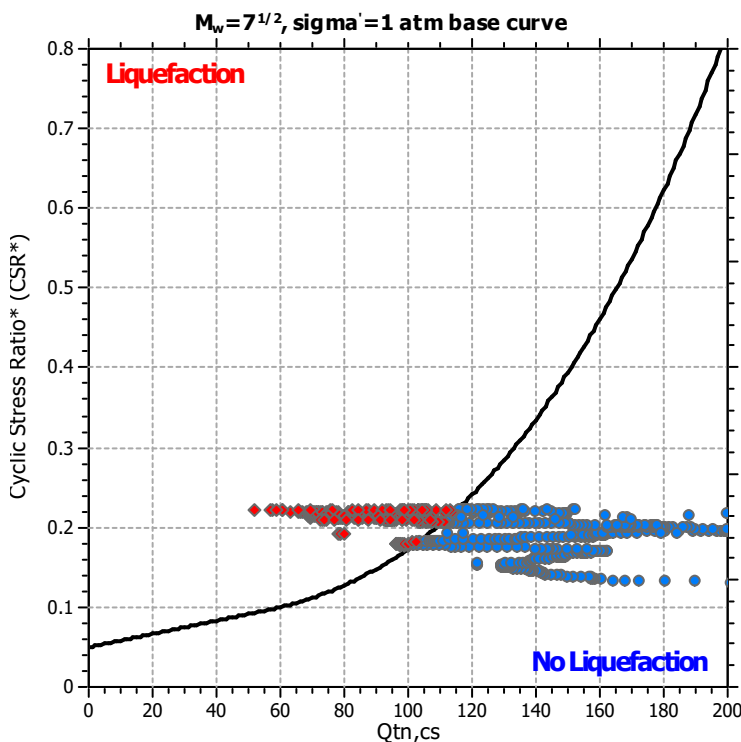
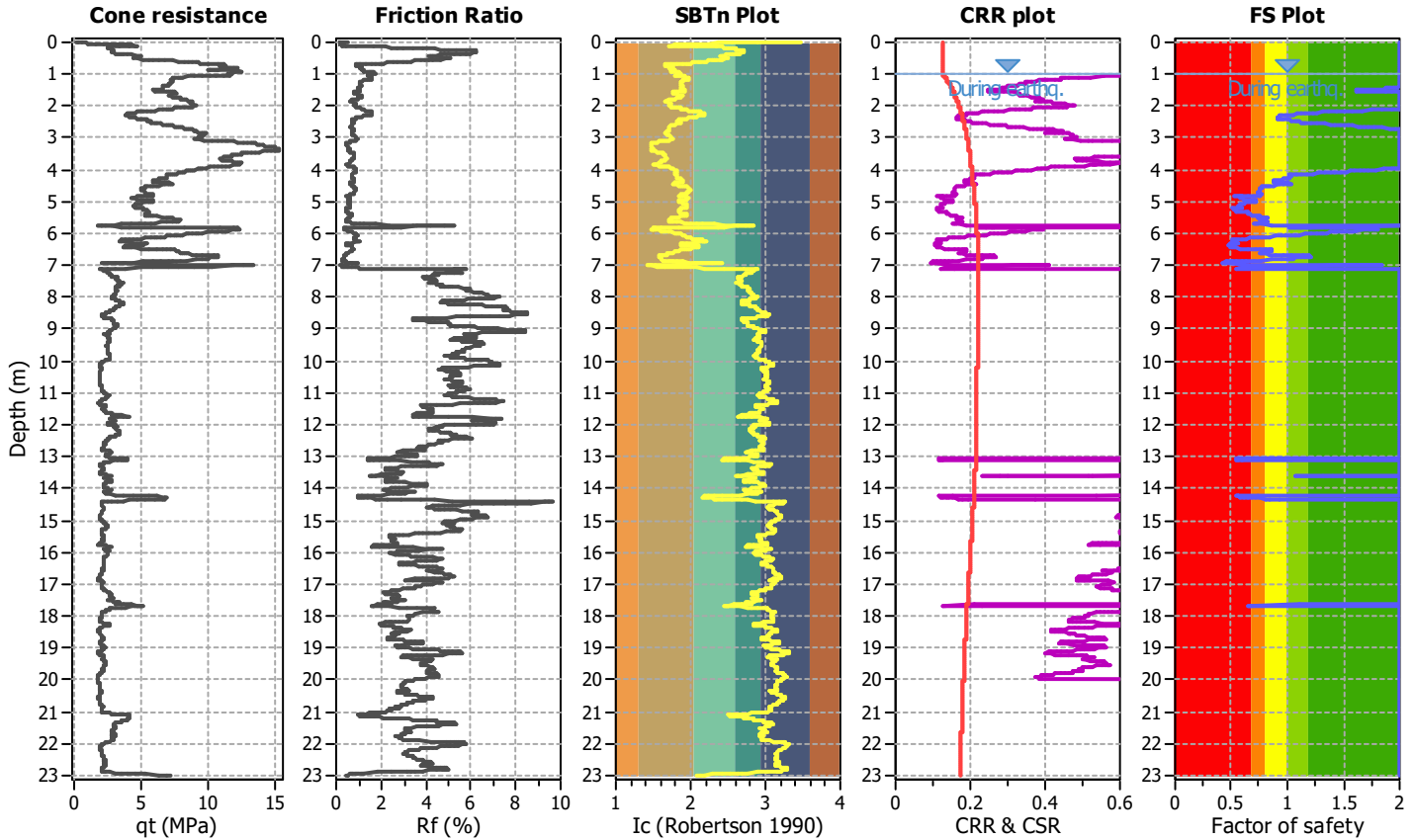
Project title : MS3- Riccione

Location :

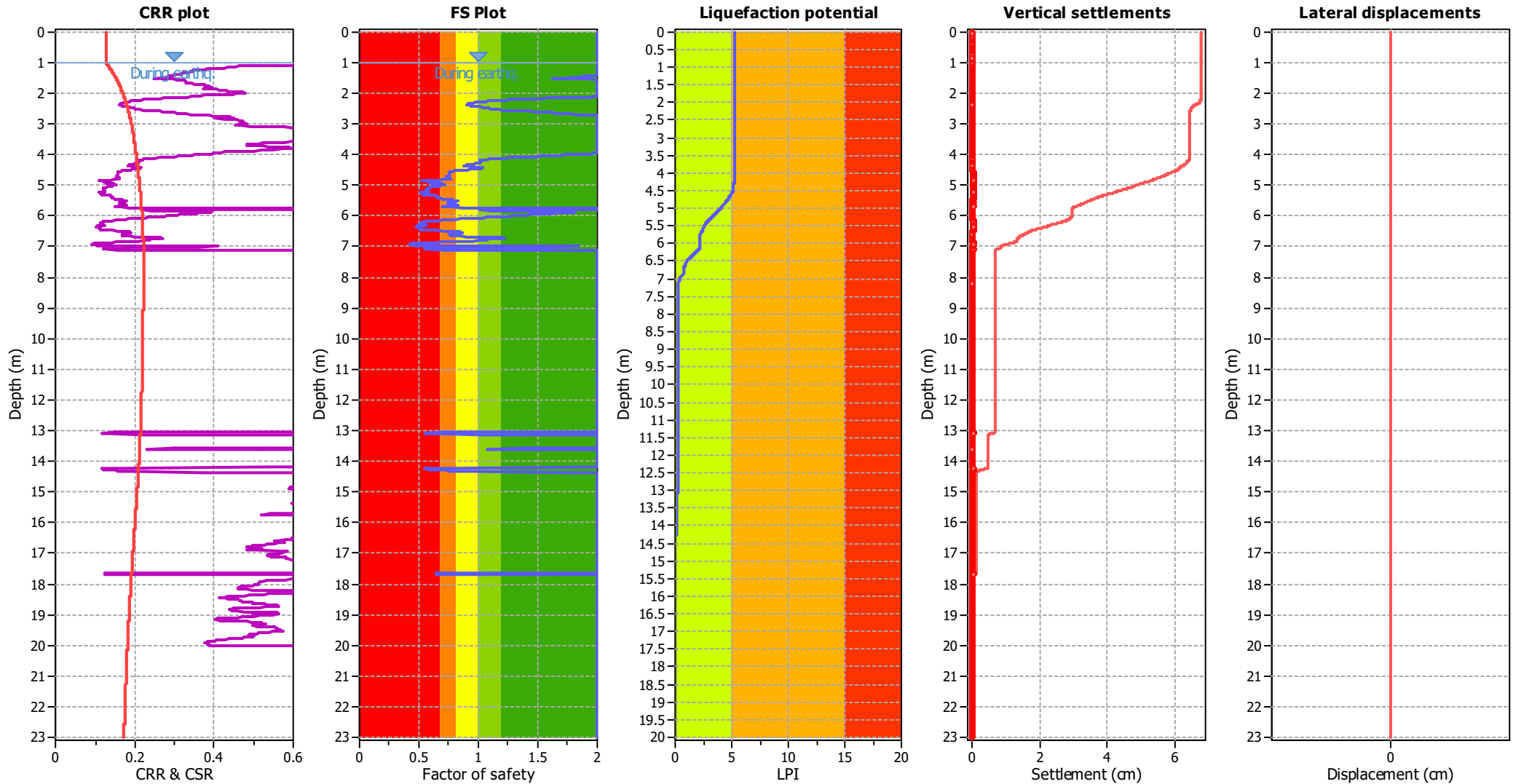
CPT file : SCPT2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

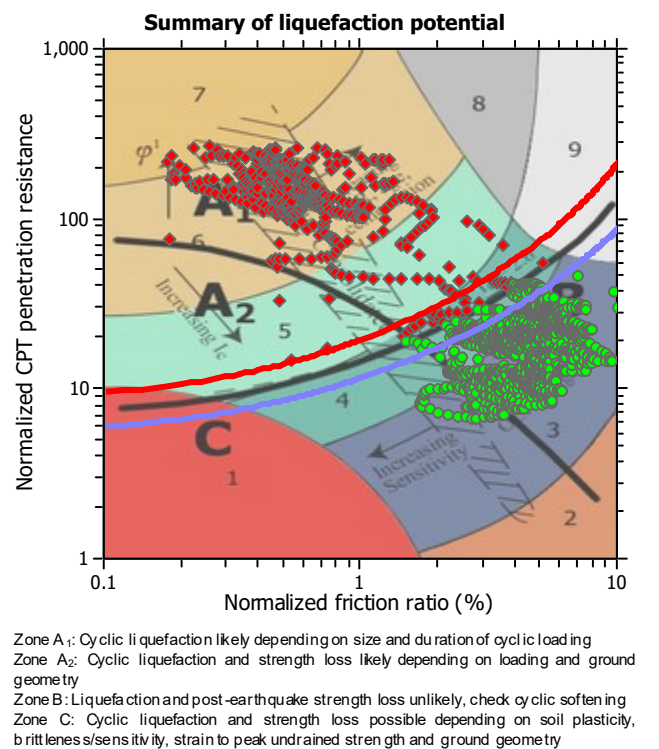
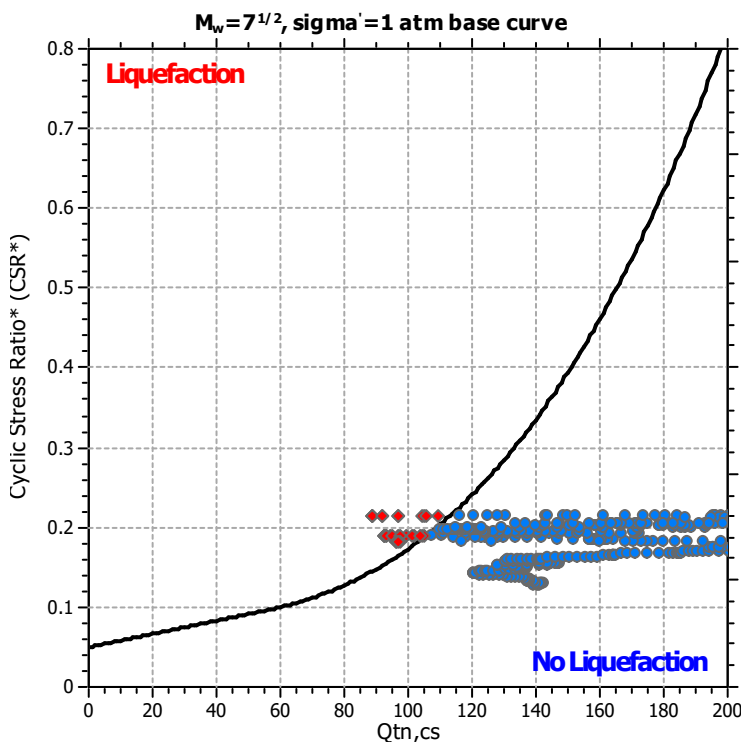
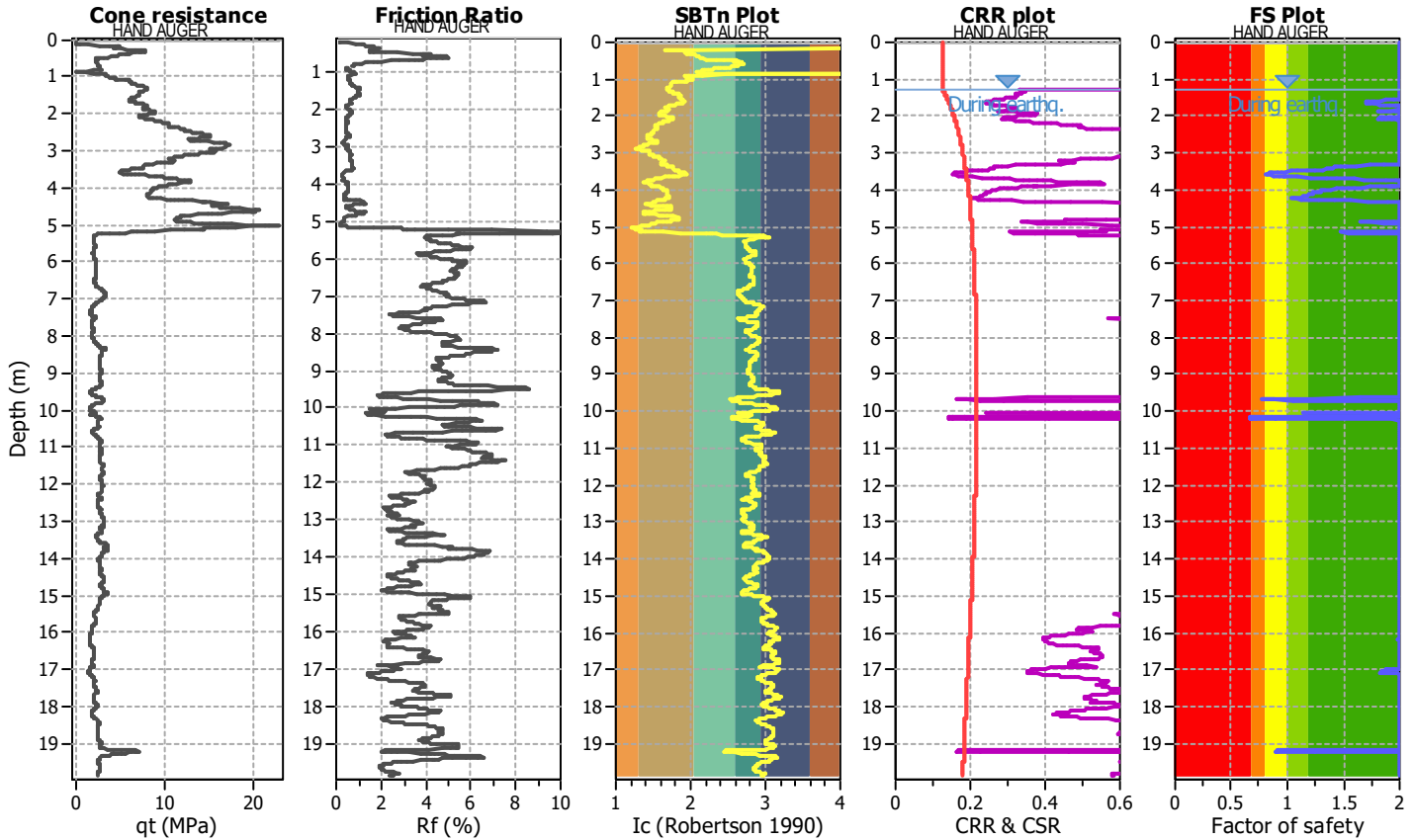
Project title : MS3- Riccione

Location :

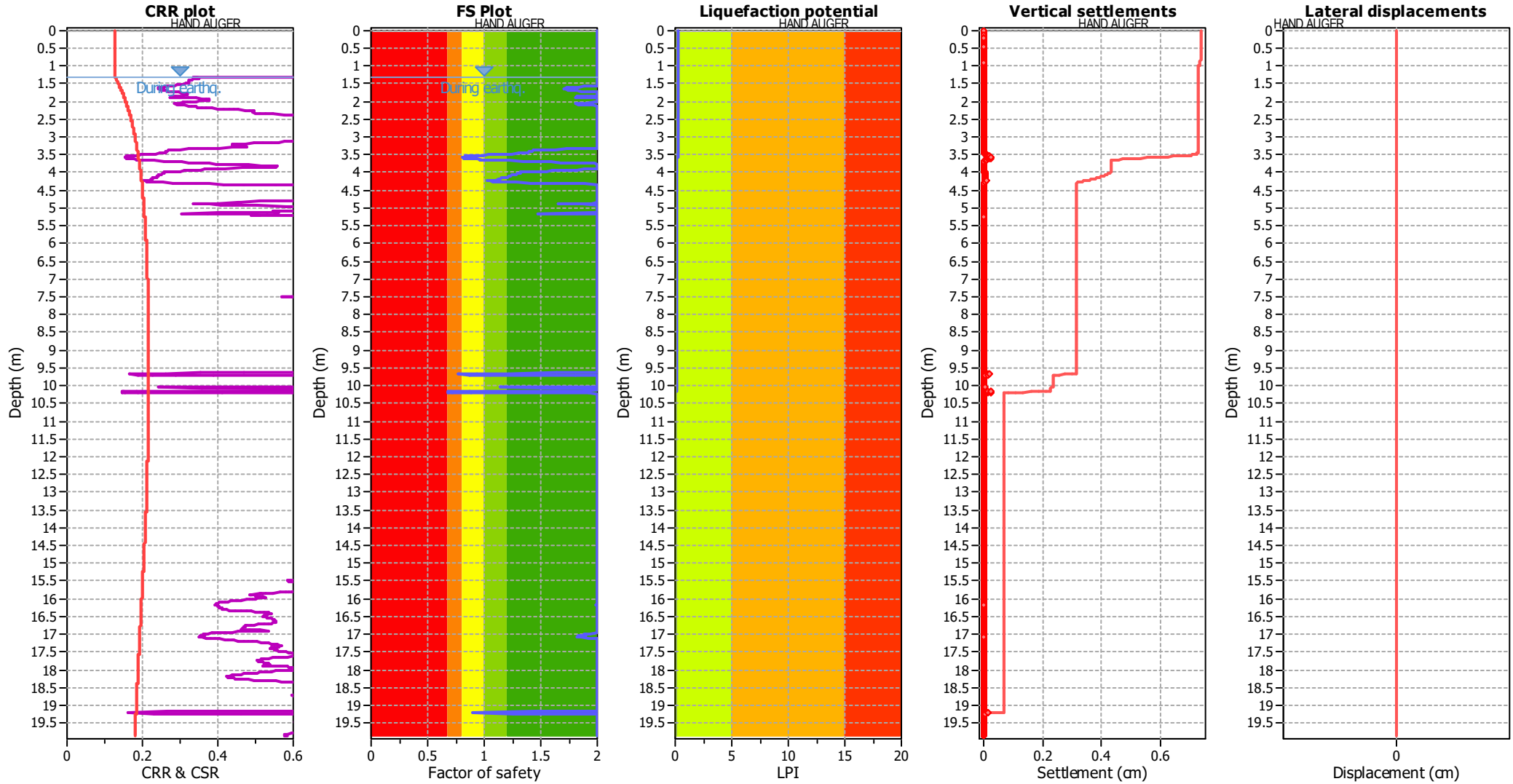
CPT file : CPT4

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.30 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

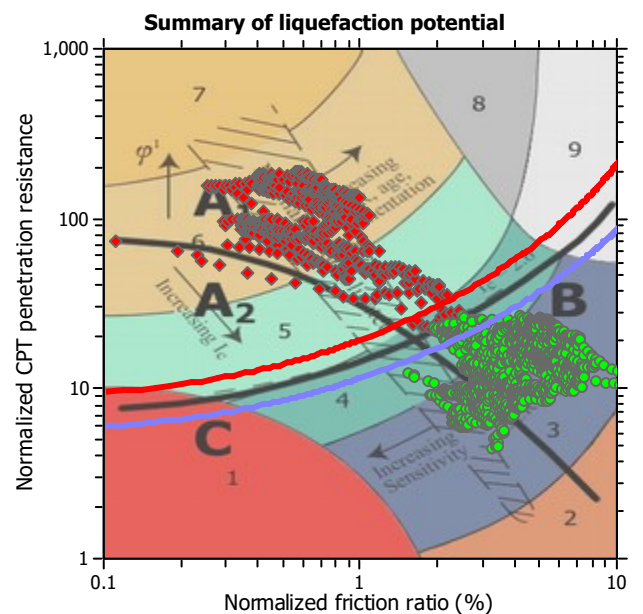
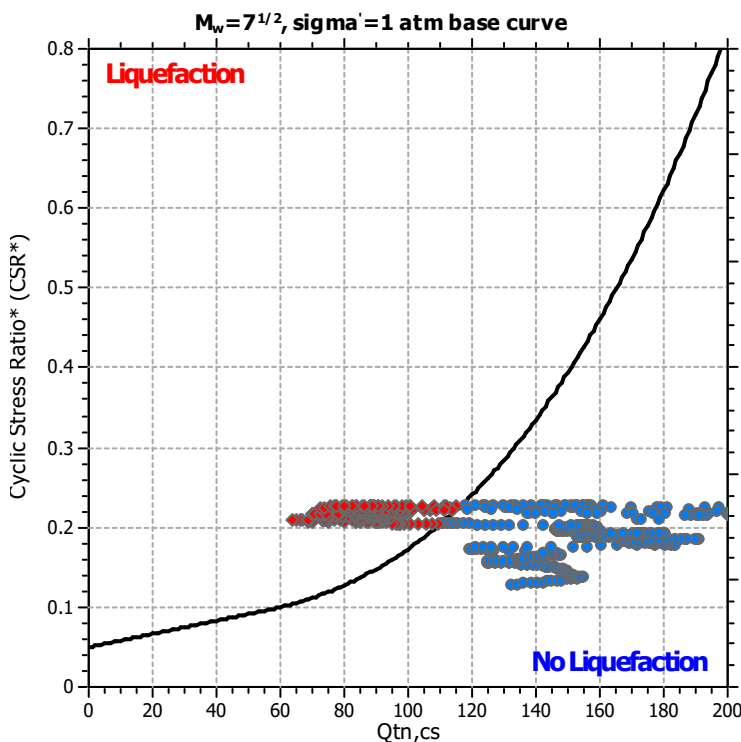
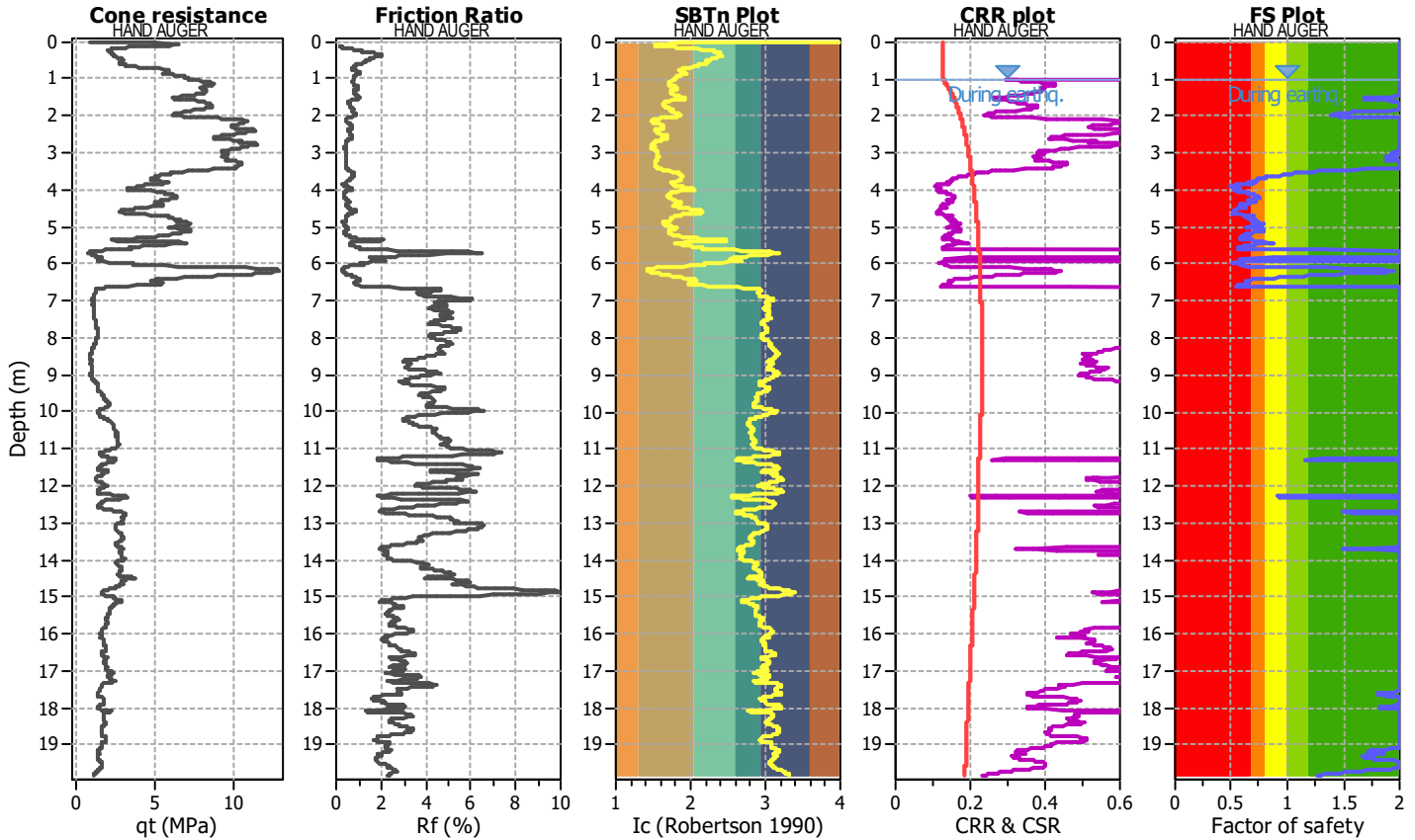
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTES

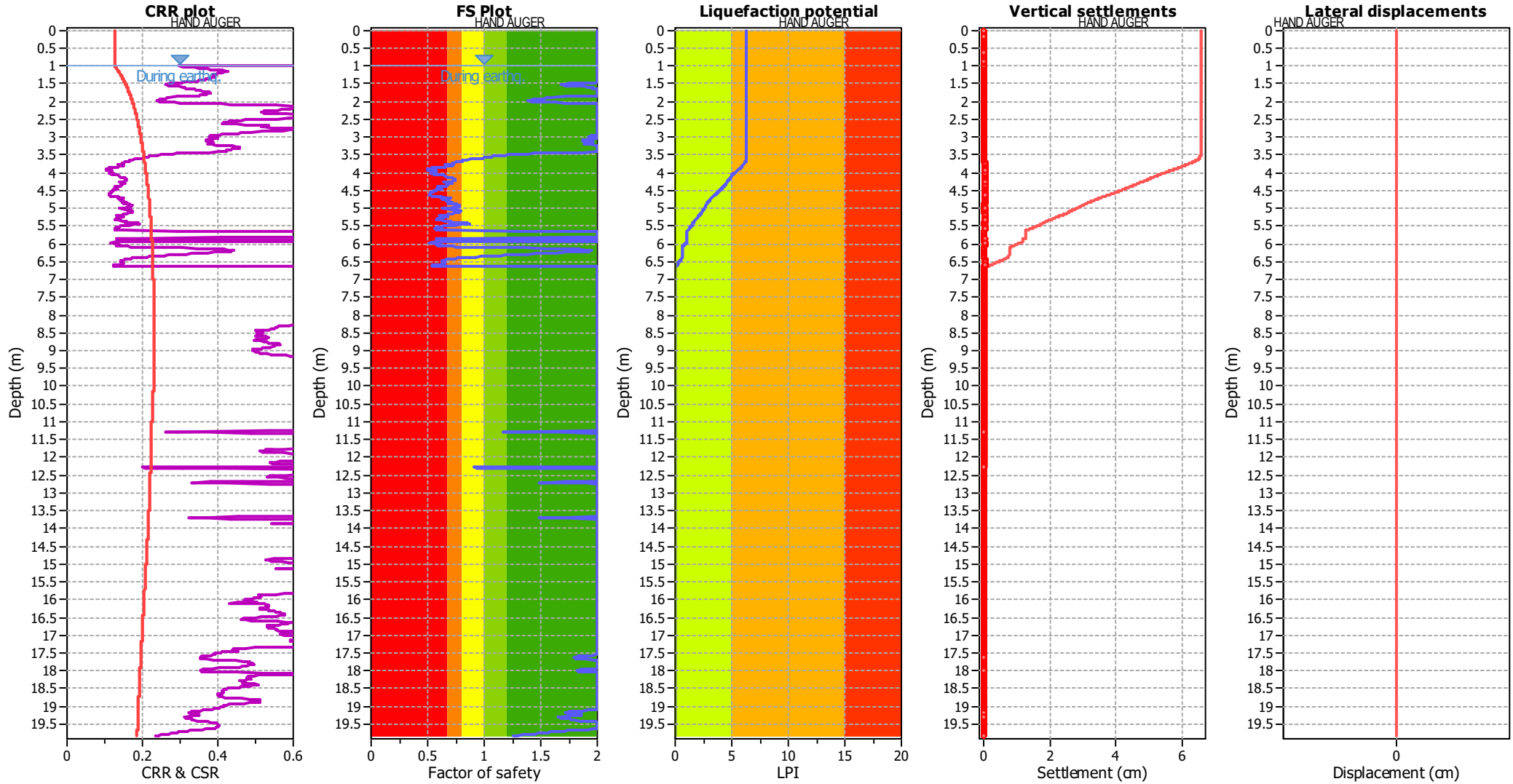
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.20 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on friction 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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	1.20 m	Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_v applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

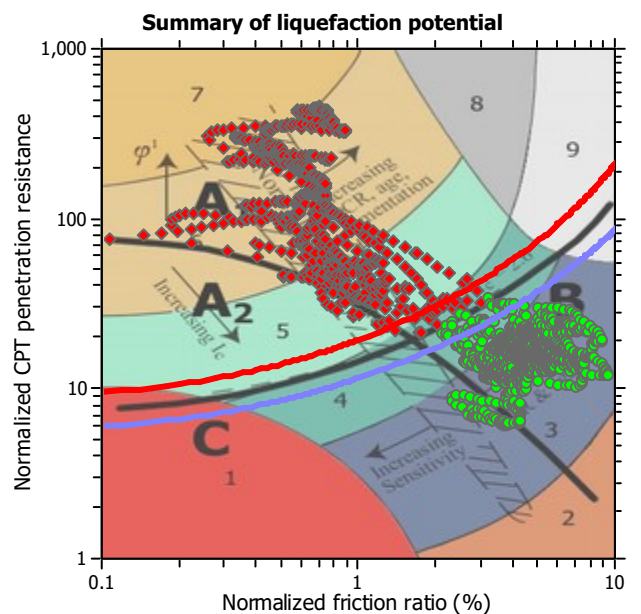
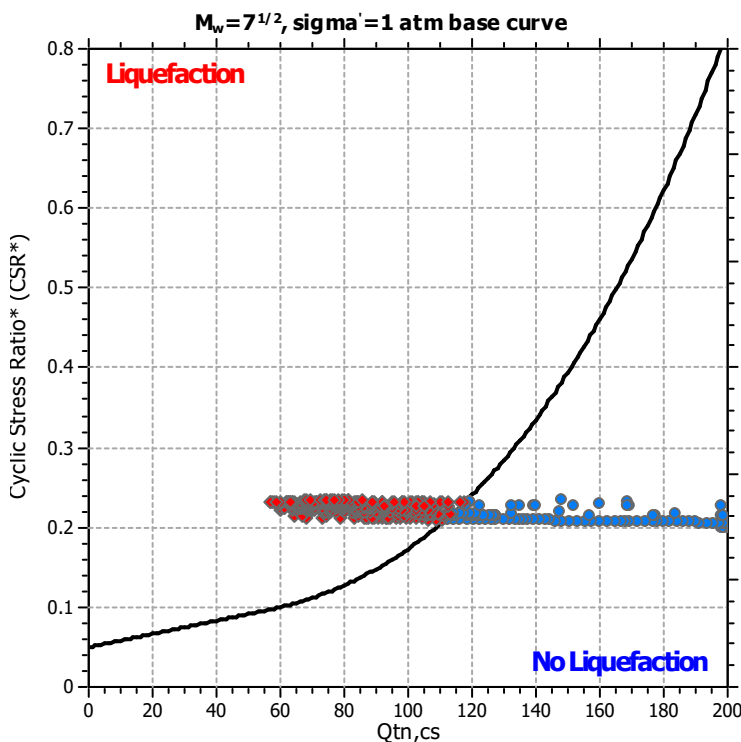
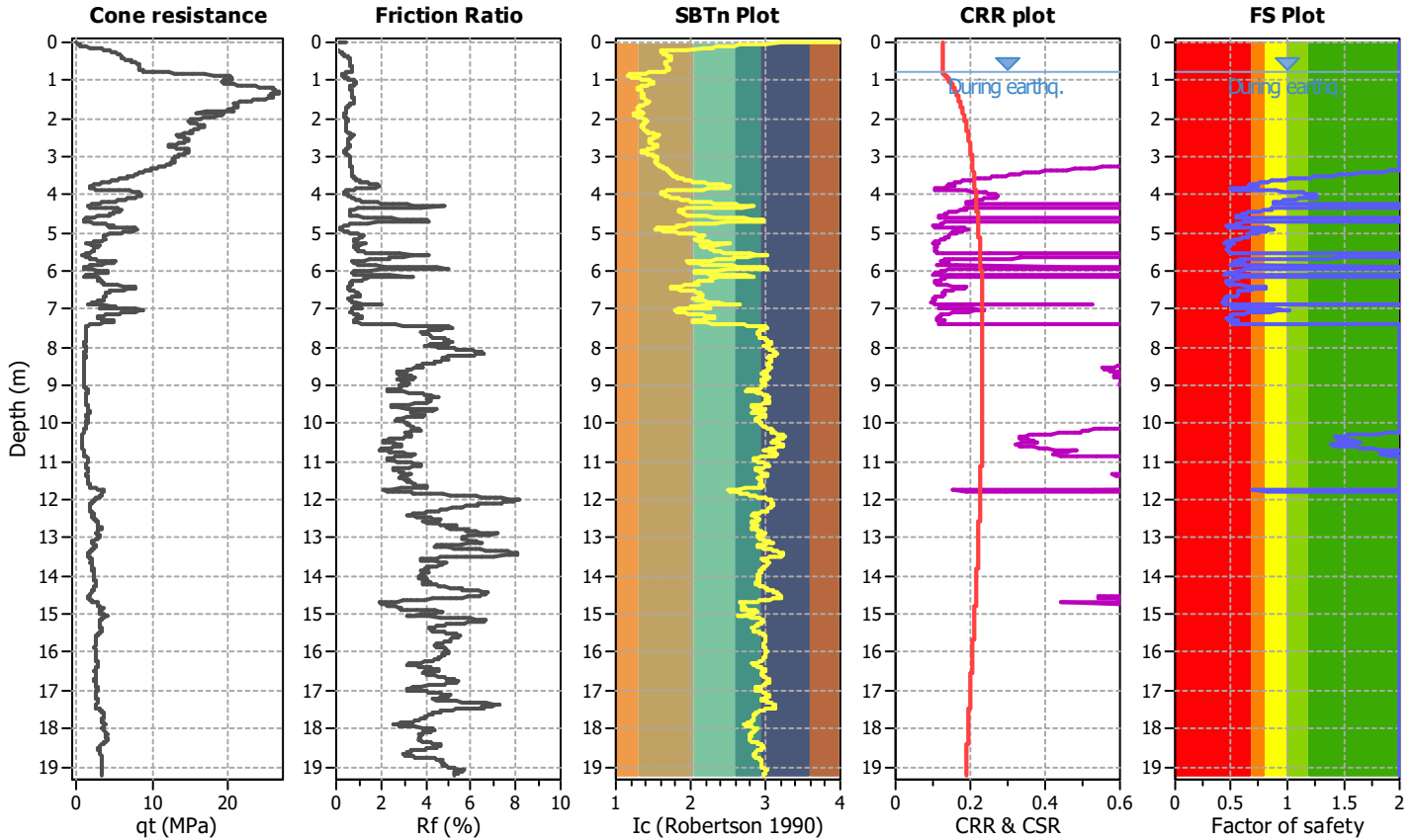
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTE6

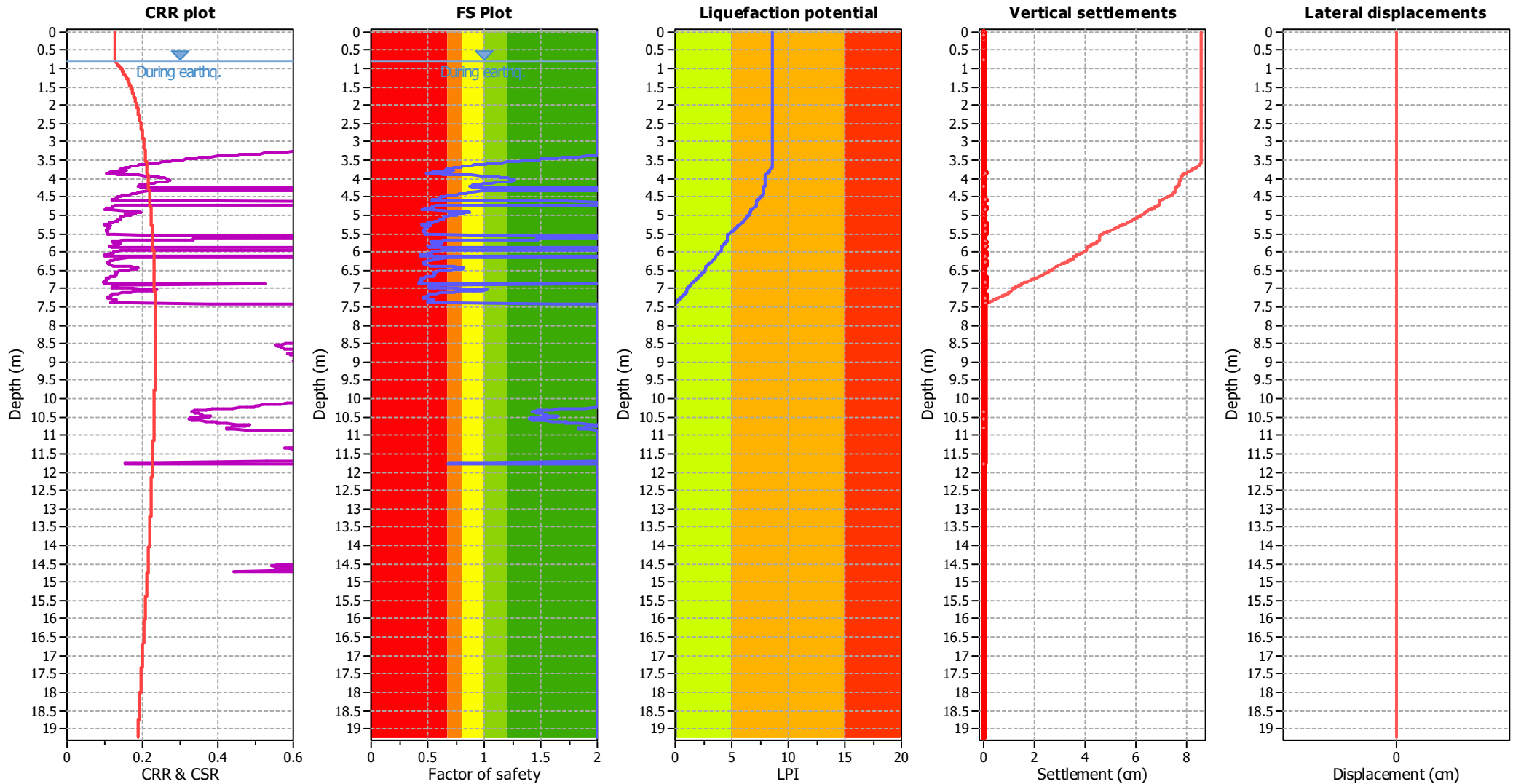
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on friction 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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.80 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

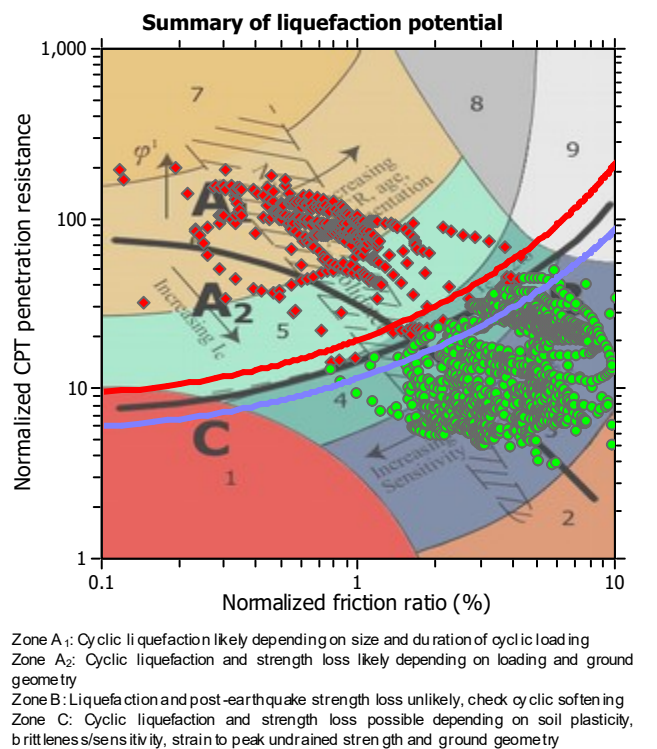
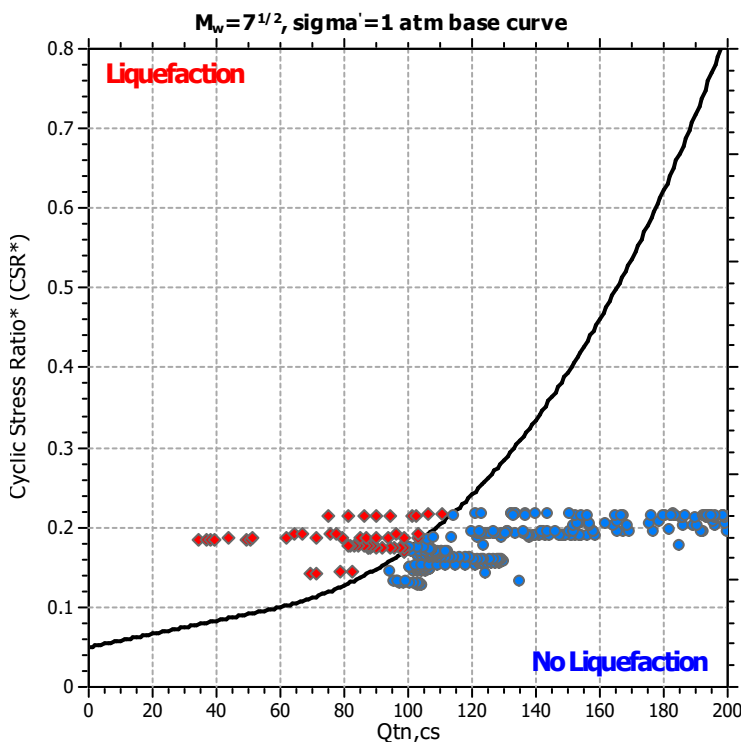
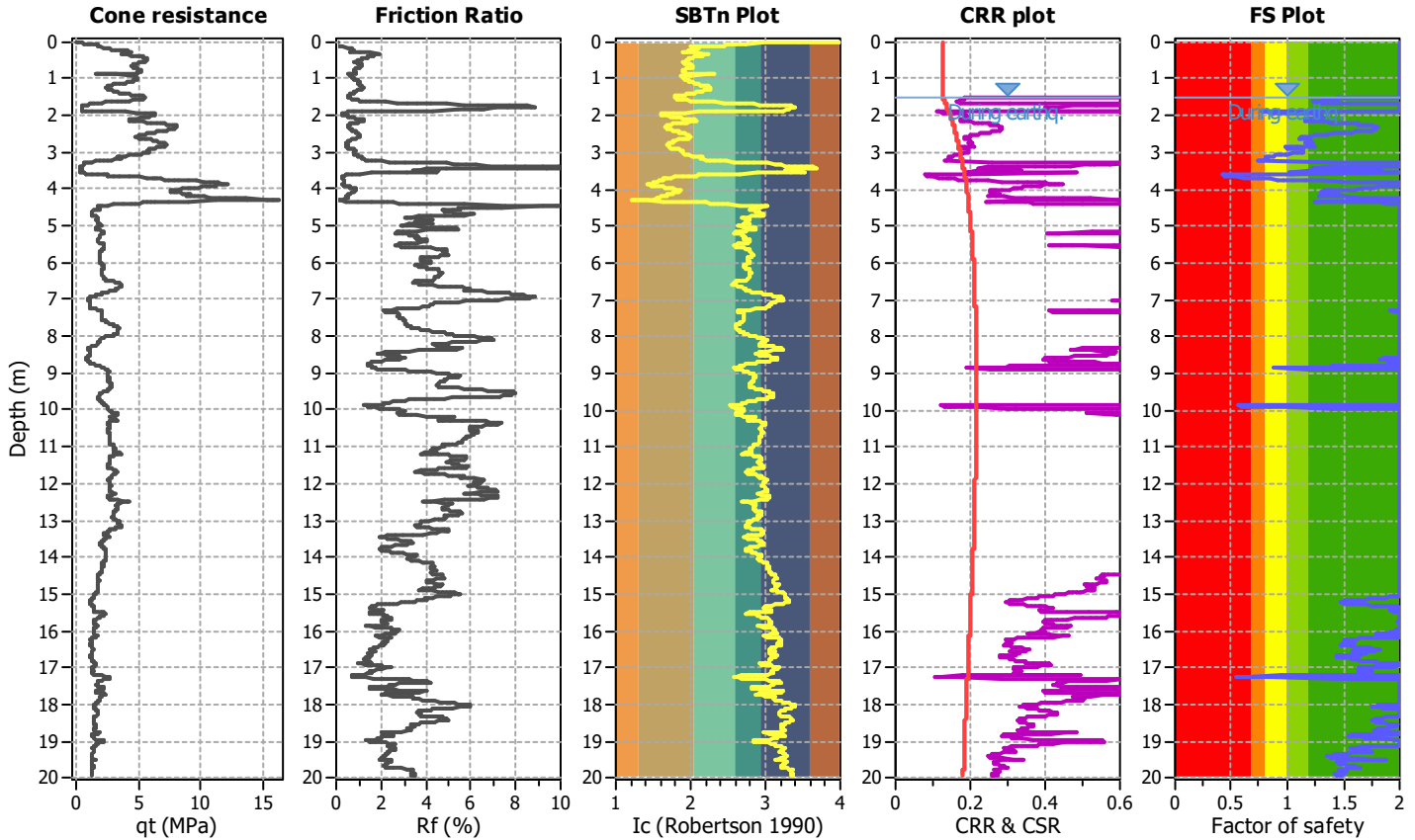
Project title : MS3- Riccione

Location :

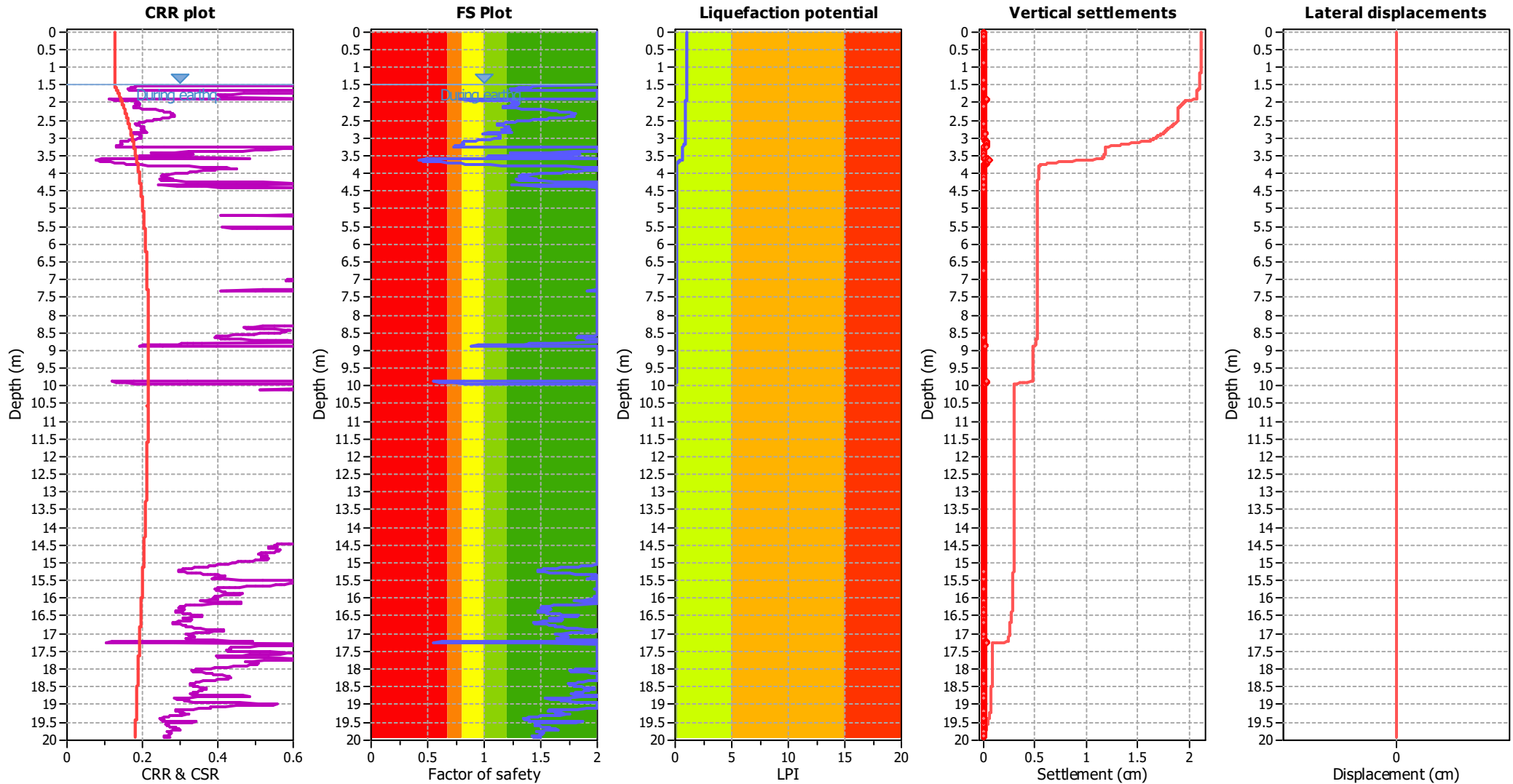
CPT file : CPTE7

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

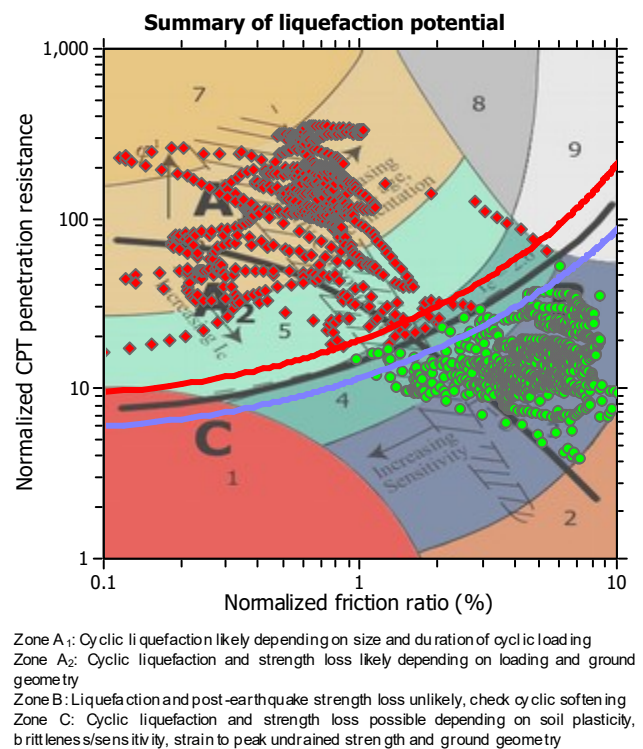
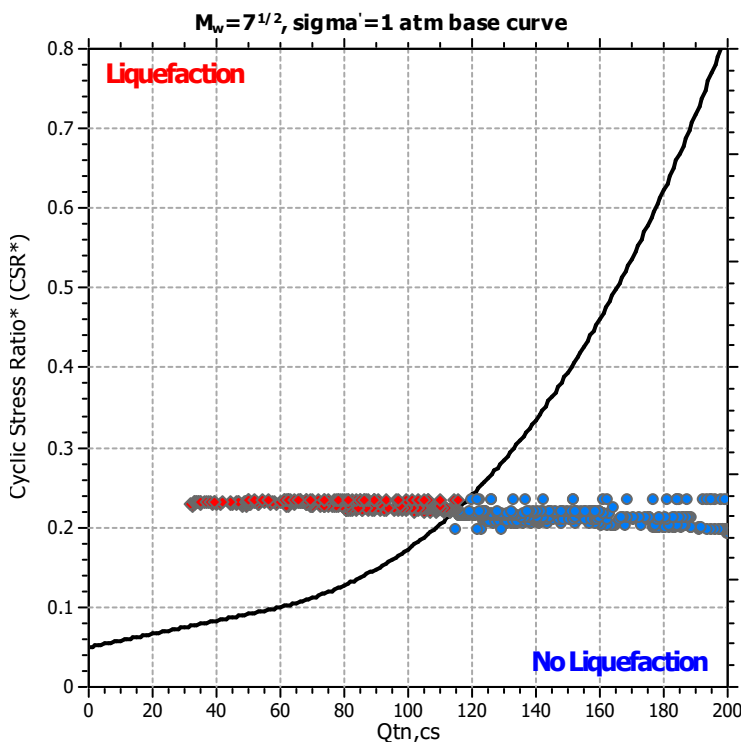
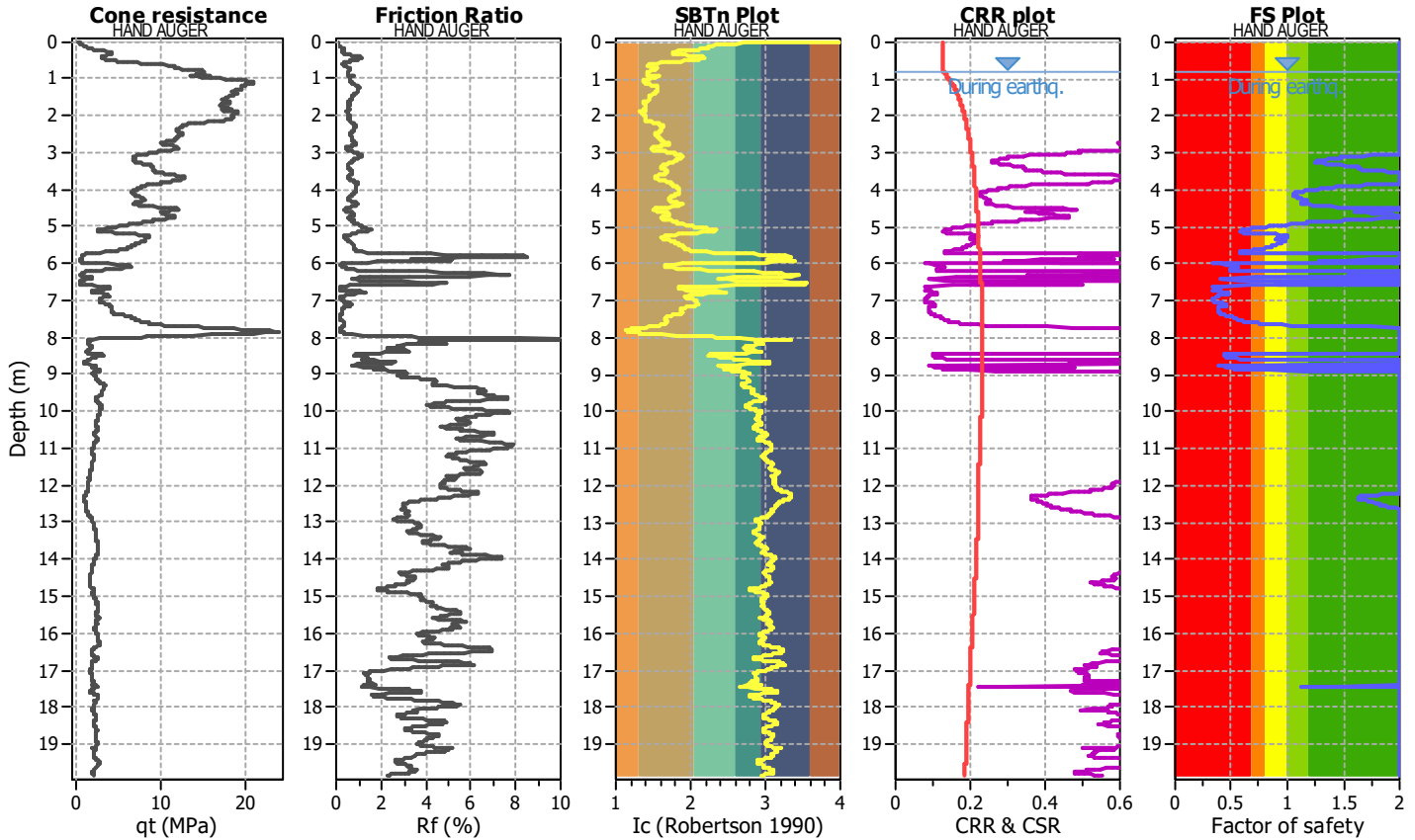
Project title : MS3- Riccione

Location :

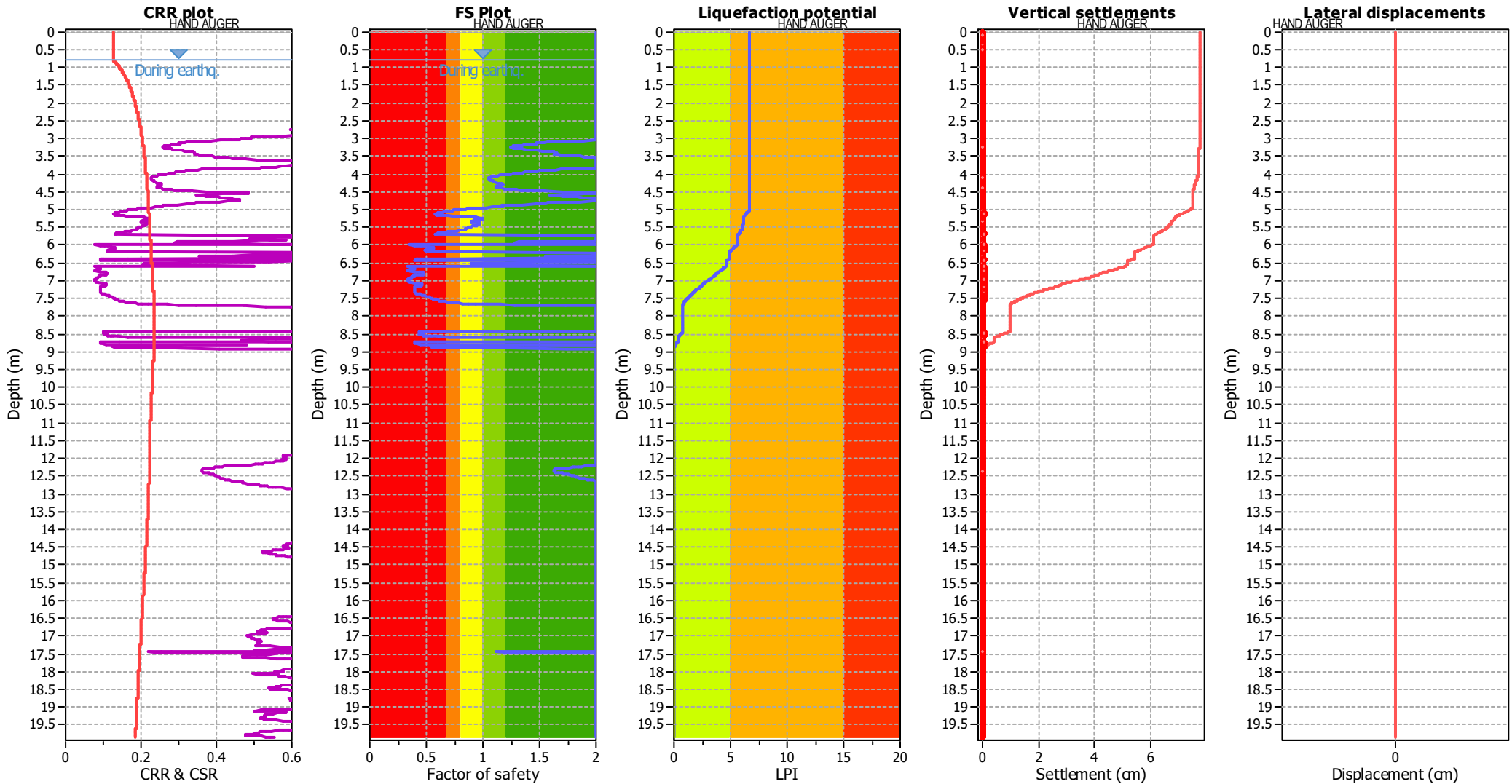
CPT file : CPTES

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.80 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

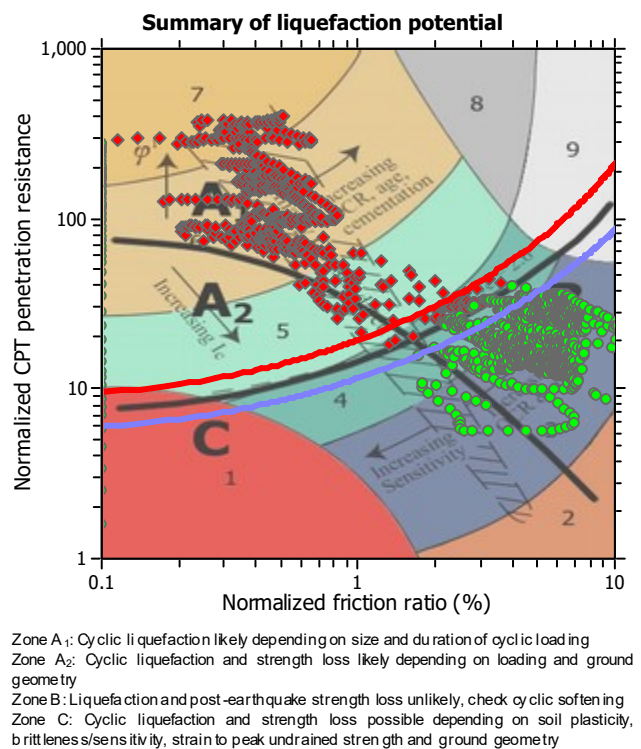
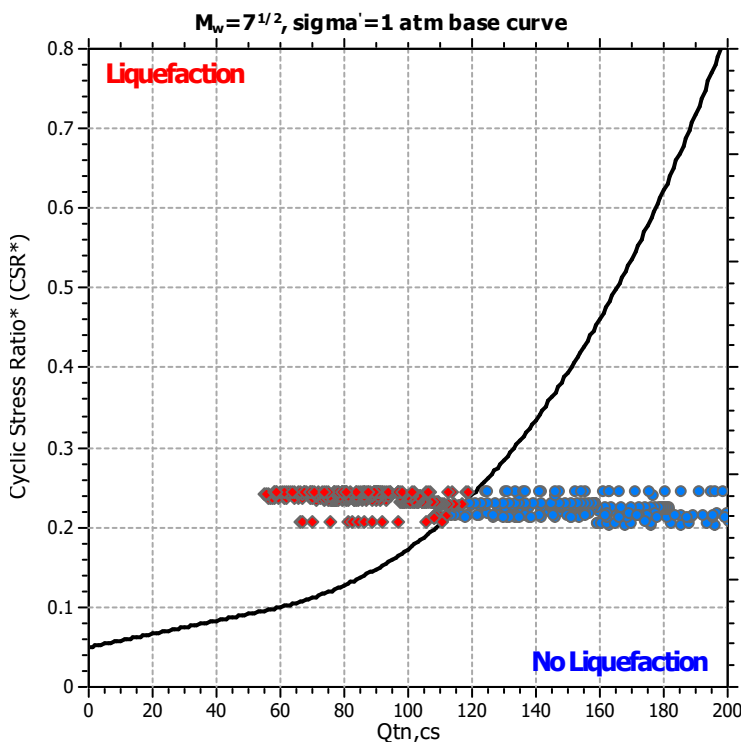
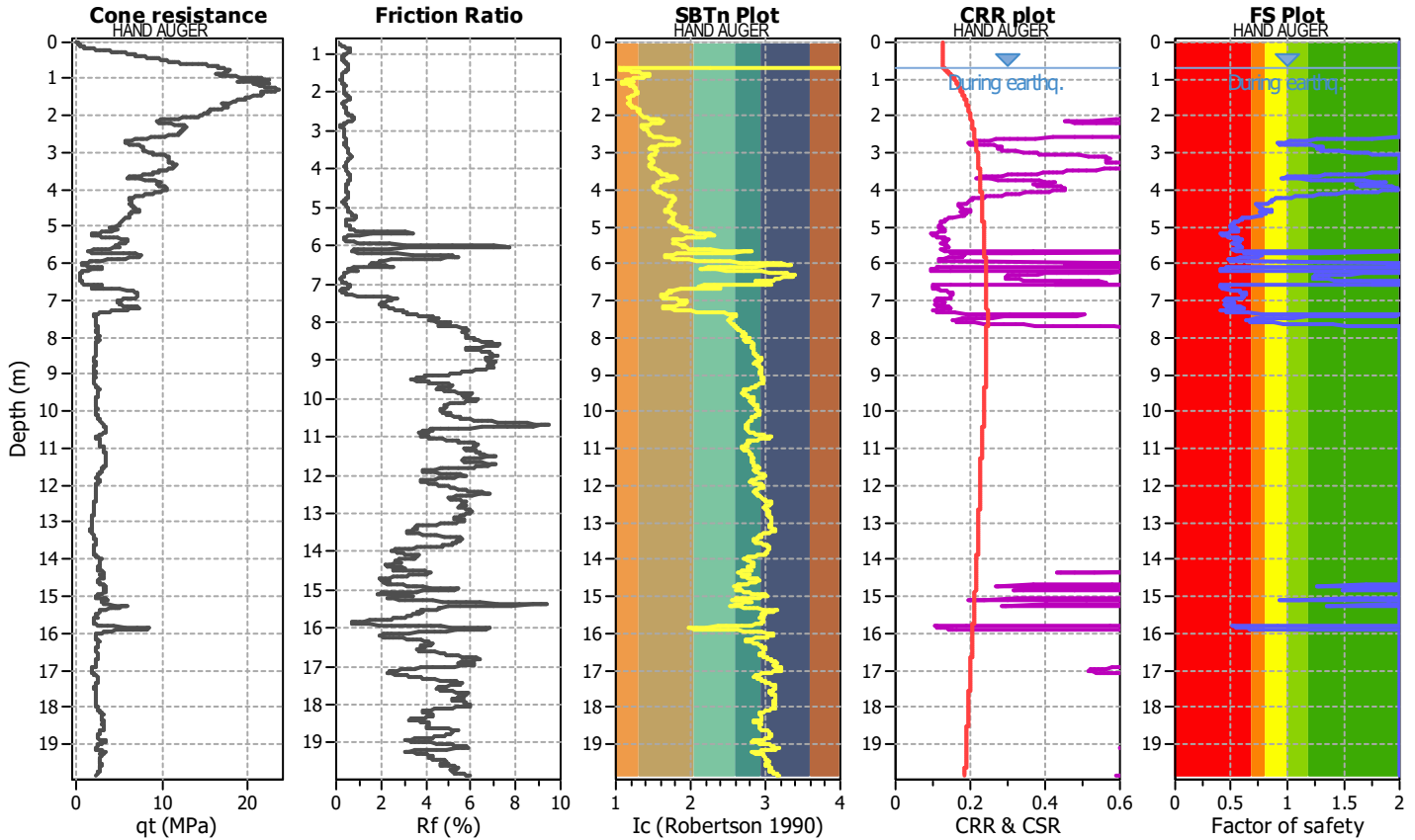
Project title : MS3- Riccione

Location :

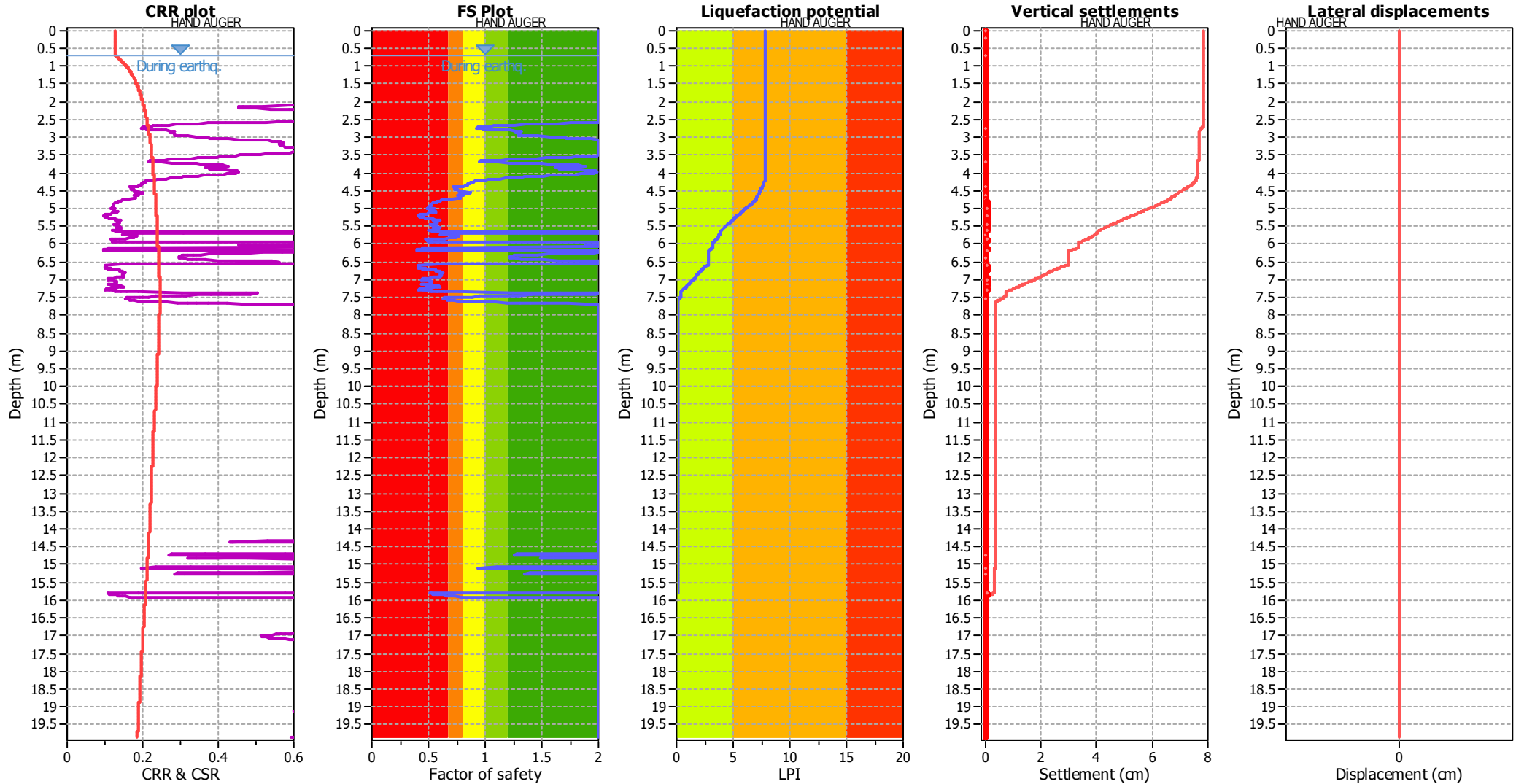
CPT file : CPTE9

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	0.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

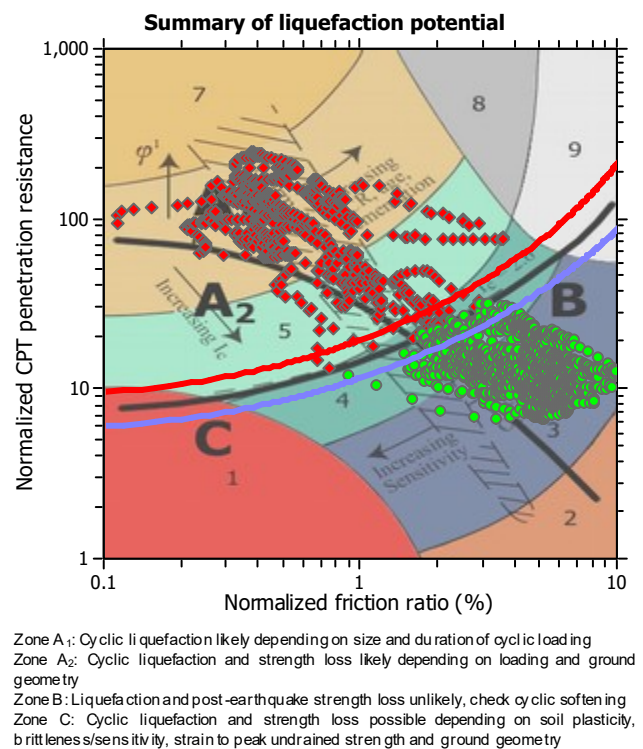
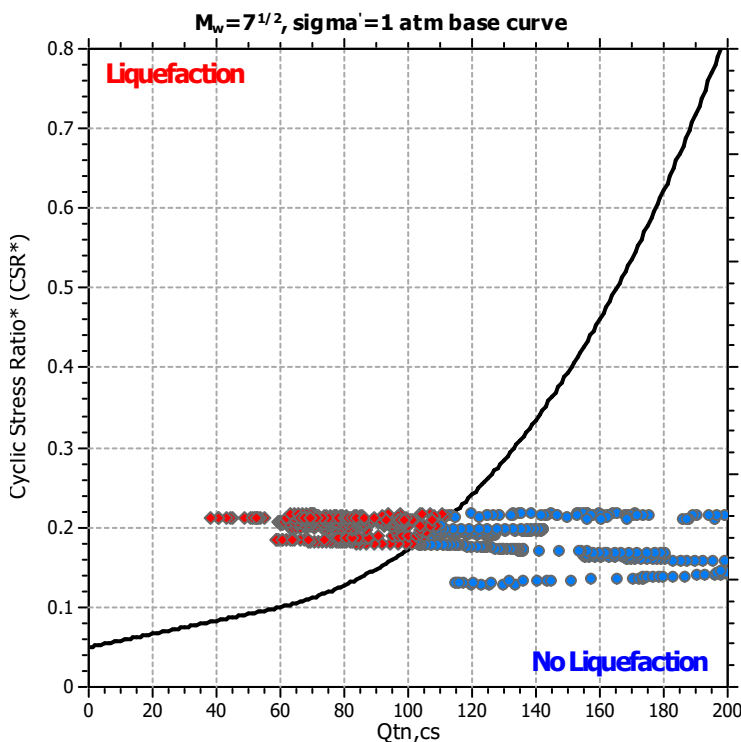
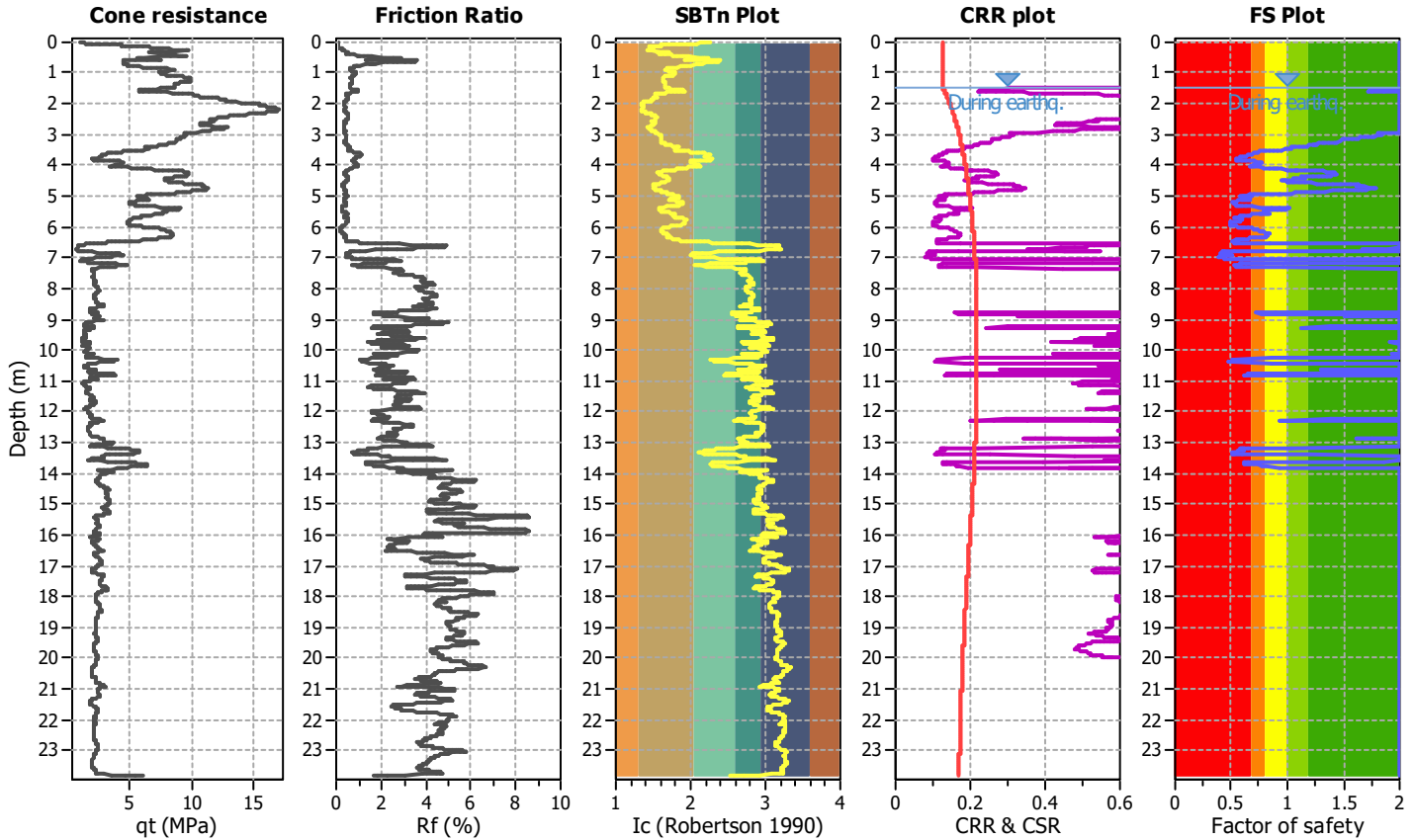
Project title : MS3- Riccione

Location :

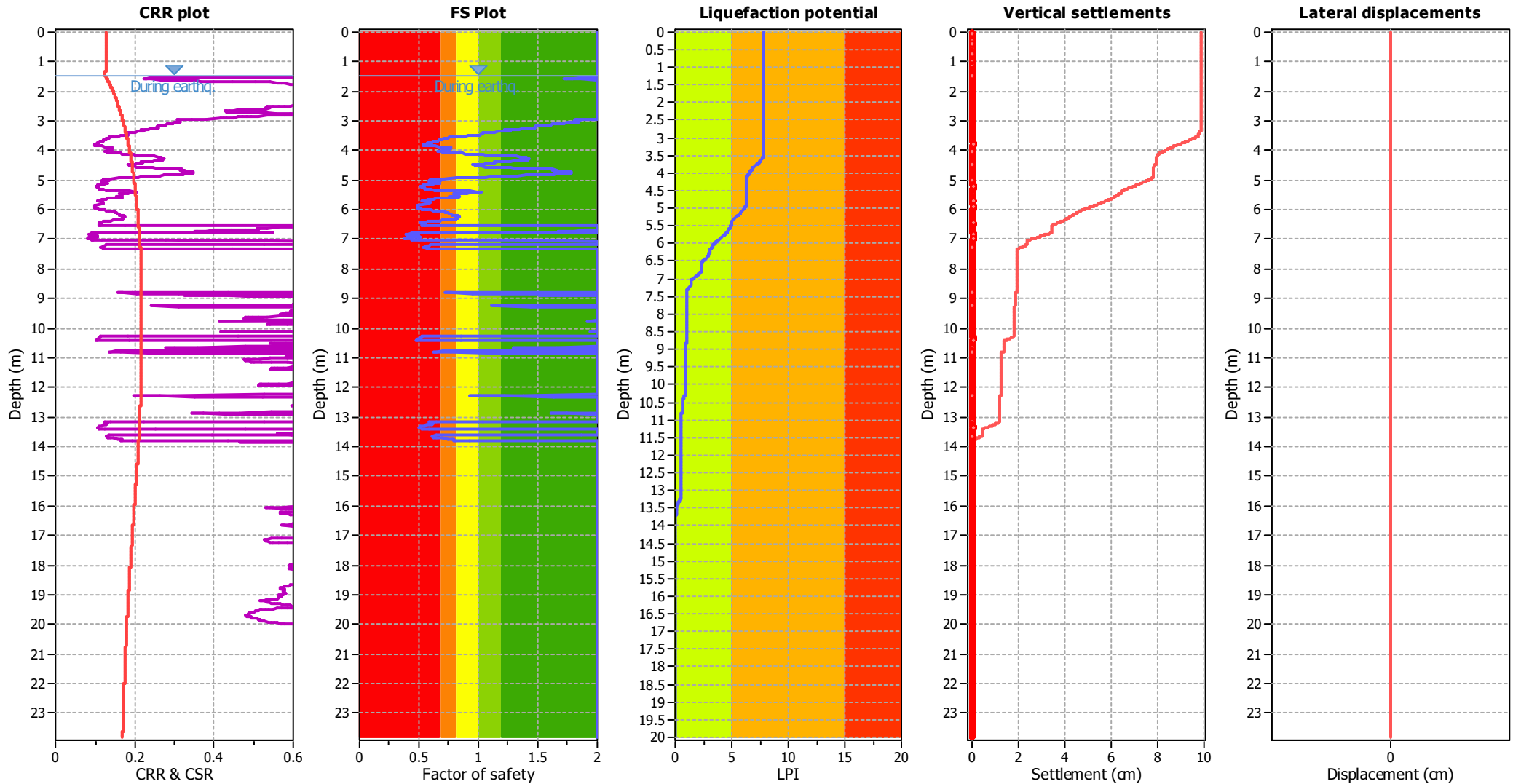
CPT file : SCPTES

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

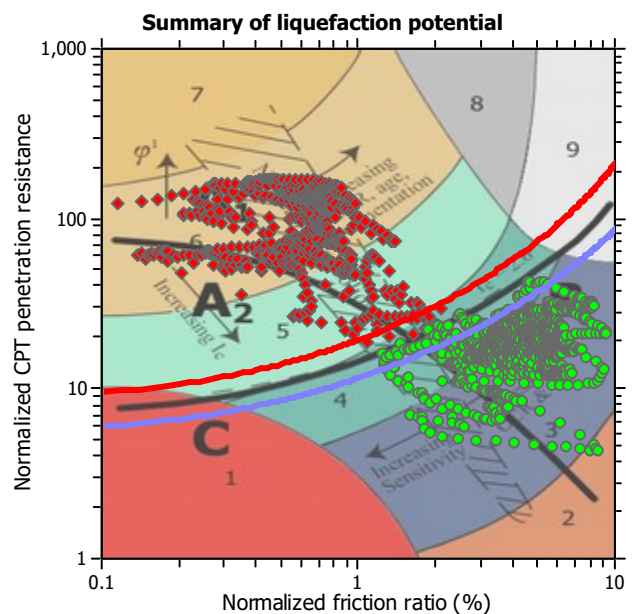
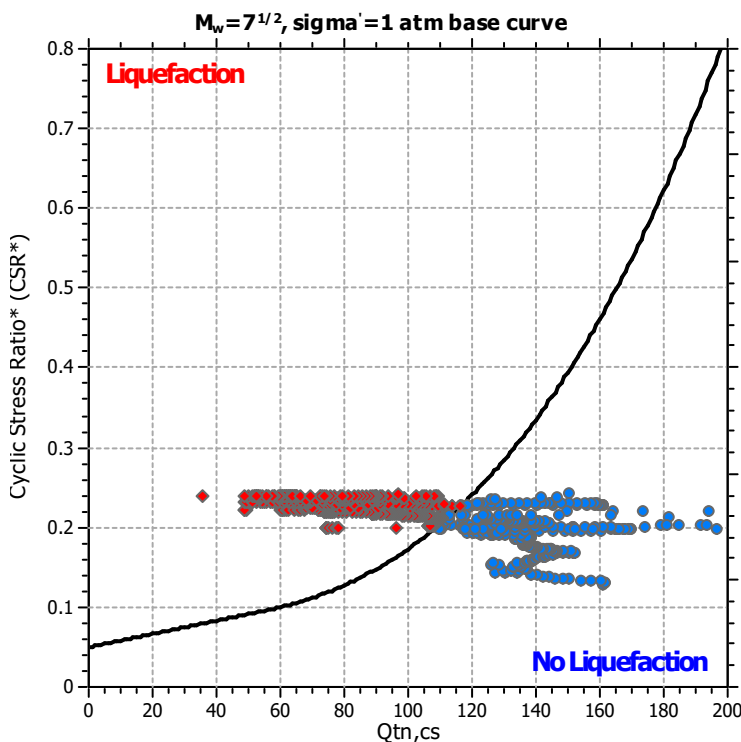
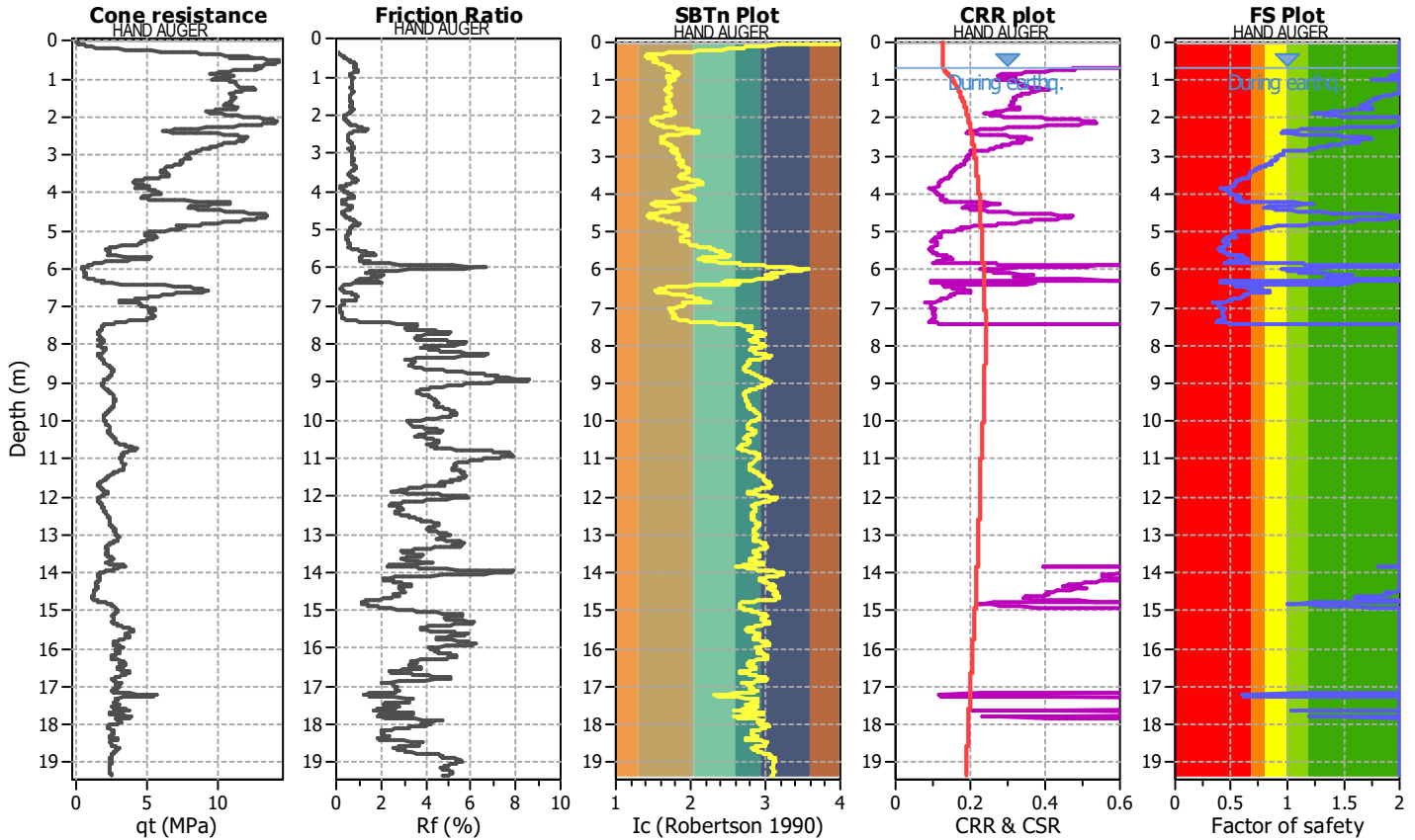
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTE11

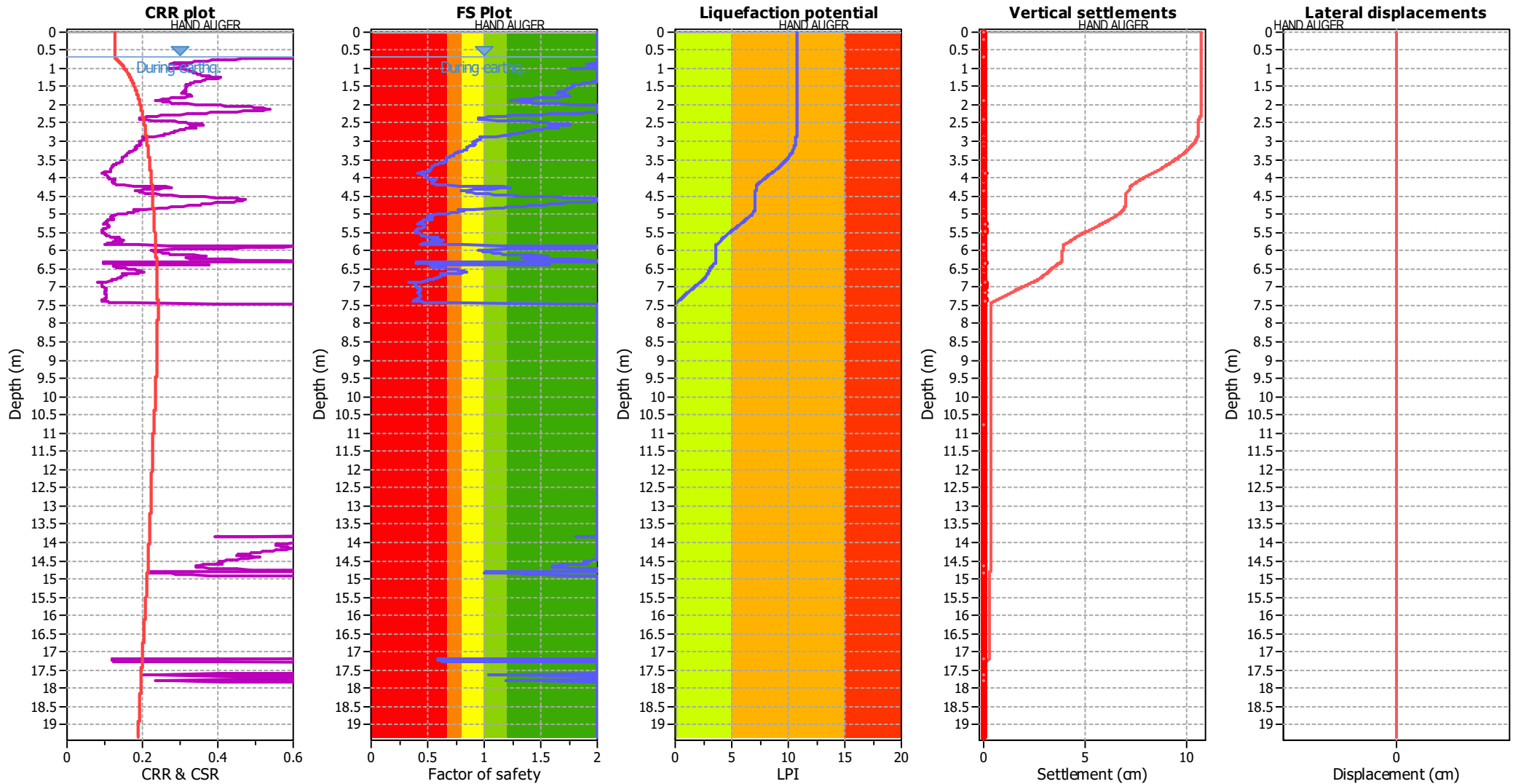
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on friction 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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	0.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	0.90 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

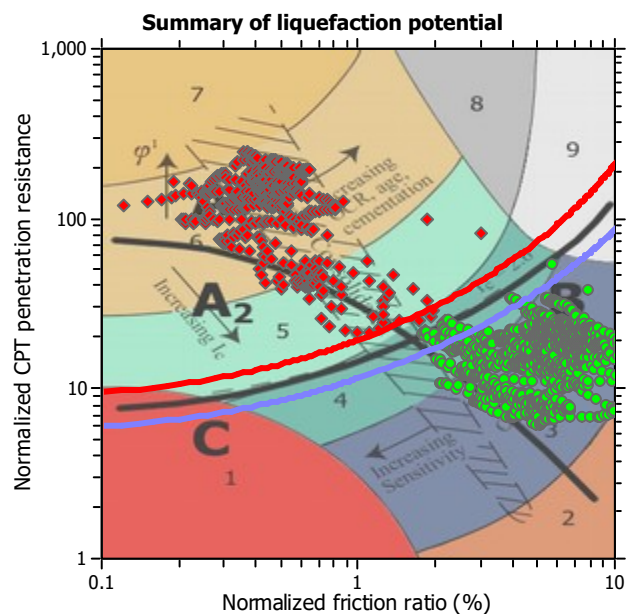
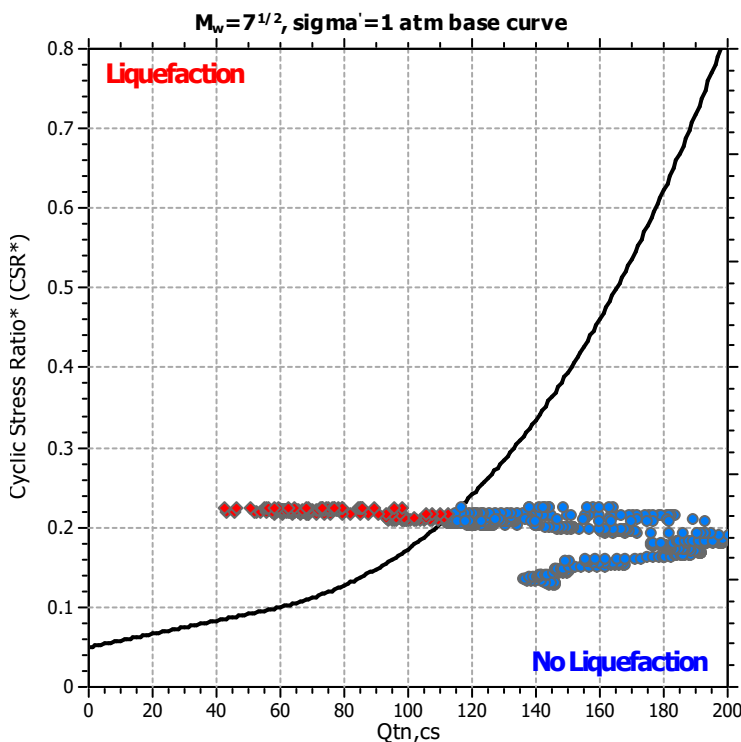
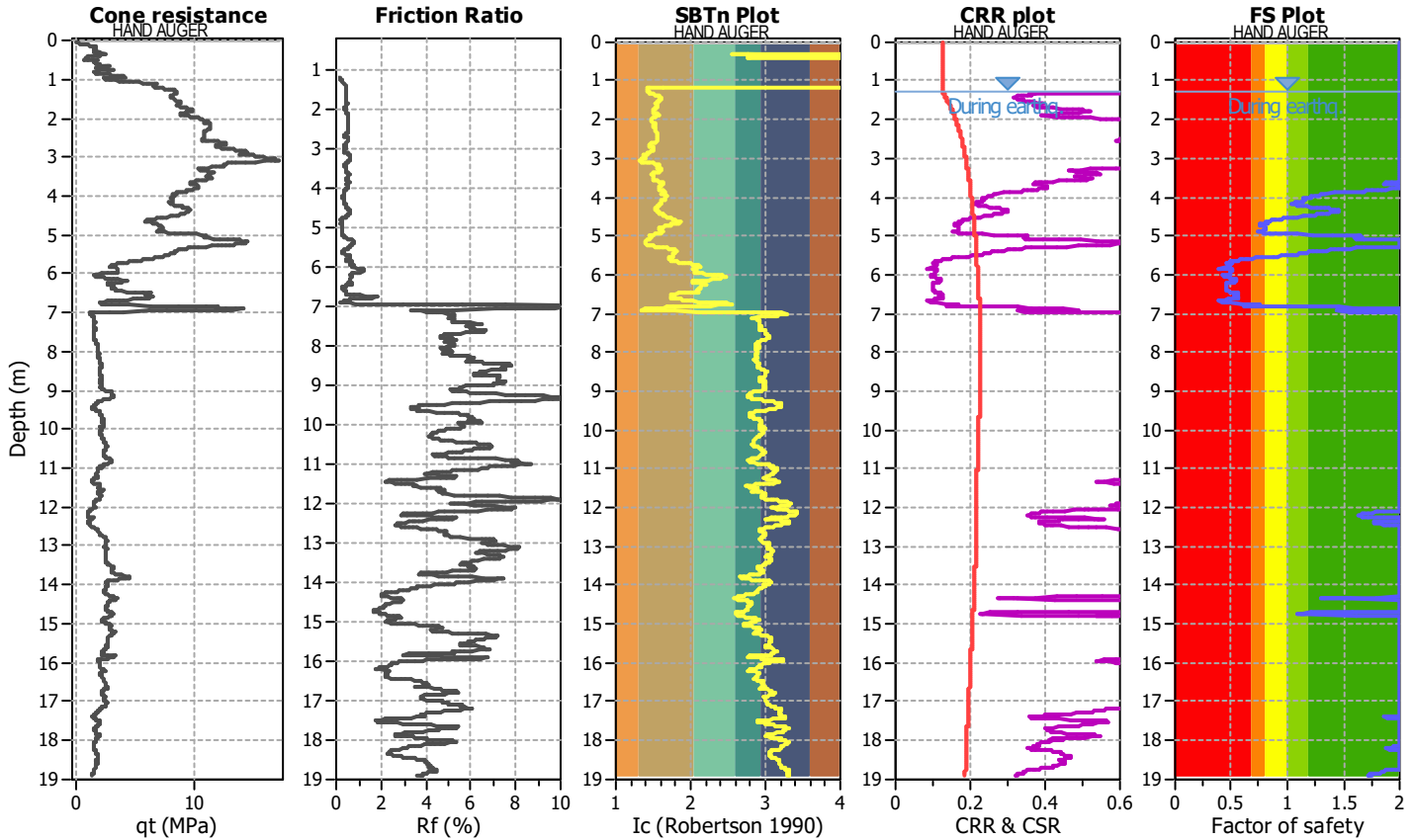
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTE20

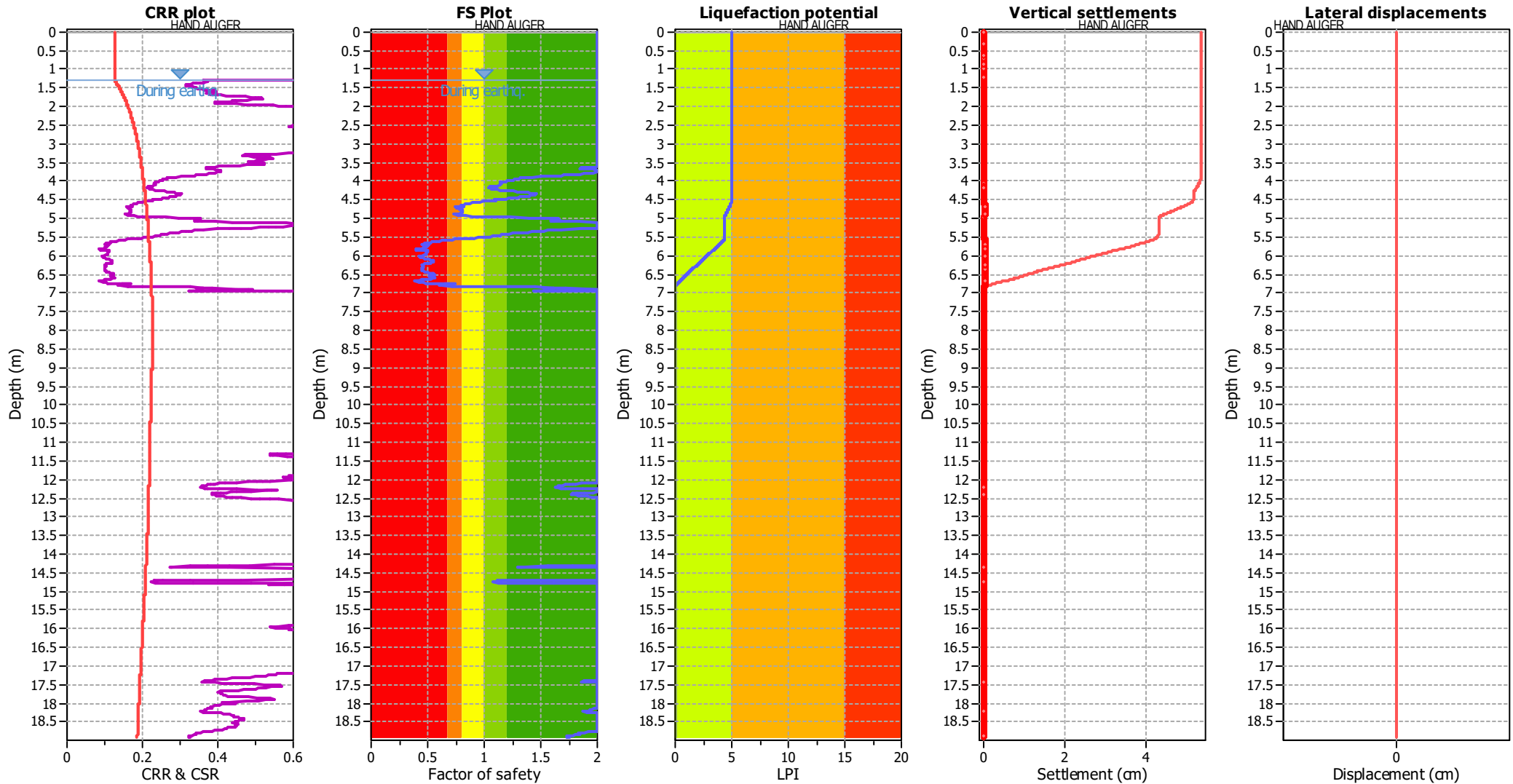
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.30 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 :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on friction 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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.30 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

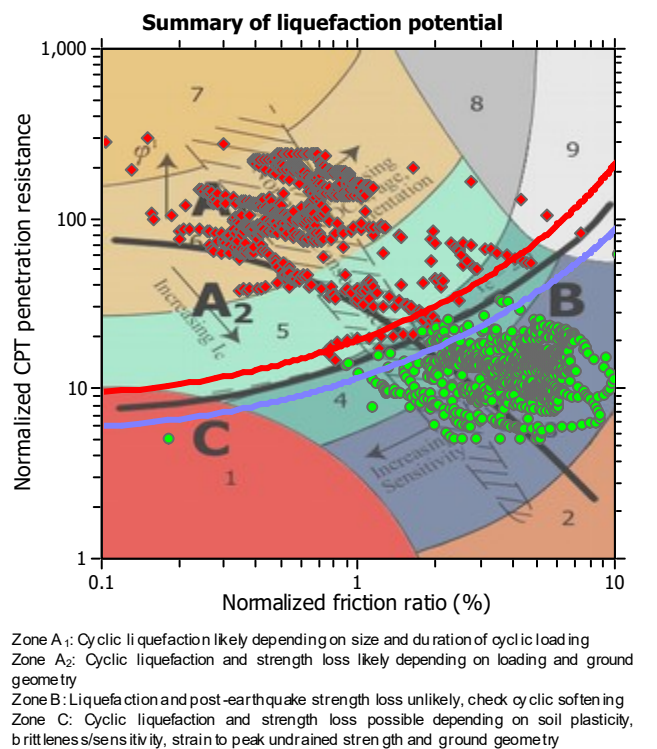
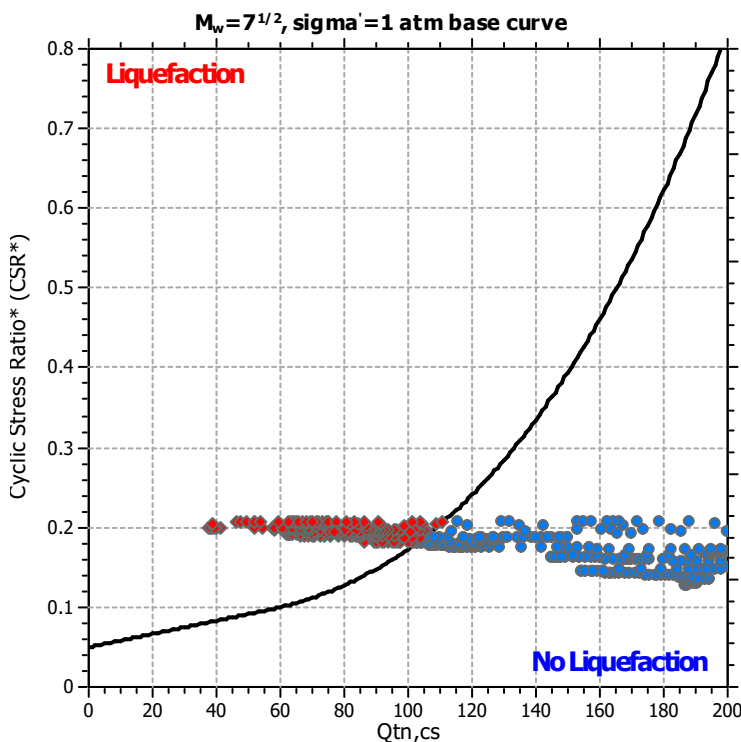
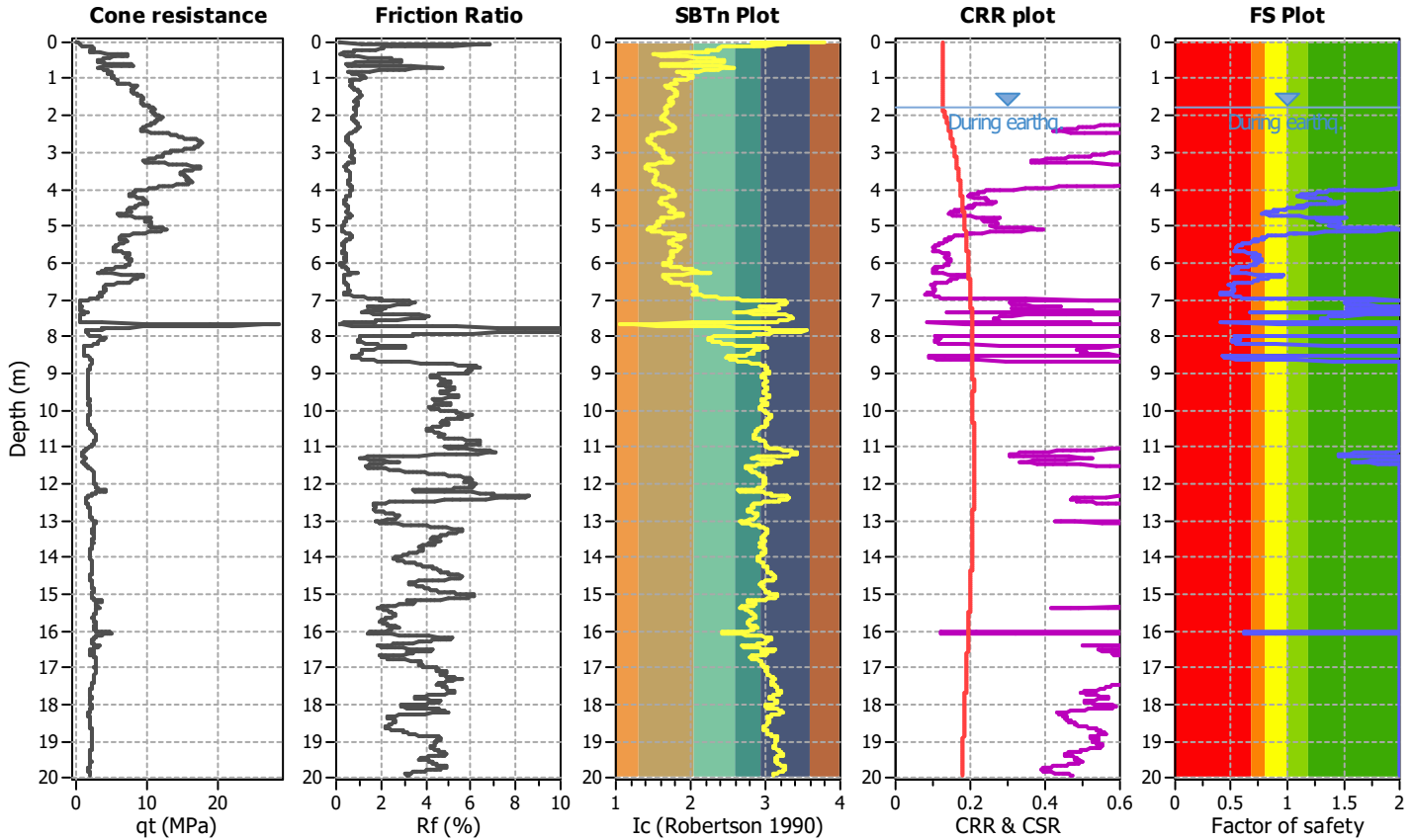
Project title : MS3- Riccione

Location :

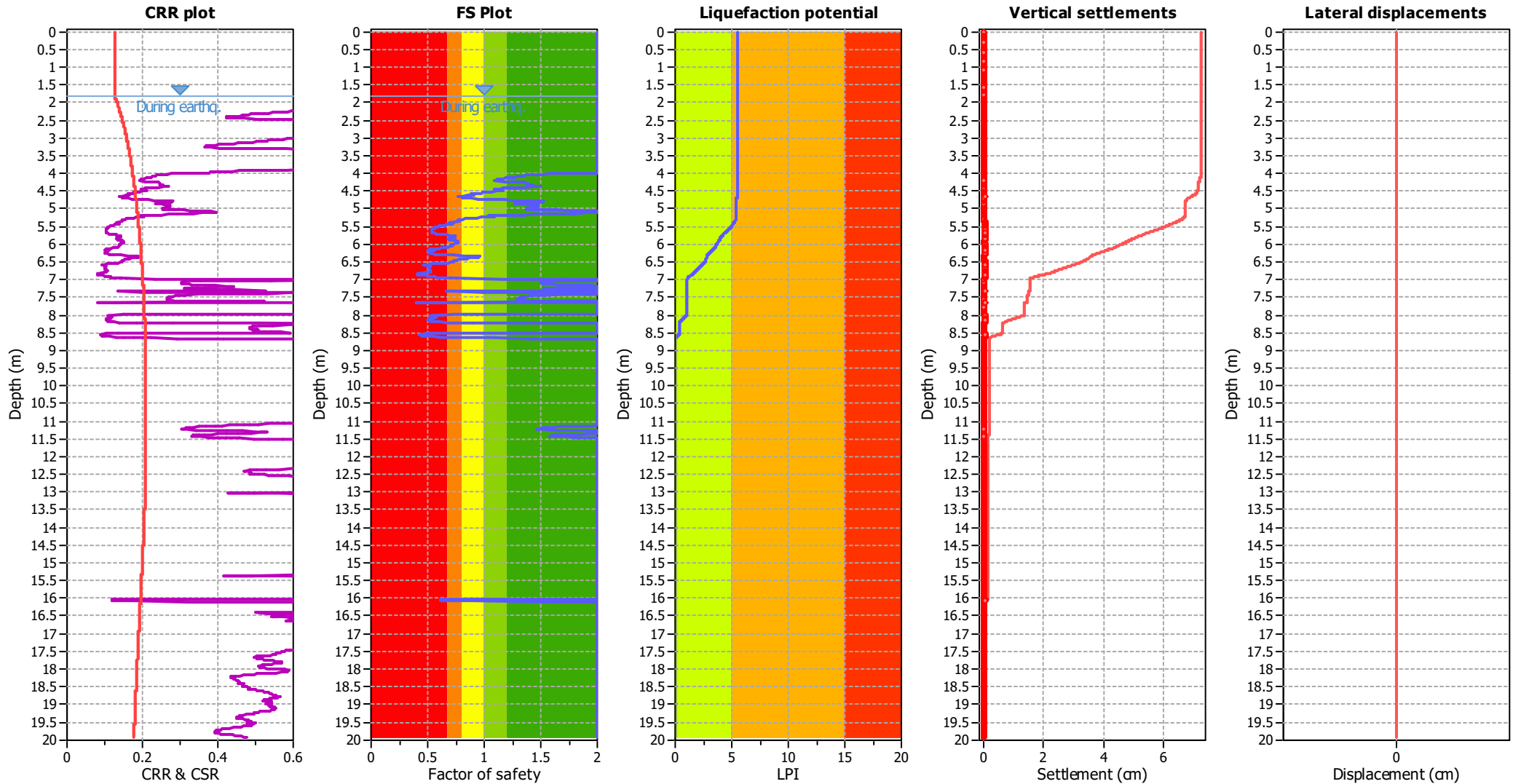
CPT file : CPTE21

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.80 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

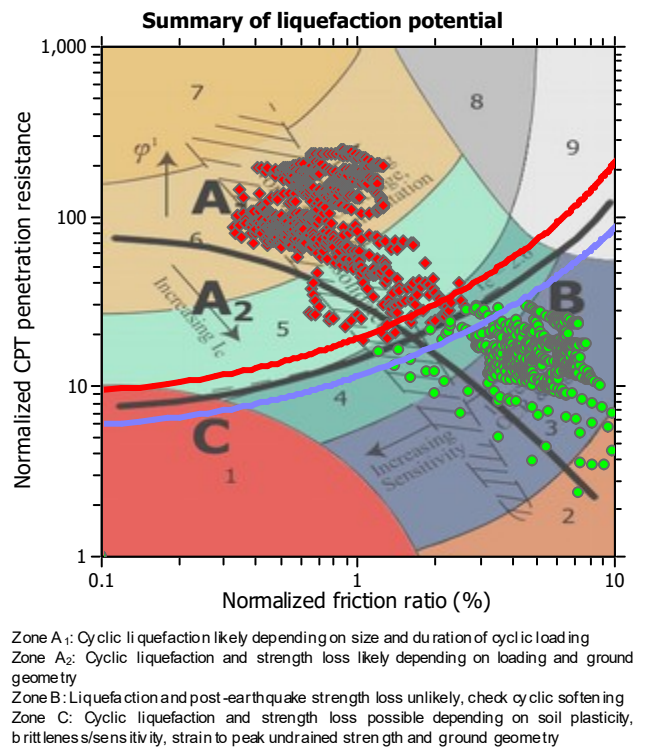
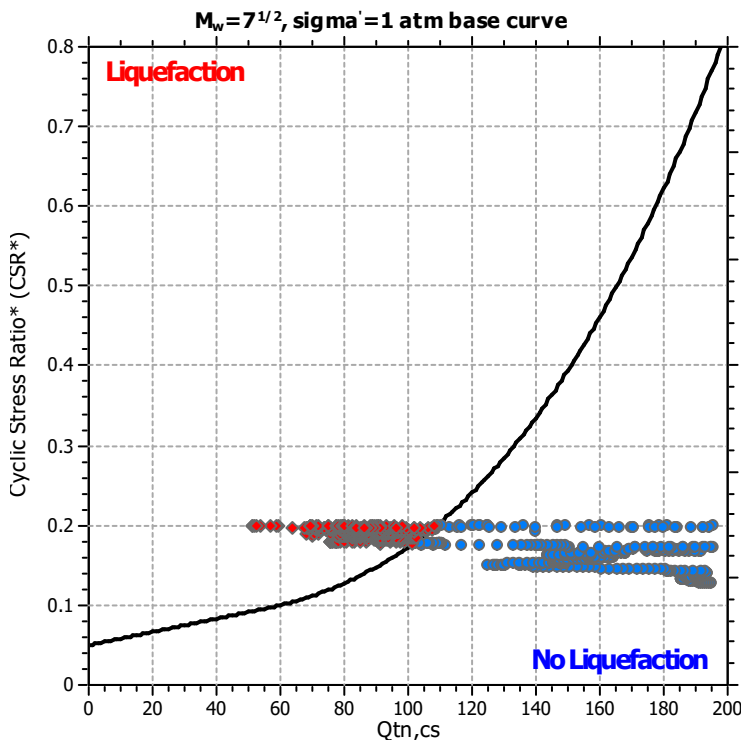
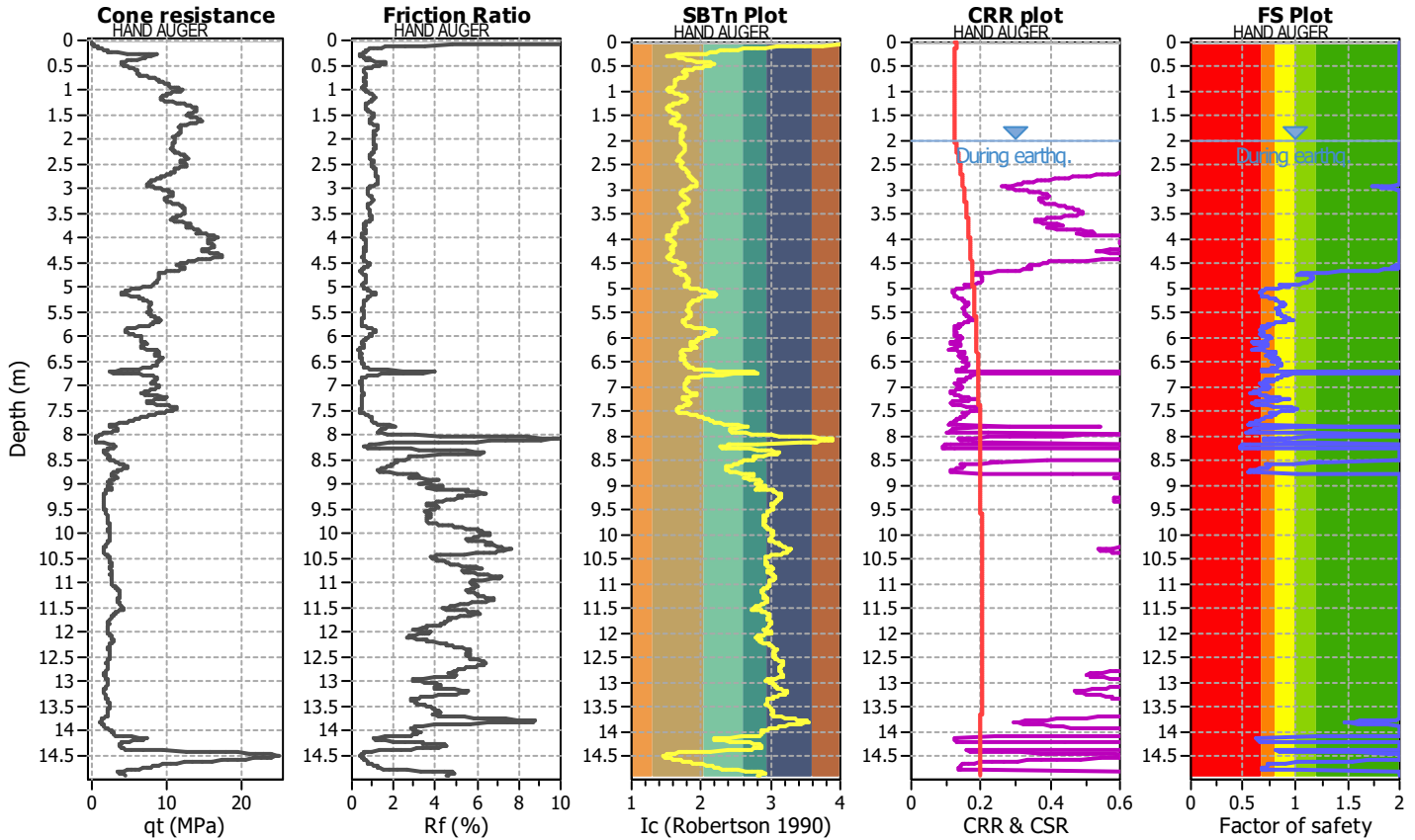
Project title : MS3- Riccione

Location :

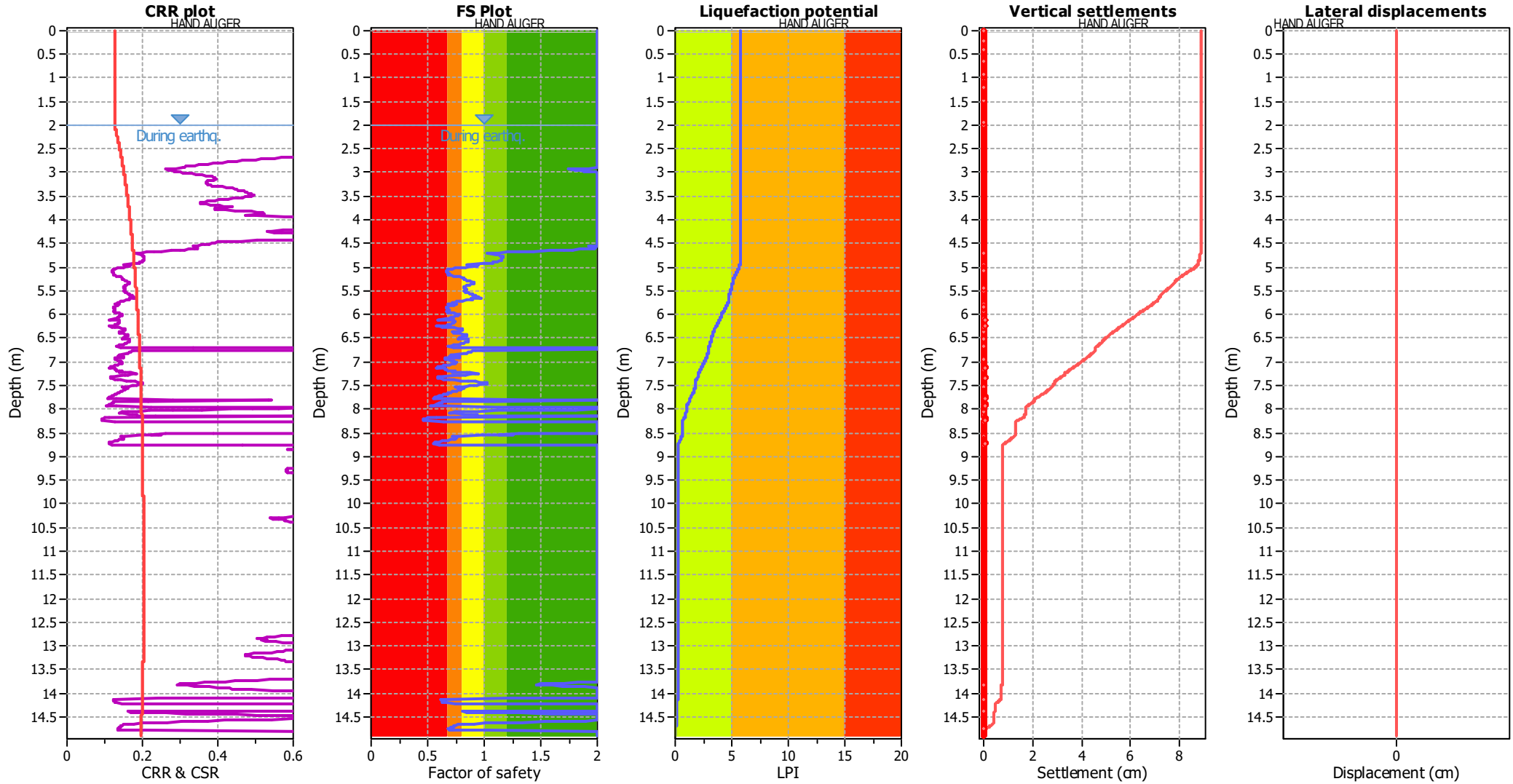
CPT file : CPTE22

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	3.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	2.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

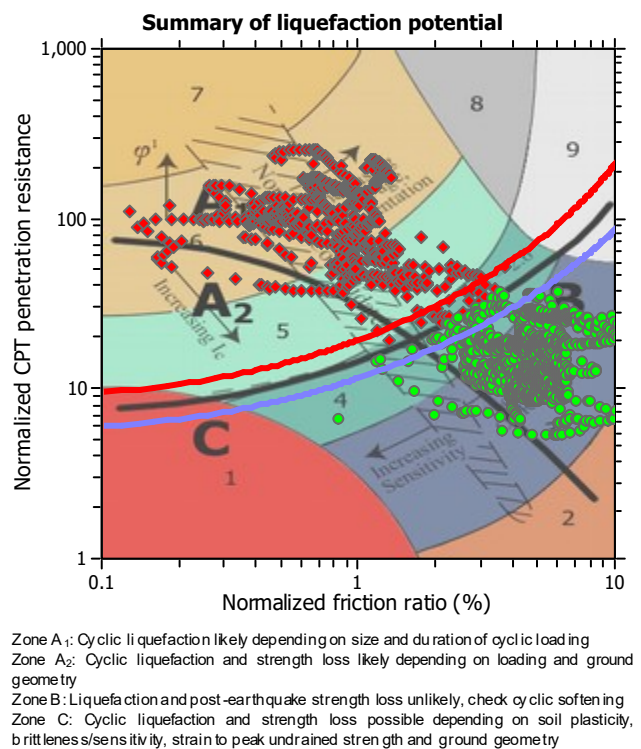
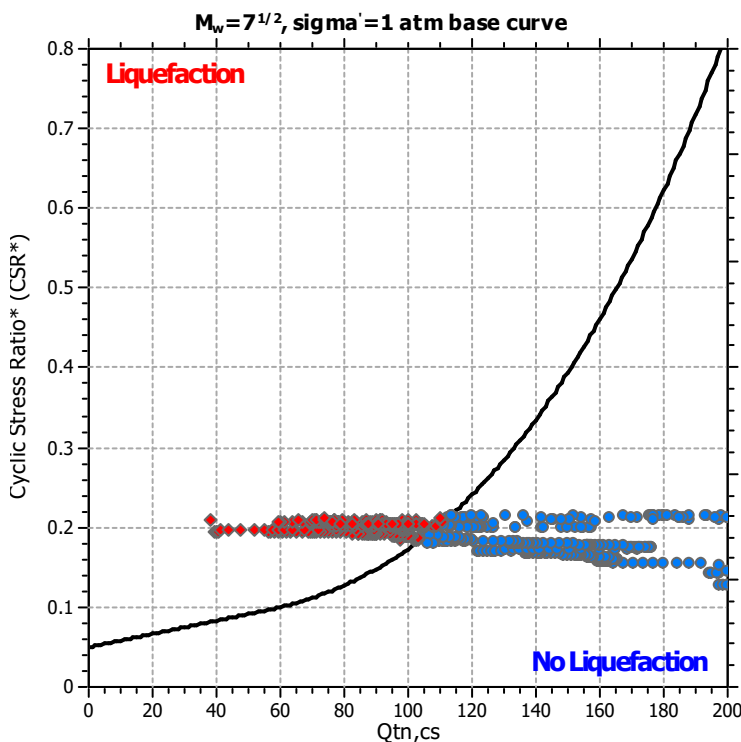
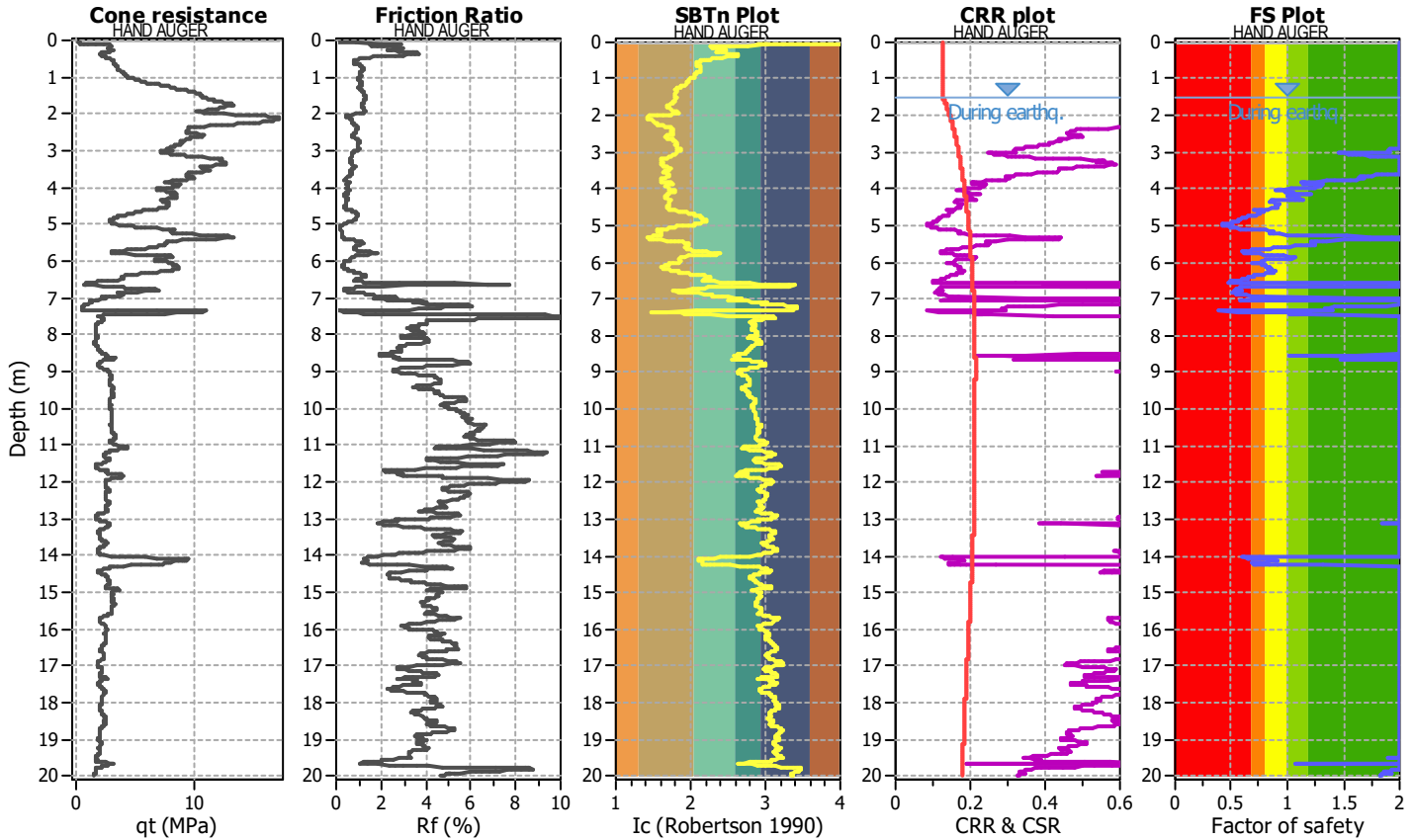
Project title : MS3- Riccione

Location :

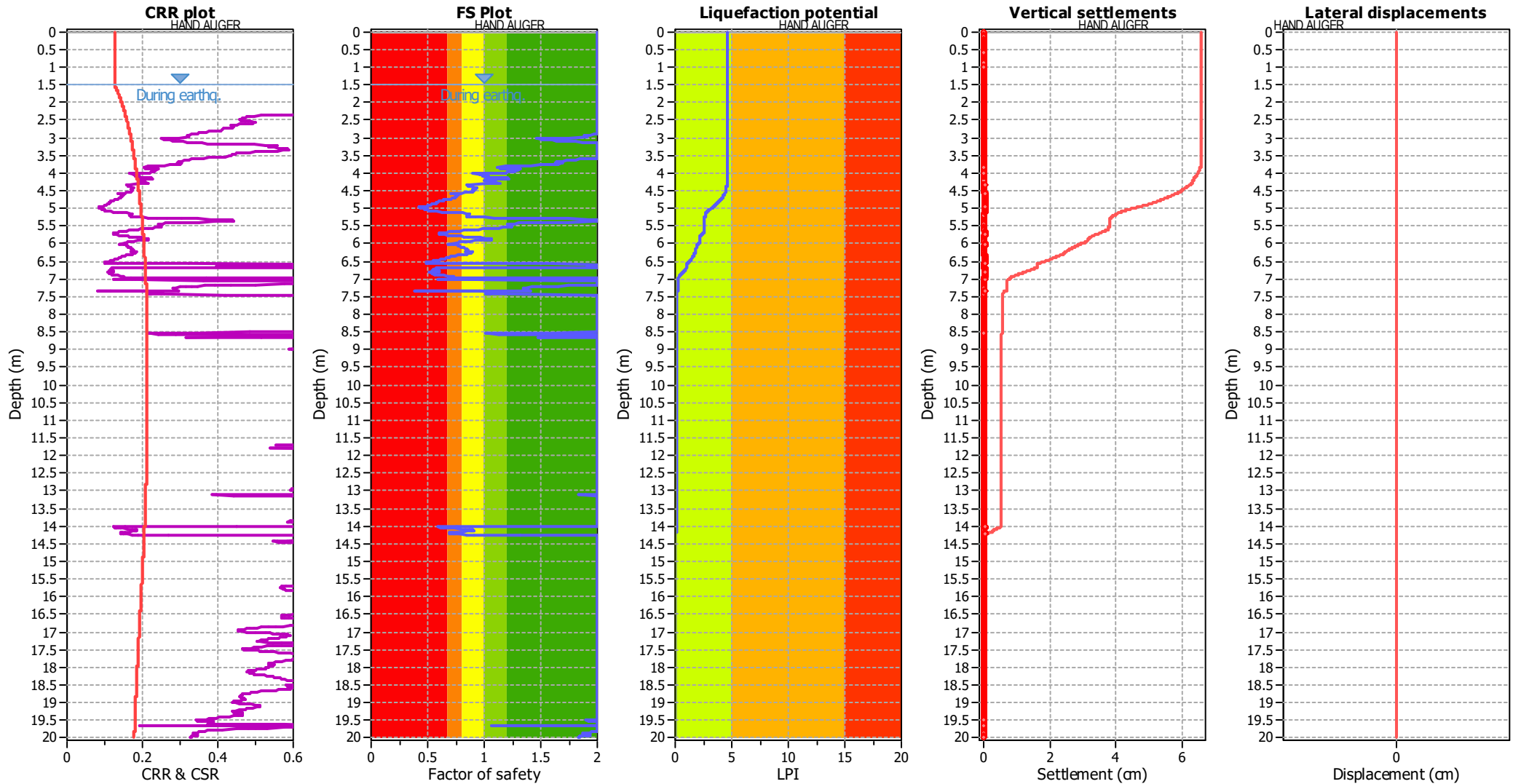
CPT file : CPTE23

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.10 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

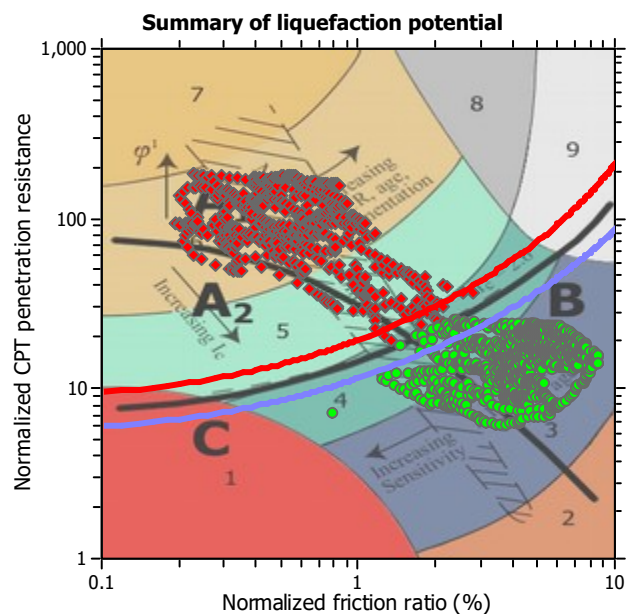
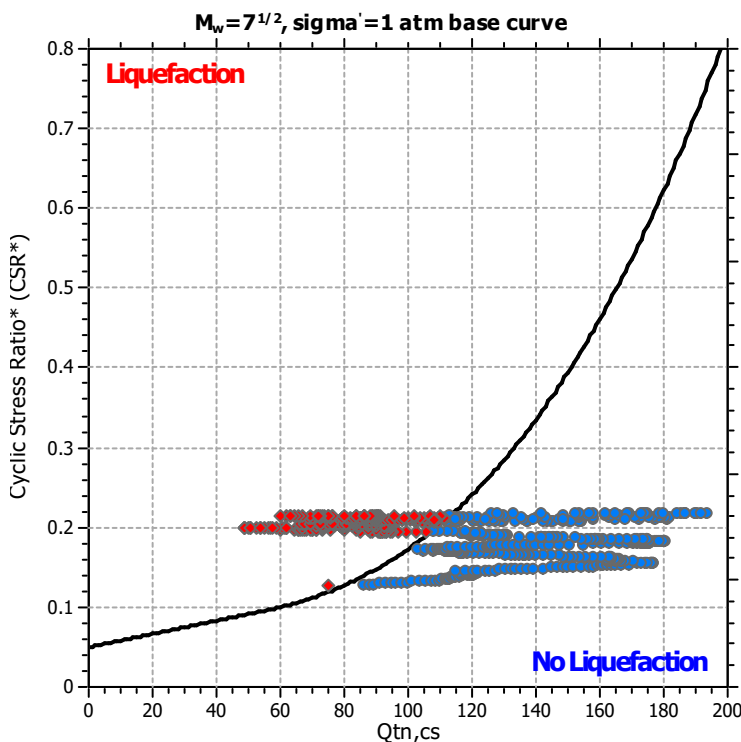
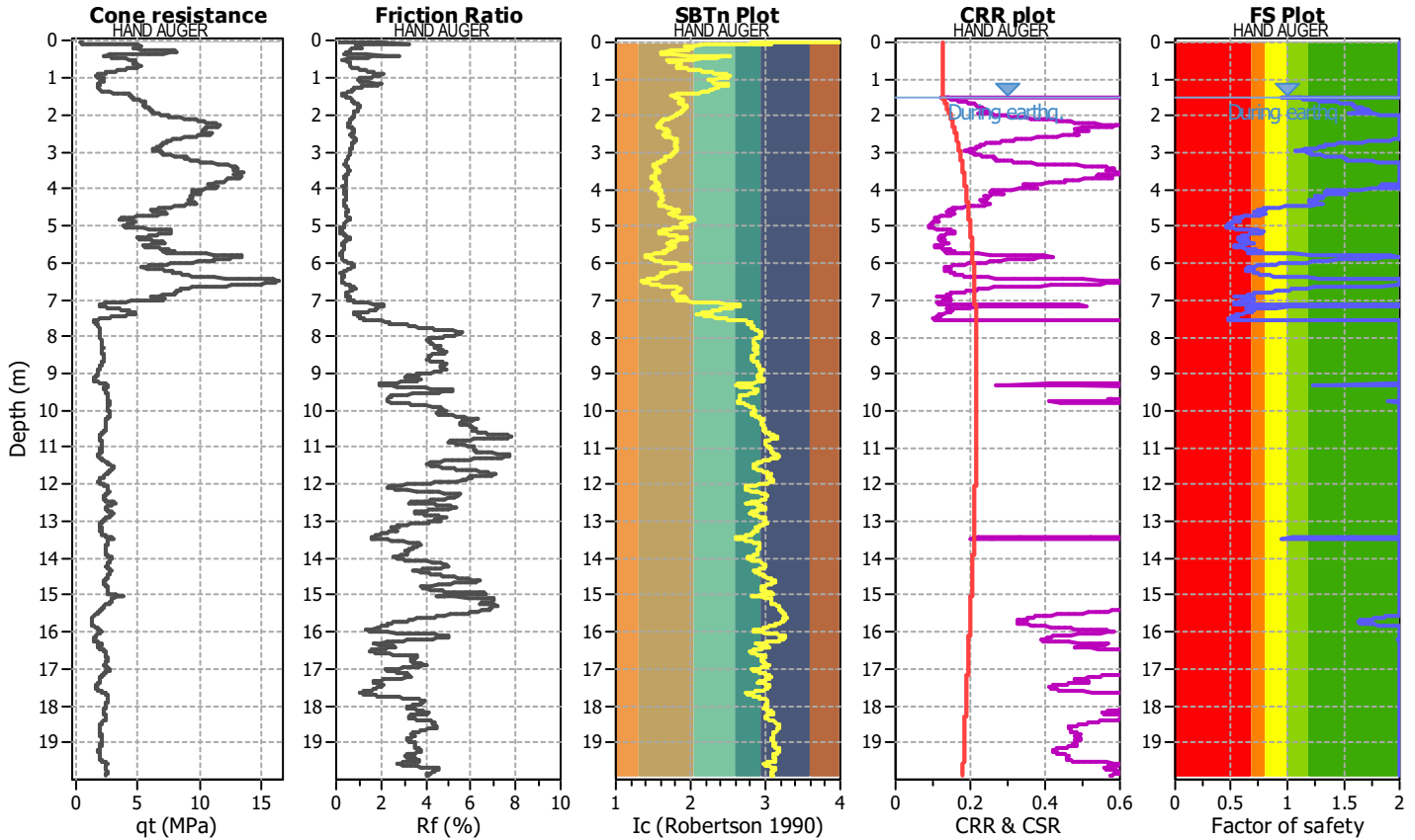
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTE26

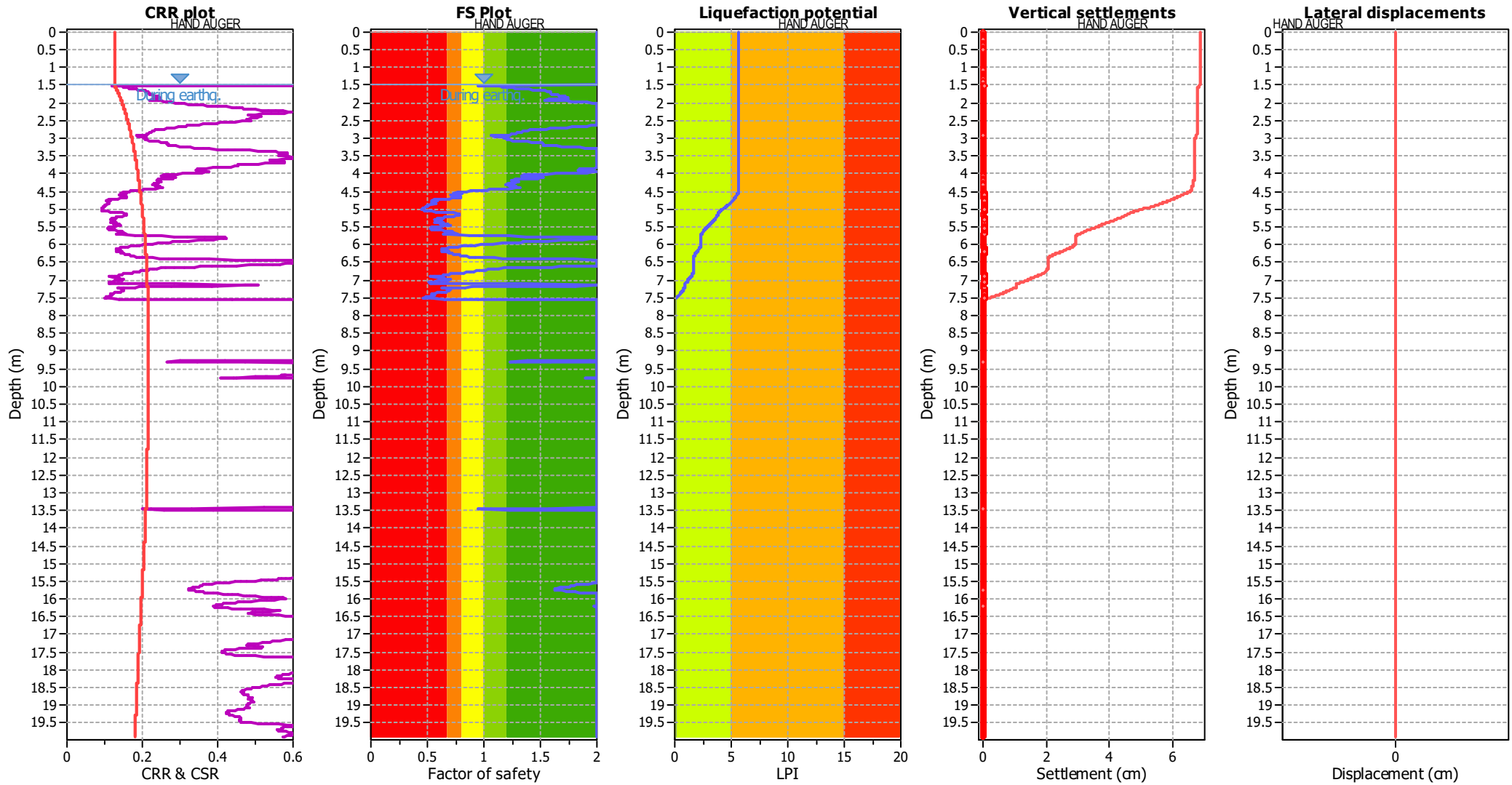
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

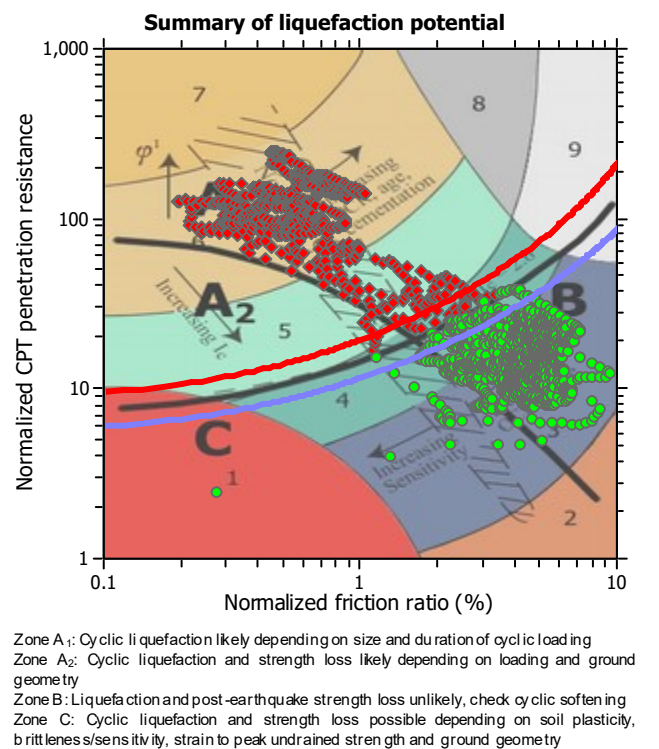
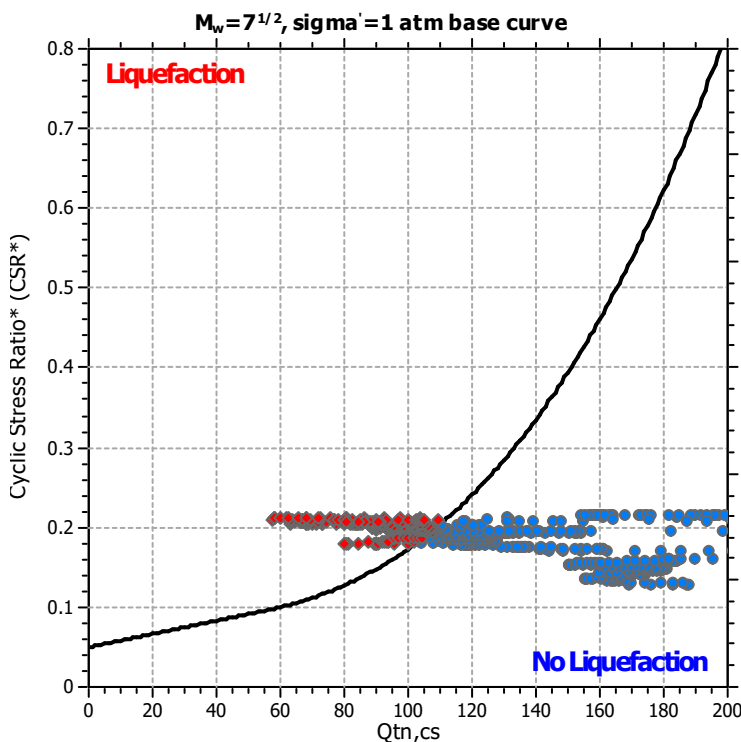
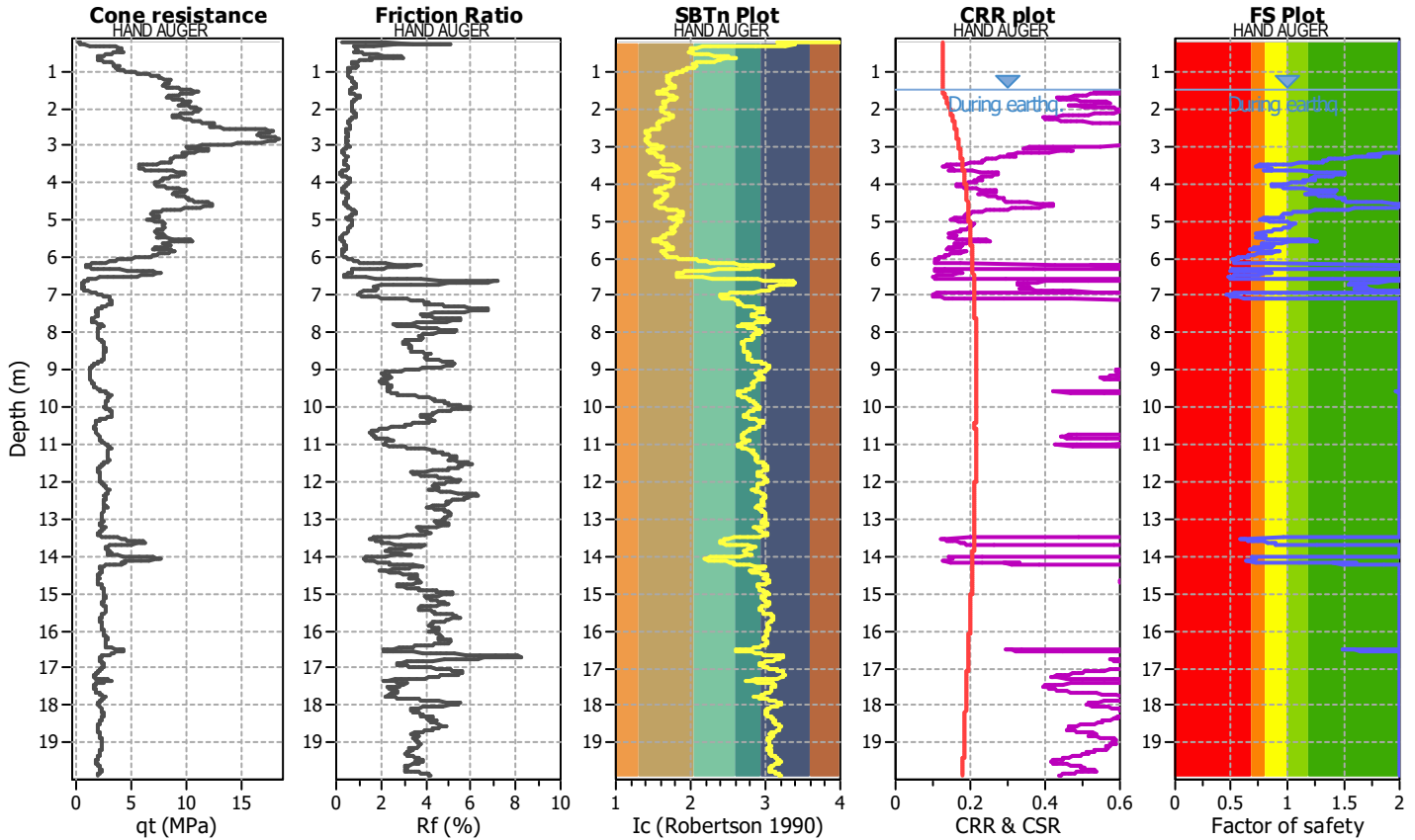
Project title : MS3- Riccione

Location :

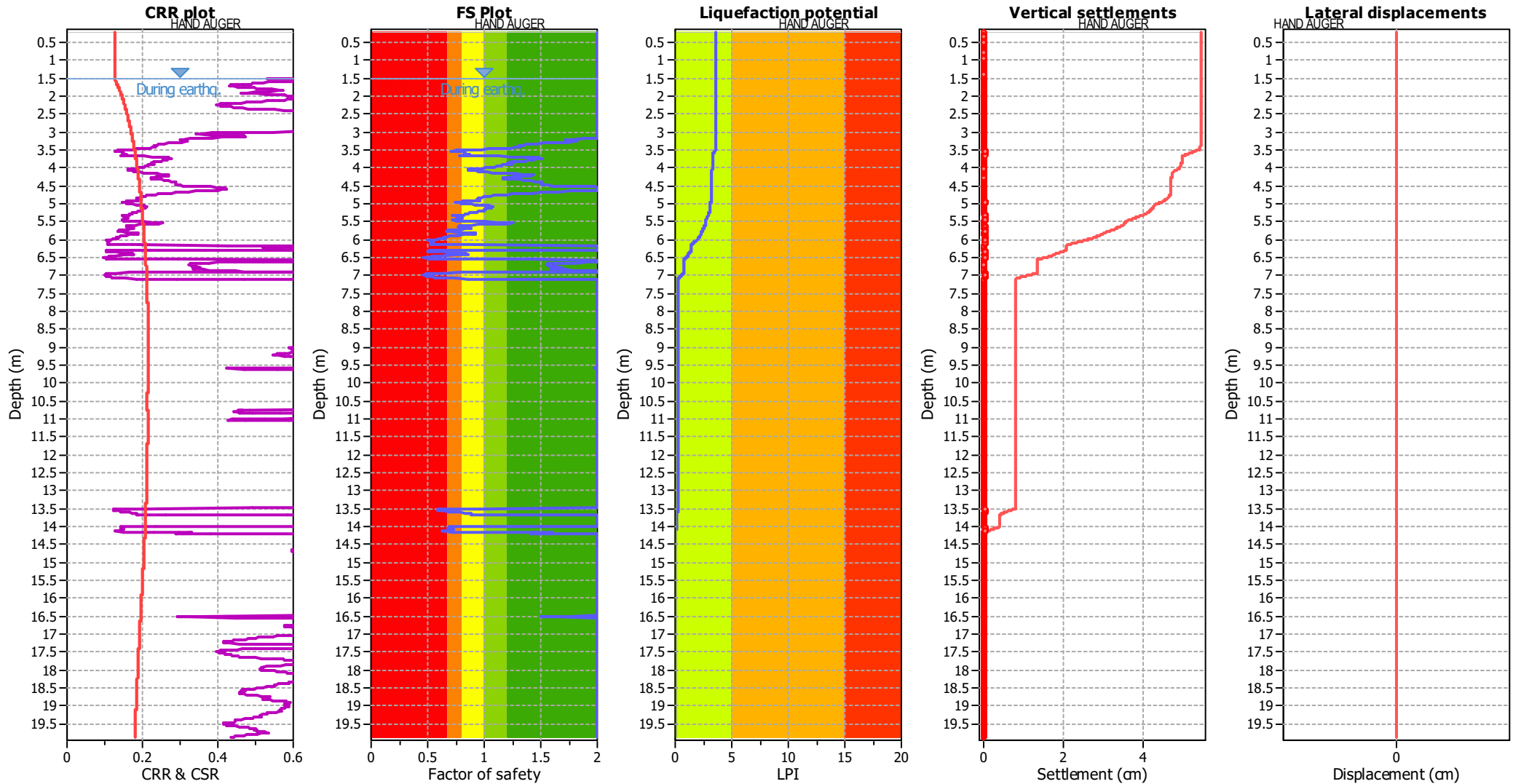
CPT file : CPTE27

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

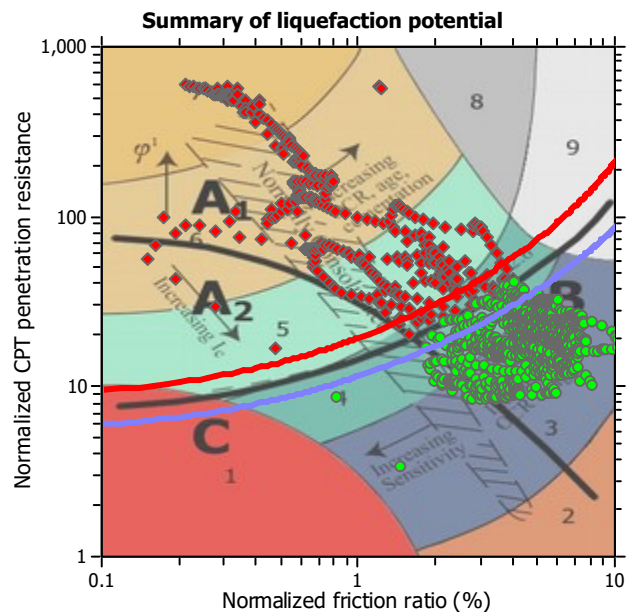
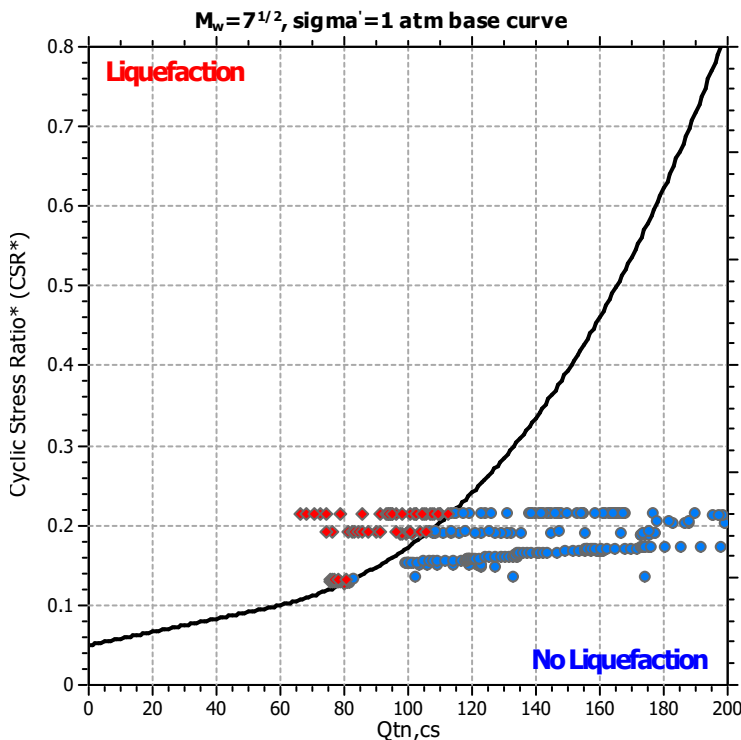
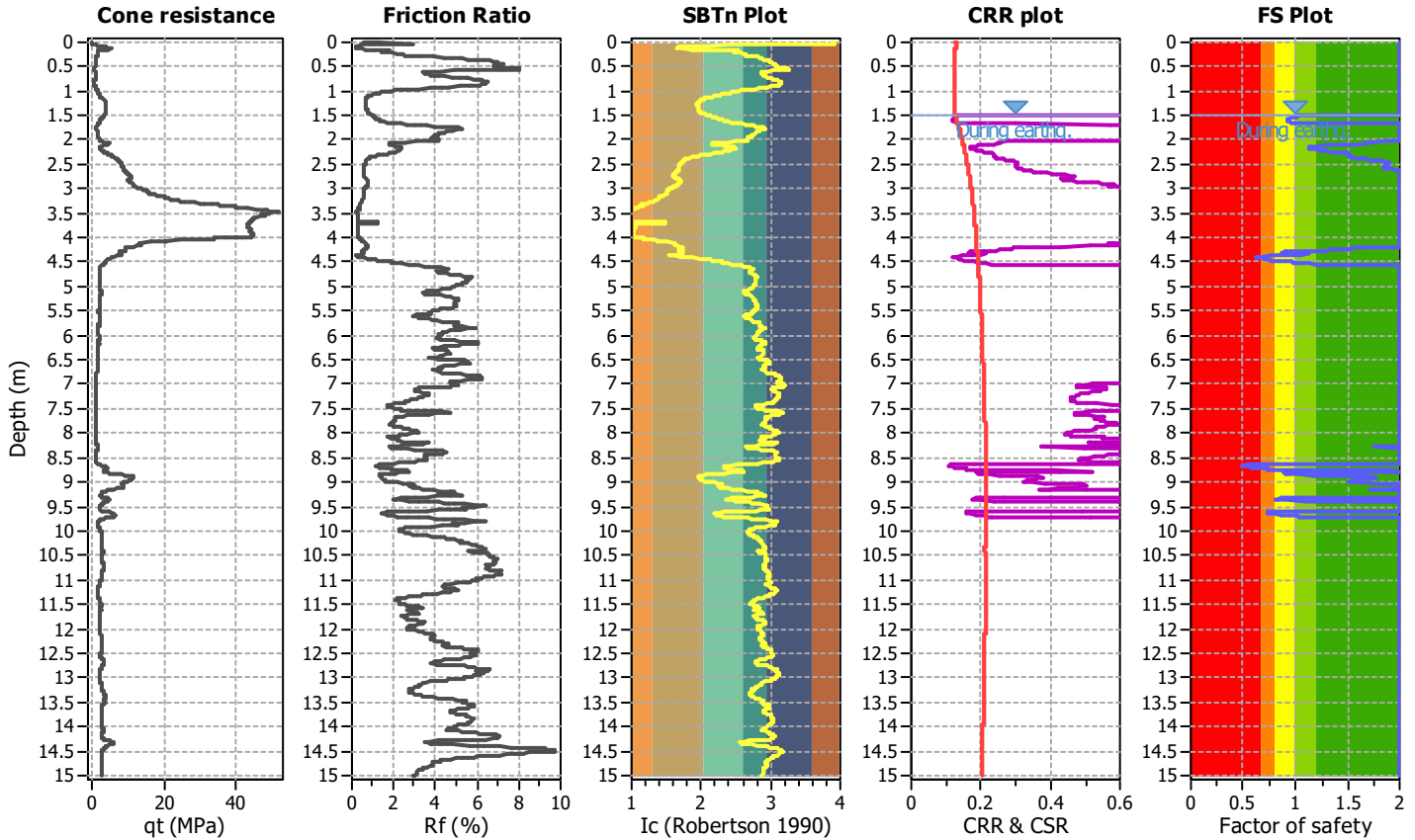
Project title : MS3- Riccione

Location :

CPT file : CPTE28

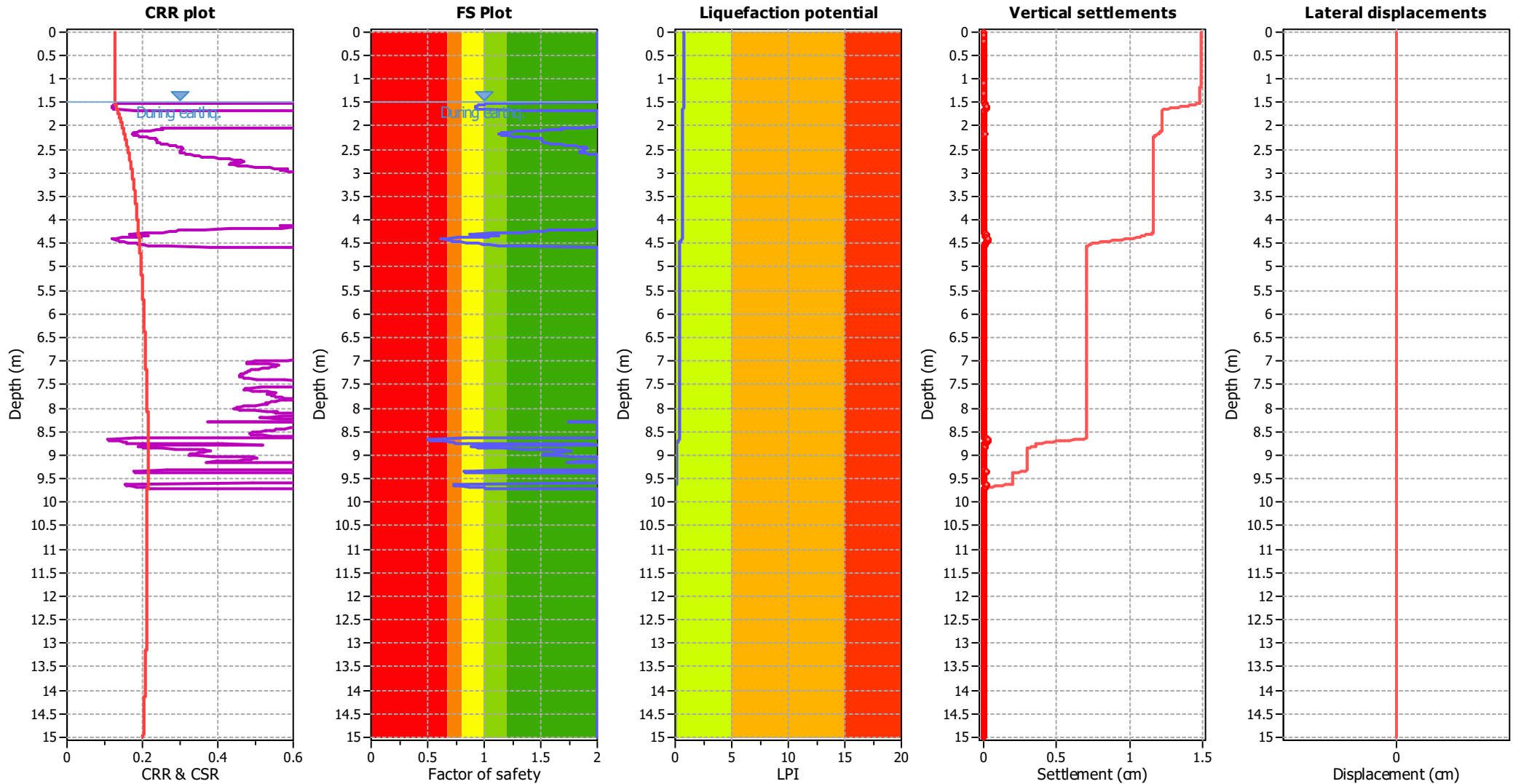
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on friction 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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

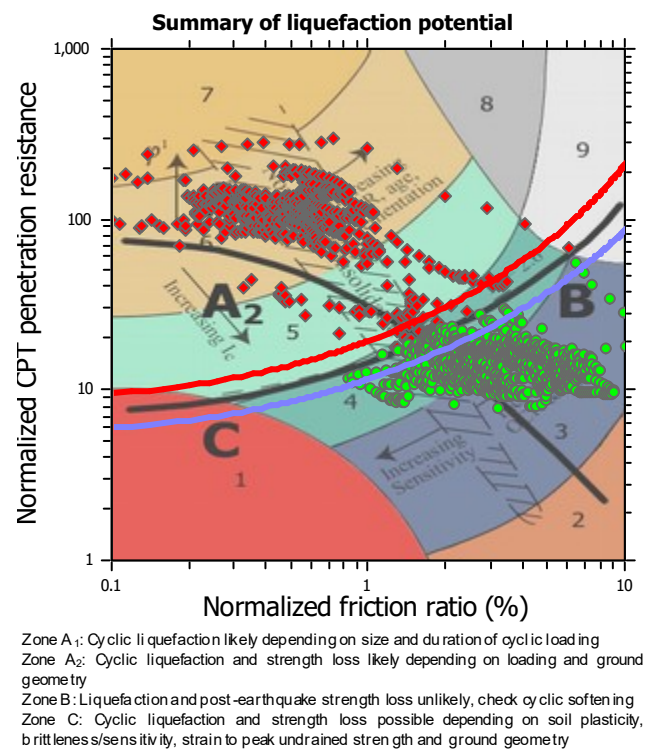
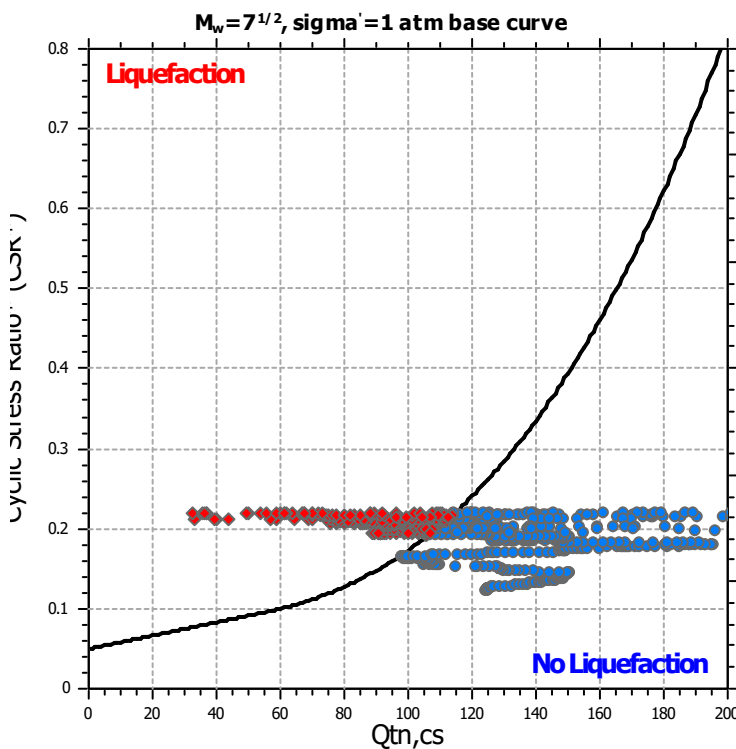
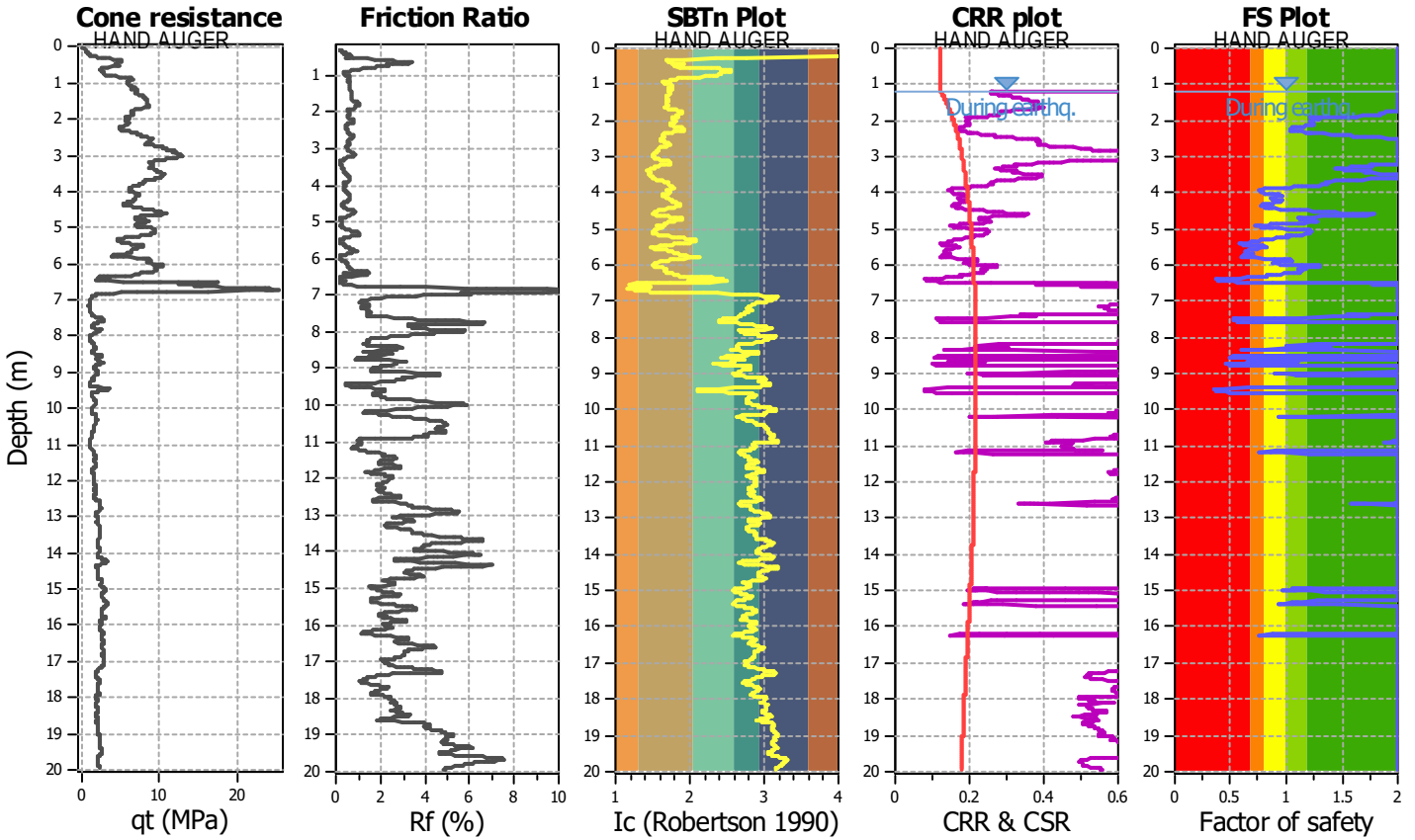
Project title : MS3- Riccione

Location :

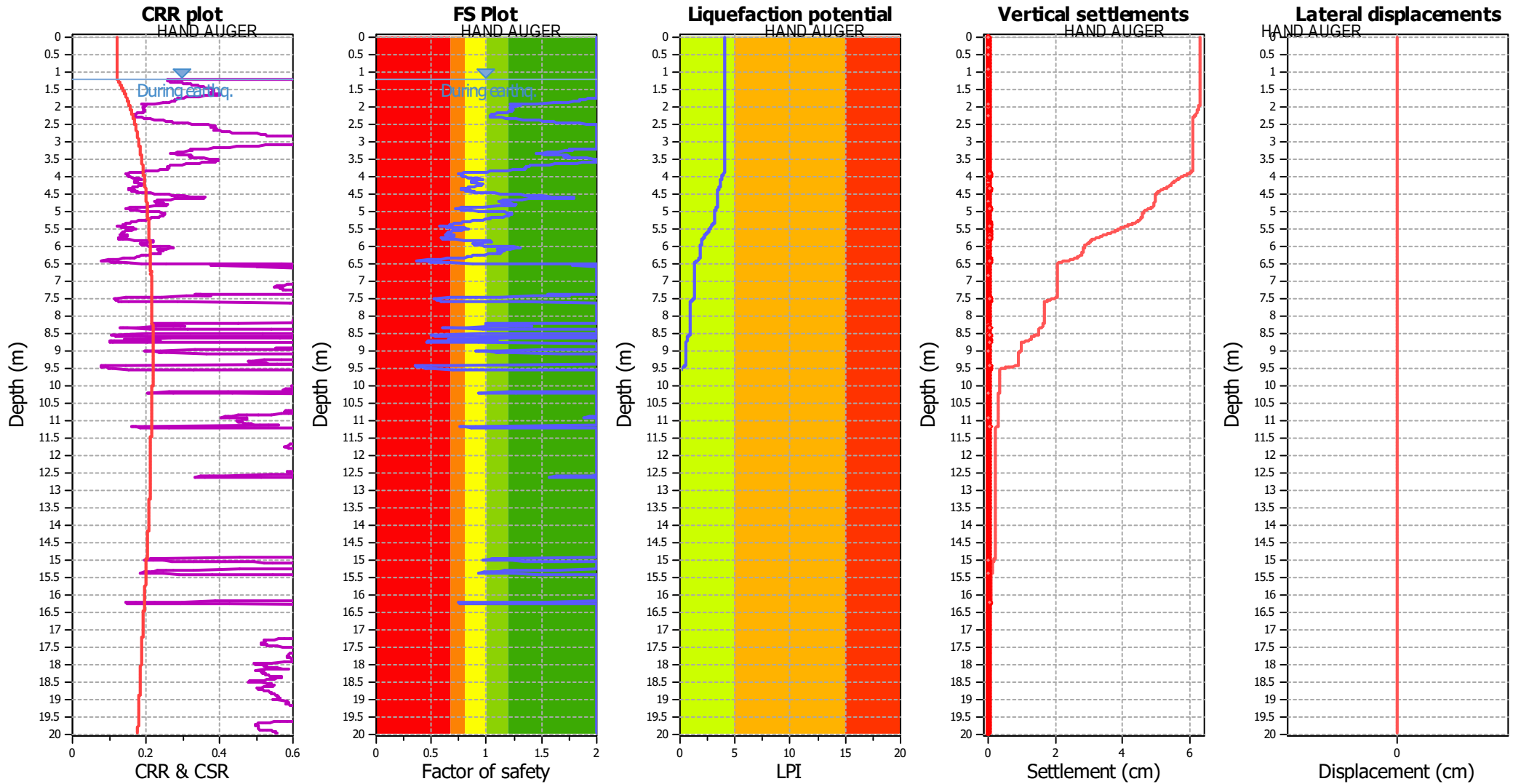
CPT file : CPTE10

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.20 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.20 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

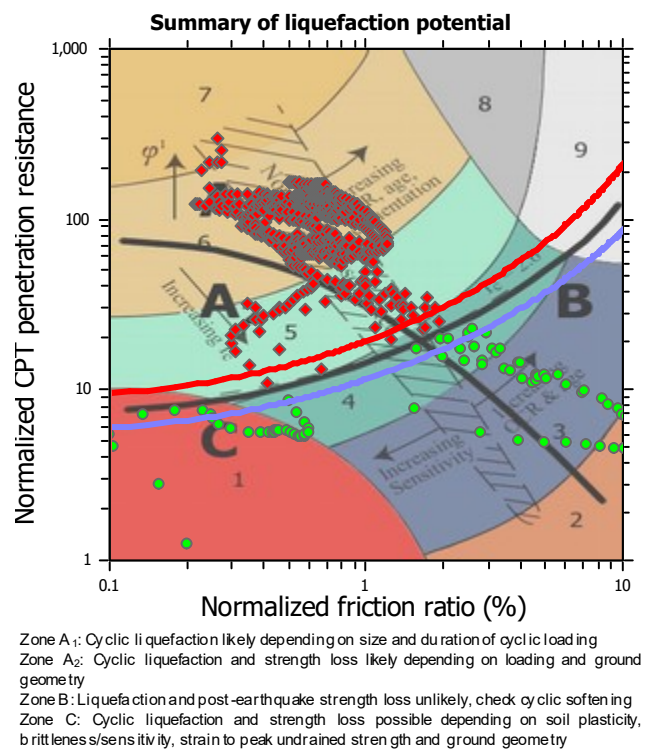
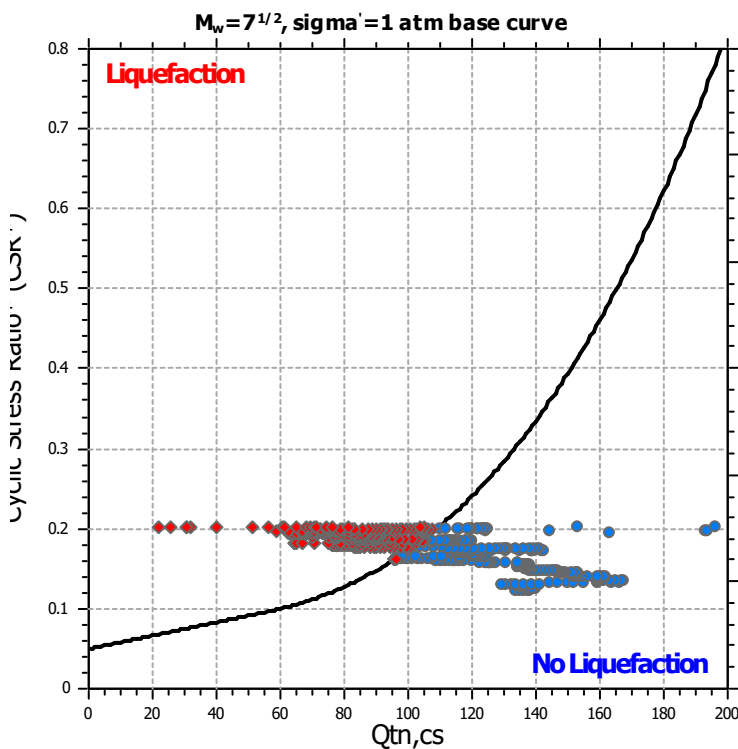
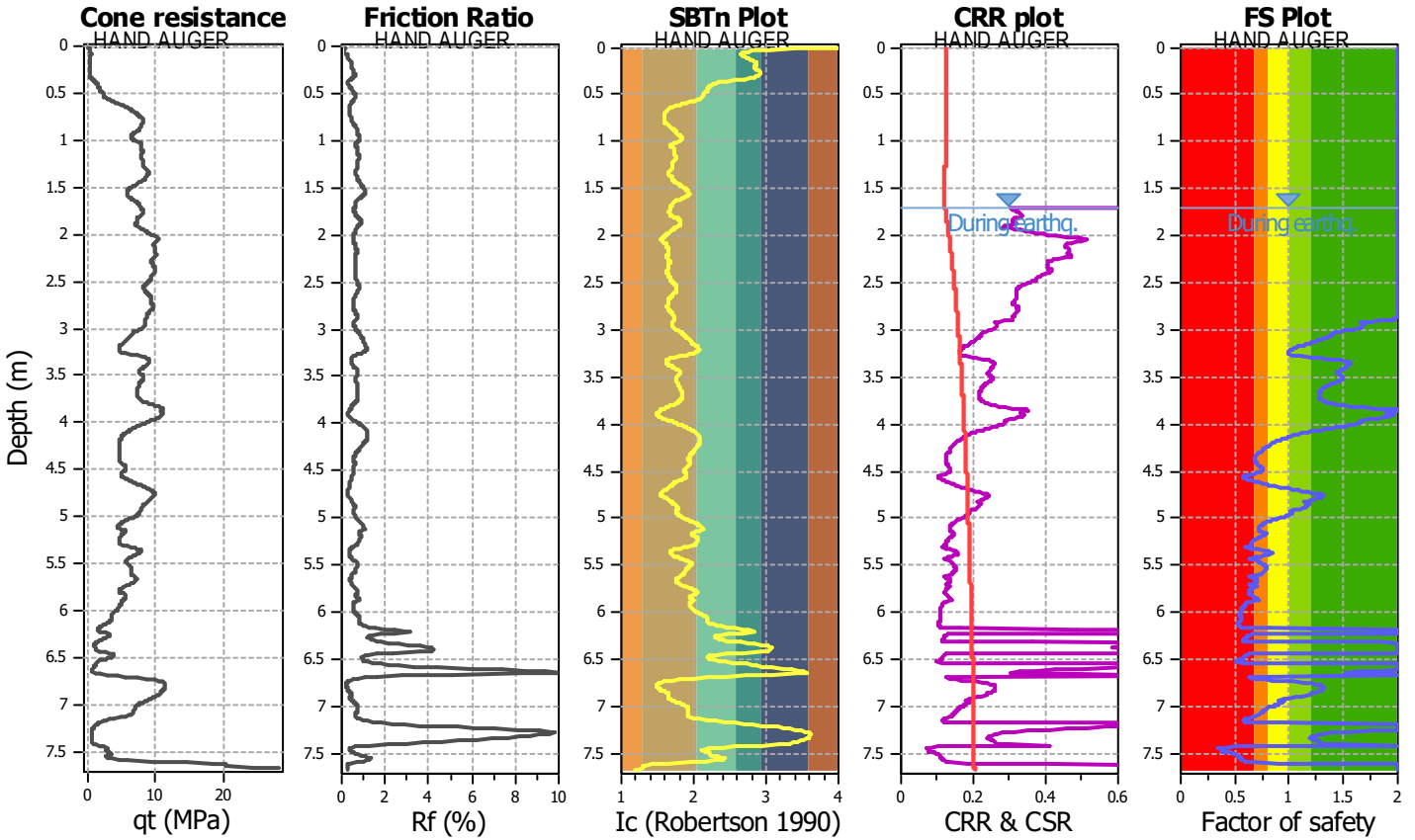
Project title : MS3- Riccione

Location :

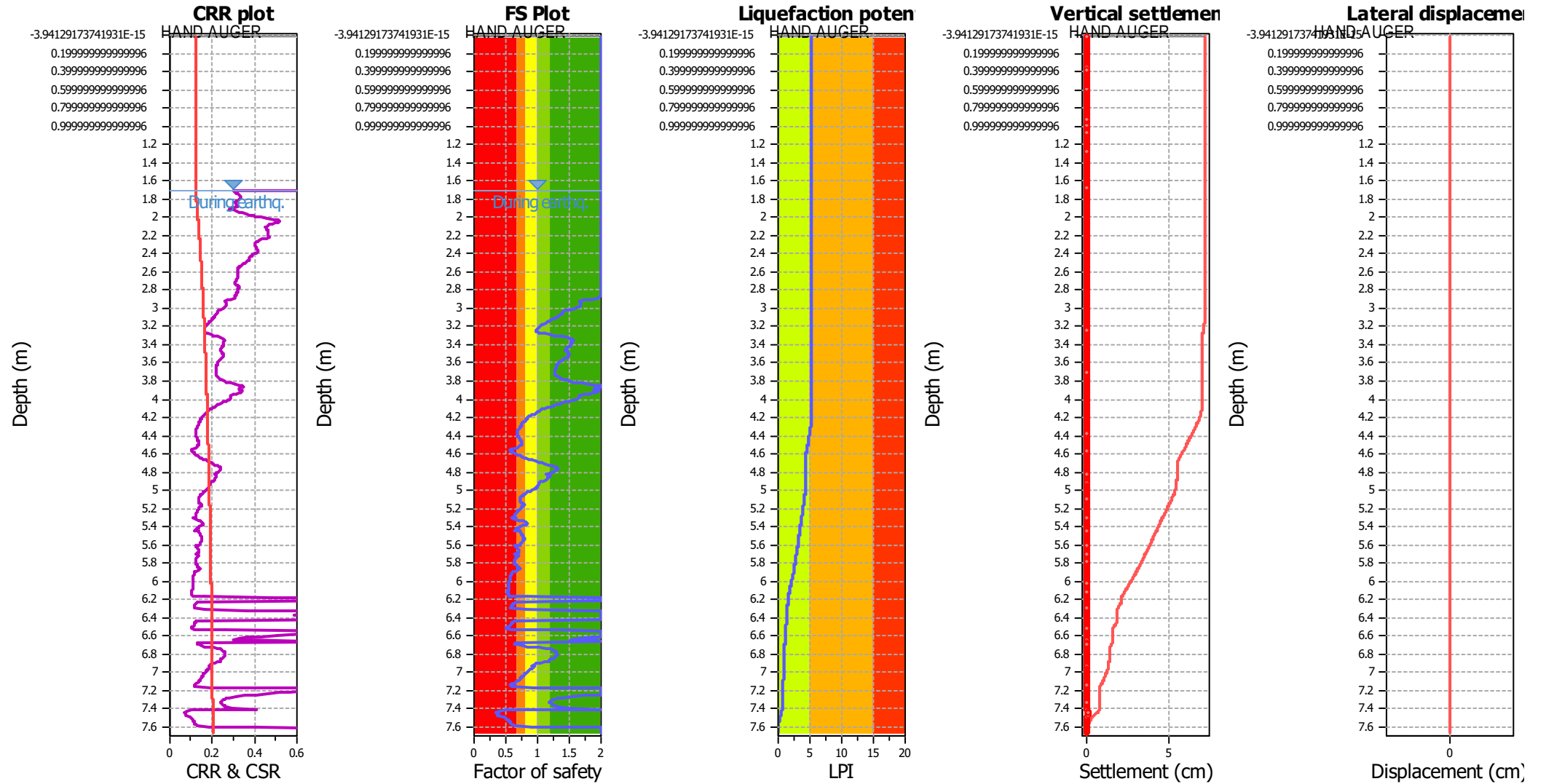
CPT file : CPTE12

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

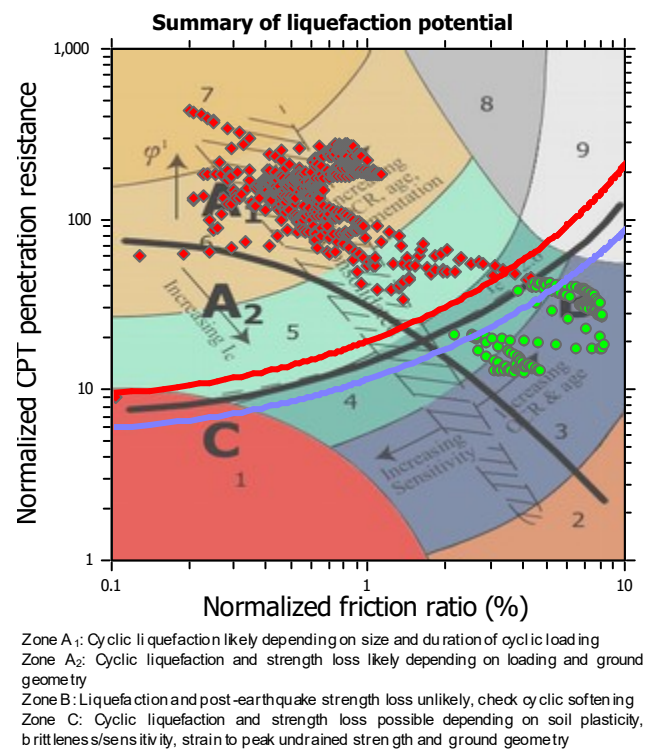
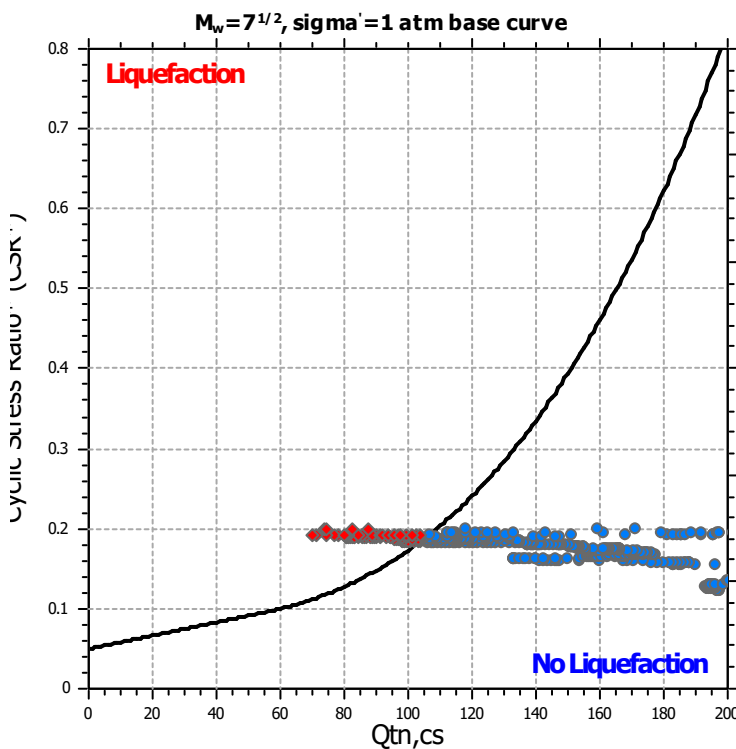
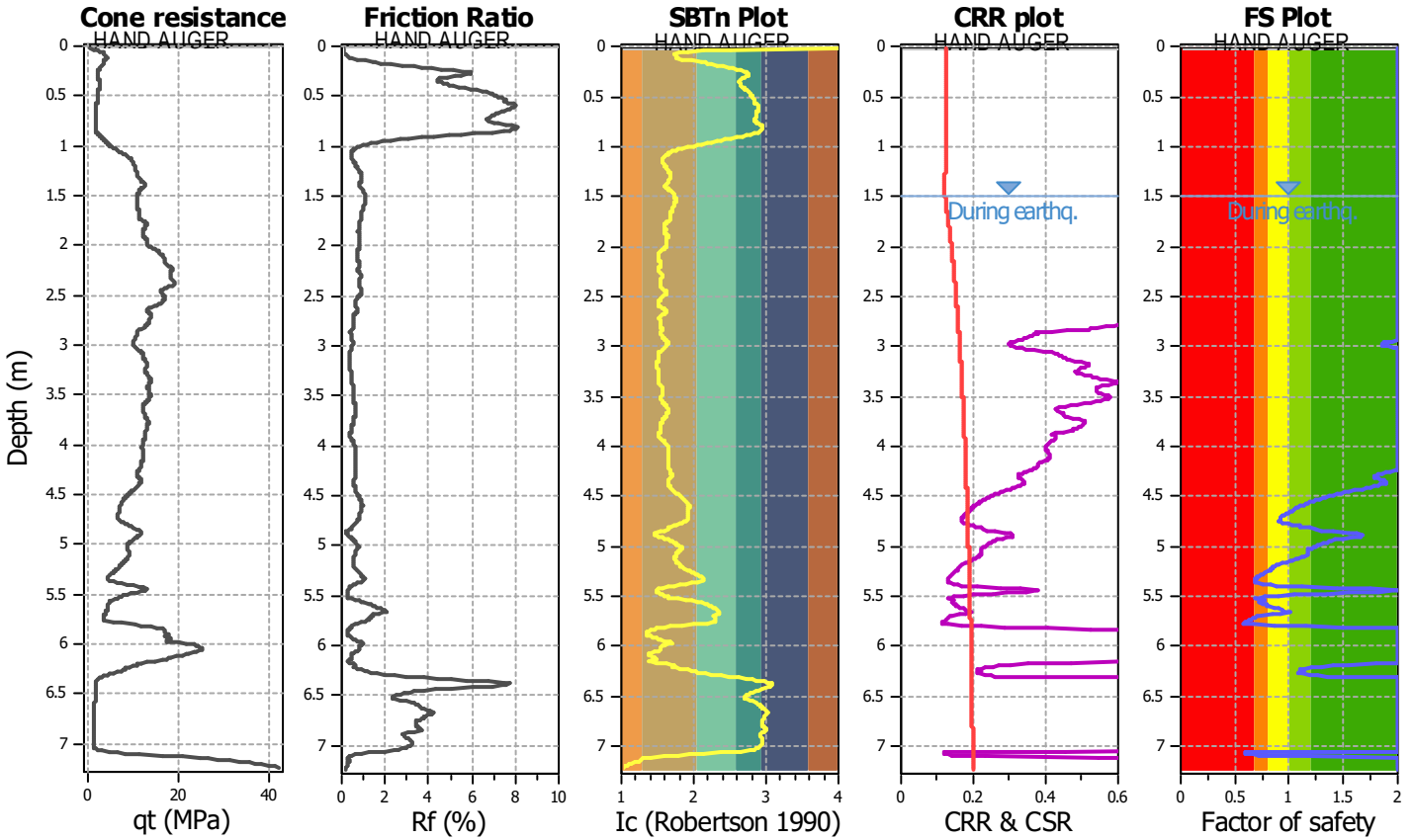
Project title : MS3- Riccione

Location :

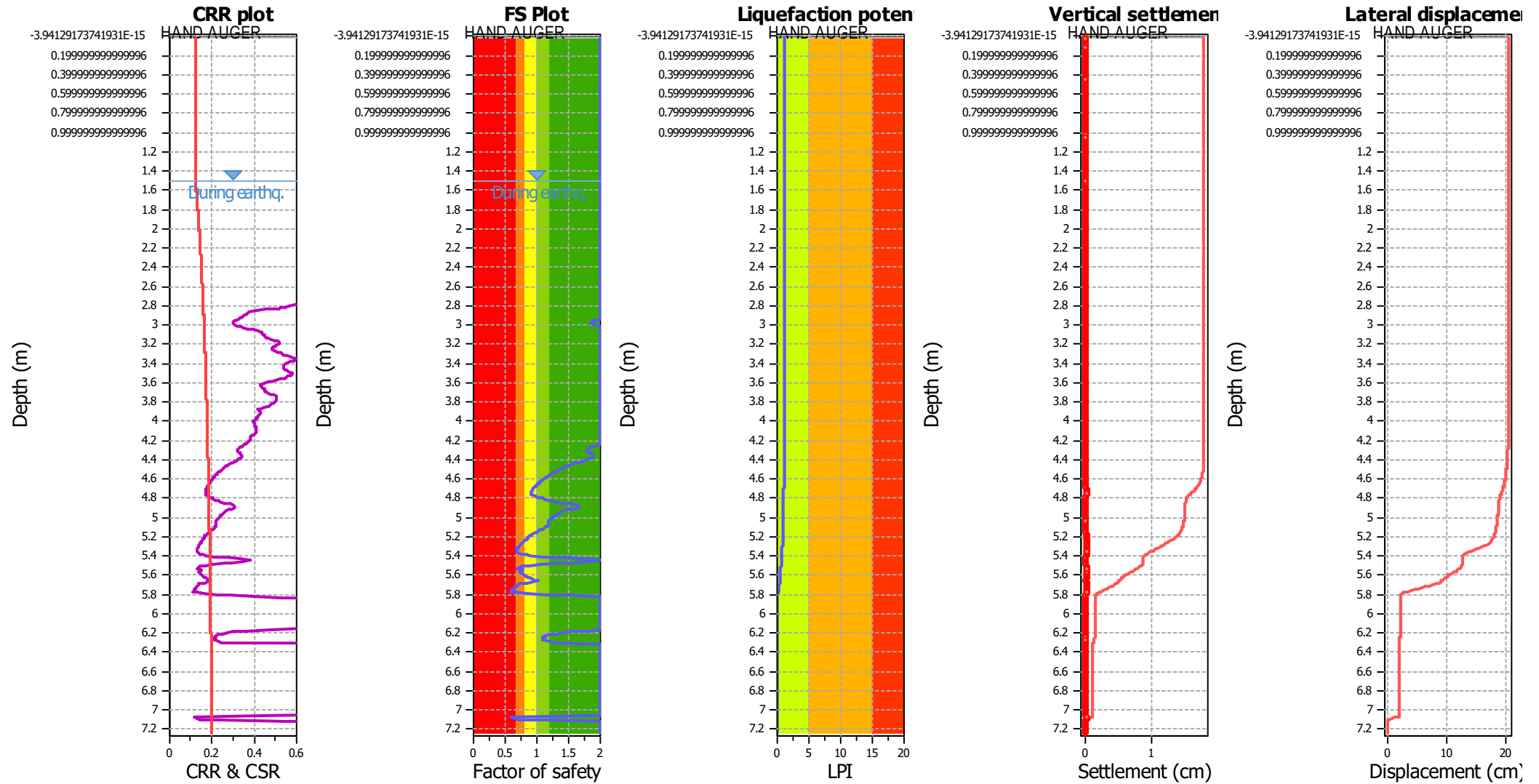
CPT file : CPTE13

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.80 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

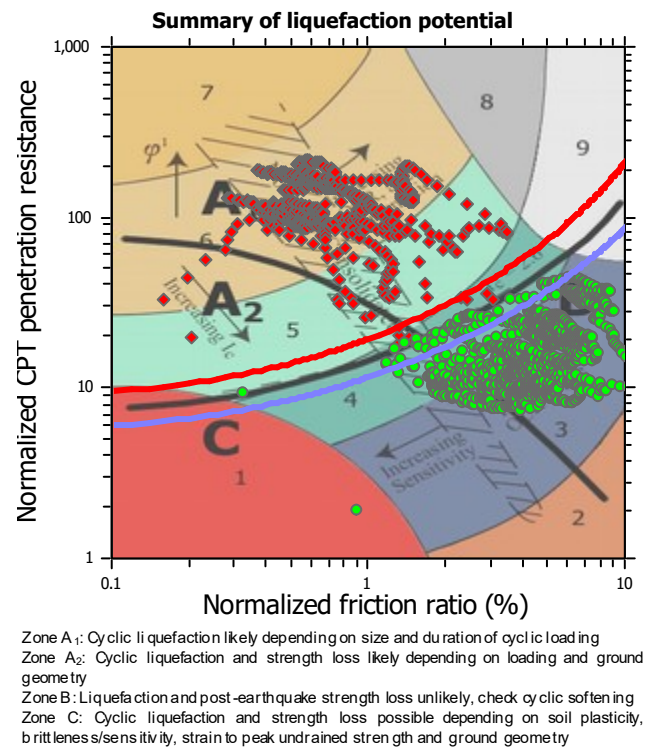
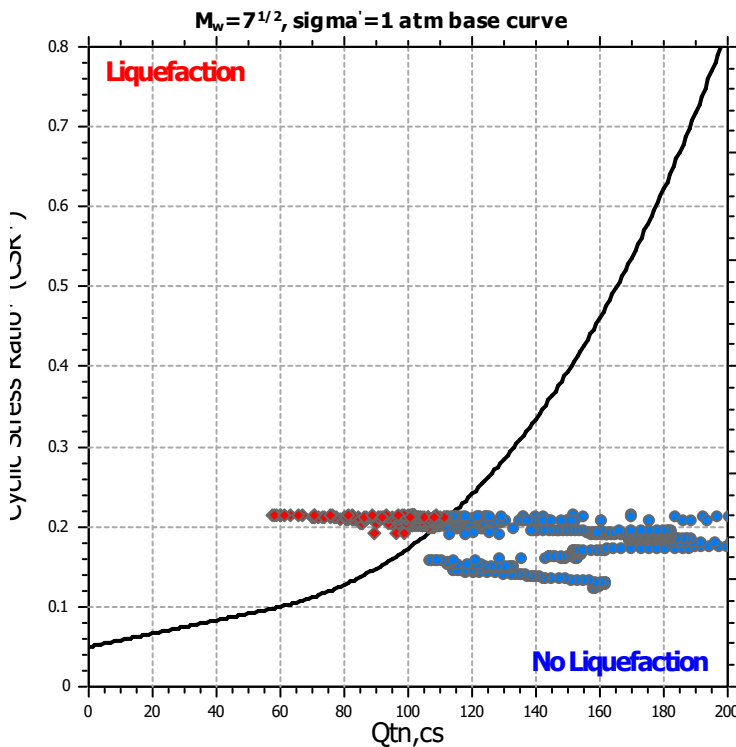
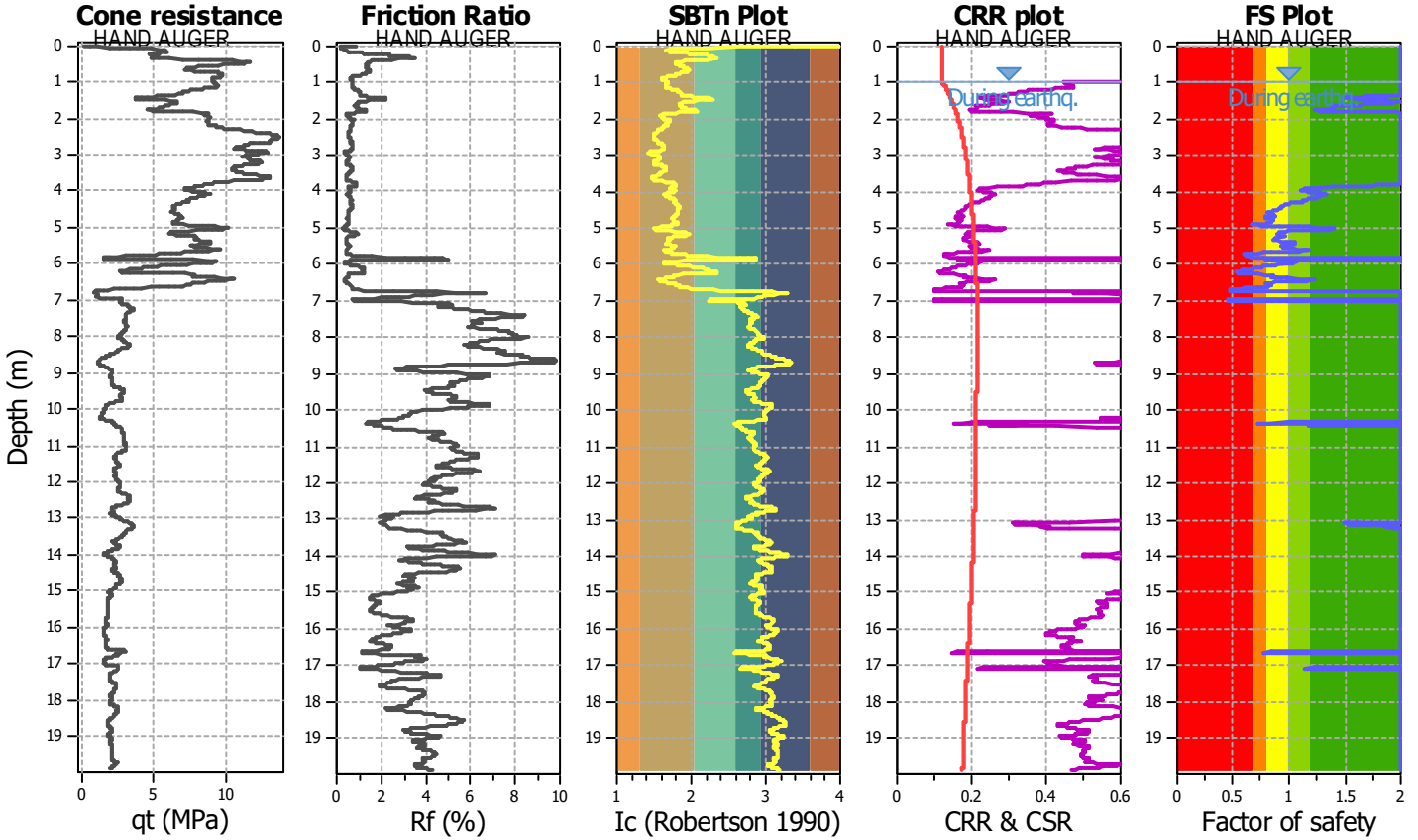
Project title : MS3- Riccione

Location :

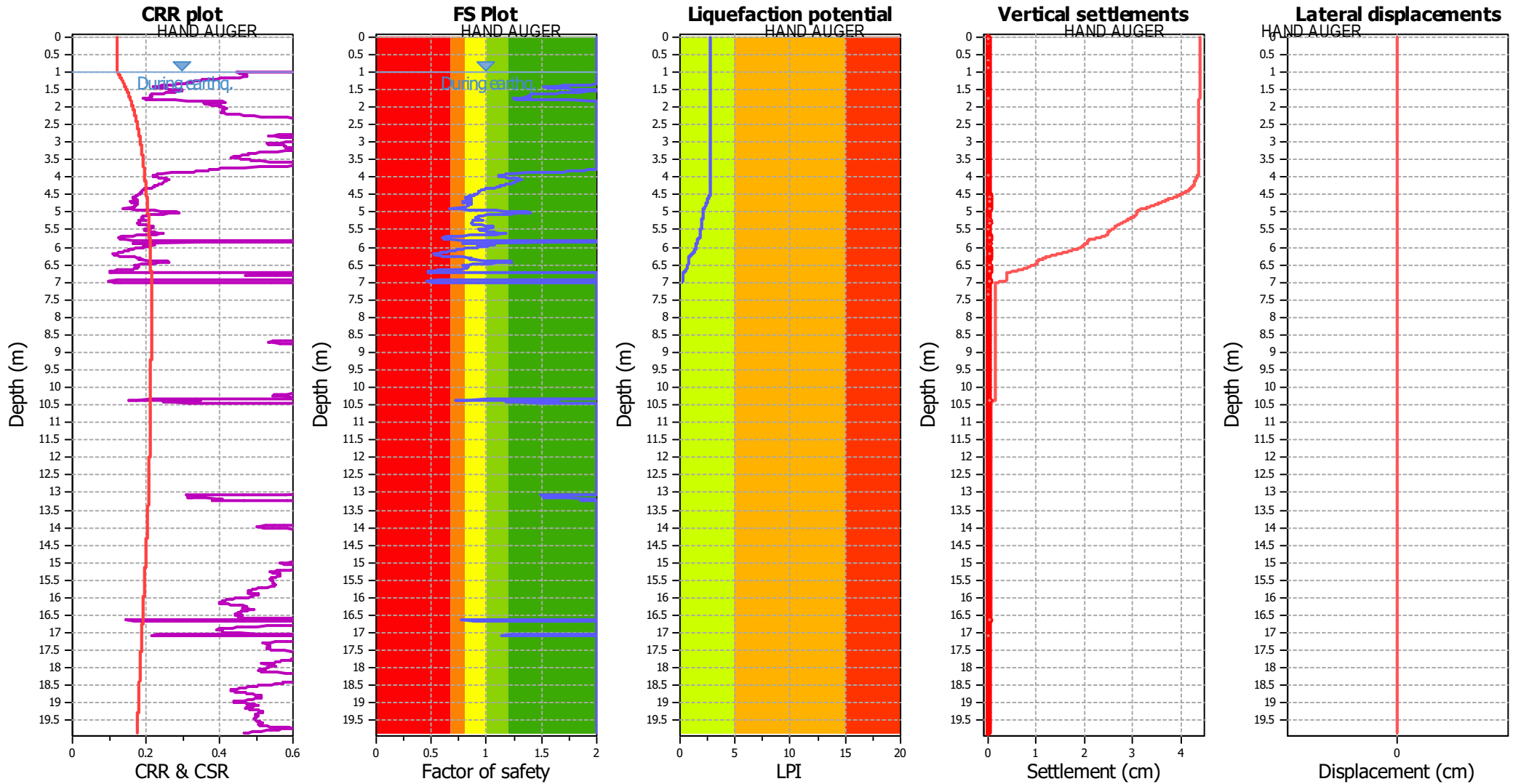
CPT file : CPT15

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

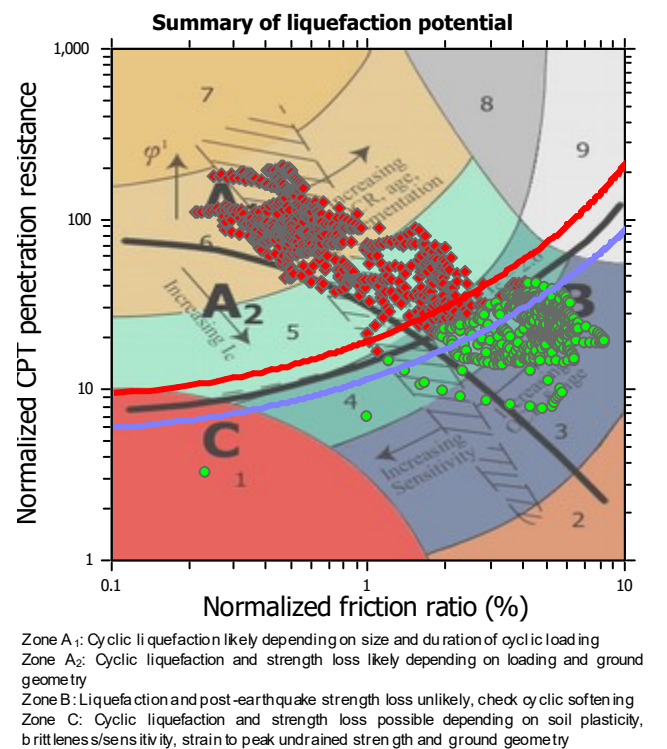
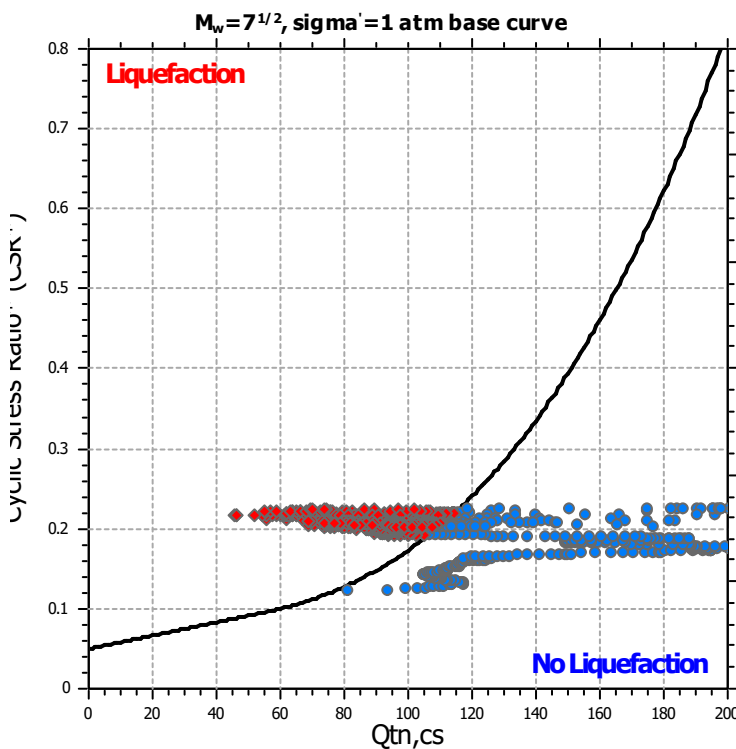
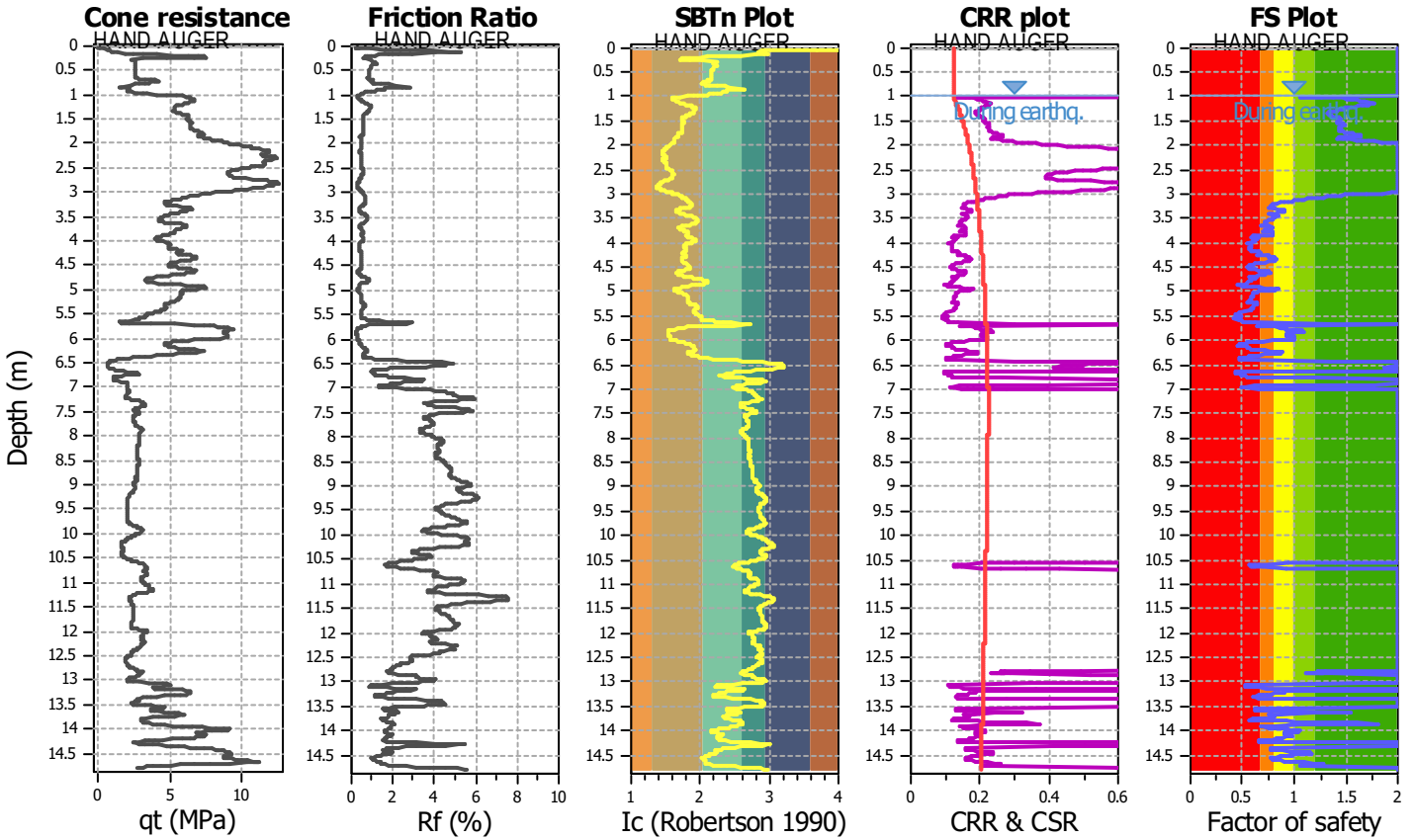
Project title : MS3- Riccione

Location :

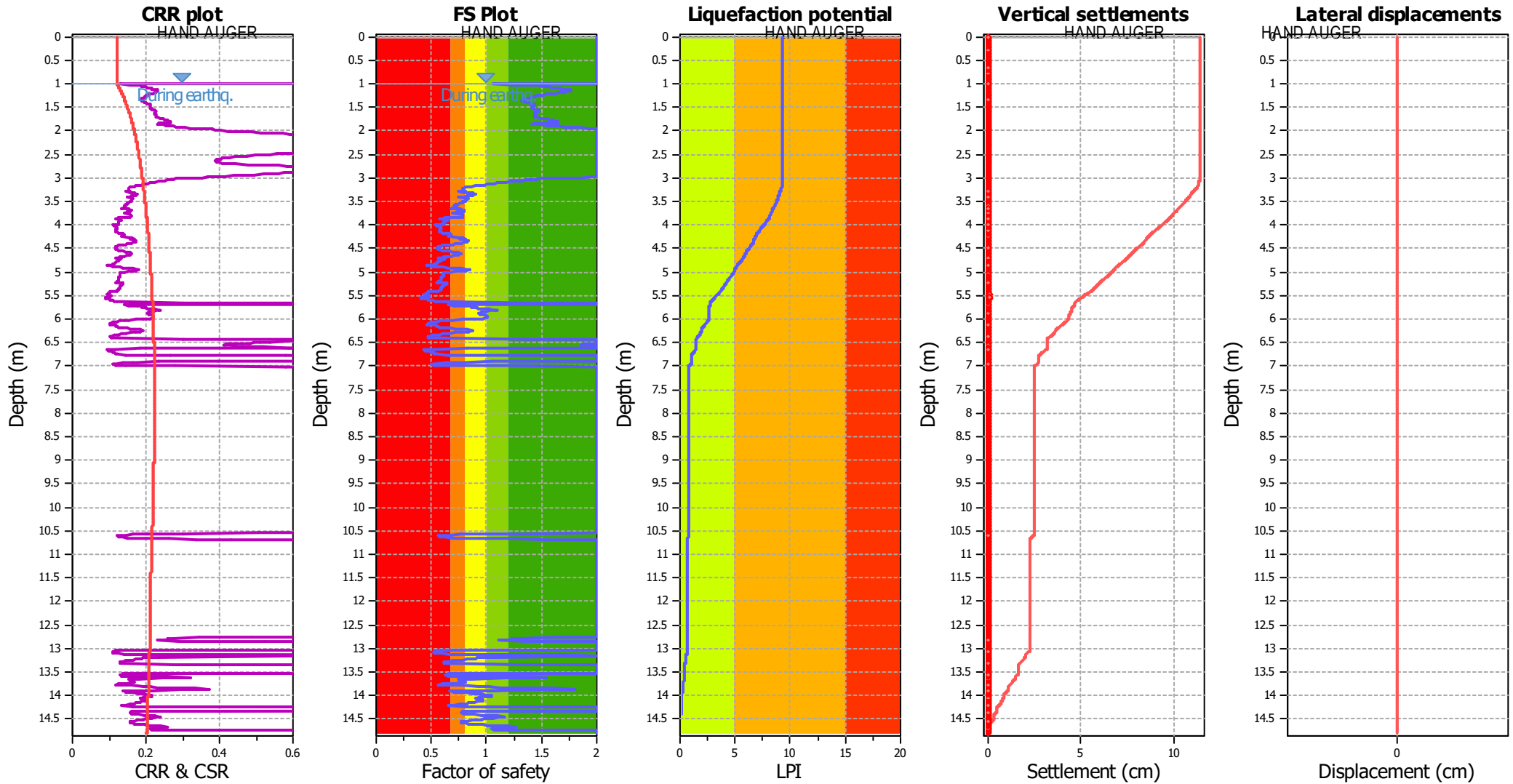
CPT file : CPTE24

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

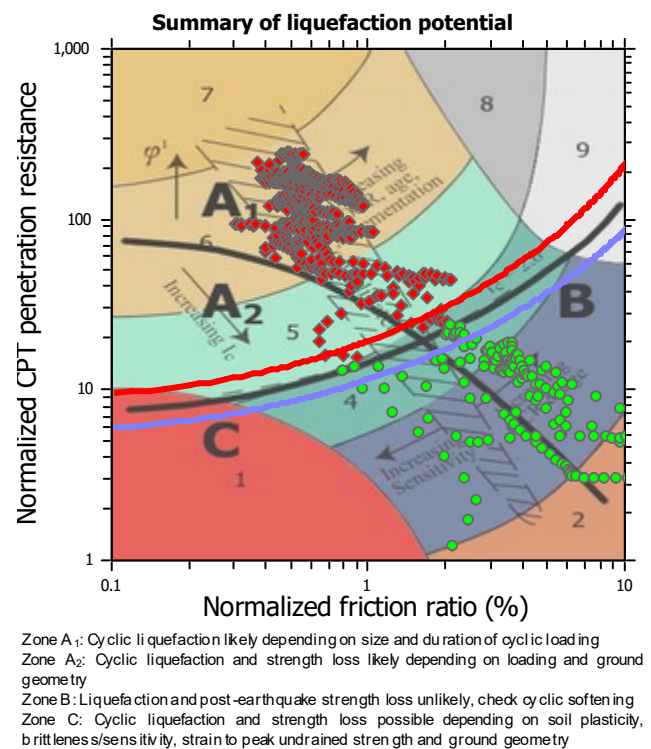
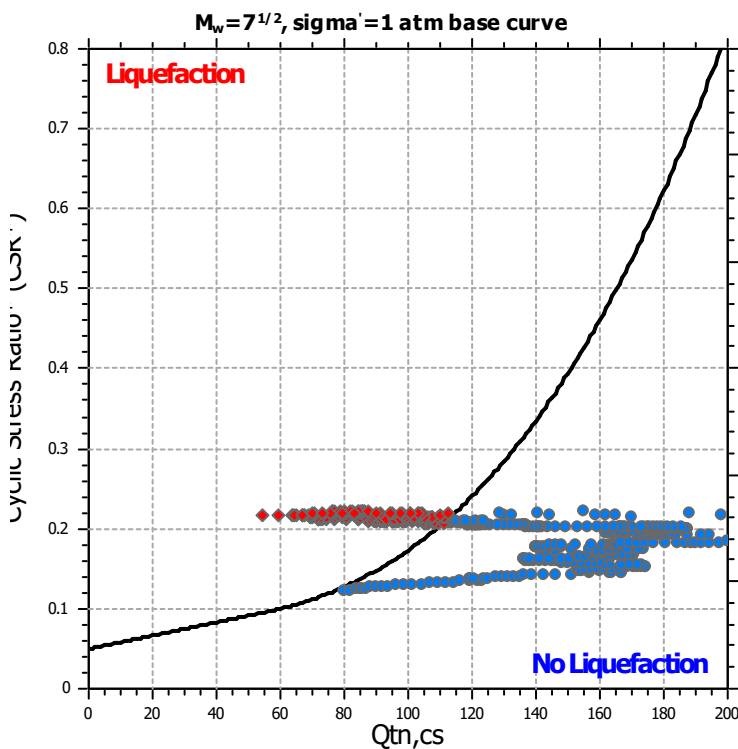
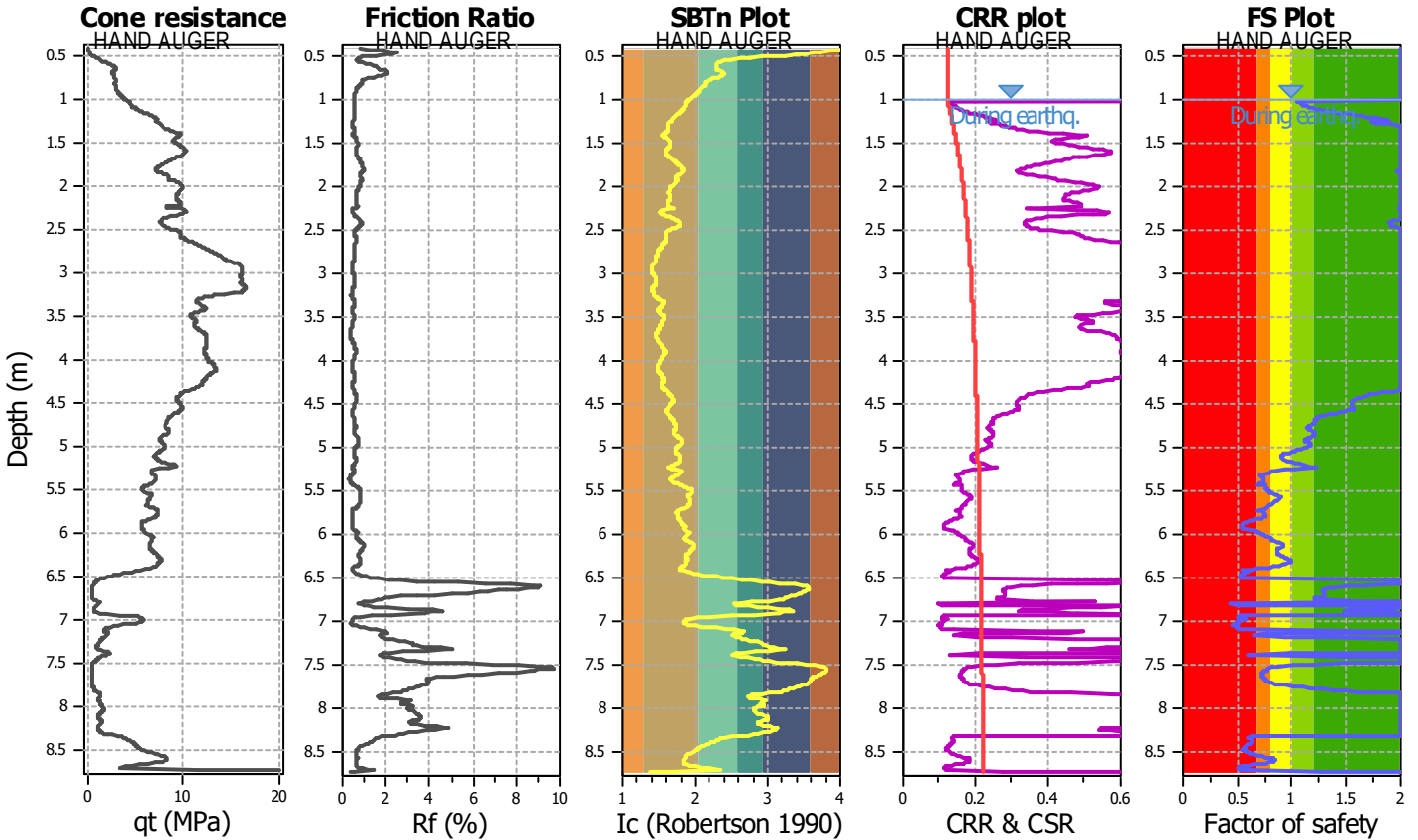
Project title : MS3- Riccione

Location :

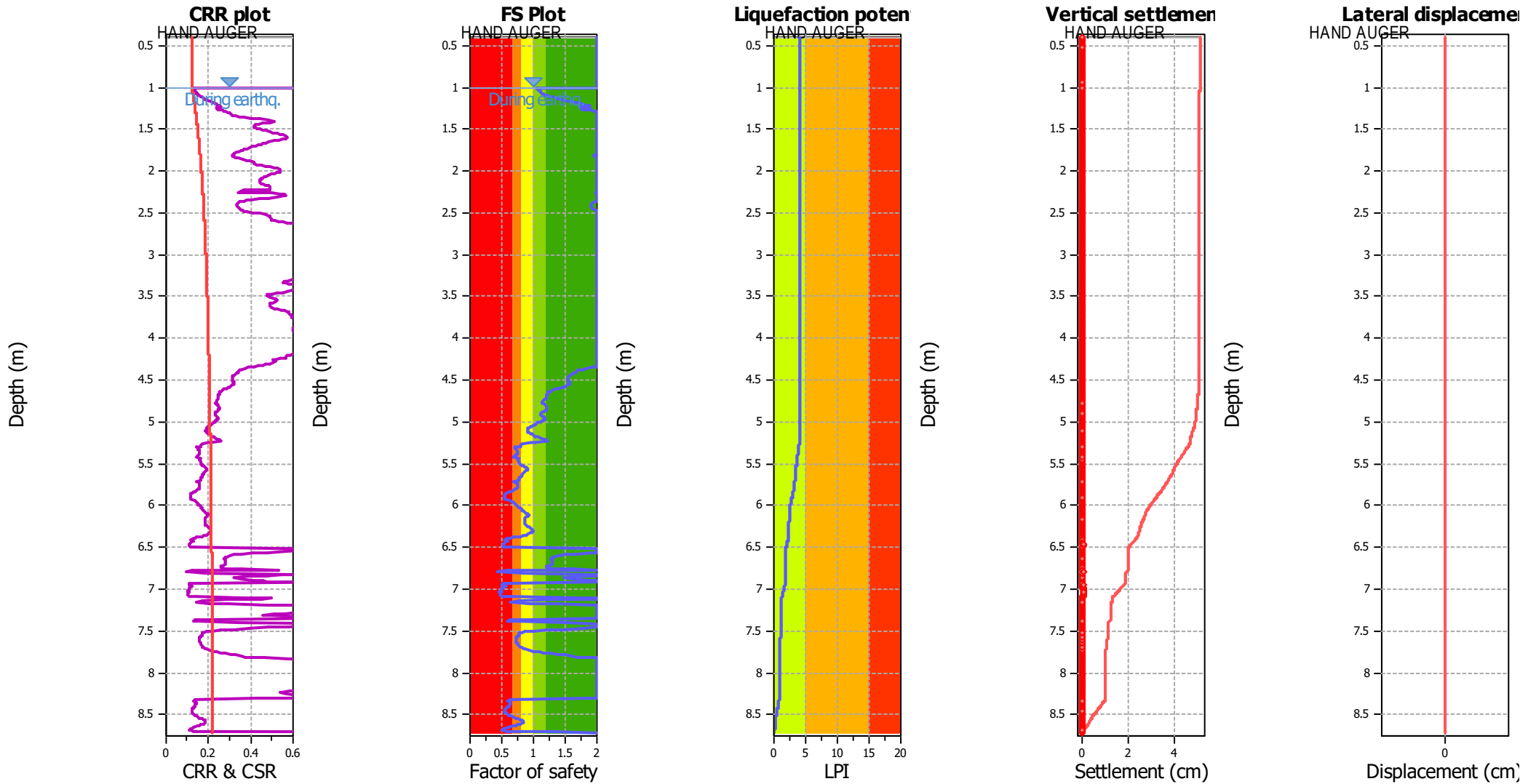
CPT file : CPTE25

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.20 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.20 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

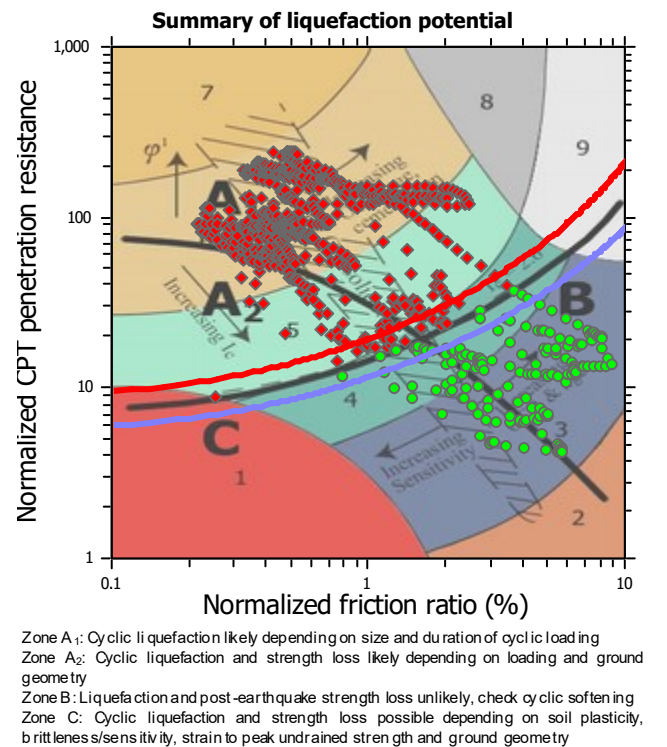
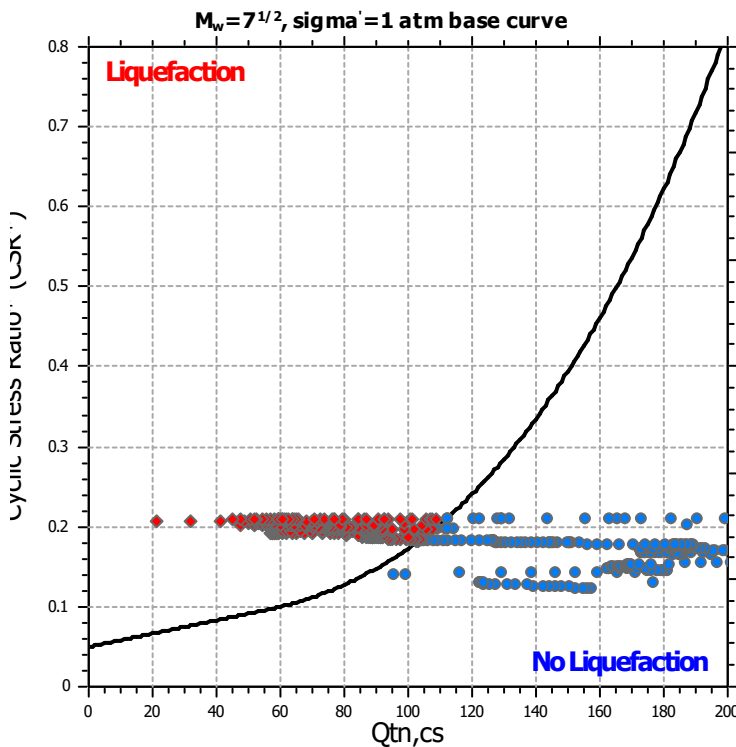
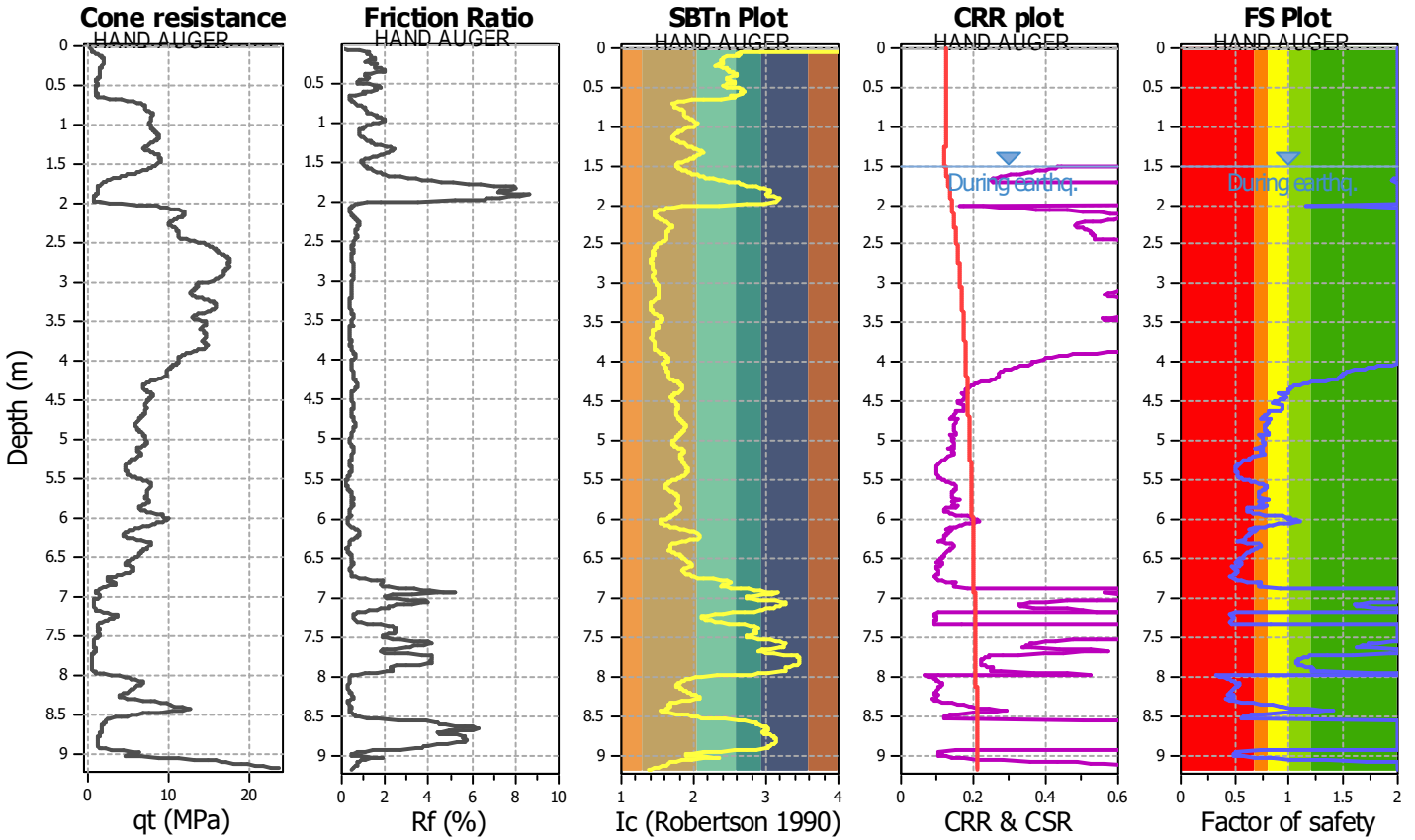
Project title : MS3- Riccione

Location :

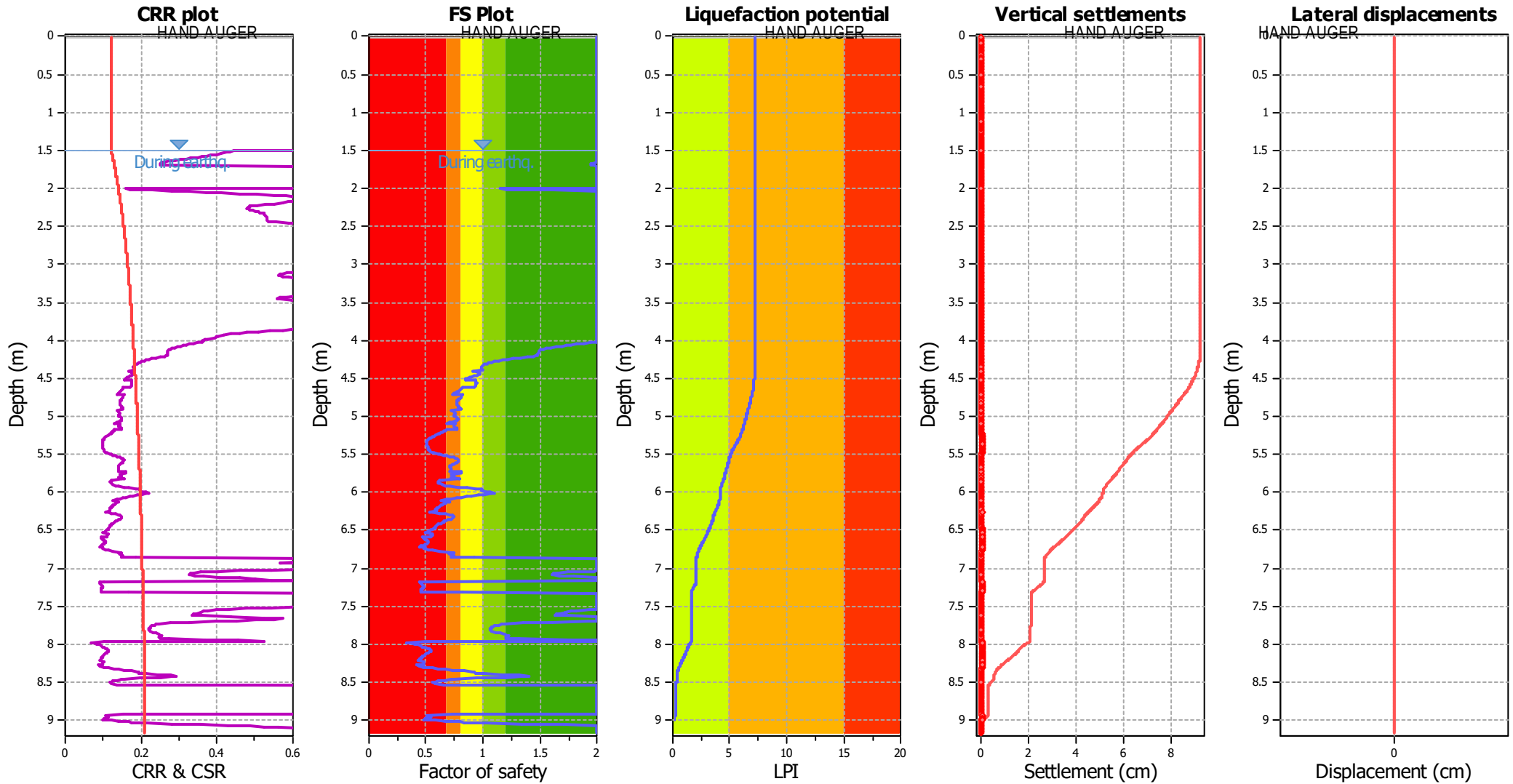
CPT file : CPTE29

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

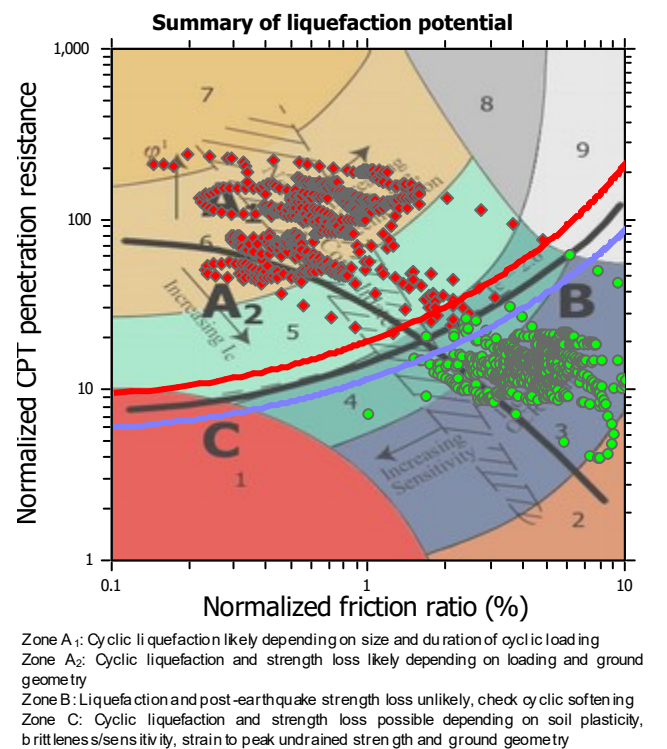
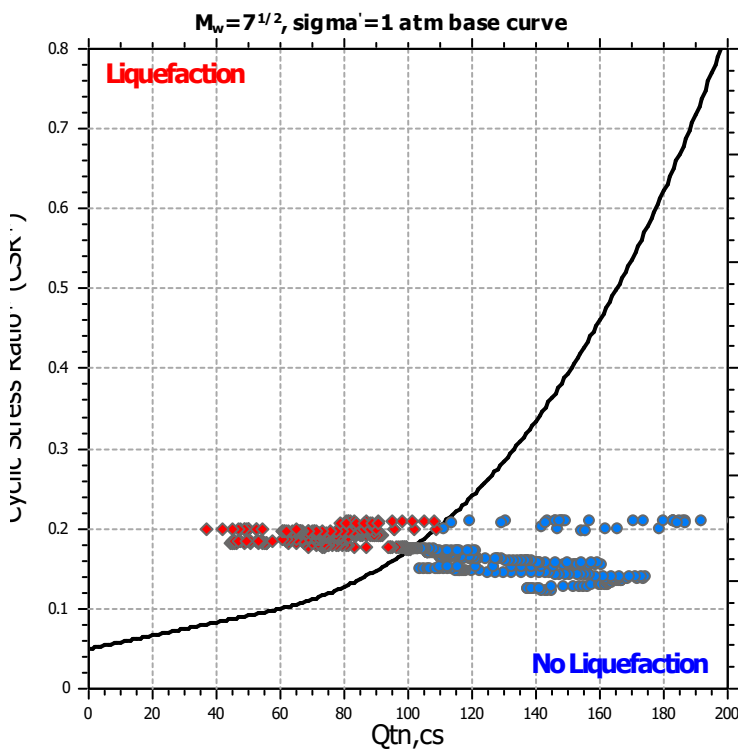
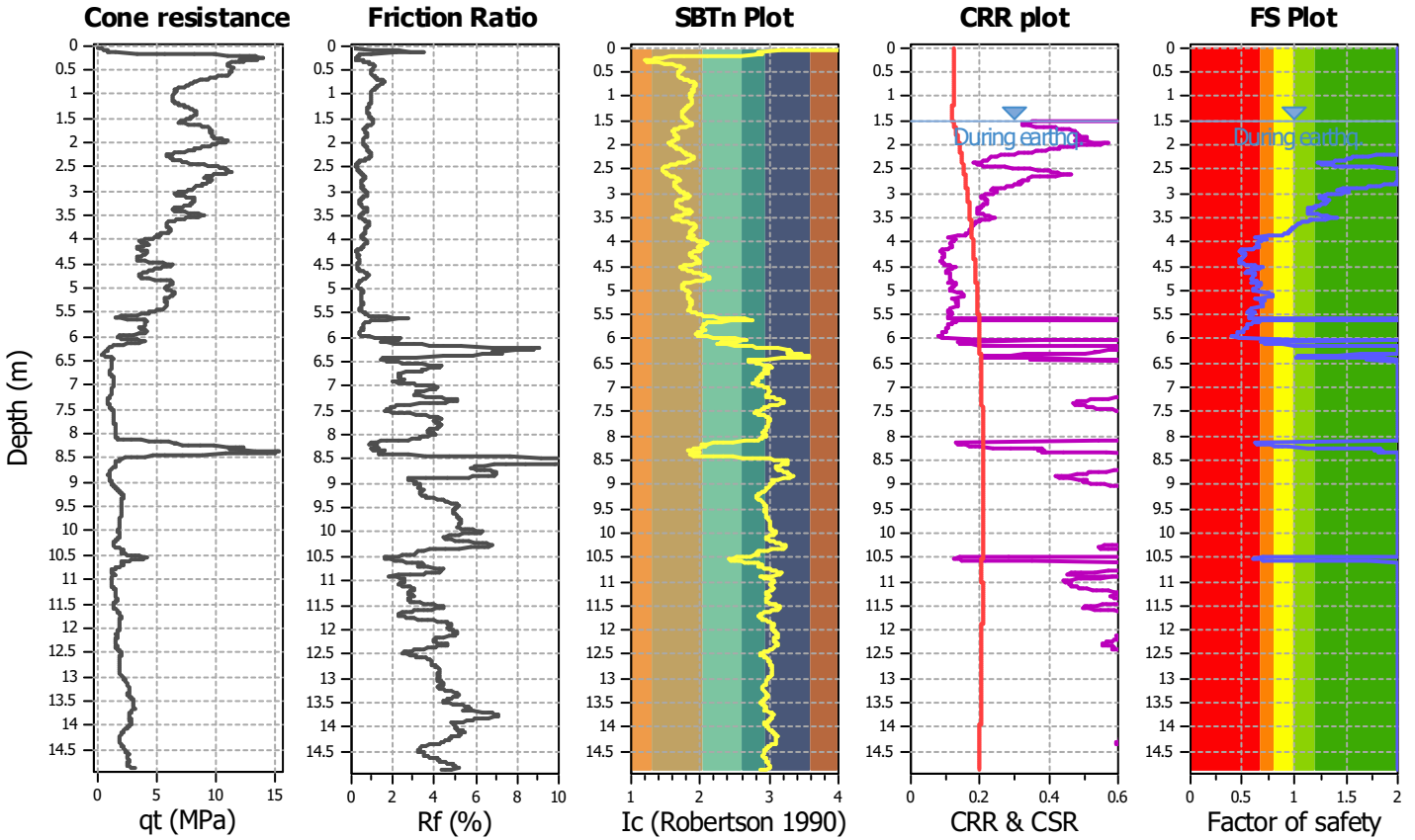
Project title : MS3- Riccione

Location :

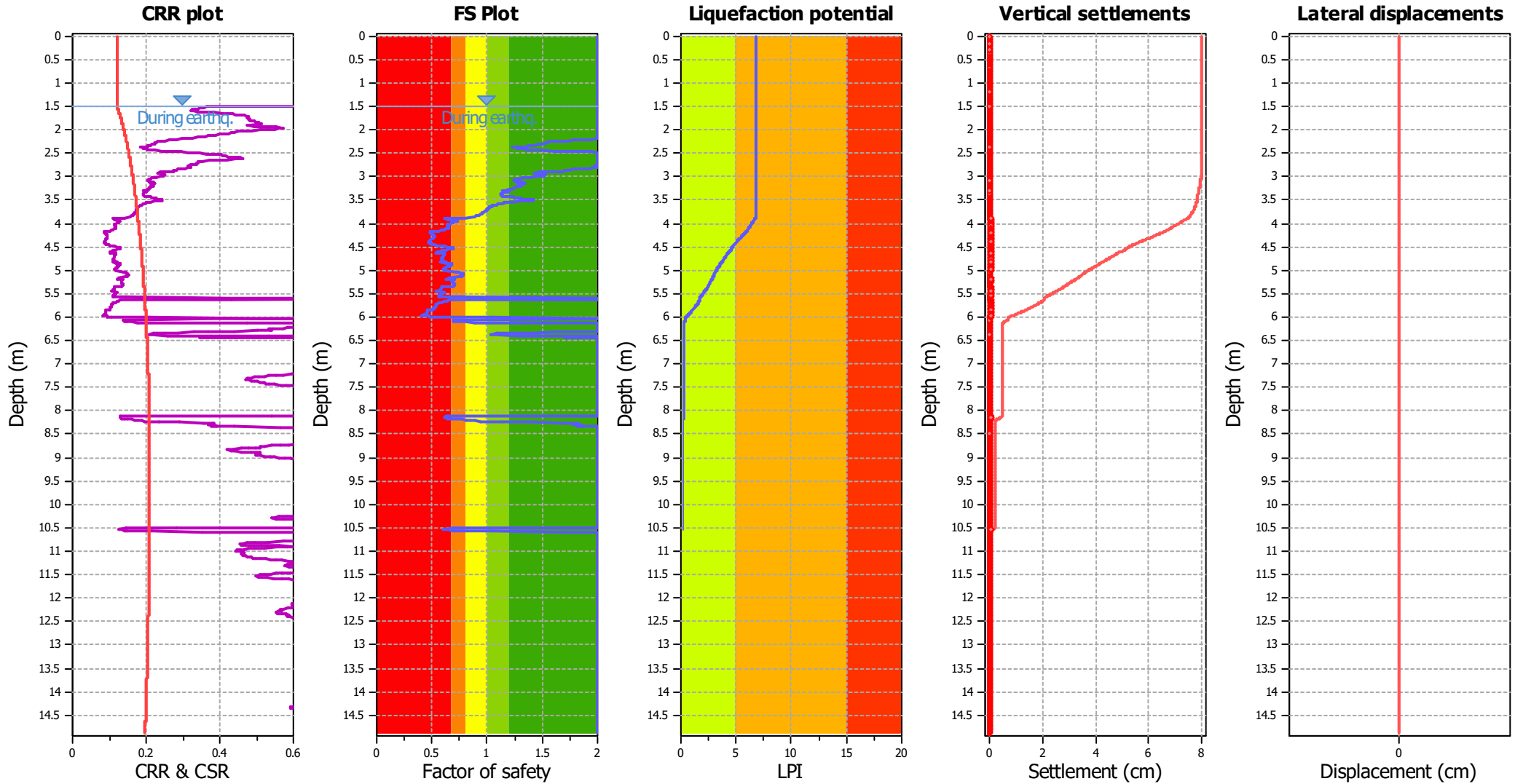
CPT file : CPTE30

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	2.40 m	Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_0 applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

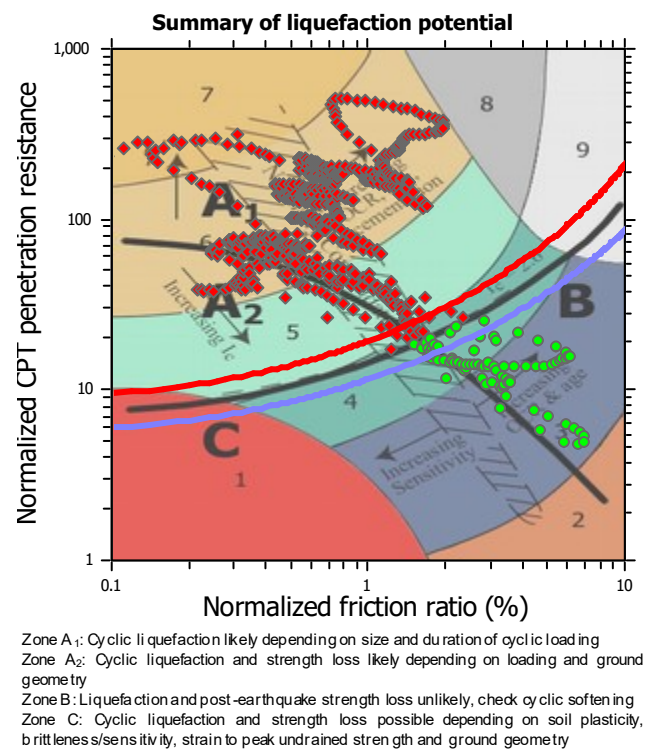
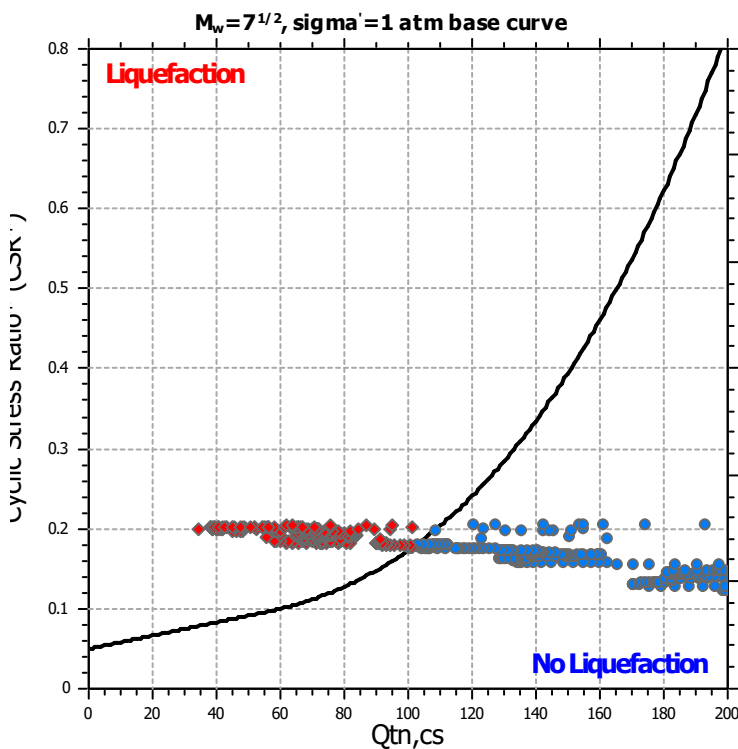
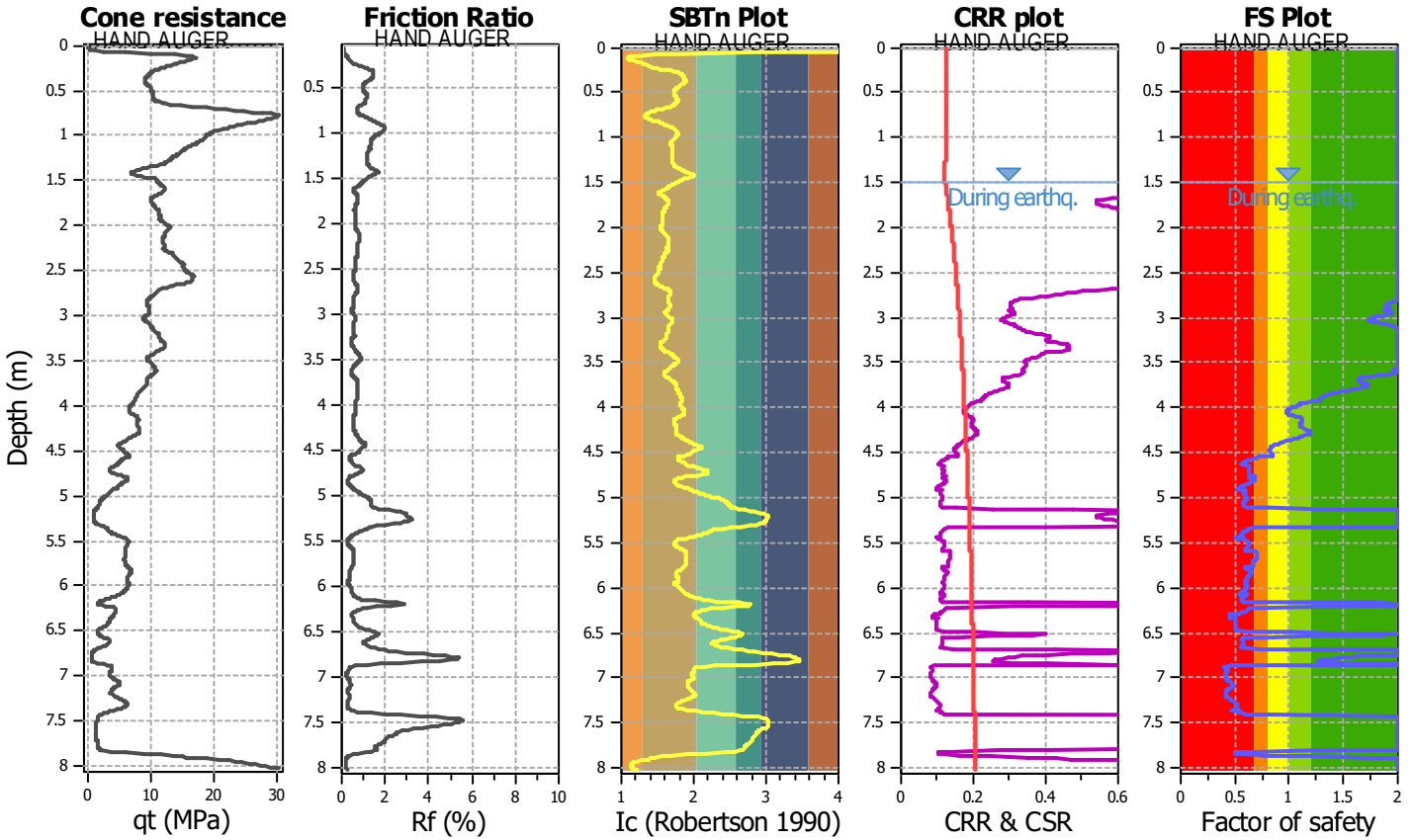
Project title : MS3- Riccione

Location :

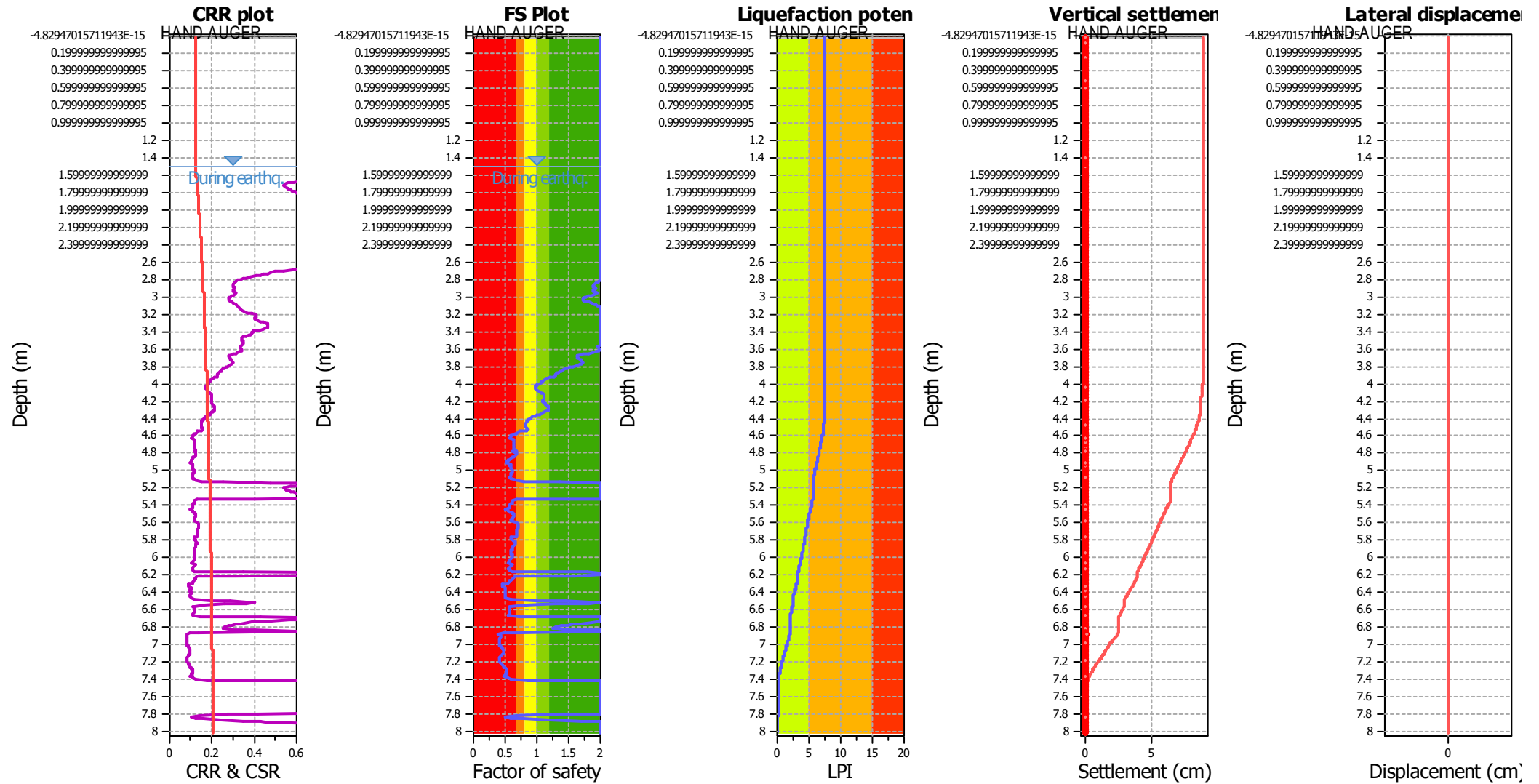
CPT file : CPTE31

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.16	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_v applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

ALLEGATO N. 4

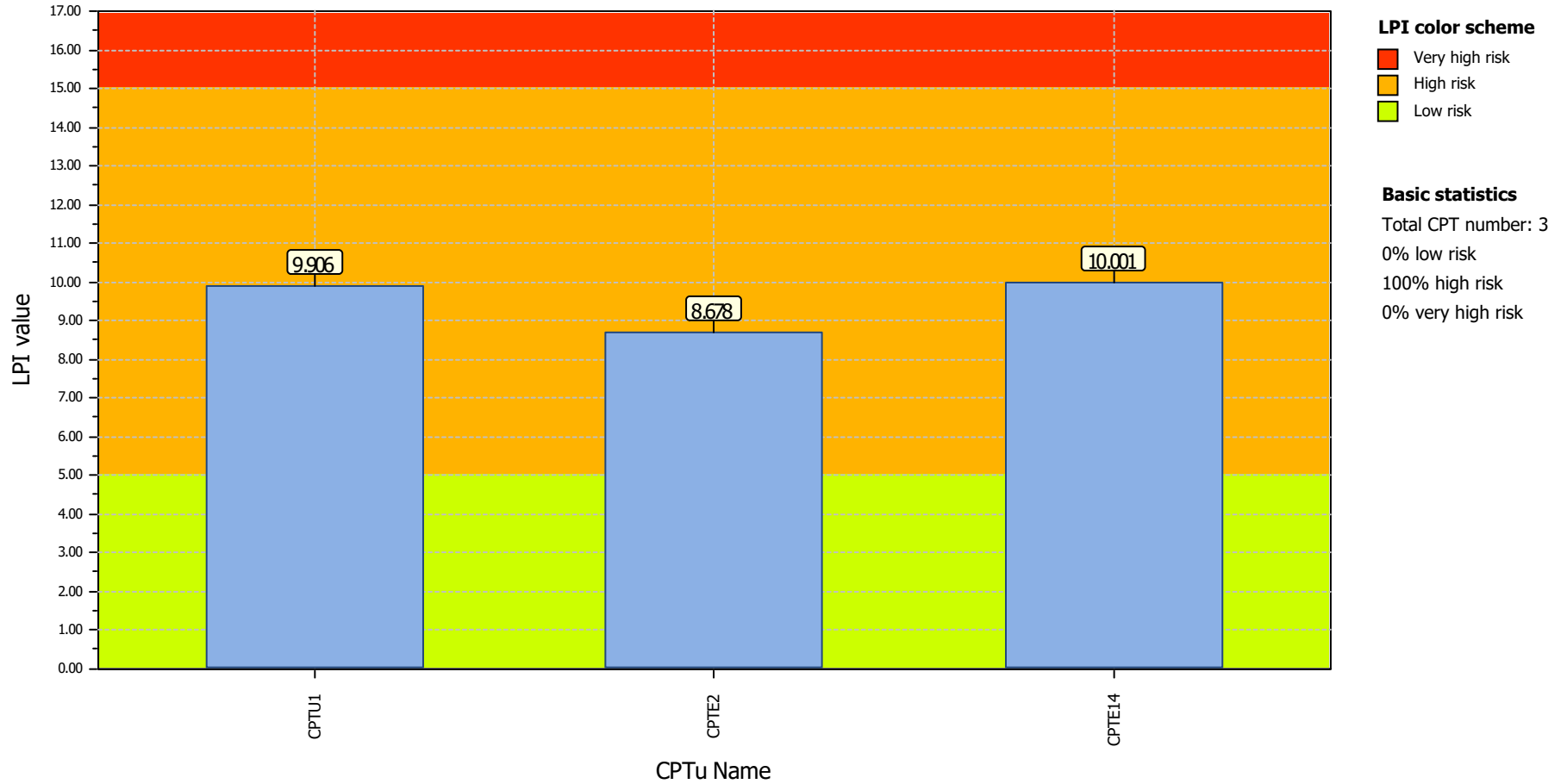
TABELLE PARAMETRICHE DI SINTESI **VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE**

- ZONA 1 -

Project title :

Location :

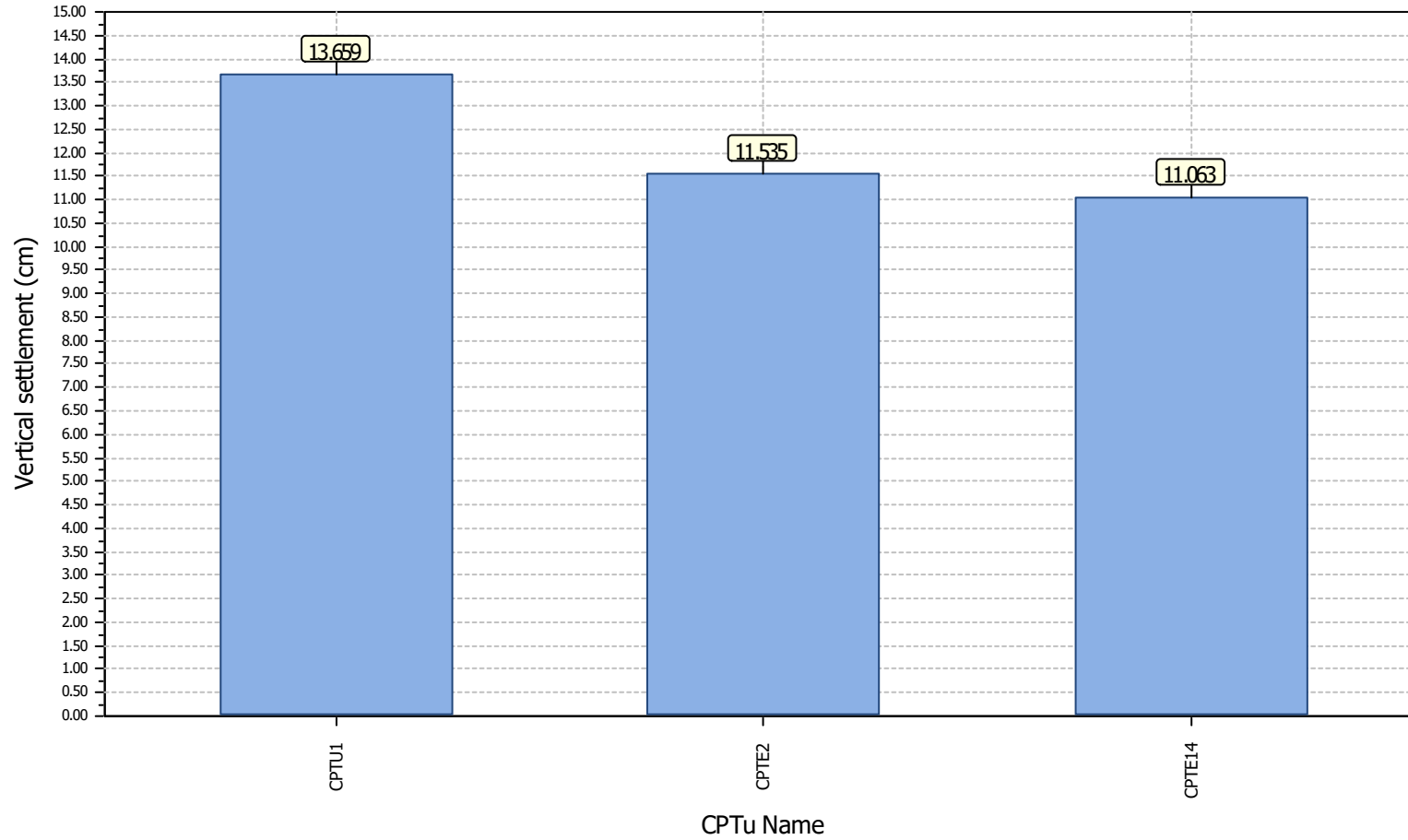
Overall Liquefaction Potential Index report



Project title :

Location :

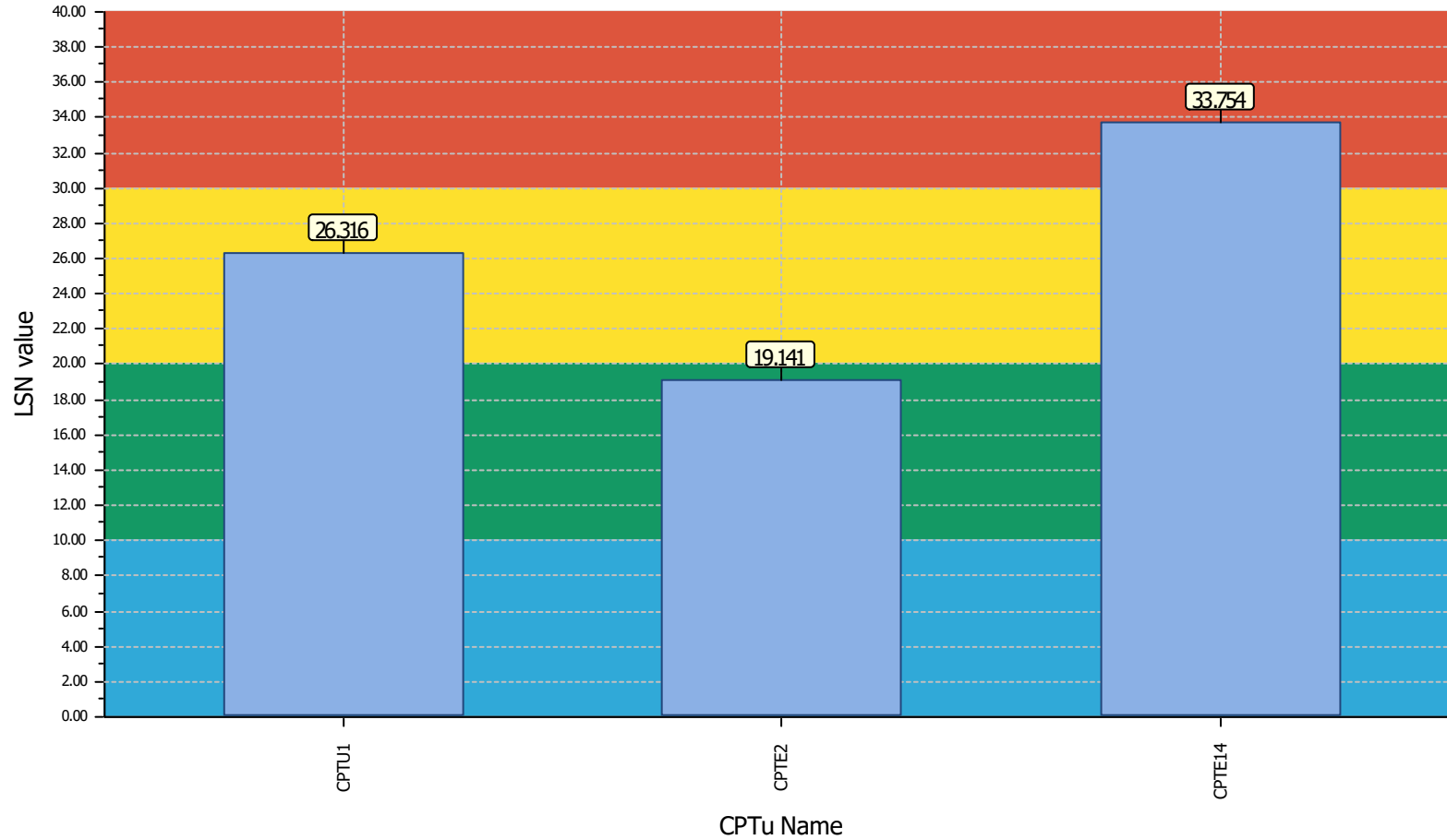
Overall vertical settlements report



Project title :

Location :

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: 3
- 0% little liquefaction
- 33% minor liquefaction
- 33% moderate liquefaction
- 33% moderate to major liquefaction
- 0% major liquefaction
- 0% severe liquefaction

ALLEGATO N. 4

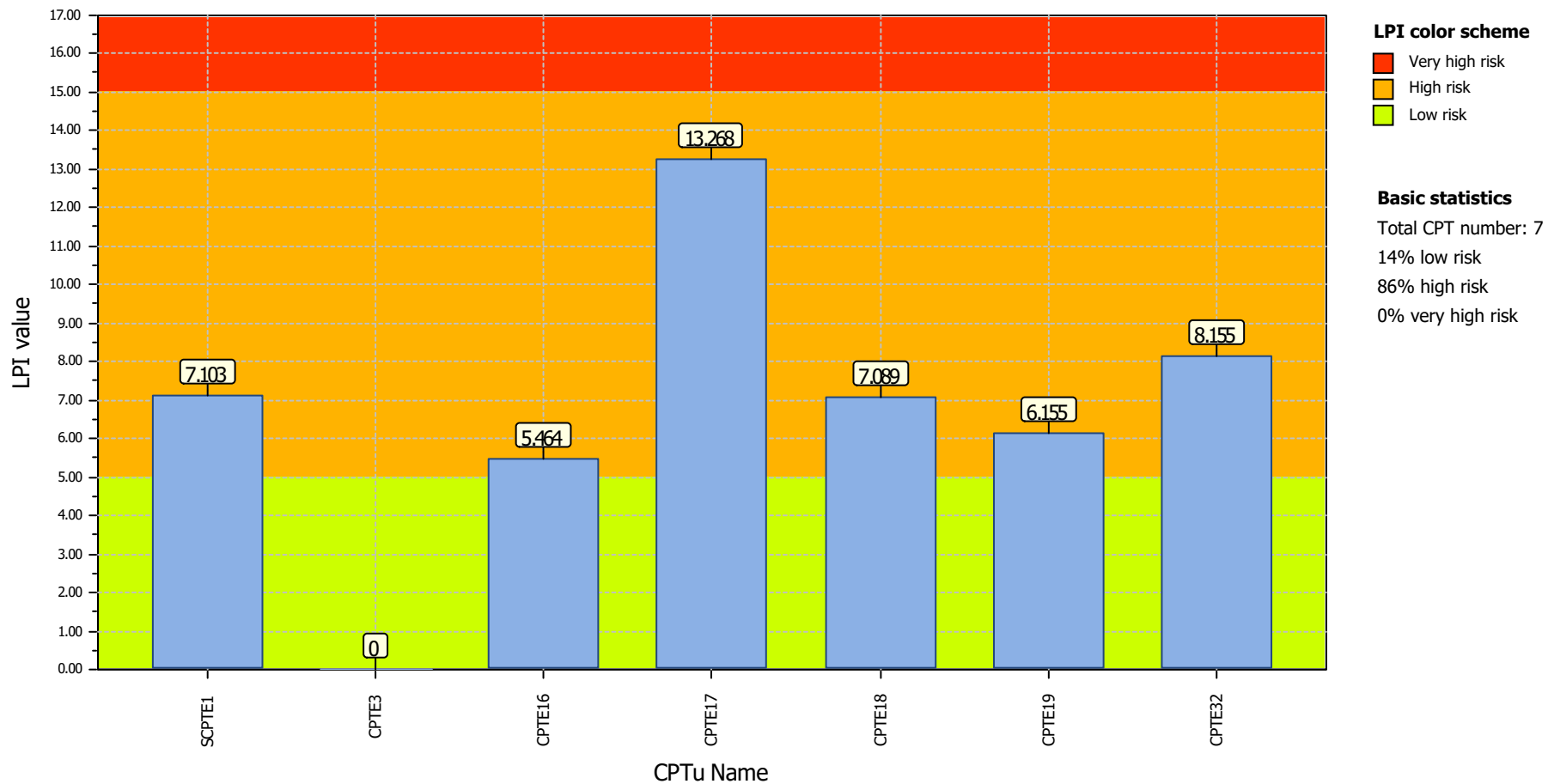
TABELLE PARAMETRICHE DI SINTESI **VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE**

- ZONA 2 -

Project title : MS3- Riccione

Location :

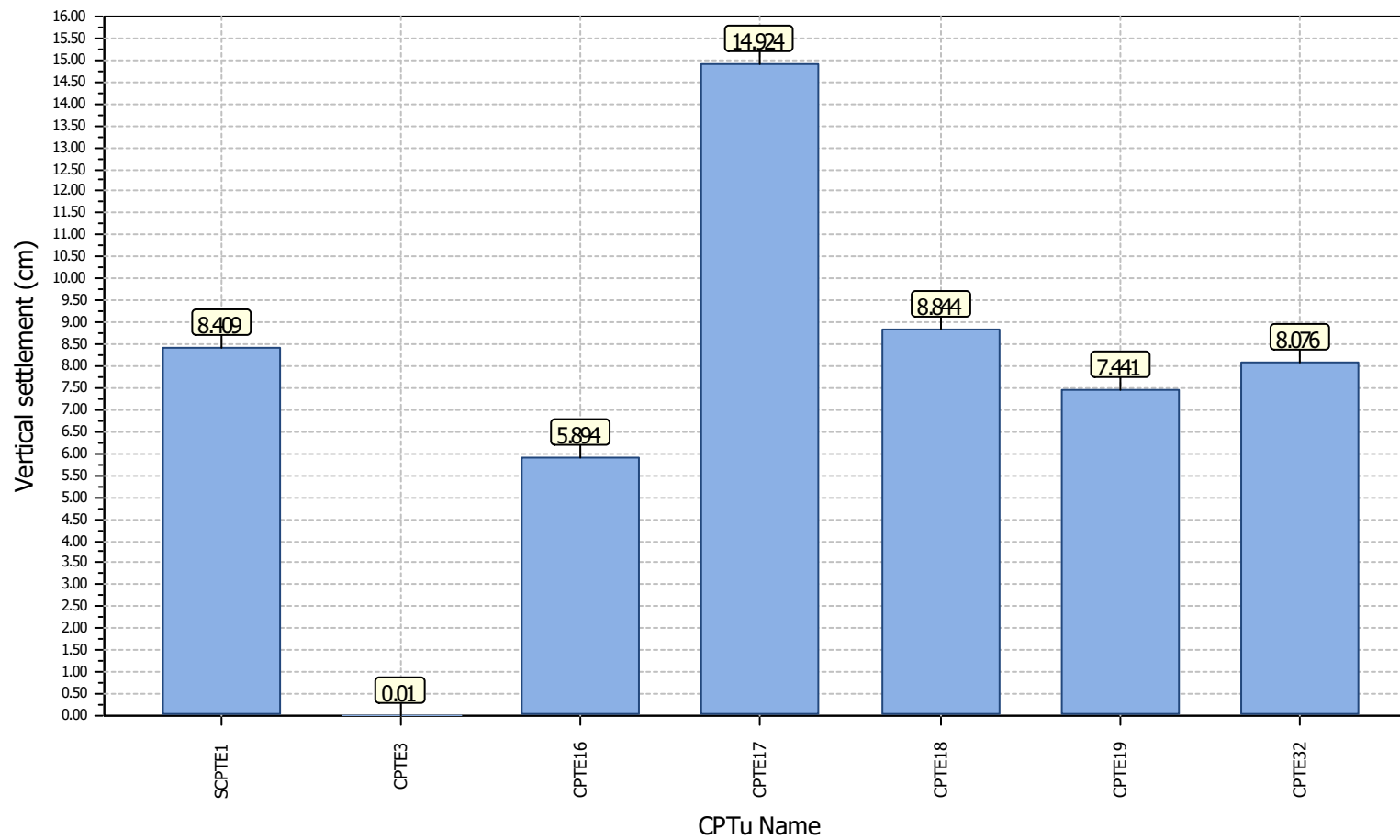
Overall Liquefaction Potential Index report



Project title : MS3- Riccione

Location :

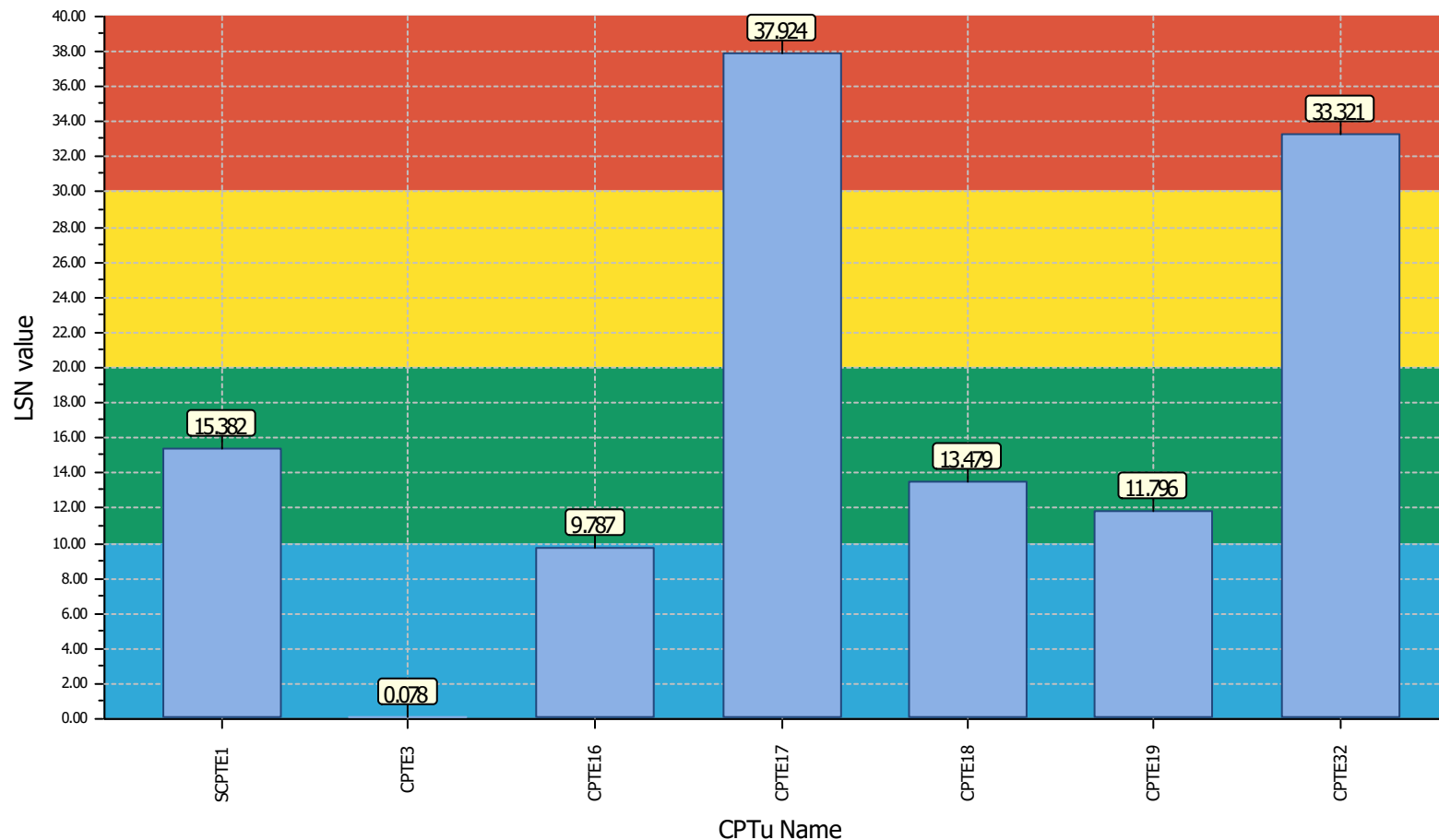
Overall vertical settlements report



Project title : MS3- Riccione

Location :

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: 7
- 29% little liquefaction
- 43% minor liquefaction
- 0% moderate liquefaction
- 29% moderate to major liquefaction
- 0% major liquefaction
- 0% severe liquefaction

ALLEGATO N. 4

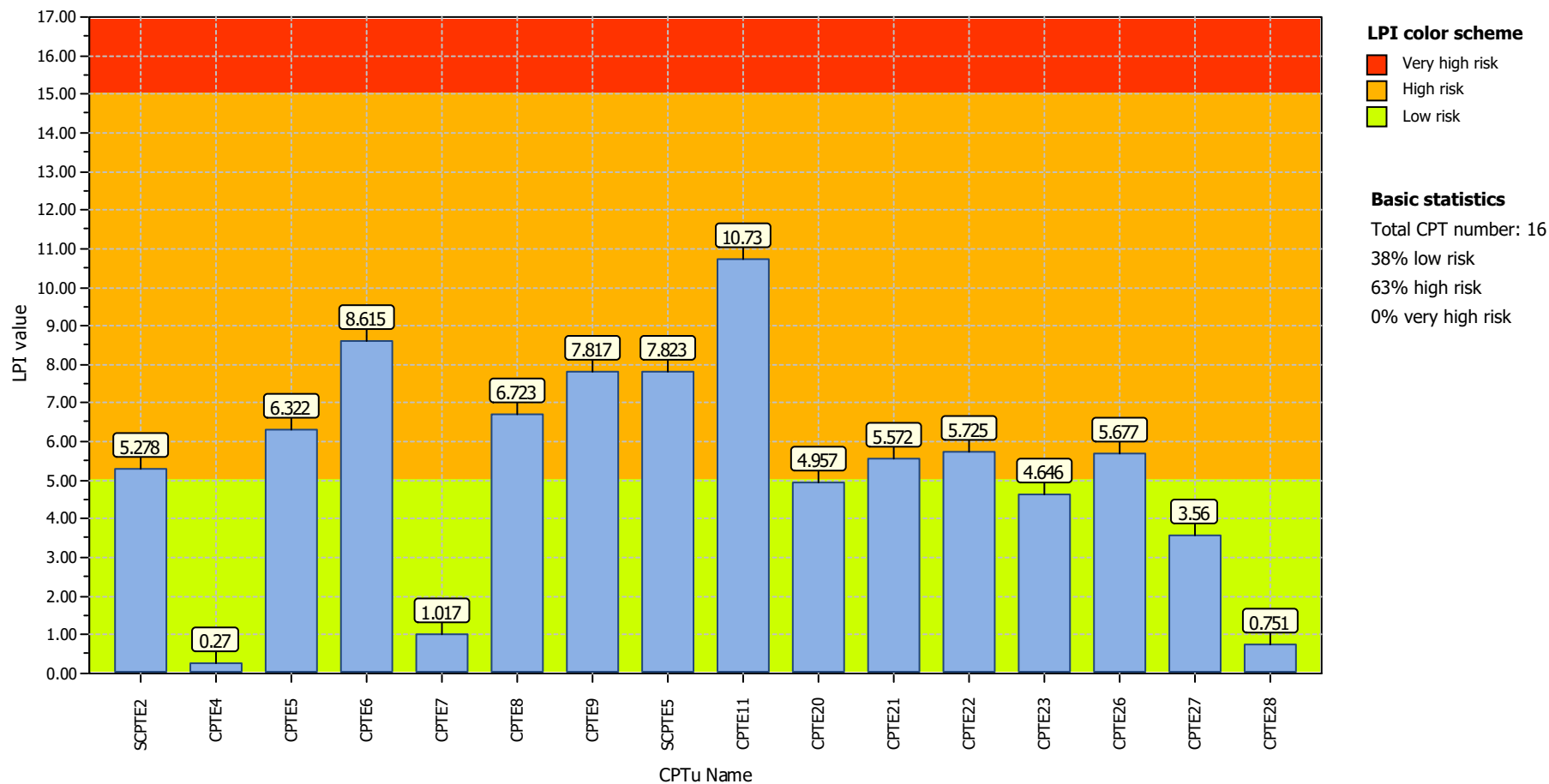
TABELLE PARAMETRICHE DI SINTESI **VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE**

- ZONA 3 -

Project title : MS3- Riccione

Location :

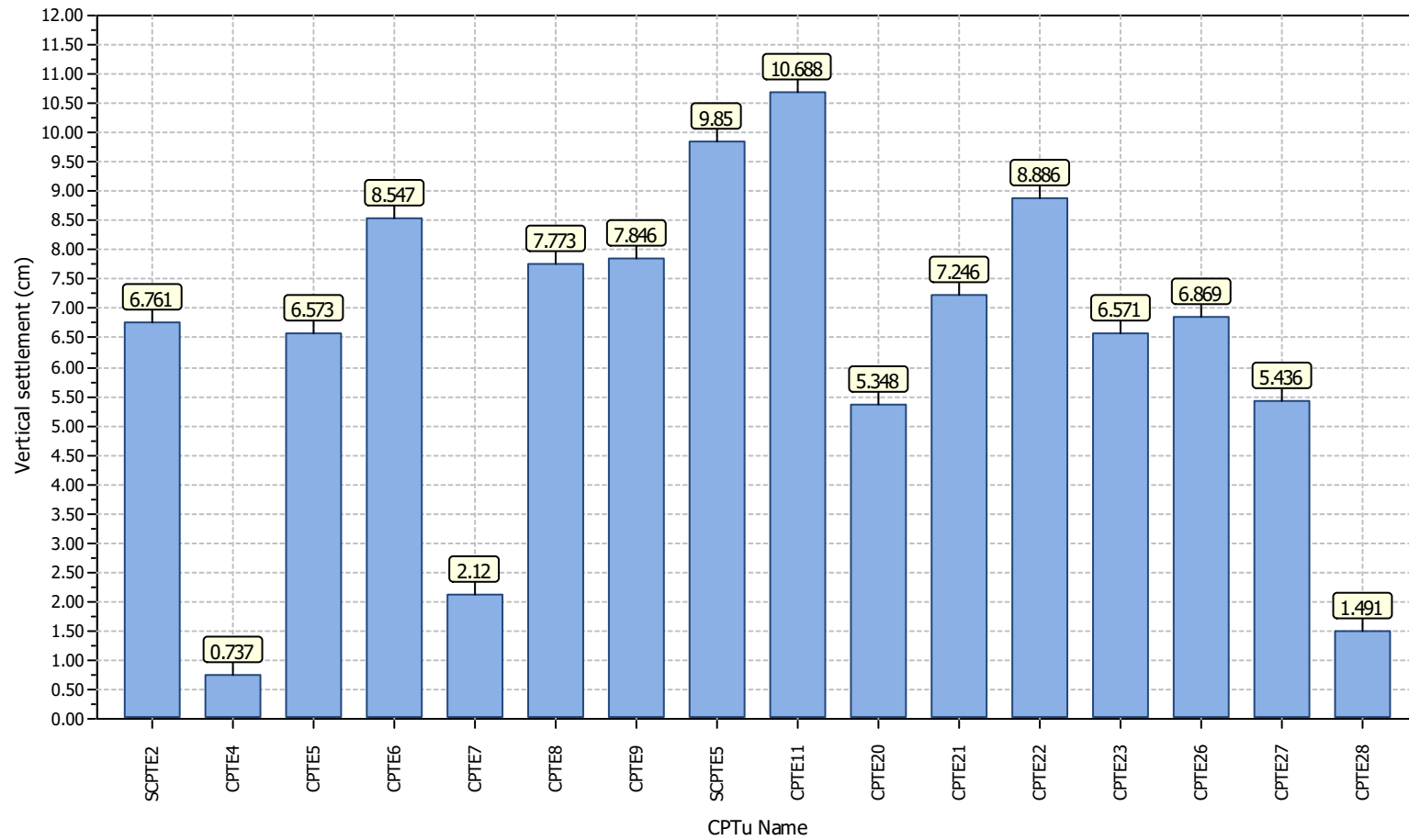
Overall Liquefaction Potential Index report



Project title : MS3- Riccione

Location :

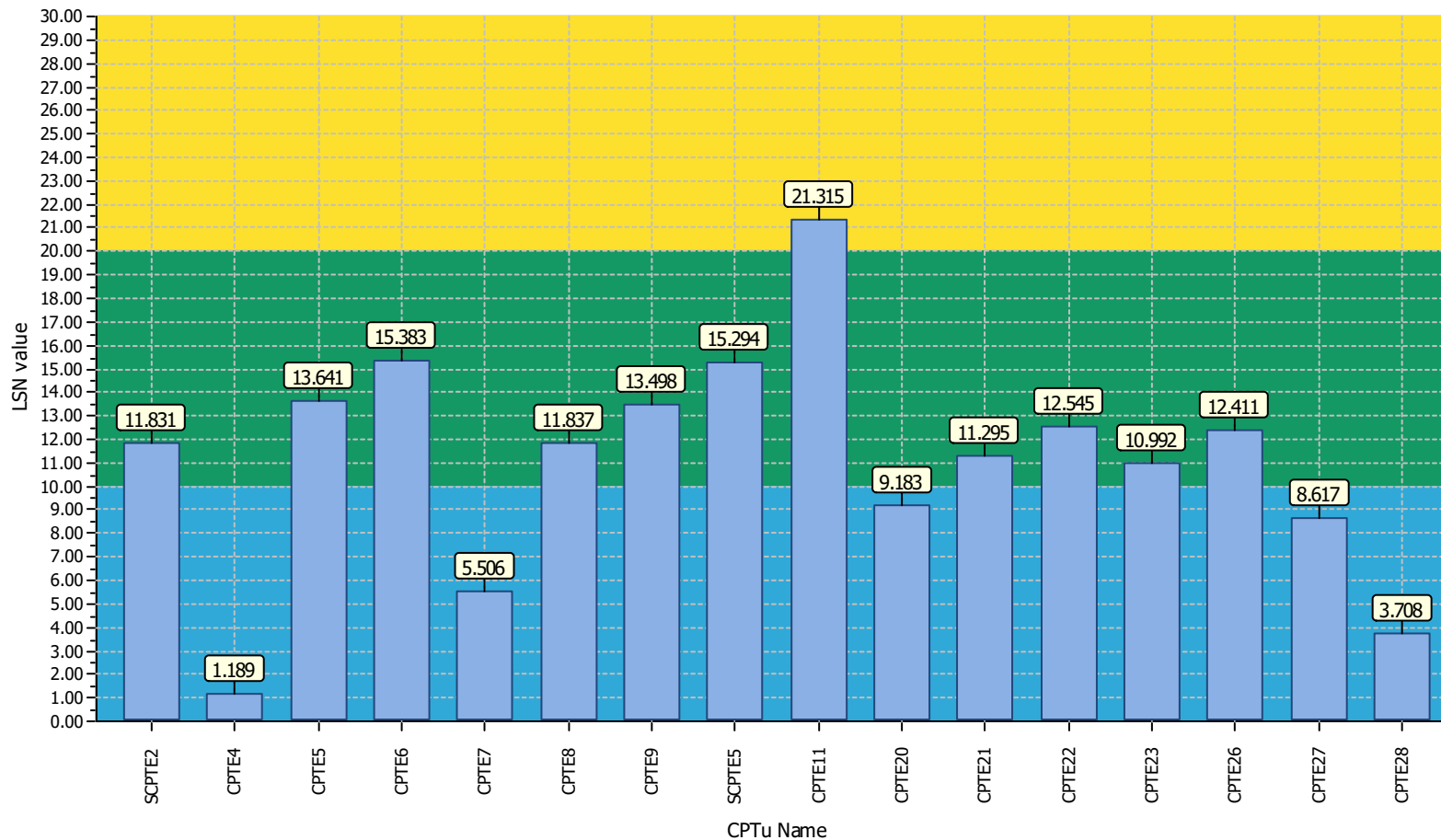
Overall vertical settlements report



Project title : MS3- Riccione

Location :

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: 16
- 31% little liquefaction
- 63% minor liquefaction
- 6% moderate liquefaction
- 0% moderate to major liquefaction
- 0% major liquefaction
- 0% severe liquefaction

ALLEGATO N. 4

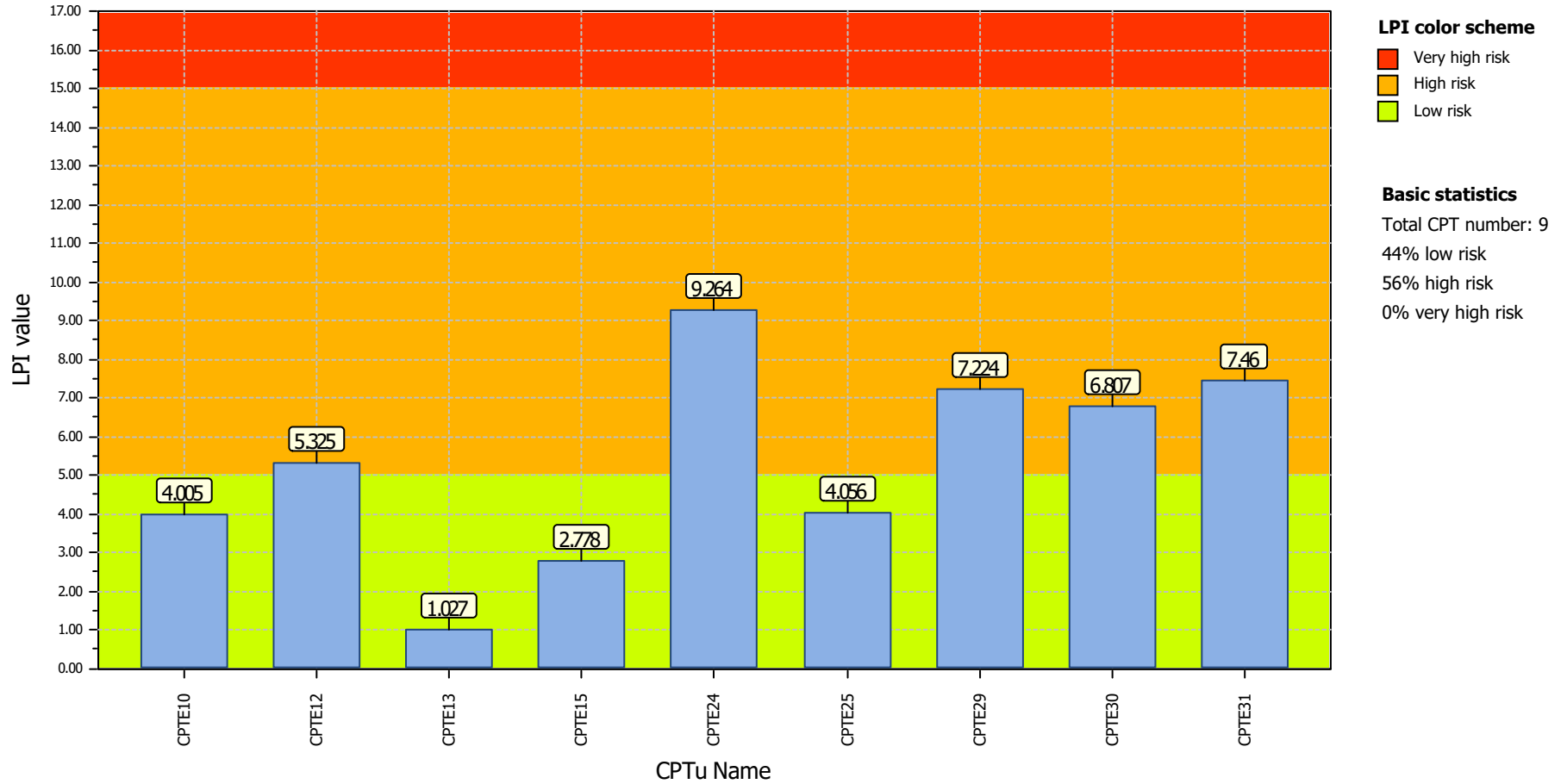
TABELLE PARAMETRICHE DI SINTESI **VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE**

- ZONA 4 -

Project title : MS3- Riccione

Location :

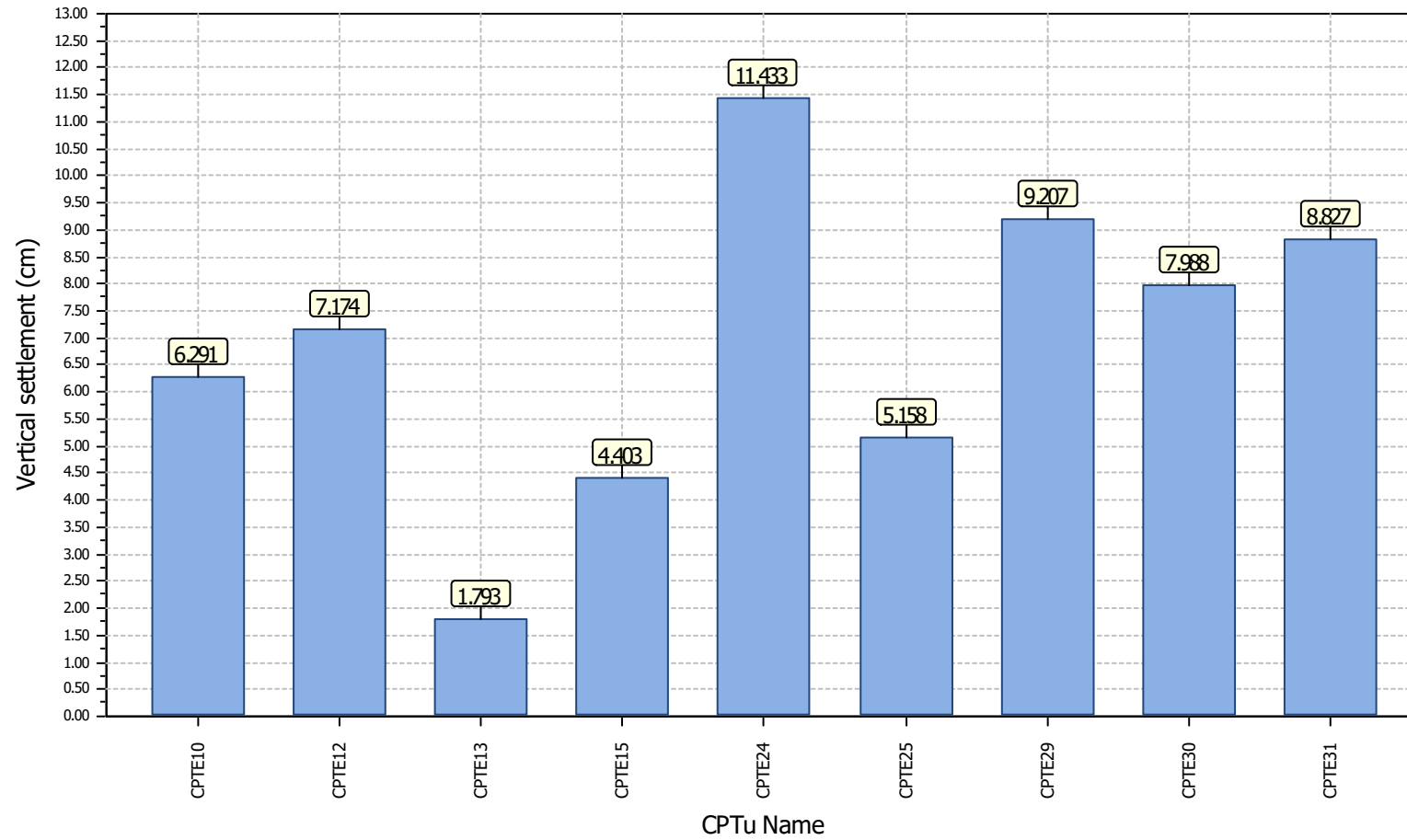
Overall Liquefaction Potential Index report



Project title : MS3- Riccione

Location :

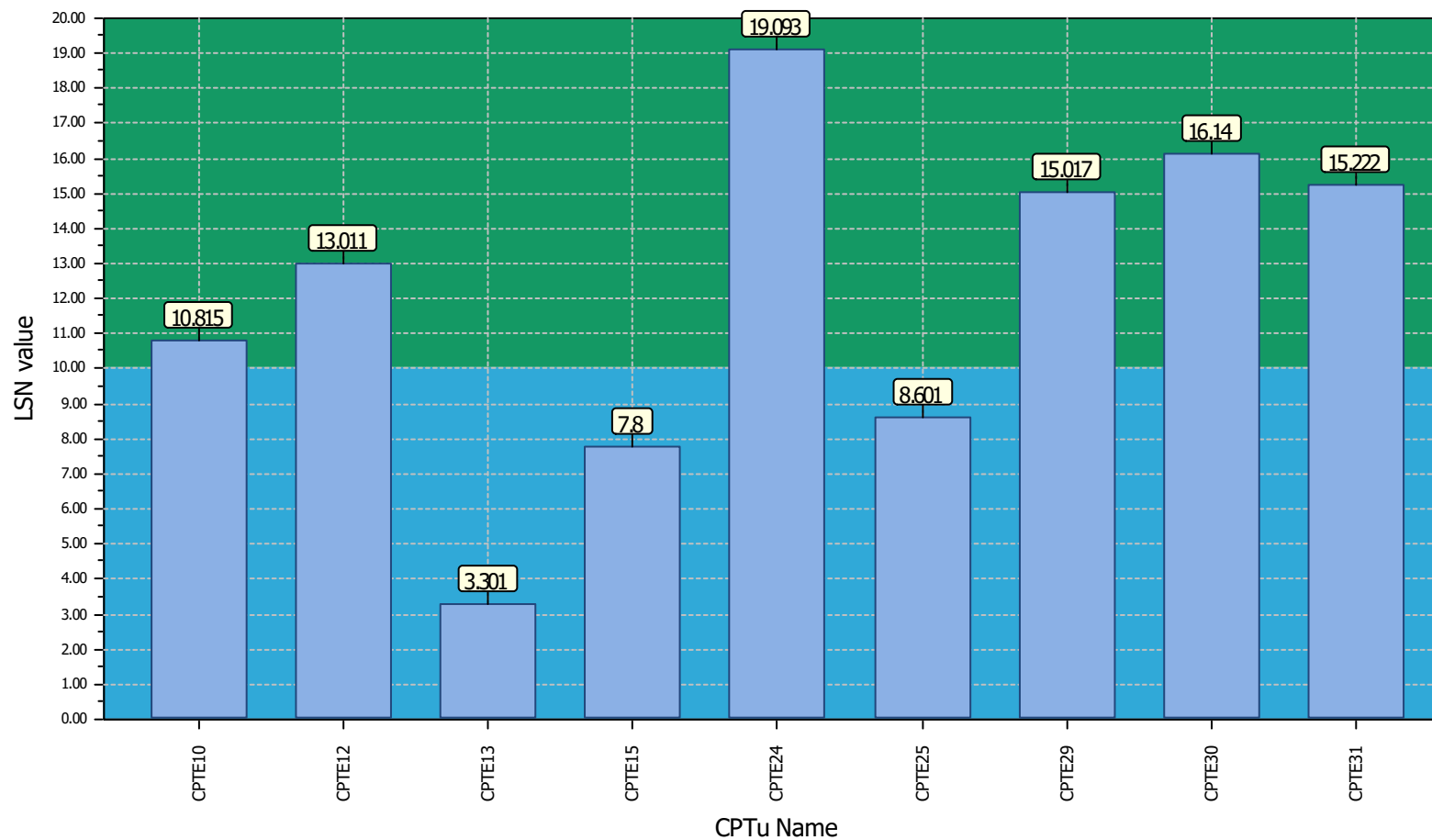
Overall vertical settlements report



Project title : MS3- Riccione

Location :

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: 9
- 33% little liquefaction
- 67% minor liquefaction
- 0% moderate liquefaction
- 0% moderate to major liquefaction
- 0% major liquefaction
- 0% severe liquefaction