

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO**

Via Camogli 59 - 41125 Modena

Tel 347/4128277 - Fax 059/394816

e-mail delmaschio.l@alice.it

PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

**COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO
PROVINCIA DI MODENA**

OGGETTO:

**PIANO OPERATIVO COMUNALE 2015-2020
DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO
RELAZIONE GEOLOGICA, SULLA MODELLAZIONE SISMICA E
GEOTECNICA DEL VOLUME SIGNIFICATIVO PER L'AMPLIAMENTO DELLA
DITTA APPEL SRL CON REALIZZAZIONE DI NUOVO FABBRICATO
PRODUTTIVO**

LOCALITÀ:

Pavullo n/F - Via per Benedello 43/A

COMMITTENTE

Appel Srl

OTTOBRE 2015



INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
4. USO DEL SUOLO	4
5. INDAGINI REALIZZATE	5
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
7. VERIFICA A LIQUEFAZIONE	11
8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	17
a. Indagini geofisiche	17
a1. I dati ottenuti	17
a2. Interpretazione delle indagini	17
b. Indagini geognostiche	26
b1. I dati ottenuti	26
b2. Interpretazione delle indagini	26
9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE	32
a. Sismicit� delle aree di interesse	32
b. Sismicit� storica delle aree di intervento	33
c. Individuazione della pericolosit� sismica del sito	35
d. Risposta sismica locale	38
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	39
11. ALLEGATI	42

1. PREMESSA

Su incarico della Proprietà ed in accordo con i tecnici incaricati della progettazione, Arch. Amidei - Fundo Studio Srl, è stato redatto lo studio geologico dell'area per l'ampliamento del capannone produttivo della ditta Appel srl in via per Benedello 43/A a Pavullo nel Frignano.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo, sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche e sismiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in Pavullo nel Frignano, via per Benedello 43/A

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: Tavola 236 NO (1:25.000);

Sezione 236060 (1:10.000);

Elemento 236061 (1:5000).

b. Copertura aereofotogrammetrica

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

c. Riferimenti catastali

Foglio 41, Mappali 60/61 e 273 - Comune di Pavullo nel Frignano

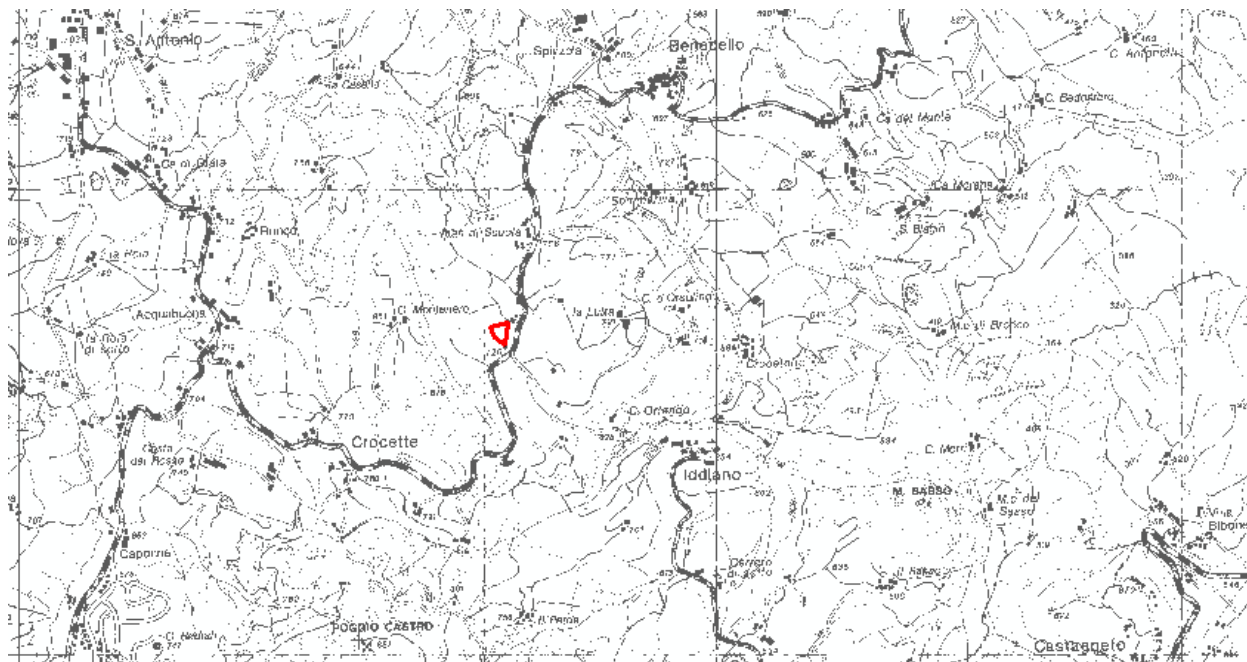


Figura 2.1: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:25.000.

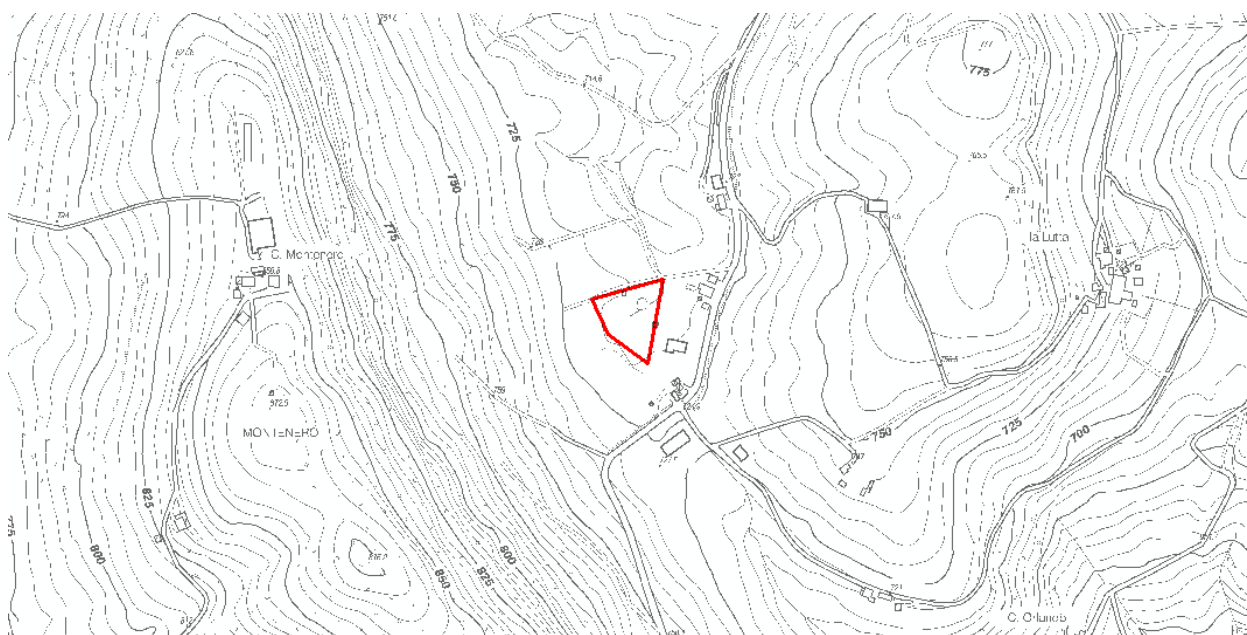


Figura 2.2: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:5.000.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- **D.P.R. 380/2001**

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

- **Eurocodice 8**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **D.M. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le costruzioni.

- **Circolare n. 617 del 02/02/2009**

- **DAL Regione Emilia - Romagna 112/2007**

L'area di intervento non risulta vincolata ai sensi del "Vincolo idrogeologico" (Regio Decreto n.3267 del 30/12/1923 e Legge Regionale n.47 del 07/12/1978).

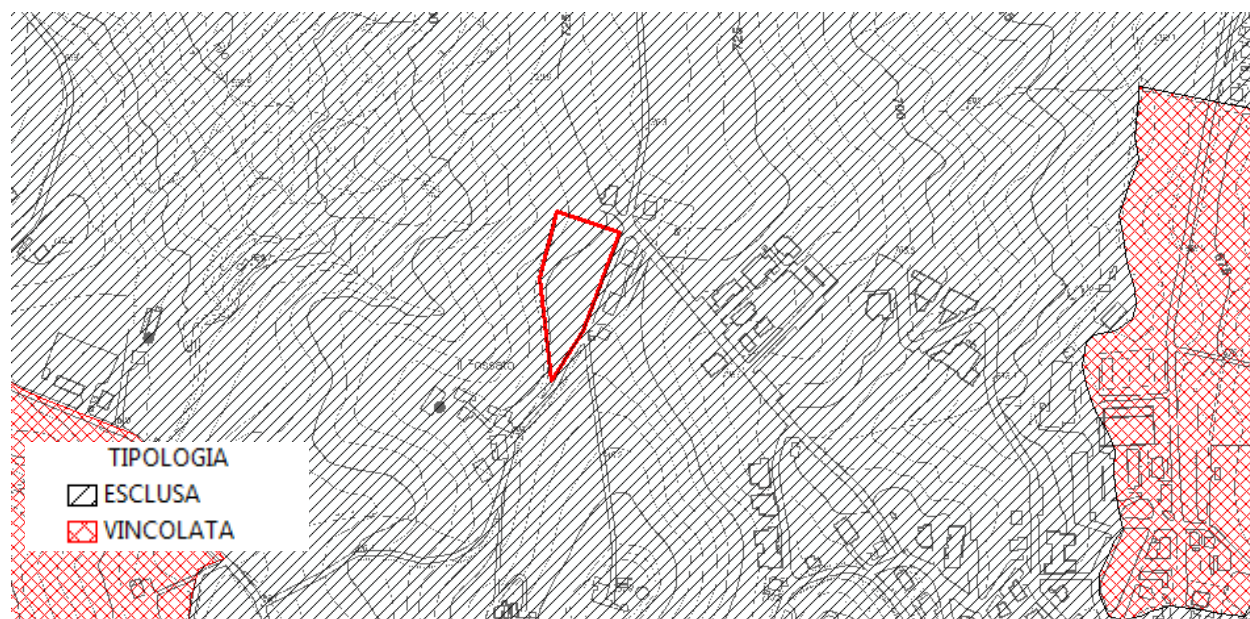


Figura 3.1: Area soggetta a vincolo idrogeologico.

4. USO DEL SUOLO

L'area di intervento risulta compresa nella tipologia "tessuto residenziale discontinuo (Ed) e Seminativi non irrigui (Sn)". Quanto precedentemente descritto si può riscontrare nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna (ed. 2003) (fig. 4.1).

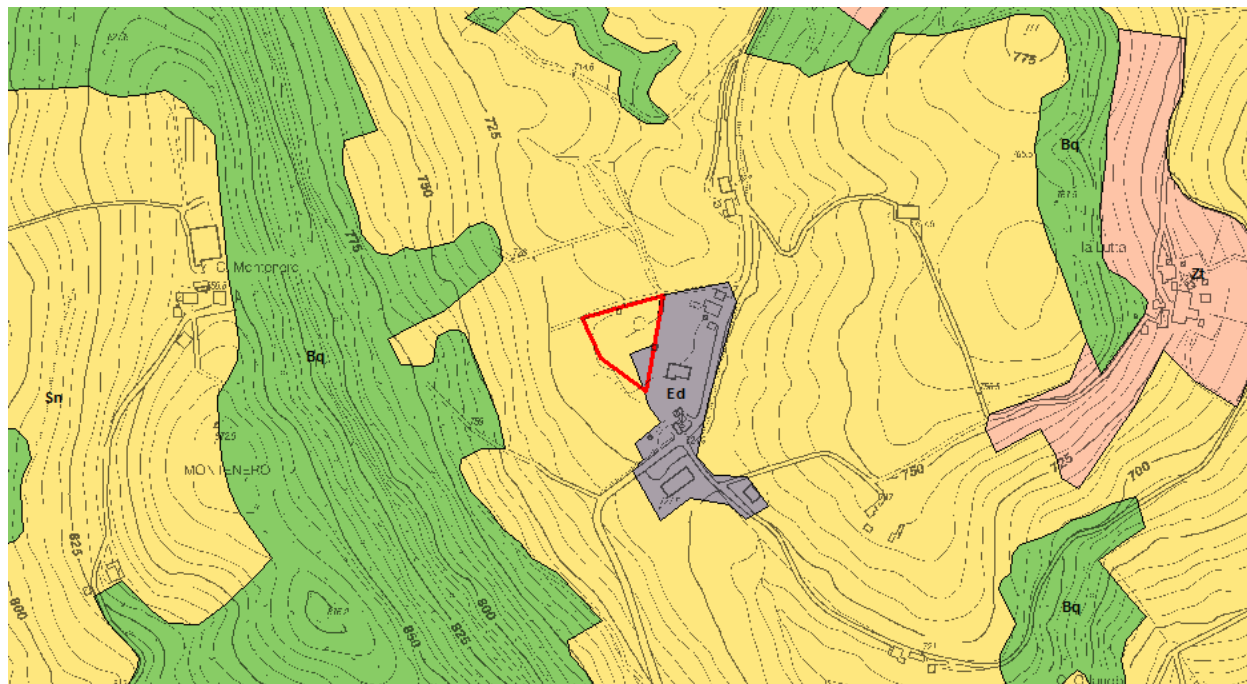


Figura 4.1: Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2003.

5. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche (figura 5.1):

- n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT01 e CPT02) spinte fino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c.;
- n. 1 indagine sismica passiva di microtremori (HVSr);
- n. 1 indagine sismica passiva in array 2D (ESAC);
- n. 1 indagine sismica attiva in array 1D (MASW).

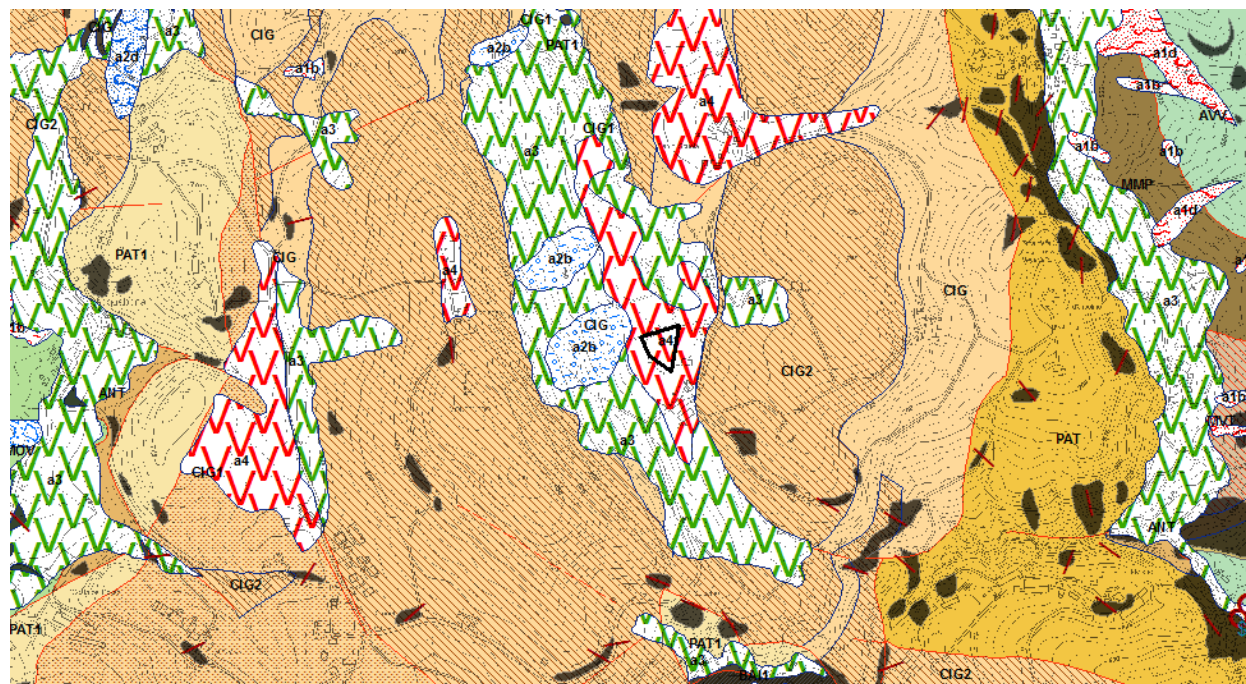


Figura 5.1: Ubicazione delle indagini geognostiche e sismiche.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

a. Litologie affioranti e loro caratteristiche

I terreni presenti nell'area di intervento appartengono alle unità Epiliguri, come risulta dalla Carta Geologica, in scala 1:10.000 pubblicata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, Sezioni 236060 e dal rilievo diretto in campagna; in particolare le litologie del substrato qui presenti risultano essere la Formazione di Cigarellino (CIG) (figura 6.1):



LEGENDA

- a2** Frana quiescente
- a3** Deposito di versante s.l.
- a4** Depositi eluvio-colluviali
- CIG** Formazione di Cigarellino

Figura 6.1: Stralci della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).
(<http://geo.regione.emilia-romagna.it>)

La Formazione di Cigarellino (CIG) si presenta come Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con $A/P < 1$ o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

Per quanto riguarda le forme e i depositi del quaternario si sottolinea la presenza di frane quiescenti (**a2**), di depositi di versante s.l. (**a3**) e depositi eluvio-colluviali (**a4**) che coinvolgono anche direttamente l'area di intervento e di cui saranno meglio specificate le caratteristiche nei paragrafi successivi.

b. Assetto strutturale

La presenza di affioramenti propri in presenza dell'area di intervento non consente comunque di determinare la giacitura degli strati.

c. Caratteristiche litotecniche

Per caratterizzare i materiali presenti dal punto di vista fisico-meccanico, si è proceduto ad effettuare una caratterizzazione litotecnica speditiva suddividendo le formazioni in 4 macroclassi così rappresentate (figura 6.2):

- Materiali lapidei (A):

A - Materiale lapideo costituito da un unico tipo non stratificato

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione non esiste o è superiore a 3 metri.

As - Materiale lapideo stratificato

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione è inferiore a 3 metri;

- Materiali costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici (B)

La classe comprende le alternanze ordinate di livelli lapidei (in prevalenza da arenarie, calcareniti e calcilutiti e di livelli pelitici (costituiti da argille, argille marnose e marne), a loro volta divise in base al rapporto reciproco.

Bl – Alternanze con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P \geq 3$;

Blp – Alternanze con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P \geq 1/3$;

Bp – Alternanze con livelli pelitici prevalenti: rapporto $L/P < 1/3$.

- Materiali granulari cementati (C)

In queste U.L. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.;

Le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nell'U.L. **A**. Le arenarie molto cementate ricadono nelle U.L. **A** o **B**. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nell'U.L. **E**.

Cc - conglomerati e breccie clasto sostenuti poco cementati;

Cm - conglomerati e breccie matrice - sostenute;

Cs - sabbie e areniti poco cementate

- Materiali coesivi consistenti (D)

Sono compresi terreni coesivi, sovraconsolidati , costituiti in prevalenza da marne, marne argillose e argille.

Dm - Marne;

Da - Argille , argille marnose e argille siltose; comprendono anche gli orizzonti costituiti da slump sedimentari prevalentemente pelitici;

Dsc - Argilliti

unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose" auctt.) e talora intensamente diagenizzate fino all'anchimetamorfismo. Eventuali inclusi di litotipi diversi individuano talora (es: APA) una tessitura a scala dell'affioramento a "blocchi in matrice" in cui la matrice argillosa è sempre prevalente e determinante per il comportamento geotecnico complessivo;

Dol - Argille a struttura primaria caotica

unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica, dalla scala dell'affioramento fino alla scala microscopica, originata dalla messa in posto di colate sottomarine di fango e detrito.

- Depositi di copertura:

Eg - prevalentemente ghiaioso

Egs - ghiaioso-sabbioso o sabbioso-ghiaioso

Es - prevalentemente sabbioso

EsI - sabbioso-limoso o limoso-sabbioso

Ea - prevalentemente argilloso

Elm - prevalentemente limoso

El - prevalentemente limoso-argilloso o argilloso-limoso

Em - a granulometria mista

Ec - Detrito cementato o molto addensato

Ea - Coltre di alterazione del substrato

FT - Materiale intensamente fratturato, cataclasite

G - Rocce Gessose (gessareniti, localmente gessoruditi fini, e gesso selenitico)



Figura 6.2: Stralcio della Carta Litotecnica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).

d. Geomorfologia

d1. Note bibliografiche

- *Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena* (F. Brunamonte – Regione Emilia-Romagna, 2002)
- *Inventario del Dissesto* a scala 1:25.000 (Regione Emilia-Romagna, 1996);
- *Aggiornamento Inventario del Dissesto* a scala 1:10.000 (Approvata con DGR n°803/2004 - Regione Emilia-Romagna, 2004);
- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* (P.T.C.P.) (Approvato con DCP n°46/2009 - Provincia di Modena);
- *Analisi Multitemporale di fotografie aeree:*
 - *Analisi Foto aeree RER 1954*
 - *Analisi Foto aeree RER 1973-1978*
 - *Analisi ortofoto digitali AIMA 1996*
 - *Analisi ortofoto digitali Terraitaly 2000*
 - *Analisi ortofoto digitali QB 2003*
 - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2008*
 - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2011*

d2. Analisi dissesto idrogeologico

Di seguito viene riportato lo stralcio della cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP 2009) (fig. 6.3).

Nelle cartografie di seguito riportate non sono stati graficati i perimetri delle aree ex art. 29 (Abitati da consolidare o da trasferire), 29A (Aree a rischio idrogeologico molto elevato) e 29B (Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)) in quanto l'intervento non vi ricade all'interno.

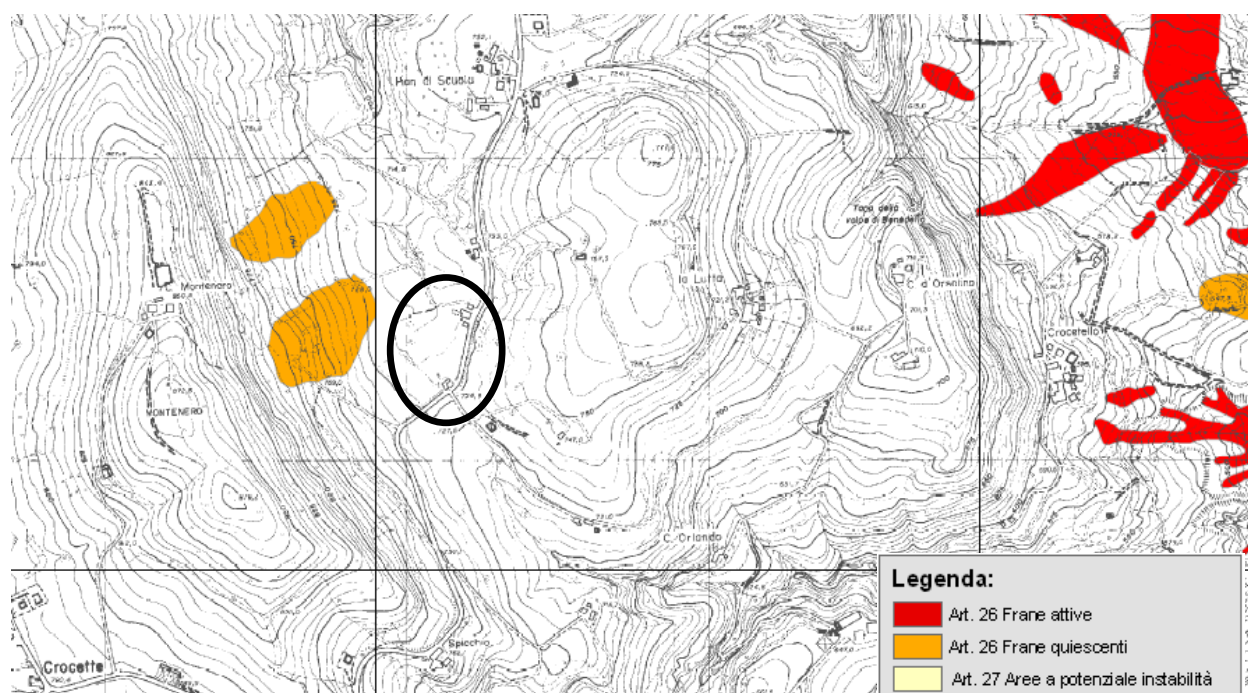


Figura 6.3: Stralcio della Tavola 2.1 “*Rischio da frana: carta del dissesto*” in scala 1:10.000 (PTCP 2009).

d3. Ricostruzione del modello geologico di dettaglio

L'analisi geomorfologica di dettaglio dell'area oggetto di intervento, effettuata mediante rilevamento in campagna e sulla base dei dati derivanti dalle indagini geognostiche e geofisiche evidenzia che la porzione meridionale dell'area oggetto del piano è interessata dalla presenza di terreni di copertura lacustri/palustri con caratteristiche meccaniche molto scadenti. Tali terreni si ritrovano solo parzialmente in prossimità dell'area settentrionale dove la presenza di terreni di copertura è imputabile probabilmente ad una genesi eluvio-colluviale piuttosto che lacustre/palustre.

In virtù di quanto riscontrato dalle indagini il modello geologico di dettaglio evidenzia che, partendo dall'alto (piano campagna) verso il basso, evidenzia due principali livelli costituiti da:

0.20 - 1.20 m Materiale di Riporto;

1.20 - 6.40 m Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;

6.40 - 14.80 m Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B).

Dalle indagini sismiche si è desunto che il substrato si trova ad una profondità prossima ai 20-25m.

7. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

L'area di intervento ricade all'interno della zona sismogenetica 913 della Zonazione sismogenetica ZS9 del 2004 realizzata da INGV dell'intero territorio italiano, è stata scelta come Magnitudo di riferimento $M_w=6.14$, mentre l'accelerazione di riferimento $a_g=0.23$ è stabilita sulla base del periodo di riferimento dell'azione sismica dell'opera in progetto.

Pertanto è stata effettuata la verifica a liquefazione, per ciascuna verticale di indagine, utilizzando il metodo di Robertson e Wride (1998) e Robertson (2009). La verifica è stata effettuata con Software CLiq v 1.7 della Geologismiki Geotechnical Engineers - Serrai(Grecia).

In considerazione del fatto che l' "Indice del potenziale di liquefazione (I_L)" è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

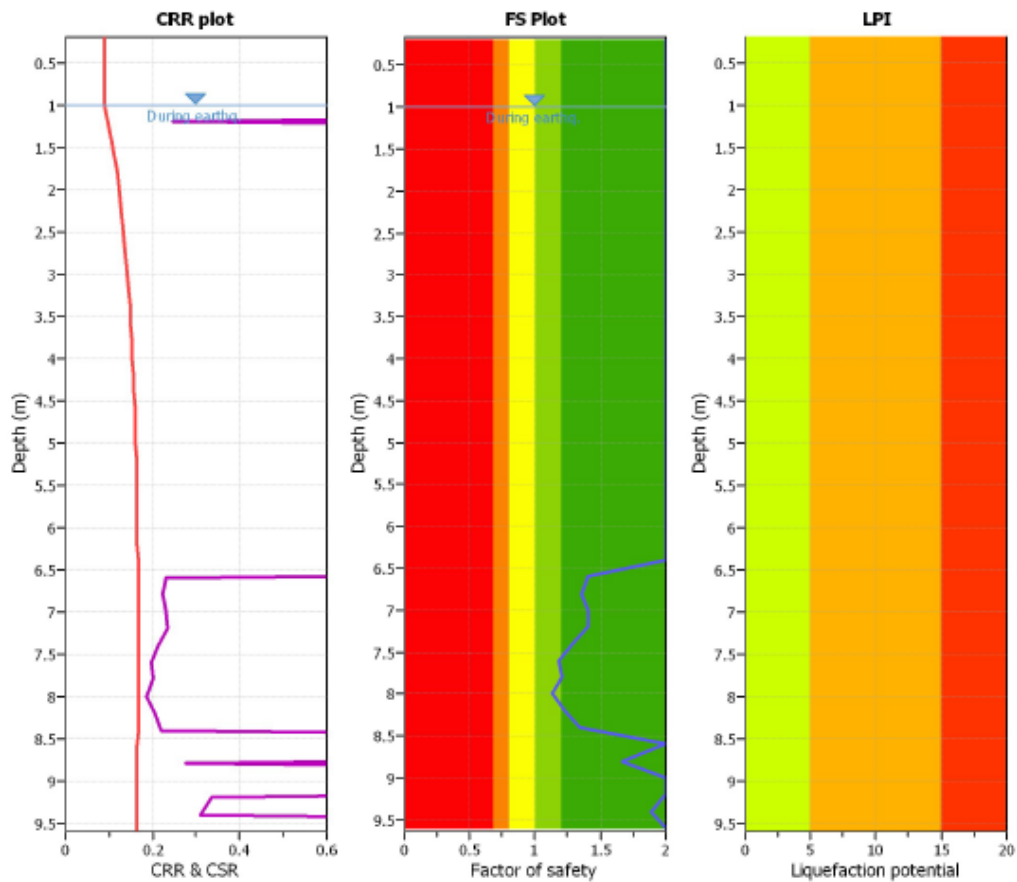
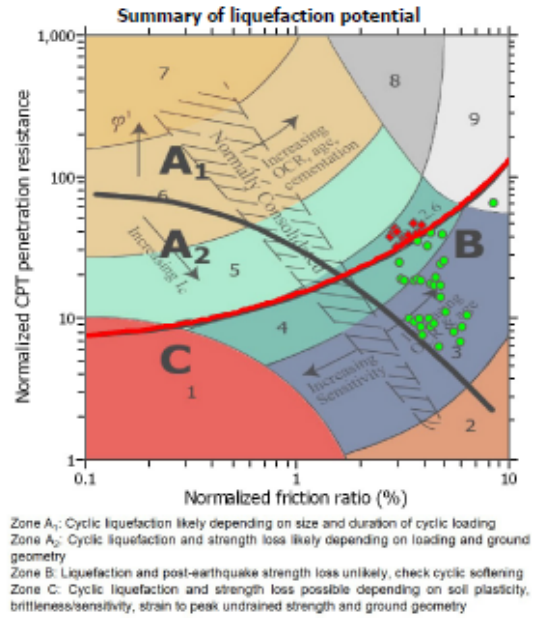
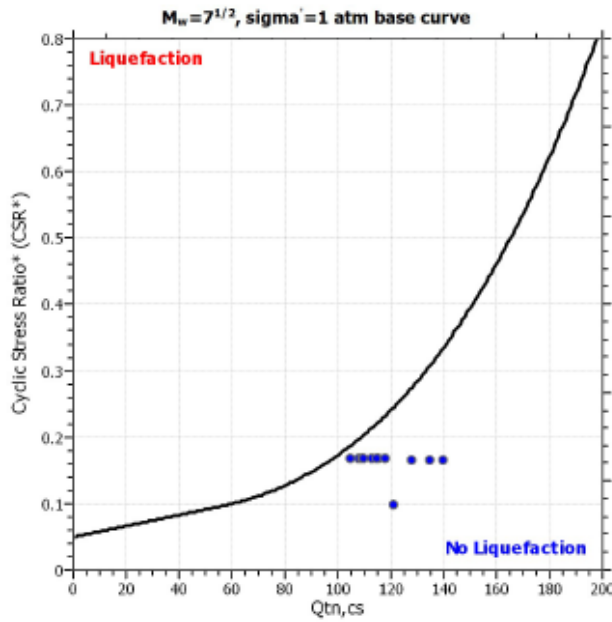
Dove, secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata anche dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

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

In allegato sono riportati i risultati completi della verifica a liquefazione.

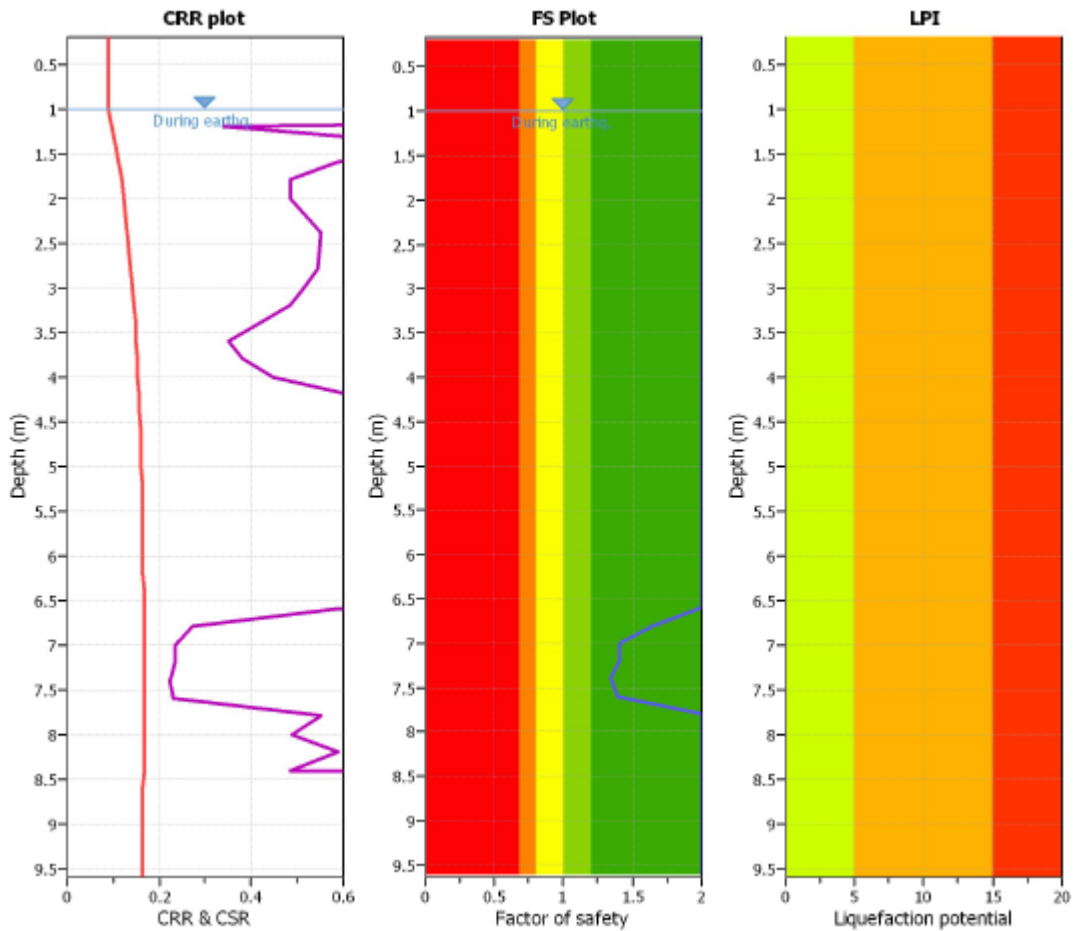
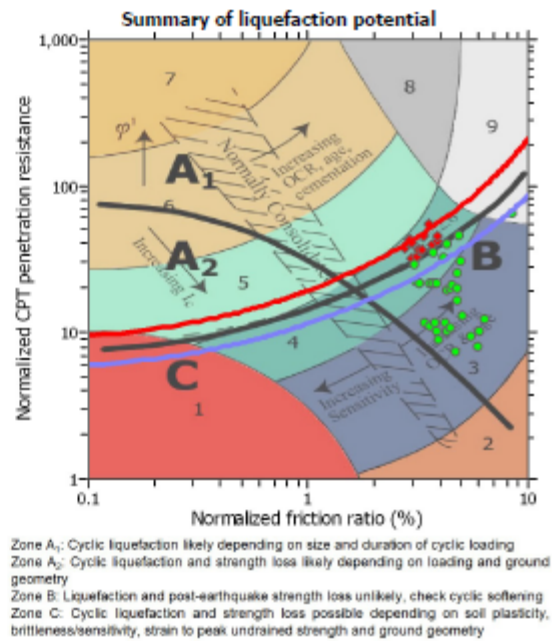
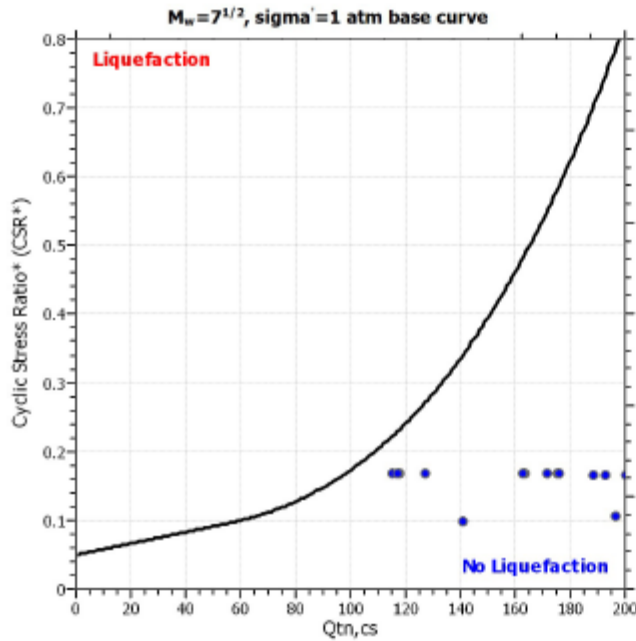
CPT01

- Metodo di Robertson e Wride (1998)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 0.00$

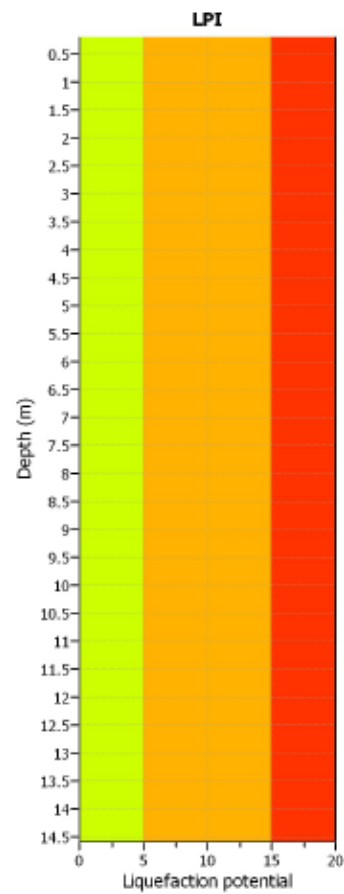
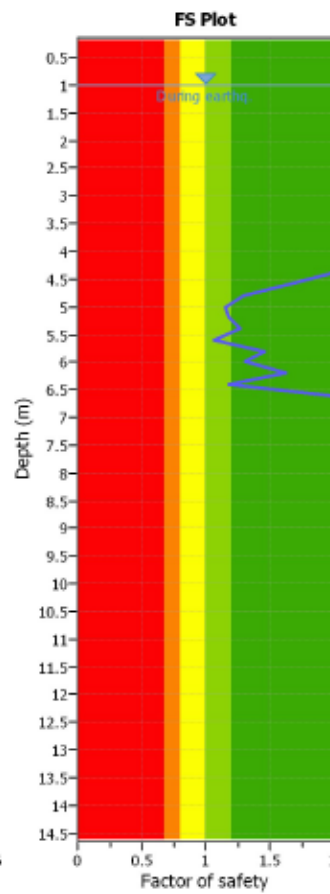
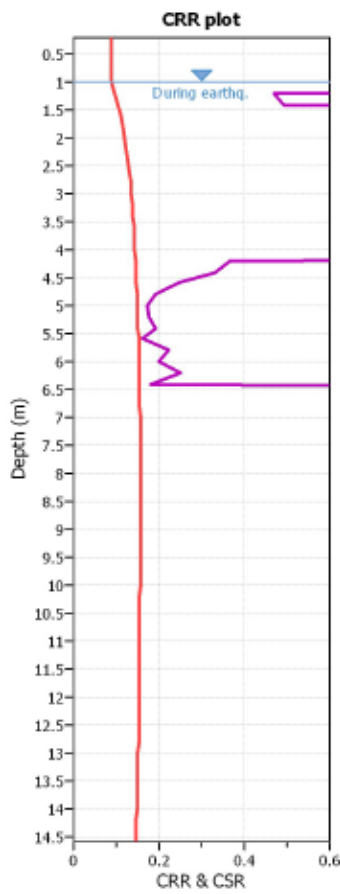
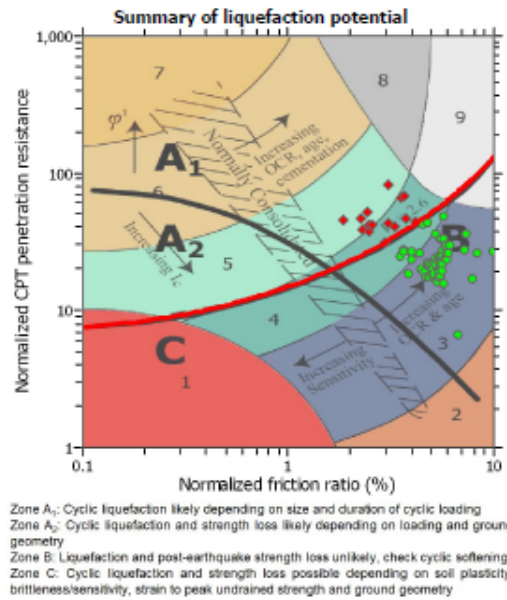
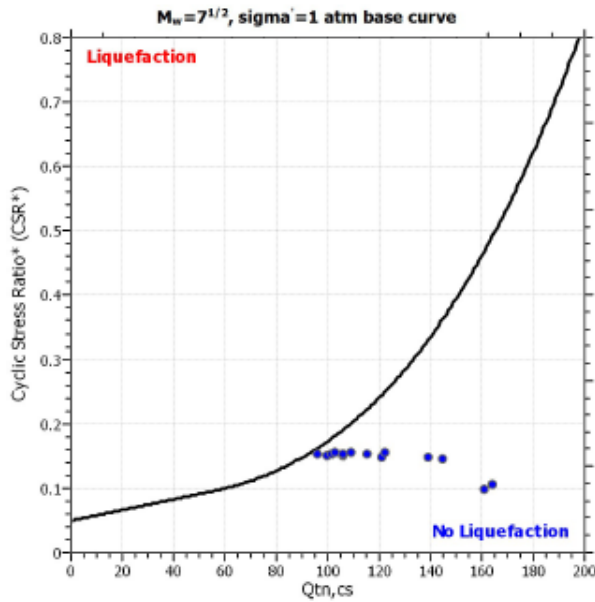
- Metodo di Robertson (2009)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 0.00$

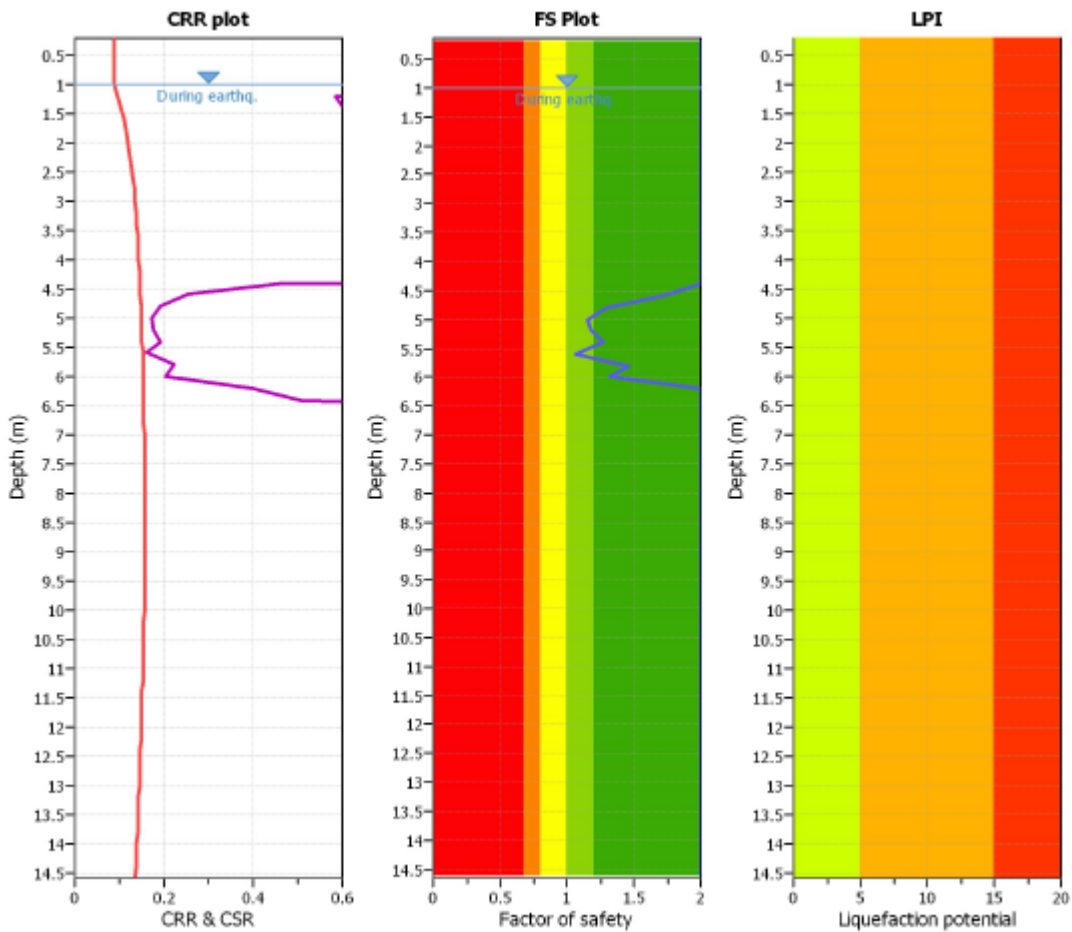
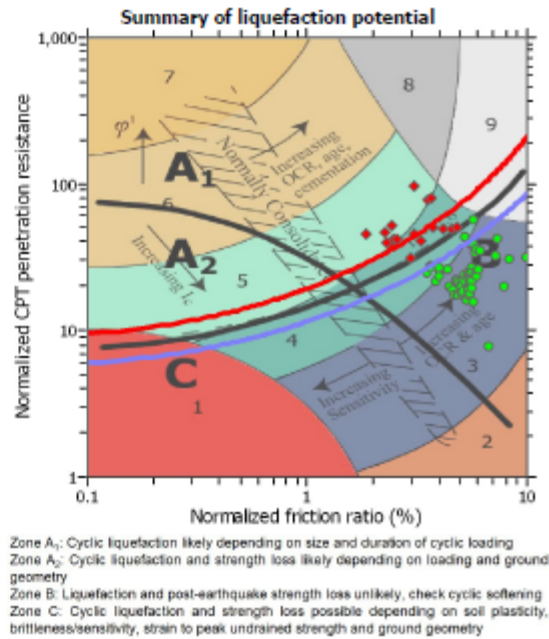
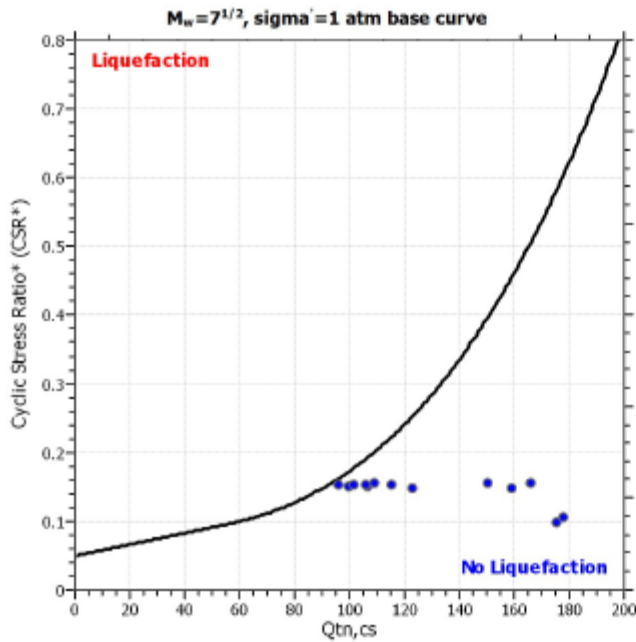
CPT02

- Metodo di Robertson e Wride (1998)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 0.00$

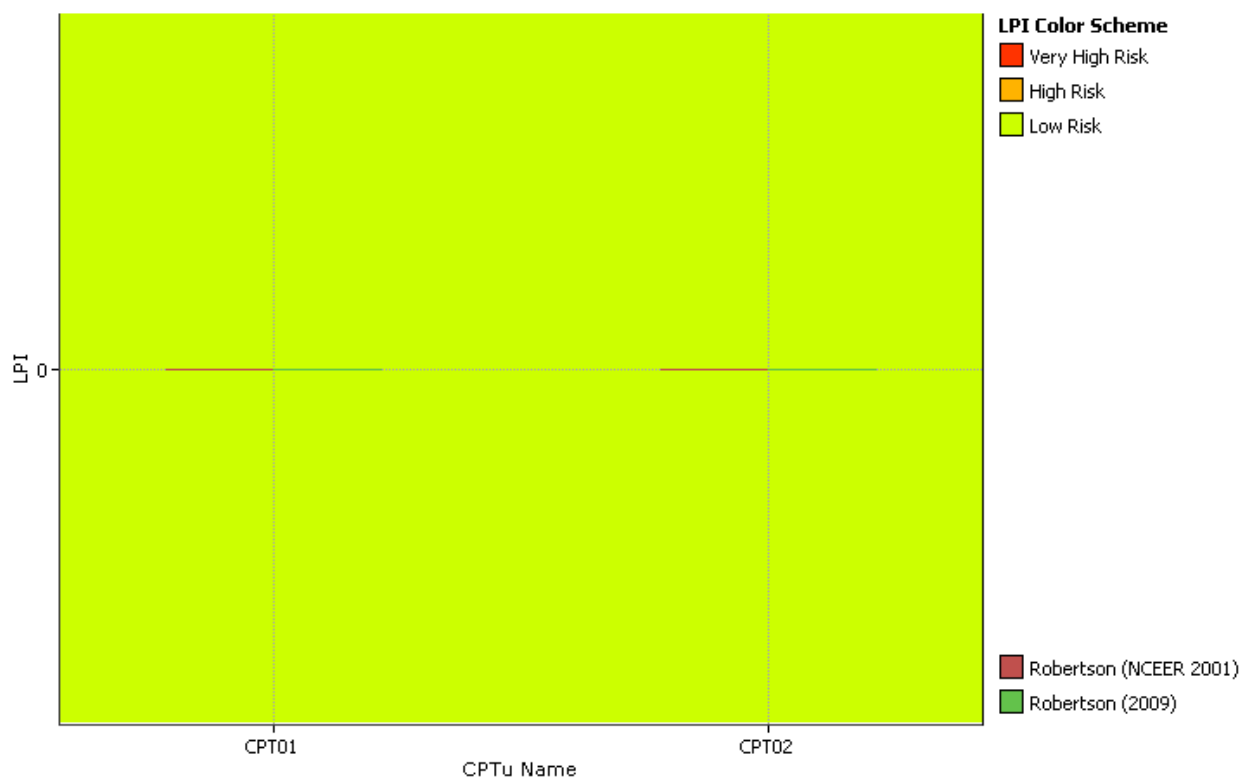
- Metodo di Robertson (2009)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 0.00$

Riassumendo si può concludere che la verifica del potenziale di liquefazione, condotta secondo i metodi sotto elencati, evidenzia:

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (Robertson e Wride 1998)	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (Robertson 2009)	RISCHIO (Sonmez 2003)
CPT01	0.00	0.00	MOLTO BASSO
CPT01	0.00	0.00	MOLTO BASSO



Pertanto la verifica a liquefazione evidenzia un rischio di liquefazione “Molto Basso”.

Dal momento che l’Indice del Potenziale di liquefazione risulta $I_L = 0.00$, si ritiene corretto poter determinare la definizione dell’azione sismica mediante l’approccio semplificato previsto dalle NTC08.

In ogni caso, si sottolinea che la normativa in materia di costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, stabilisce al § (S7.11.3.4.3) che **“L’adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista”**.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

a. Indagini geofisiche

a1. I dati ottenuti

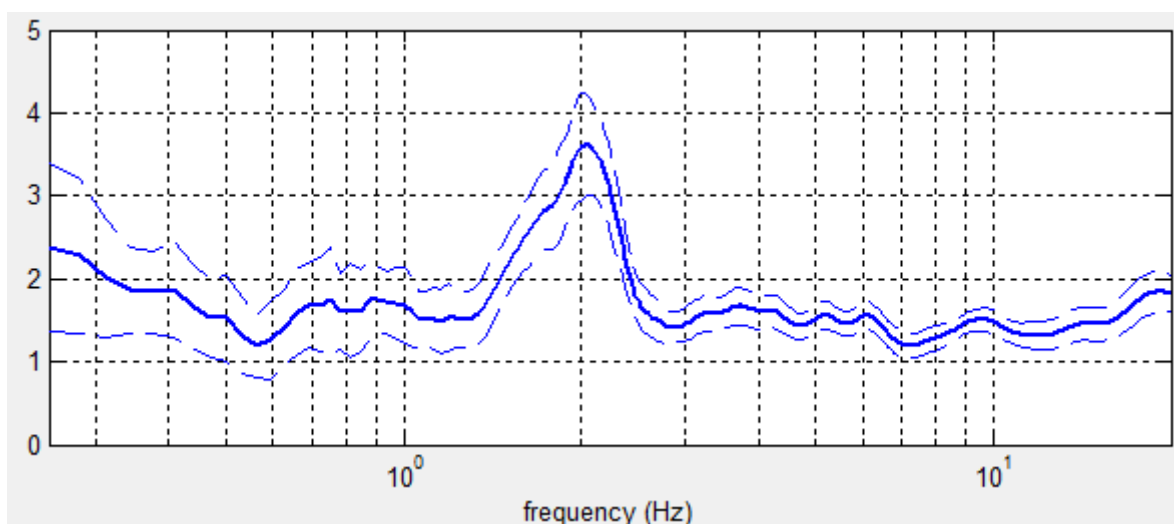
L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica attiva MASW e passiva ESAC multicanale e a stazione singola (HVSR) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione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

a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nell'ottobre 2015. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo ESAC e MASW. I dati ottenuti dalla curva HVSR forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica ESAC e MASW è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{S30} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

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

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



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

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

Pavullo n/F (MO) - via per Benedello 43/A - HVSR01

Strumento: Gemini2 - PASI Srl

Inizio registrazione: 09/10/15 Fine registrazione: 09/10/15

Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN

Durata registrazione: 0h22'00". Analizzato 0h18'0" tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 64 Hz

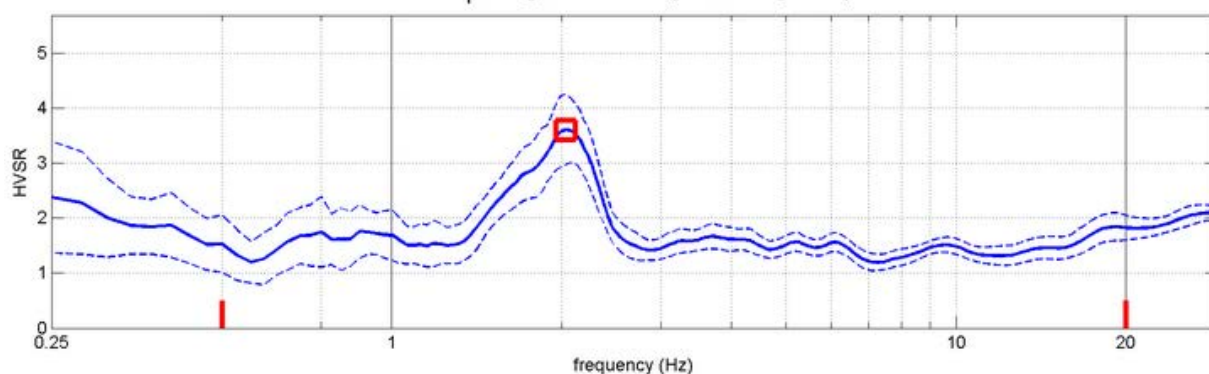
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

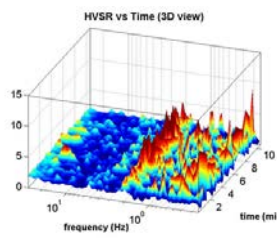
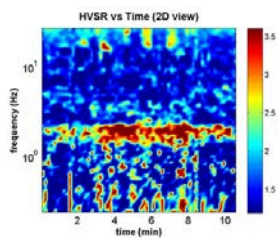
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

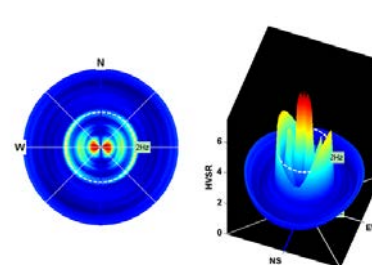
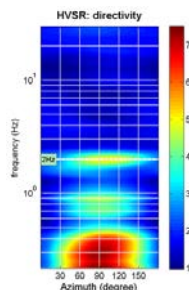
HVSR_earranged.SAF - HVSR (window length: 20s)



SERIE TEMPORALE H/V

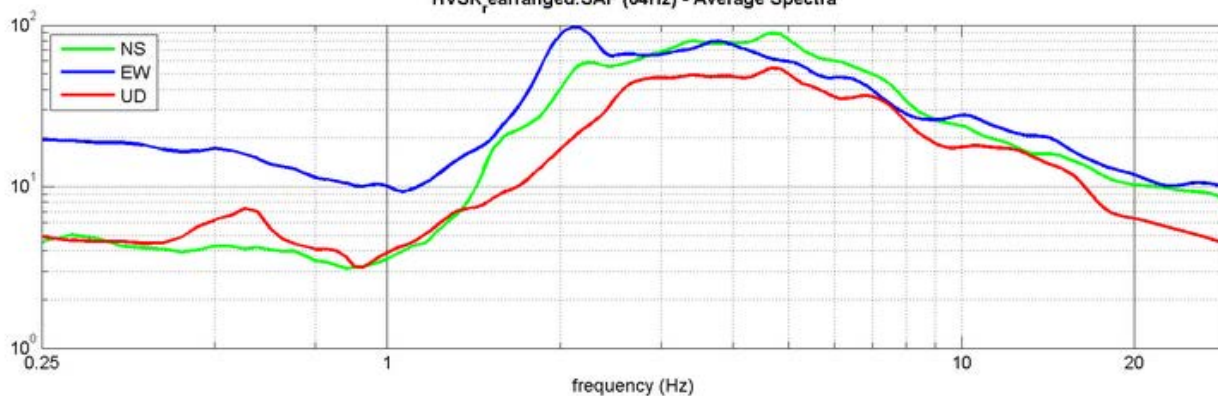


DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

HVSR_earranged.SAF (64Hz) - Average Spectra



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

0.2-20.0Hz frequency range Peak frequency (Hz): 2.0 (± 0.6) Peak HVSr value: 3.6 (± 0.6)

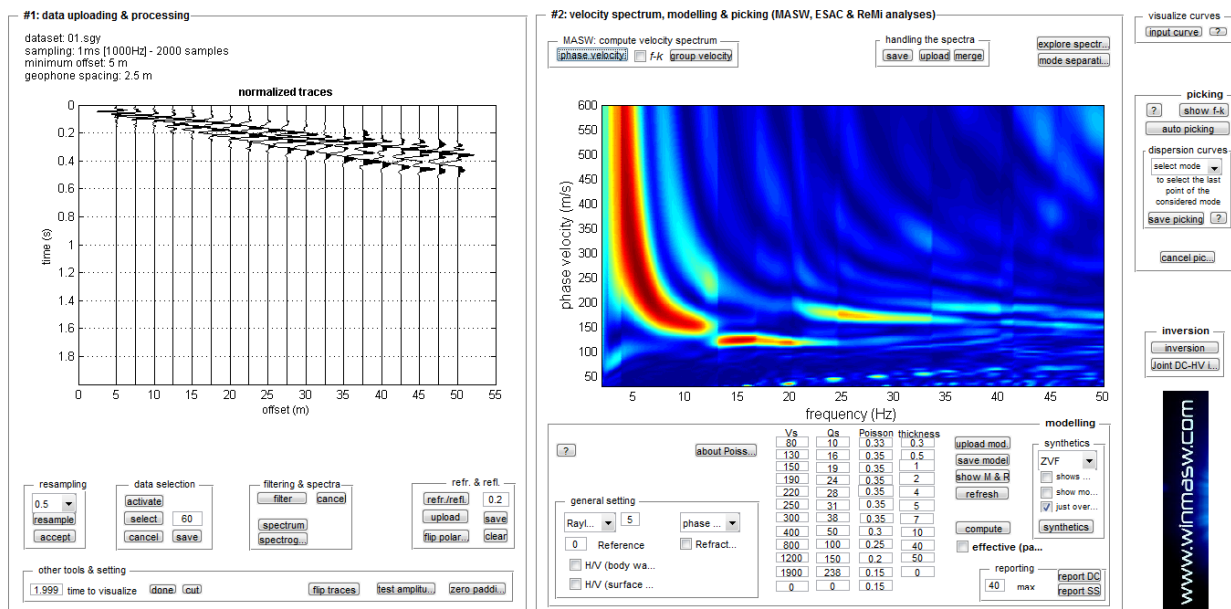
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	2.0 > 0.5	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2603 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.6 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.552 < 0.102		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.637 < 1.58	OK	

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

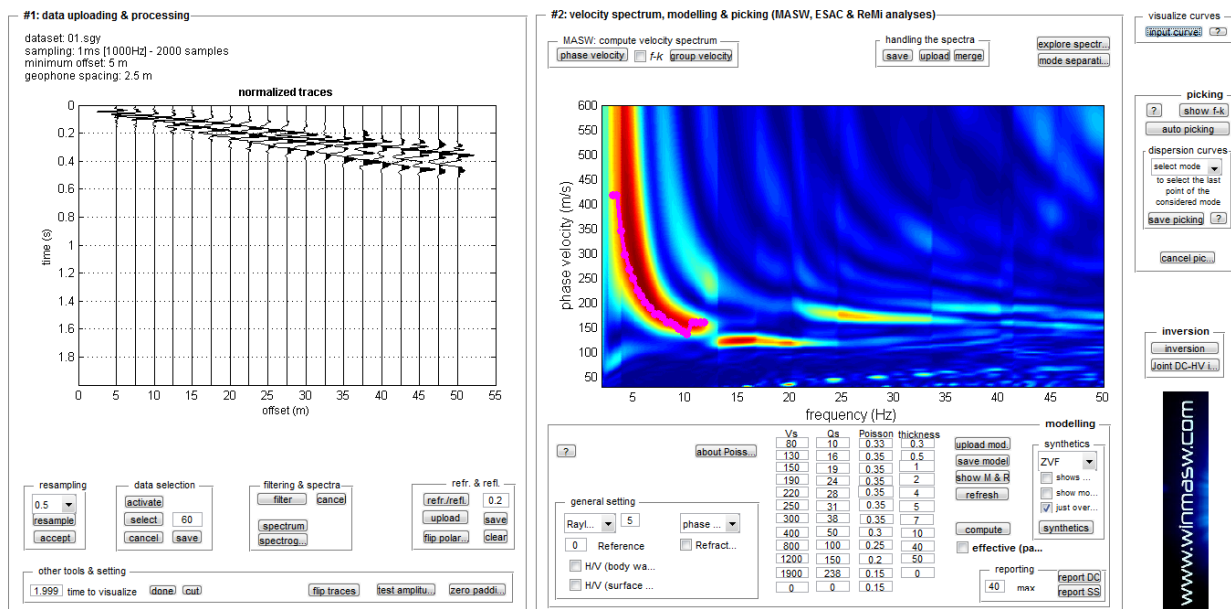
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30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

**Pavullo n/F (MO) - via per Benedello 43/A - MASW
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)**

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

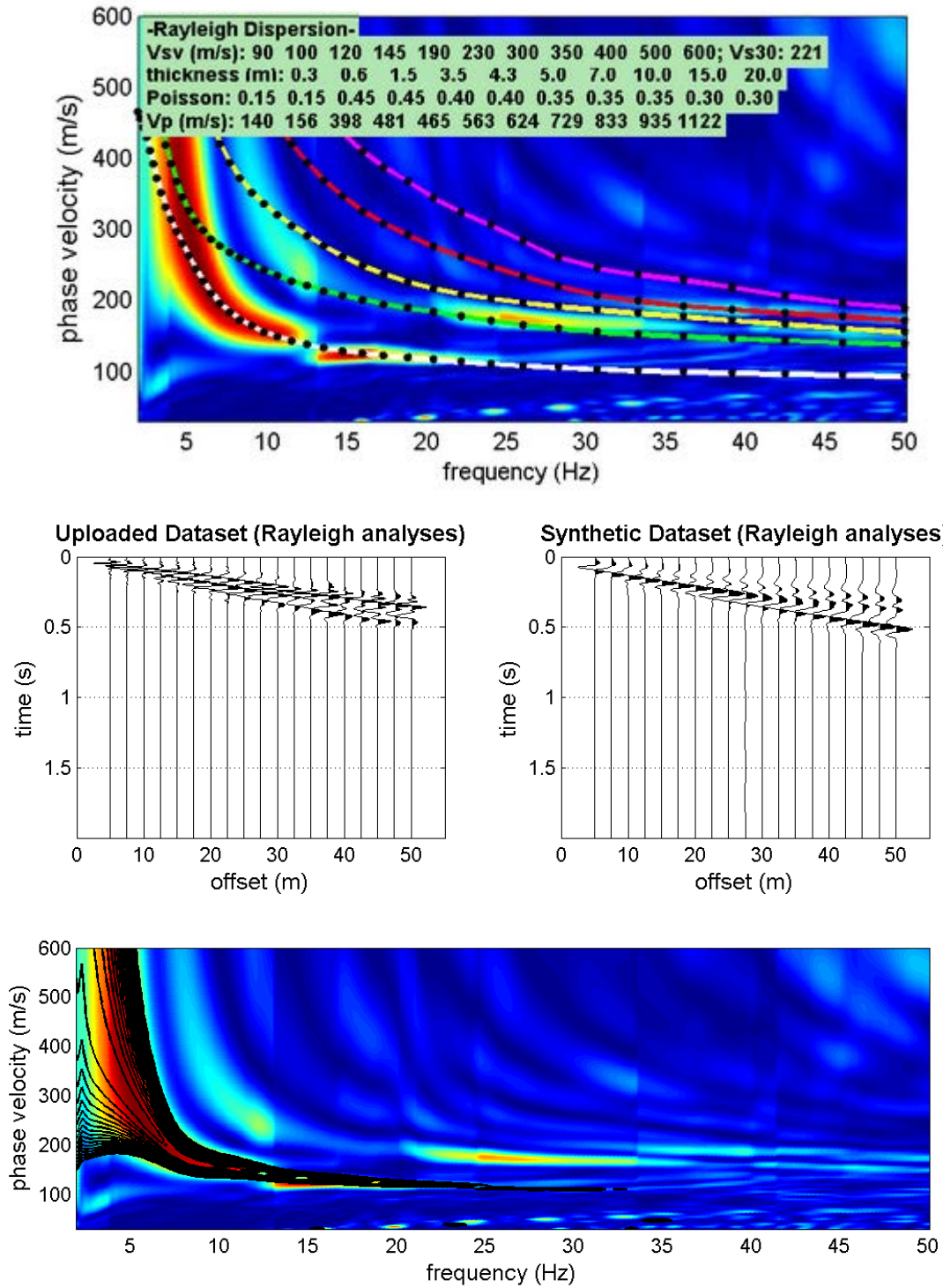


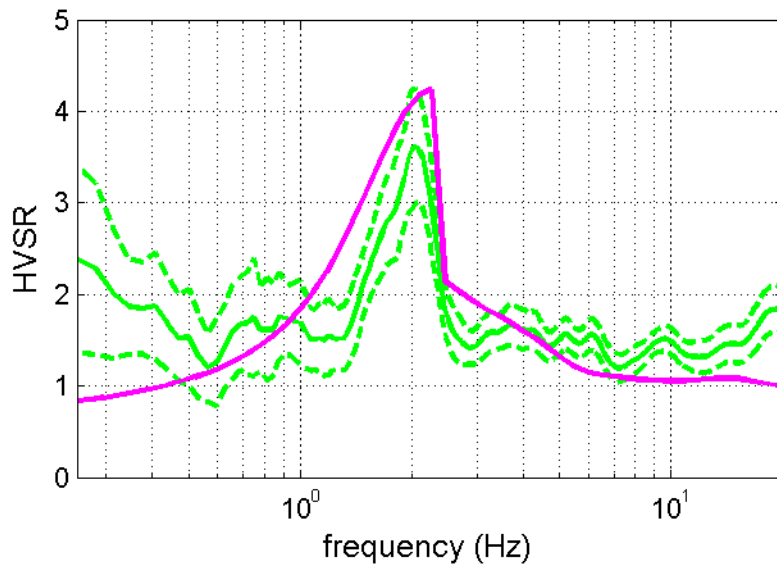
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



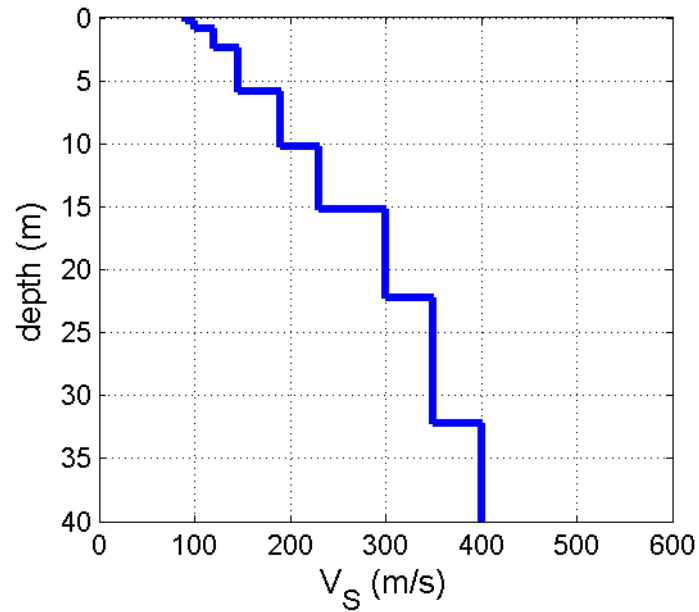
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione effettiva determinata tramite analisi ESAC (in viola)

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





V_S vertical profile



Mean model

V_s (m/s): 90 100 120 145 190 230 300 350 400 500 600

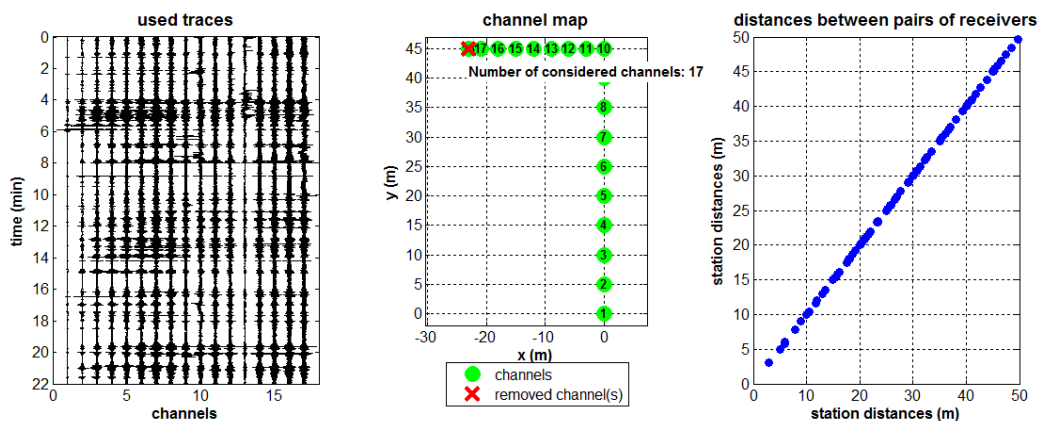
Thickness (m): 0.3 0.6 1.5 3.5 4.3 5.0 7.0 10.0 15.0 20.0

V_{s30} (m/s): 221

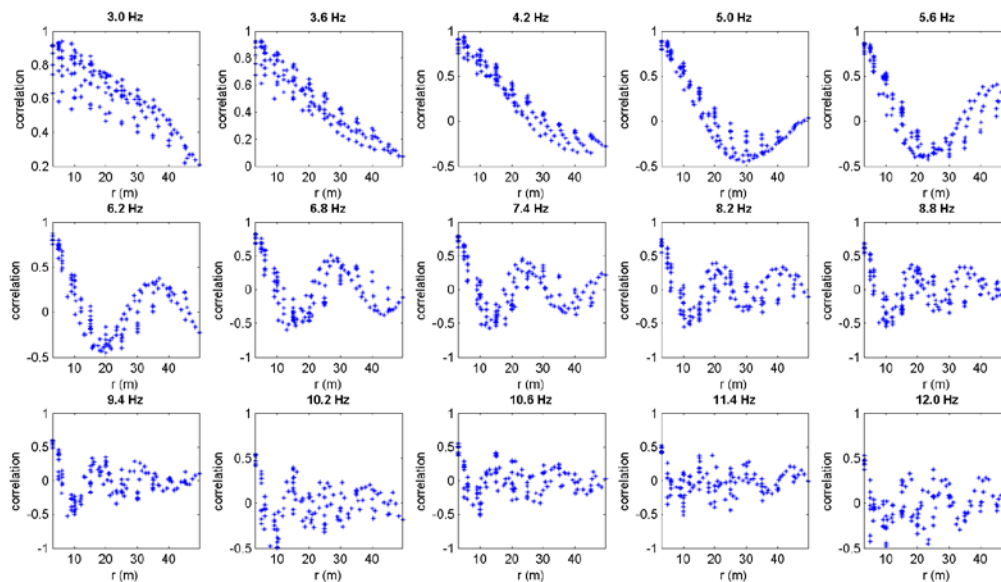
**Pavullo n/F (MO) - via per Benedello 43/A - ESAC
 (Analisi Rayleigh)**

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

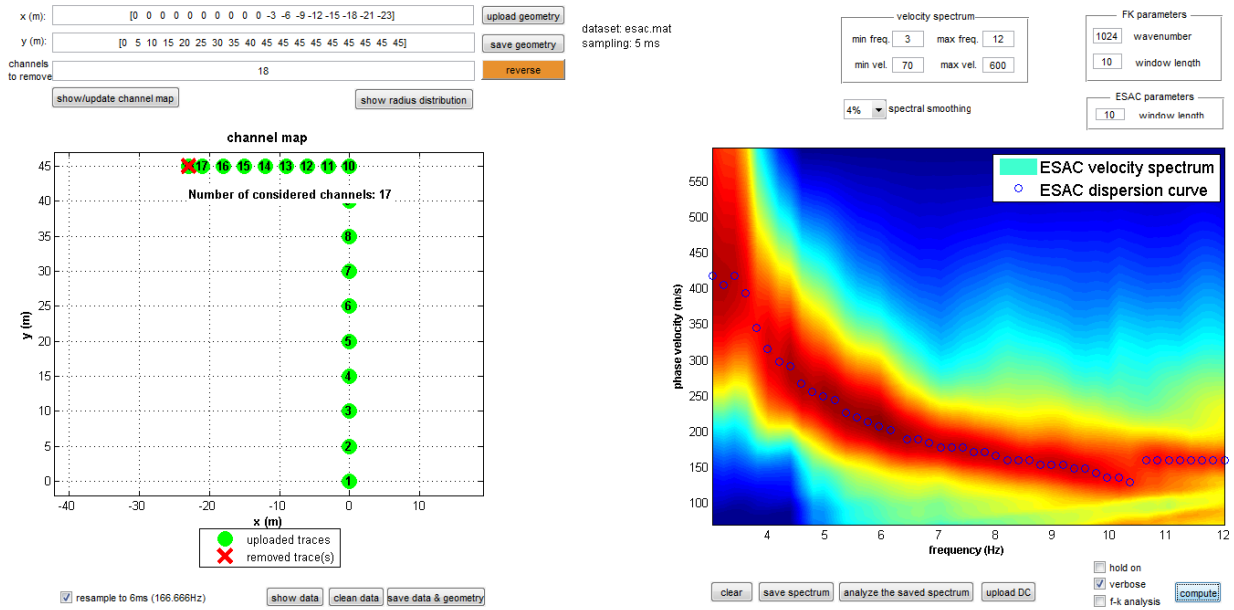
Analisi della dispersione delle onde di Rayleigh (velocità di fase) secondo la tecnica passiva ESAC, grazie alla quale è possibile delineare la curva di dispersione delle onde di Rayleigh.



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

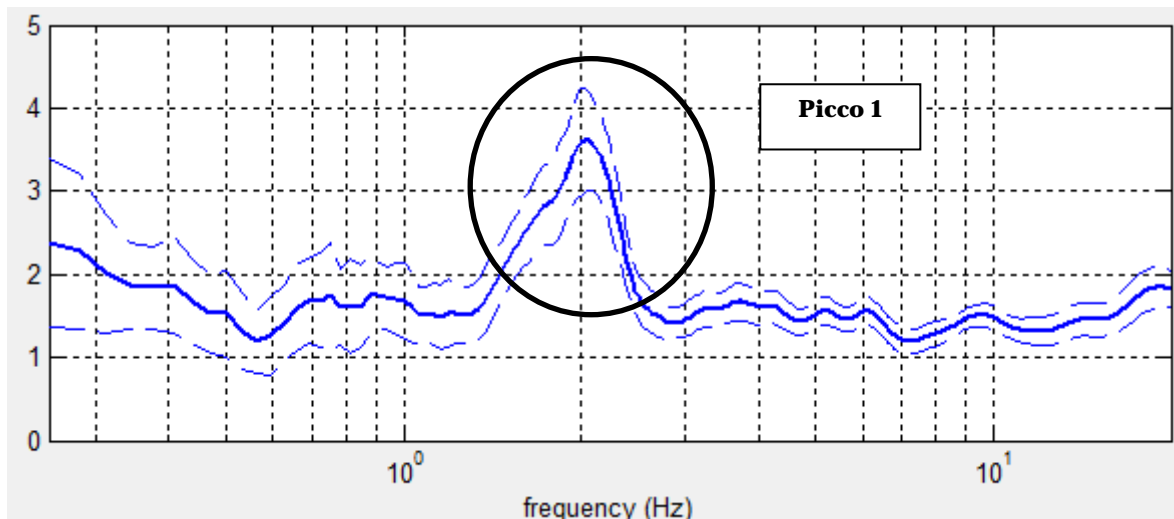


Coefficienti di correlazione tra le coppie di canali utilizzati per l'analisi ESAC per 15 frequenze (indicate) prese a campione.



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

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

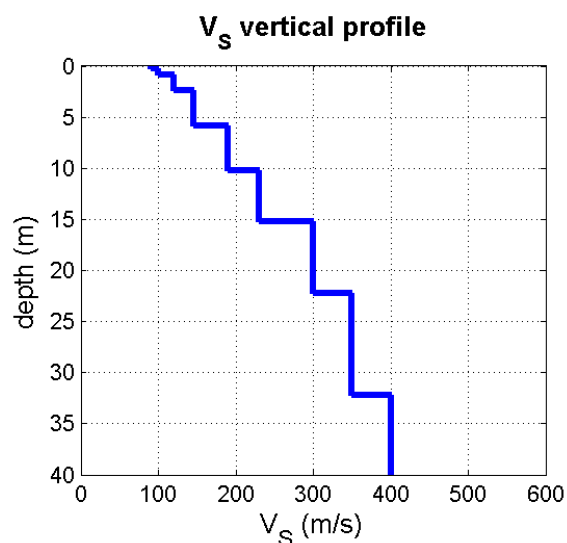


Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 3.6	~ 2.0

Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza significativi ($H/V > 3$) in caso di moto sismico.

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

- MASW+ ESAC



V_s (30): 221 (categoria di sottosuolo "C")

b. Indagini geognostiche

b1. I dati ottenuti

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

Per l'ubicazione delle prove si veda la planimetria riportata in figura 6.1, mentre per le schede delle prove si rimanda all'allegato tecnico inserito nel presente documento.

b2. Interpretazione dei sondaggi geognostici

Dall'analisi dei valori desunti dalla prova penetrometrica statica (CPT) è stato possibile dettagliare e ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e determinare i parametri geotecnici di riferimento dei terreni di fondazione. I valori riportati nelle tabelle della prova penetrometrica statica meccanica rappresentano i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica (R_p), infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s}$), espressi in MPa, i valori della resistenza laterale specifica (R_l), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze R_p/R_l (Rapporto Begemann 1965 e Rapporto Schmertmann 1978).

Nei diagrammi sono riportati i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica (R_p) in MPa, i valori della resistenza laterale specifica (R_l), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze R_p/R_l .

Vengono di seguito riportate le tabelle ed i grafici dei valori desunti dalle prove penetrometriche statiche meccaniche CPT:

PROVA CPT01

Committente: Appel Srl

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 10/10/2015

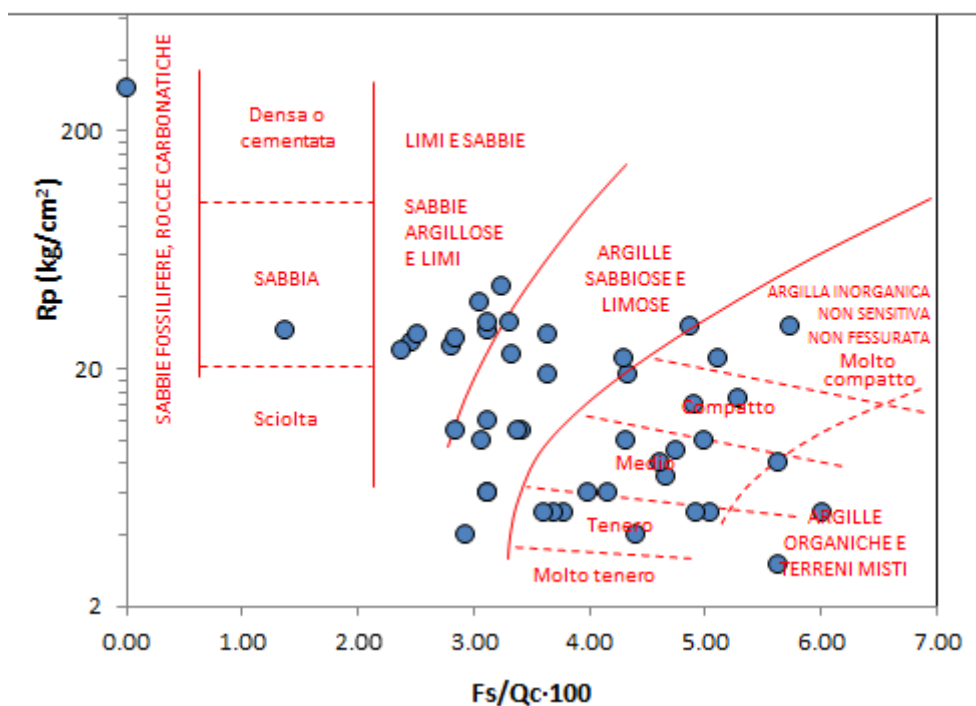
Profondità prova: 9.80 mt

Località: Benedello

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	26.15	0.53	190.48
0.40	0.71	1.12	0.73	32.69	21.42	4.67
0.60	1.53	2.04	1.54	78.45	18.93	5.28
0.80	2.24	3.47	2.26	111.14	19.54	5.12
1.00	3.06	4.79	3.07	143.83	20.55	4.87
1.20	2.96	5.20	2.99	39.23	73.20	1.37
1.40	0.82	1.43	0.84	45.76	17.74	5.64
1.60	0.51	1.22	0.54	45.76	11.31	8.84
1.80	0.51	1.22	0.54	26.15	19.80	5.05
2.00	0.51	0.92	0.54	19.61	26.40	3.79
2.20	0.51	0.82	0.55	19.61	27.05	3.70
2.40	0.61	0.92	0.65	19.61	32.05	3.12
2.60	0.61	0.92	0.65	19.61	32.05	3.12
2.80	0.51	0.82	0.55	26.15	20.29	4.93
3.00	0.61	1.02	0.65	26.15	24.04	4.16
3.20	0.51	0.92	0.57	19.61	27.75	3.60
3.40	0.41	0.71	0.46	13.08	34.13	2.93
3.60	0.41	0.61	0.46	19.61	22.75	4.40

3.80	0.31	0.61	0.36	19.61	17.75	5.63
4.00	0.51	0.82	0.57	32.69	16.65	6.01
4.20	0.61	1.12	0.68	26.15	25.09	3.99
4.40	0.82	1.22	0.89	39.23	21.73	4.60
4.60	1.02	1.63	1.09	52.30	20.04	4.99
4.80	1.12	1.94	1.19	39.23	29.23	3.42
5.00	1.12	1.73	1.19	32.69	35.07	2.85
5.20	1.02	1.53	1.10	32.69	32.49	3.08
5.40	1.22	1.73	1.31	39.23	32.08	3.12
5.60	1.02	1.63	1.10	45.76	23.21	4.31
5.80	1.12	1.84	1.21	39.23	29.58	3.38
6.00	0.92	1.53	1.00	45.76	21.06	4.75
6.20	1.43	2.14	1.53	71.92	20.41	4.90
6.40	1.94	3.06	2.04	84.99	23.04	4.34
6.60	2.35	3.67	2.44	78.45	29.96	3.34
6.80	2.65	3.87	2.75	65.38	40.46	2.47
7.00	2.96	3.98	3.06	91.53	32.11	3.11
7.20	3.16	4.59	3.27	98.07	32.10	3.12
7.40	2.86	4.38	2.97	71.92	39.68	2.52
7.60	2.55	3.67	2.66	71.92	35.59	2.81
7.80	2.75	3.87	2.87	78.45	35.13	2.85
8.00	1.94	3.16	2.05	71.92	27.41	3.65
8.20	2.45	3.57	2.57	58.84	42.07	2.38
8.40	3.16	4.08	3.29	104.60	30.23	3.31
8.60	2.86	4.49	2.98	104.60	27.41	3.65
8.80	2.24	3.87	2.37	98.07	23.24	4.30
9.00	4.49	6.02	4.61	143.83	30.85	3.24
9.20	3.06	5.30	3.20	176.52	17.43	5.74
9.40	3.87	6.63	4.02	117.68	32.82	3.05
9.60	6.42	8.26	6.56	653.78	9.66	10.36
9.80	30.59	40.79	30.73	0.00	28,9393	3,4555

**CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN
 (SCHMERTMANN, 1969)**



PROVA CPT02

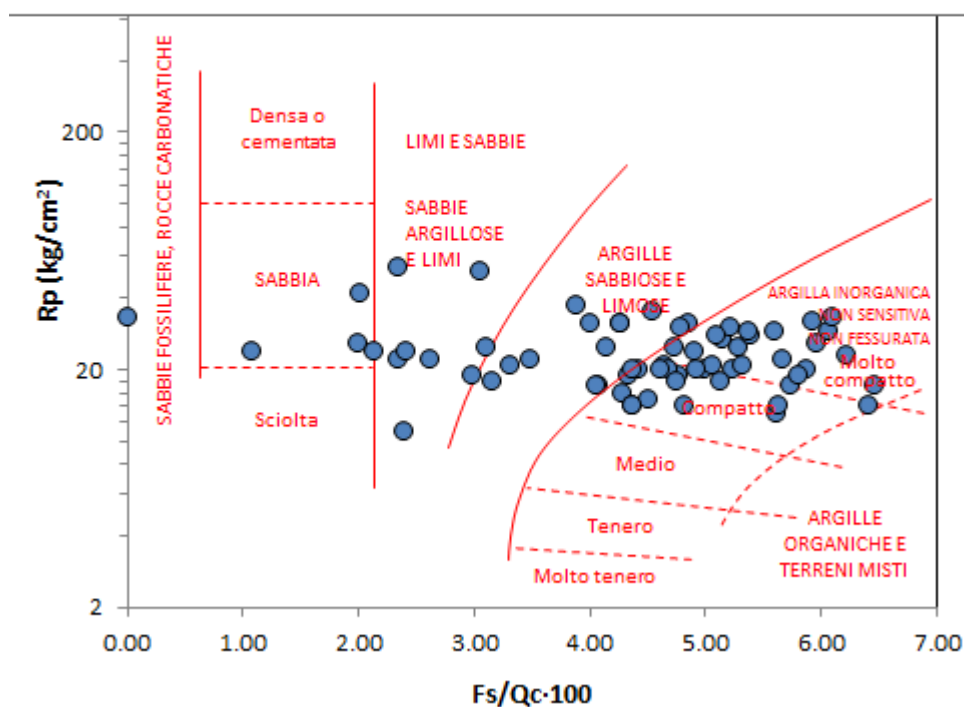
Committente: Appel Srl
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 10/10/2015
 Profondità prova: 14.80 mt
 Località: Benedello

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.00	0.01	26.15	0.53	190.48
0.40	0.71	1.12	0.73	32.69	21.42	4.67
0.60	1.53	2.04	1.54	78.45	18.93	5.28
0.80	2.24	3.47	2.26	111.14	19.54	5.12
1.00	3.06	4.79	3.07	143.83	20.55	4.87
1.20	2.96	5.20	2.99	39.23	73.20	1.37
1.40	0.82	1.43	0.84	45.76	17.74	5.64
1.60	0.51	1.22	0.54	45.76	11.31	8.84
1.80	0.51	1.22	0.54	26.15	19.80	5.05
2.00	0.51	0.92	0.54	19.61	26.40	3.79
2.20	0.51	0.82	0.55	19.61	27.05	3.70
2.40	0.61	0.92	0.65	19.61	32.05	3.12
2.60	0.61	0.92	0.65	19.61	32.05	3.12
2.80	0.51	0.82	0.55	26.15	20.29	4.93

3.00	0.61	1.02	0.65	26.15	24.04	4.16
3.20	0.51	0.92	0.57	19.61	27.75	3.60
3.40	0.41	0.71	0.46	13.08	34.13	2.93
3.60	0.41	0.61	0.46	19.61	22.75	4.40
3.80	0.31	0.61	0.36	19.61	17.75	5.63
4.00	0.51	0.82	0.57	32.69	16.65	6.01
4.20	0.61	1.12	0.68	26.15	25.09	3.99
4.40	0.82	1.22	0.89	39.23	21.73	4.60
4.60	1.02	1.63	1.09	52.30	20.04	4.99
4.80	1.12	1.94	1.19	39.23	29.23	3.42
5.00	1.12	1.73	1.19	32.69	35.07	2.85
5.20	1.02	1.53	1.10	32.69	32.49	3.08
5.40	1.22	1.73	1.31	39.23	32.08	3.12
5.60	1.02	1.63	1.10	45.76	23.21	4.31
5.80	1.12	1.84	1.21	39.23	29.58	3.38
6.00	0.92	1.53	1.00	45.76	21.06	4.75
6.20	1.43	2.14	1.53	71.92	20.41	4.90
6.40	1.94	3.06	2.04	84.99	23.04	4.34
6.60	2.35	3.67	2.44	78.45	29.96	3.34
6.80	2.65	3.87	2.75	65.38	40.46	2.47
7.00	2.96	3.98	3.06	91.53	32.11	3.11
7.20	3.16	4.59	3.27	98.07	32.10	3.12
7.40	2.86	4.38	2.97	71.92	39.68	2.52
7.60	2.55	3.67	2.66	71.92	35.59	2.81
7.80	2.75	3.87	2.87	78.45	35.13	2.85
8.00	1.94	3.16	2.05	71.92	27.41	3.65
8.20	2.45	3.57	2.57	58.84	42.07	2.38
8.40	3.16	4.08	3.29	104.60	30.23	3.31
8.60	2.86	4.49	2.98	104.60	27.41	3.65
8.80	2.24	3.87	2.37	98.07	23.24	4.30
9.00	4.49	6.02	4.61	143.83	30.85	3.24
9.20	3.06	5.30	3.20	176.52	17.43	5.74
9.40	3.87	6.63	4.02	117.68	32.82	3.05
9.60	6.42	8.26	6.56	653.78	9.66	10.36
9.80	30.59	40.79	30.73	0.00	28,9393	3,4555
10.00	2,55	3,47	2,6853	0,055	48,8236	2,0482
10.20	3,87	4,69	4,0189	0,157	25,5981	3,9065
10.40	6,83	9,18	6,9789	0,123	56,739	1,7625
10.60	4,38	6,22	4,5289	0,143	31,6706	3,1575
10.80	11,22	13,36	11,3689	0,163	69,7479	1,4337
11.00	6,63	9,08	6,7789	0,19	35,6784	2,8028
11.20	3,47	6,32	3,6324	0,129	28,1581	3,5514
11.40	1,12	3,06	1,2824	0,055	23,3164	4,2888
11.60	1,22	2,04	1,3824	0,061	22,6623	4,4126
11.80	1,33	2,24	1,4924	0,081	18,4247	5,4275
12.00	1,53	2,75	1,6924	0,082	20,639	4,8452
12.20	1,73	2,96	1,9059	0,075	25,412	3,9351
12.40	1,33	2,45	1,5059	0,082	18,3646	5,4452
12.60	1,63	2,86	1,8059	0,089	20,291	4,9283
12.80	1,53	2,86	1,7059	0,081	21,0605	4,7482
13.00	2,86	4,08	3,0359	0,054	56,2204	1,7787

13.20	8,57	9,38	8,7595	0,109	80,3624	1,2444
13.40	6,12	7,75	6,3095	0,177	35,6469	2,8053
13.60	4,59	7,24	4,7795	0,081	59,0062	1,6947
13.80	8,57	9,79	8,7595	0,129	67,9031	1,4727
14.00	11,32	13,26	11,5095	0,204	56,4191	1,7724
14.20	9,89	12,95	10,093	0,197	51,2335	1,9518
14.40	10,91	13,87	11,113	0,129	86,1473	1,1608
14.60	7,65	9,59	7,853	0,17	46,1941	2,1648
14.80	13,15	15,7	13,353	0,197	67,7817	1,4753
15.00	12,95	15,91	13,153	0,191	68,8639	1,4521

CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA CPT CON PUNTA BEGEMANN (SCHMERTMANN, 1969)



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

Le sequenze stratigrafiche desunte dall'analisi delle prove penetrometriche evidenzia i seguenti livelli litologici, pur presentando disomogeneità nei cinque punti di indagine

0.20 - 1.20 m Materiale di Riporto;

1.20 - 6.40 m Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;

6.40 - 14.80 m Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B).

Infine sulla base delle indicazioni emerse dall'analisi delle prove penetrometriche statiche e sulla base delle litologie presenti si è provveduto a caratterizzare e parametrizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni di fondazione.

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

- In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.20 - 1.20	Riporto	/	/	/	/	
1.20 - 6.40	Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;	14	17	1	13	30
1.20 - 9.80	Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B)	16	19	4	19	70

- In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E _d (kPa)
0.20 - 1.20	Riporto	/	/	/	/	/
1.20 - 6.40	Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;	14	17	0.48	/	2000
1.20 - 9.80	Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B)	16	19	0.45	/	5000

9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE

a. Sismicità delle aree di interesse

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

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

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

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 9.1):

Tabella 9.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

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

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 9.2).

Tabella 9.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Pavullo n/F	n.c.	3	$0.15 g$

b. Sismicità storica delle aree di intervento

Nella tabella 9.3 sono riportati i dati storici del comune di Pavullo nel Frignano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Pavullo nel Frignano [44.334, 10.834]



Numero di eventi: 40

Effetti	In occasione del terremoto del:			
Is	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1887 02 23 05:2	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
F	1895 05 18 19:5	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1901 10 30 14:4	Salò	190	8 5.70 ±0.10
6	1904 06 10 11:1	Frignano	102	6 5.03 ±0.18
4-5	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
4	1913 02 13 16:3	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
5	1914 10 27 09:2	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
3	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
3	1916 05 17 12:4	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14
4	1919 06 29 15:0	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:5	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1923 06 28 15:1	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
2-3	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
3-4	1929 04 19 04:1	Bolognese	82	
2	1930 10 30 07:1	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
2	1931 06 10 17:01	Modenese	14	4 4.42 ±0.22
3	1936 10 18 03:1	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
7	1937 12 10 18:0	APP. MODENESE	28	6 5.17 ±0.25
4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16
3	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14

2	1956 04 26 03:0	Appennino tosco-emiliano	75	6 4.77 ±0.14
3	1957 08 27 11:5	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
3	1971 07 15 01:3	Parmense	229	8 5.64 ±0.09
4	1983 11 09 16:2	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1985 01 23 10:1	Garfagnana	73	6 4.65 ±0.15
NF	1986 12 06 17:0	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
NF	1987 05 02 20:4	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
NF	1987 05 08 11:1	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23
3-4	1988 02 08 11:2	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13
NF	1992 04 17 11:5	Monteveglia	56	4-5 4.32 ±0.18
4-5	1995 08 24 17:2	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09
1-2	1995 10 10 06:5	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
4-5	1996 10 15 09:5	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
4-5	1997 12 24 17:5	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
5-6	1999 07 07 17:1	Frignano	32	5 4.70 ±0.09
NF	2000 06 18 07:4	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
4	2000 10 03 01:1	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09
3	2003 09 14 21:4	Appennino bolognese	133	6 5.29 ±0.09

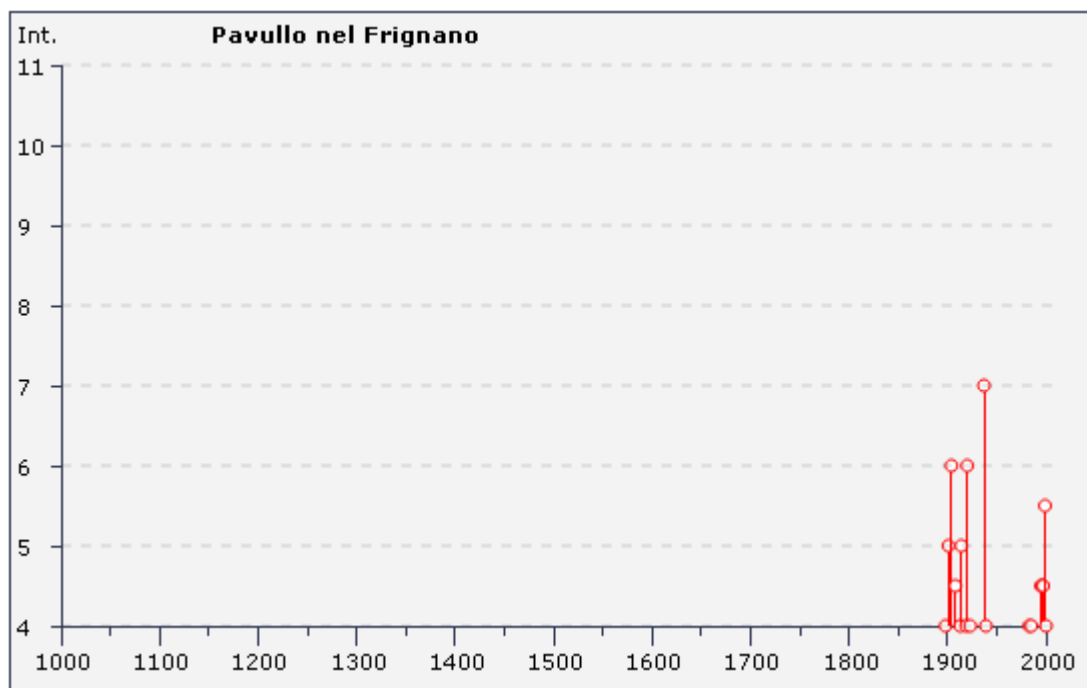


Tabella 9.3: Storia sismica del comune di Pavullo nel Frignano (Mo).

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

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

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

The screenshot shows the 'FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO' software interface. It features a search section with two options: 'Ricerca per coordinate' (selected) and 'Ricerca per comune'. The coordinate search fields are filled with 'LONGITUDINE: 10.8578397' and 'LATITUDINE: 44.35794681'. The location search fields are set to 'REGIONE: Emilia-Romagna', 'PROVINCIA: Rimini', and 'COMUNE: Rimini'. A navigation menu on the left includes 'Elaborazioni grafiche' (with sub-items 'Grafici spettri di risposta' and 'Variabilità dei parametri') and 'Elaborazioni numeriche' (with sub-item 'Tabella parametri'). The main area displays a map of Italy with a red dot indicating the site location. A 'Controllo sul reticolo' panel shows three radio buttons: 'Sito esterno al reticolo' (unselected), 'Interpolazione su 3 nodi' (unselected), and 'Interpolazione corretta' (selected). Below this is an 'Interpolazione' dropdown menu set to 'media ponderata'. A detailed diagram titled 'Nodi del reticolo intorno al sito' shows a grid of nodes with the site node highlighted in red. The grid is centered on the site node (17389) and extends 7.5 km in all directions. Other nodes shown are 17167, 17168, and 17390.

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_M info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione }

Grafici spettri di risposta }

Tabella parametri azione }

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

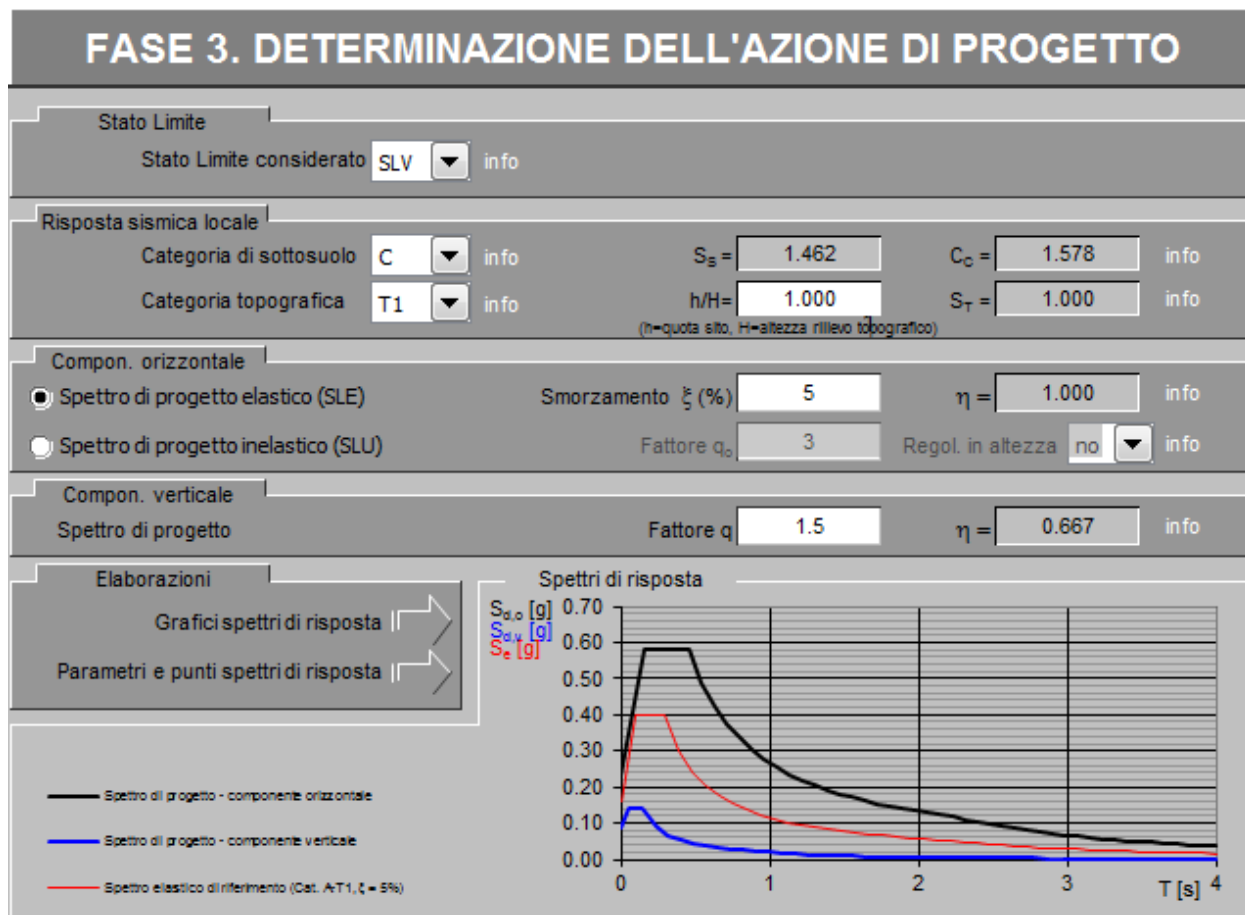
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.055	2.501	0.252
SLD	50	0.069	2.497	0.265
SLV	475	0.159	2.504	0.291
SLC	975	0.199	2.511	0.300

Tabella 9.4: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto



d. Risposta sismica locale

Ai sensi della DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, sulla base del PTCP2009 della provincia di Modena che individua l'area come "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" e sulla base dei risultati delle indagini sismiche si ritiene corretto l'utilizzo degli abachi dell'allegato A2 della DAL 112/2007 ai fini della determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica. Pertanto sulla base del profilo di Velocità delle Onde S e sulla base della determinazione di $V_{sH} = 195$ m/s con $H = 20-25$ m si ricava che:

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Quindi

FAPGA = 2.1-2.3

FA IS 0.1 - 0.5 = 2.4-2.6

FA IS 0.5 - 1.0 = 2.1-2.4

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio condotto ha permesso di delineare i principali aspetti geologici e sismici significativi ai fini dei lavori per la fattibilità urbanistica dell'area. Il quadro di questi aspetti ha portato alle seguenti considerazioni:

1. Dal punto di vista sismico risulta che il comune di Pavullo nel Frignano (MO), è stato dichiarato sismico e iscritto nella Zona 2 della OPCM 3274/2003 e s.m.i;
2. Il terreno di fondazione del fabbricato in oggetto appartiene alla categoria di suolo "C", ai sensi del D.M. 14/01/2008;
3. Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:
 - n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT01 e CPT02) spinte fino alla profondità massima di 15.0 m dal p.c.;
 - n. 1 indagine sismica passiva di microtremori (HVSr);
 - n. 1 indagine sismica passiva in array 2D (ESAC);
 - n. 1 indagine sismica attiva in array 1D (MASW).

4. Le unità geologico-tecniche ricavate vengono descritte di seguito:

0.20 - 1.20 m Materiale di Riporto;

1.20 - 6.40 m Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;

6.40 - 14.80 m Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B).

La falda, in fase di indagine, è stata rinvenuta alla profondità di 2.0 m dal p.c..

5. I parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal P.C. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.20 - 1.20	Riporto	/	/	/	/	
1.20 - 6.40	Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche	14	17	1	13	30

	scadenti;					
1.20 - 9.80	Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B)	16	19	4	19	70

In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E_d (kPa)
0.20 - 1.20	Riporto	/	/	/	/	/
1.20 - 6.40	Argille e argille organiche a scarsa consistenza (A); in particolare nella prova CPT01 è abbondante la presenza di argille organiche dalle caratteristiche meccaniche scadenti;	14	17	0.48	/	2000
1.20 - 9.80	Argilla limosa e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti (B)	16	19	0.45	/	5000

6. Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche, e sulla base delle ipotesi in progetto, si dovrà necessariamente tenere conto delle seguenti prescrizioni:

- In presenza della prova penetrometrica CPT01 è stato riscontrato un livello di circa 6 m di materiale argilloso con notevoli intercalazioni organiche e caratteristiche meccaniche molto scadenti. In sede del progetto esecutivo di realizzazione delle strutture di fondazione sarà opportuno, se tale condizione sarà confermata, la possibilità di valutare e realizzare fondazioni profonde (fondazioni su pali di medio/grande diametro) da innestare nel substrato compatto profondo; se la scelta del progettista sarà quella di utilizzare fondazioni superficiali allora necessariamente si dovrà utilizzare una fondazione continua di adeguato spessore anche in virtù delle sollecitazioni provenienti dalla struttura in elevazione, in modo da minimizzare al minimo i cedimenti differenziali;

- Qualora in fase esecutiva, durante l'apertura degli scavi per la realizzazione delle opere fondazionali, si riscontrino delle difformità rispetto la condizione del terreno ipotizzata nella relazione, dovranno essere realizzate nuove indagini geognostiche e geofisiche, necessarie a caratterizzare i terreni di fondazione. Le eventuali pareti di scavo superiori a 2,0 m di altezza dovranno essere opportunamente verificate, in sede di progetto planivolumetrico e/o definitivo, dal punto di vista della stabilità al fine di definire il corretto angolo della scarpata o l'impiego di opere di contenimento provvisorie/definitive;

- In sede di progetto esecutivo è opportuno predisporre un sistema di regimazione delle acque superficiali al fine di evitare infiltrazioni nel terreno che possano generare l'instaurarsi di movimenti superficiali e cedimenti differenziali di opere di fondazioni superficiali; in particolare dal punto di vista idrogeologico

non esiste una falda sotterranea a regime costante, ma si può instaurare un livello idrico temporaneo all'interno dei primi metri superficiali di terreno alterato e decompresso.

Tale condizione idrogeologica non pregiudica l'interazione con la realizzazione di fabbricati civili avendo l'accortezza di impiegare i presidi di protezione idrogeologica standard (guaine impermeabili, vespai dreno, tubi di raccolta etc);

- La gestione formale ed autorizzativa del progetto di eventuale riutilizzo delle Terre da Scavo è demandata al Progettista/D.L. o tecnico abilitato in fase di progetto esecutivo. Il terreno di scavo, se non impiegato in loco, dovrà essere conferito in discarica o trattato ai sensi del D.Lgs. 152/2006, sulla base del D.l. 21 Giugno 2013 n°69 Art. 41- 41bis convertito con L.98-2013. Il terreno dovrà essere sottoposto ad apposita analisi chimico fisica per l'accertamento delle caratteristiche di idoneità finalizzate al corretto riutilizzo e/o smaltimento. Quanto sopra non è oggetto del presente incarico poiché il presente studio e la tipologia di indagini effettuate sono finalizzate esclusivamente alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica per la compatibilità urbanistica.

Viste le indagini eseguite e date le risultanze delle verifiche geologiche e sismiche effettuate, si esprime parere favorevole sulla fattibilità dell'intervento.

Modena, ottobre 2015.

Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
(A.P. n° 1725 Ordine dei Geologi della Regione Lazio)

11. ALLEGATI

- Elaborazioni delle indagini geognostiche
- Verifica del potenziale di liquefazione secondo il metodo di Robertson e Wride (1998) e Robertson (2009)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	004-2015

Committente: Appel Srl - Baruffi	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 12/10/2015
Cantiere: Appel Srl	Pagina: 1	
Località: Benedello	Elaborato:	Falda: -2.50 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	7.0	11.0	0	7.0	0.27	26	3.9								
0.60	15.0	20.0	0	15.0	0.33	45	2.2								
0.80	22.0	34.0	0	22.0	0.80	28	3.6								
1.00	30.0	47.0	0	30.0	1.13	27	3.8								
1.20	29.0	51.0	0	29.0	1.47	20	5.1								
1.40	8.0	14.0	0	8.0	0.40	20	5.0								
1.60	5.0	12.0	0	5.0	0.47	11	9.4								
1.80	5.0	12.0	0	5.0	0.47	11	9.4								
2.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
2.20	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
2.40	6.0	9.0	0	6.0	0.20	30	3.3								
2.60	6.0	9.0	0	6.0	0.20	30	3.3								
2.80	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
3.00	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
3.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
3.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
3.60	4.0	6.0	0	4.0	0.13	31	3.3								
3.80	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7								
4.00	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
4.20	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
4.40	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4								
4.60	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0								
4.80	11.0	19.0	0	11.0	0.53	21	4.8								
5.00	11.0	17.0	0	11.0	0.40	28	3.6								
5.20	10.0	15.0	0	10.0	0.33	30	3.3								
5.40	12.0	17.0	0	12.0	0.33	36	2.8								
5.60	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0								
5.80	11.0	18.0	0	11.0	0.47	23	4.3								
6.00	9.0	15.0	0	9.0	0.40	23	4.4								
6.20	14.0	21.0	0	14.0	0.47	30	3.4								
6.40	19.0	30.0	0	19.0	0.73	26	3.8								
6.60	23.0	36.0	0	23.0	0.87	26	3.8								
6.80	26.0	38.0	0	26.0	0.80	33	3.1								
7.00	29.0	39.0	0	29.0	0.67	43	2.3								
7.20	31.0	45.0	0	31.0	0.93	33	3.0								
7.40	28.0	43.0	0	28.0	1.00	28	3.6								
7.60	25.0	36.0	0	25.0	0.73	34	2.9								
7.80	27.0	38.0	0	27.0	0.73	37	2.7								
8.00	19.0	31.0	0	19.0	0.80	24	4.2								
8.20	24.0	35.0	0	24.0	0.73	33	3.0								
8.40	31.0	40.0	0	31.0	0.60	52	1.9								
8.60	28.0	44.0	0	28.0	1.07	26	3.8								
8.80	22.0	38.0	0	22.0	1.07	21	4.9								
9.00	44.0	59.0	0	44.0	1.00	44	2.3								
9.20	30.0	52.0	0	30.0	1.47	20	4.9								
9.40	38.0	65.0	0	38.0	1.80	21	4.7								
9.60	63.0	81.0	0	63.0	1.20	53	1.9								
9.80	300.0	400.0	0	300.0	6.67	45	2.2								

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

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

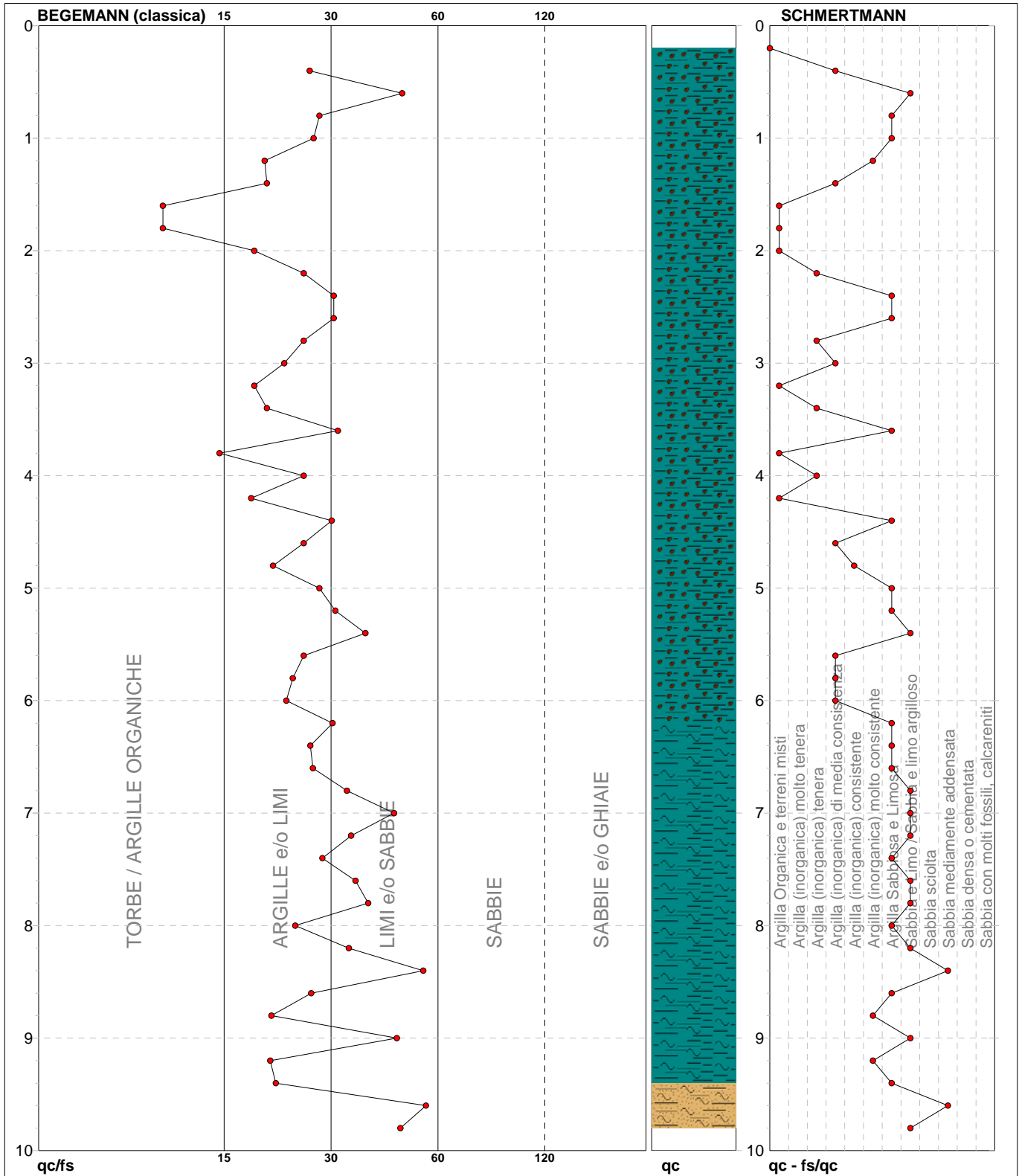
riferimento

004-2015

Committente: **Appel Srl - Baruffi**
 Cantiere: **Appel Srl**
 Località: **Benedello**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **12/10/2015**
 Falda: **-2.50 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	5 punti, 10.20%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 12.24%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	15 punti, 30.61%
Argille e/o Limi :	31 punti, 63.27%	Argilla (inorganica) tenera:	4 punti, 8.16%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	10 punti, 20.41%
Limi e/o Sabbie :	14 punti, 28.57%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 14.29%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 4.08%
		Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 2.04%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 6.12%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	004-2015

Committente: Appel Srl - Baruffi	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 12/10/2015
Cantiere: Appel Srl	Pagina: 1	
Località: Benedello	Elaborato:	Falda:

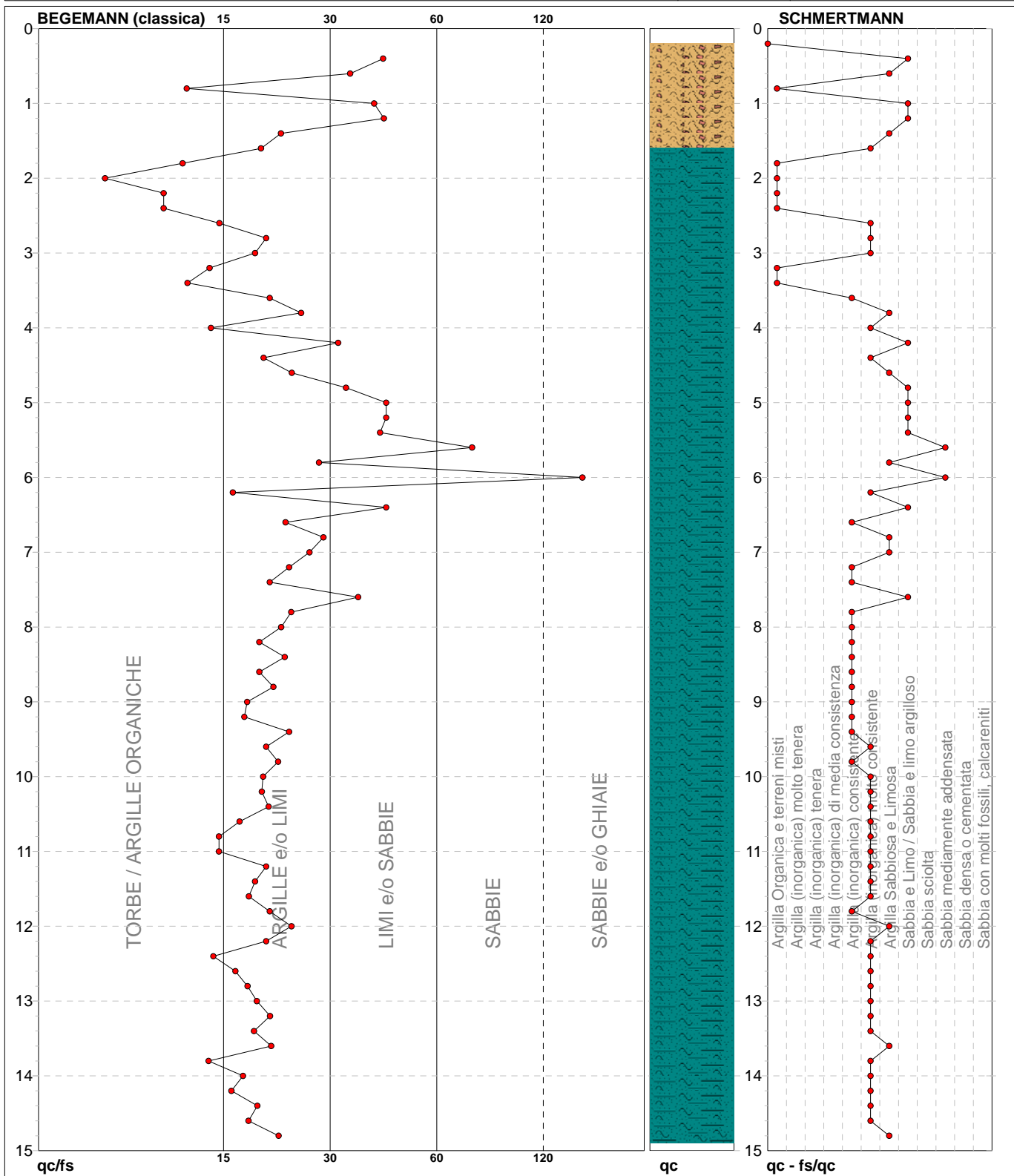
H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	-	0.0	0.00	-	-								
0.40	11.0	15.0	-	11.0	0.27	41	2.4								
0.60	9.0	13.0	-	9.0	0.27	34	3.0								
0.80	9.0	20.0	-	9.0	0.73	12	8.1								
1.00	54.0	75.0	-	54.0	1.40	39	2.6								
1.20	52.0	71.0	-	52.0	1.27	41	2.4								
1.40	35.0	59.0	-	35.0	1.60	22	4.6								
1.60	31.0	55.0	-	31.0	1.60	19	5.2								
1.80	16.0	36.0	-	16.0	1.33	12	8.3								
2.00	15.0	45.0	-	15.0	2.00	8	13.3								
2.20	15.0	36.0	-	15.0	1.40	11	9.3								
2.40	15.0	36.0	-	15.0	1.40	11	9.3								
2.60	17.0	34.0	-	17.0	1.13	15	6.7								
2.80	20.0	35.0	-	20.0	1.00	20	5.0								
3.00	20.0	36.0	-	20.0	1.07	19	5.3								
3.20	17.0	35.0	-	17.0	1.20	14	7.1								
3.40	14.0	31.0	-	14.0	1.13	12	8.1								
3.60	19.0	33.0	-	19.0	0.93	20	4.9								
3.80	23.0	37.0	-	23.0	0.93	25	4.1								
4.00	21.0	43.0	-	21.0	1.47	14	7.0								
4.20	31.0	46.0	-	31.0	1.00	31	3.2								
4.40	25.0	44.0	-	25.0	1.27	20	5.1								
4.60	25.0	41.0	-	25.0	1.07	23	4.3								
4.80	26.0	38.0	-	26.0	0.80	33	3.1								
5.00	22.0	30.0	-	22.0	0.53	41	2.4								
5.20	22.0	30.0	-	22.0	0.53	41	2.4								
5.40	24.0	33.0	-	24.0	0.60	40	2.5								
5.60	42.0	51.0	-	42.0	0.60	70	1.4								
5.80	24.0	37.0	-	24.0	0.87	28	3.6								
6.00	37.0	41.0	-	37.0	0.27	139	0.7								
6.20	24.0	46.0	-	24.0	1.47	16	6.1								
6.40	22.0	30.0	-	22.0	0.53	41	2.4								
6.60	18.0	30.0	-	18.0	0.80	23	4.4								
6.80	17.0	26.0	-	17.0	0.60	28	3.5								
7.00	19.0	30.0	-	19.0	0.73	26	3.9								
7.20	20.0	33.0	-	20.0	0.87	23	4.3								
7.40	19.0	33.0	-	19.0	0.93	20	4.9								
7.60	21.0	30.0	-	21.0	0.60	35	2.9								
7.80	17.0	28.0	-	17.0	0.73	23	4.3								
8.00	16.0	27.0	-	16.0	0.73	22	4.6								
8.20	14.0	25.0	-	14.0	0.73	19	5.2								
8.40	15.0	25.0	-	15.0	0.67	22	4.4								
8.60	14.0	25.0	-	14.0	0.73	19	5.2								
8.80	14.0	24.0	-	14.0	0.67	21	4.8								
9.00	13.0	24.0	-	13.0	0.73	18	5.6								
9.20	14.0	26.0	-	14.0	0.80	18	5.7								
9.40	20.0	33.0	-	20.0	0.87	23	4.3								
9.60	20.0	35.0	-	20.0	1.00	20	5.0								
9.80	20.0	34.0	-	20.0	0.93	21	4.7								
10.00	21.0	37.0	-	21.0	1.07	20	5.1								
10.20	22.0	39.0	-	22.0	1.13	19	5.2								
10.40	27.0	47.0	-	27.0	1.33	20	4.9								
10.60	25.0	47.0	-	25.0	1.47	17	5.9								
10.80	21.0	42.0	-	21.0	1.40	15	6.7								
11.00	18.0	36.0	-	18.0	1.20	15	6.7								
11.20	20.0	35.0	-	20.0	1.00	20	5.0								
11.40	20.0	36.0	-	20.0	1.07	19	5.3								
11.60	18.0	33.0	-	18.0	1.00	18	5.6								
11.80	19.0	33.0	-	19.0	0.93	20	4.9								
12.00	28.0	46.0	-	28.0	1.20	23	4.3								
12.20	32.0	56.0	-	32.0	1.60	20	5.0								
12.40	29.0	59.0	-	29.0	2.00	15	6.9								
12.60	31.0	59.0	-	31.0	1.87	17	6.0								
12.80	25.0	46.0	-	25.0	1.40	18	5.6								
13.00	24.0	43.0	-	24.0	1.27	19	5.3								
13.20	26.0	45.0	-	26.0	1.27	21	4.9								
13.40	31.0	56.0	-	31.0	1.67	19	5.4								
13.60	33.0	57.0	-	33.0	1.60	21	4.8								
13.80	30.0	62.0	-	30.0	2.13	14	7.1								
14.00	29.0	54.0	-	29.0	1.67	17	5.7								
14.20	28.0	54.0	-	28.0	1.73	16	6.2								
14.40	29.0	52.0	-	29.0	1.53	19	5.3								
14.60	30.0	55.0	-	30.0	1.67	18	5.6								
14.80	33.0	56.0	-	33.0	1.53	22	4.6								

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

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	2
	riferimento	004-2015
	Data eseg.: 12/10/2015	Pagina: 1

Committente: Appel Srl - Baruffi Cantiere: Appel Srl Località: Benedello	U.M.: kg/cm² Scala: 1:75 Pagina: 1 Elaborato:	Data eseg.: 12/10/2015 Falda:
---	--	----------------------------------



Torbe / Argille org. : 14 punti, 18.92% Argille e/o Limi : 48 punti, 64.86% Limi e/o Sabbie : 11 punti, 14.86% Sabbie: 1 punti, 1.35% Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti, 1.35%	Argilla Organica e terreni misti: 7 punti, 9.46% Argilla (inorganica) consistente: 15 punti, 20.27% Argilla (inorganica) molto consist.: 29 punti, 39.19%	Argilla Sabbiosa e Limosa: 10 punti, 13.51% Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.: 10 punti, 13.51% Sabbia mediamente addensata: 2 punti, 2.70%
--	---	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

Table with 2 columns: CPT, 2 and 1 row: riferimento, 004-2015

Table with 3 columns: Committente: Appel Srl - Baruffi, U.M.: kg/cm², Data esec.: 12/10/2015; Cantiere: Appel Srl, Pagina: 1; Località: Benedello, Elaborato: Falda:

Main data table with columns for soil properties: Prof. m, qc U.M., qc/fs, zone, gamma' t/m³, sigma'vo U.M., Vs m/s, and various stress/strain parameters for NATURA COESIVA and NATURA GRANULARE.

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

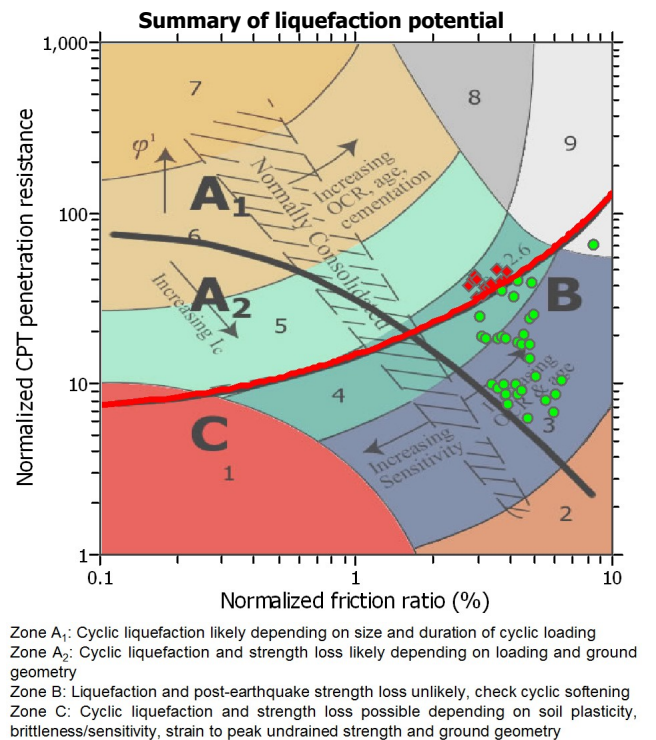
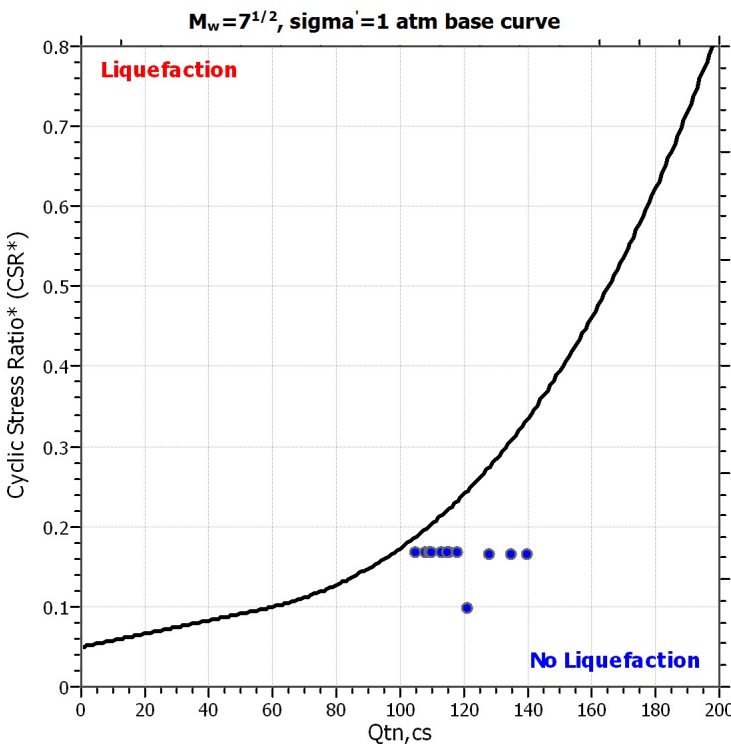
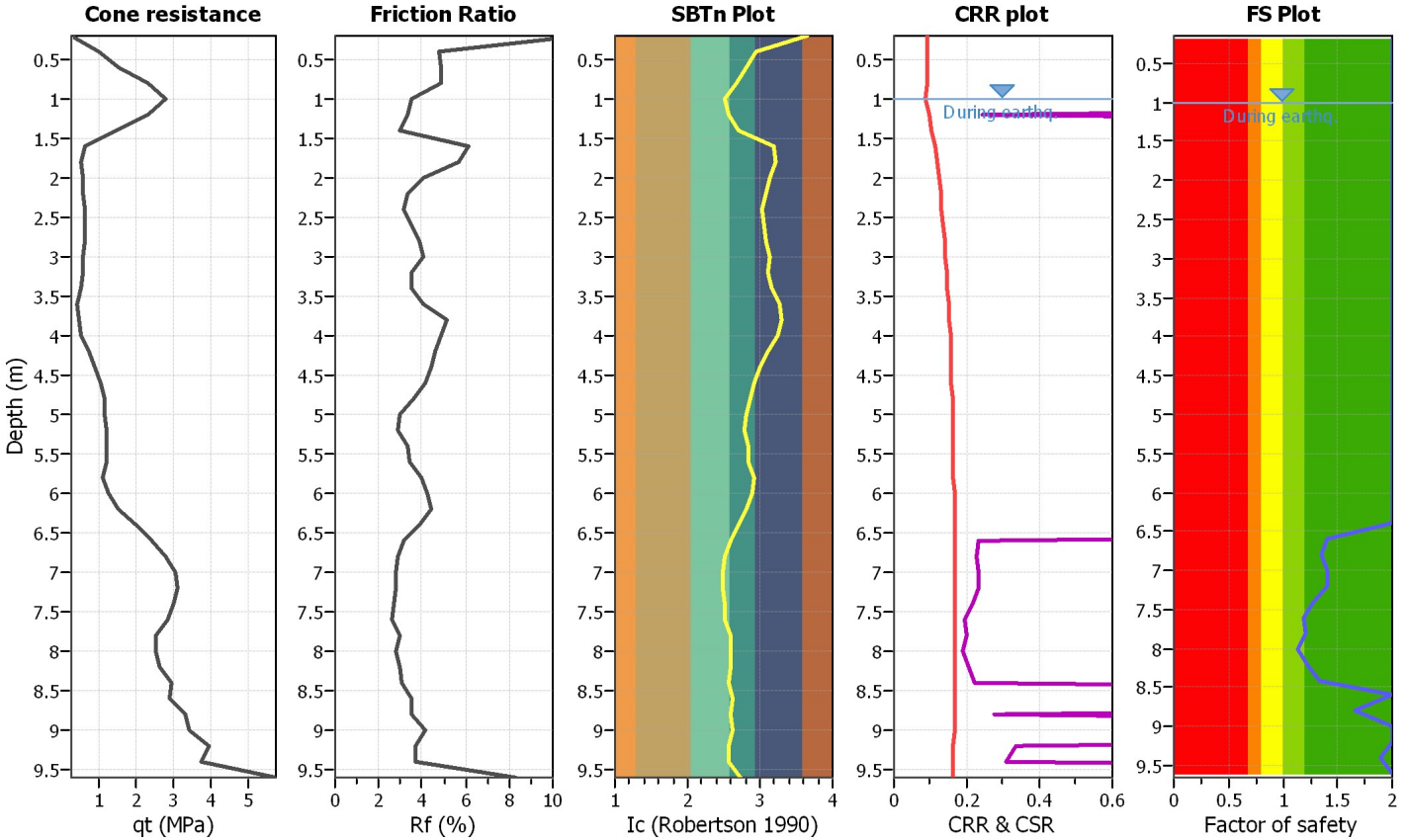
Project title :

Location :

CPT file : CPT01

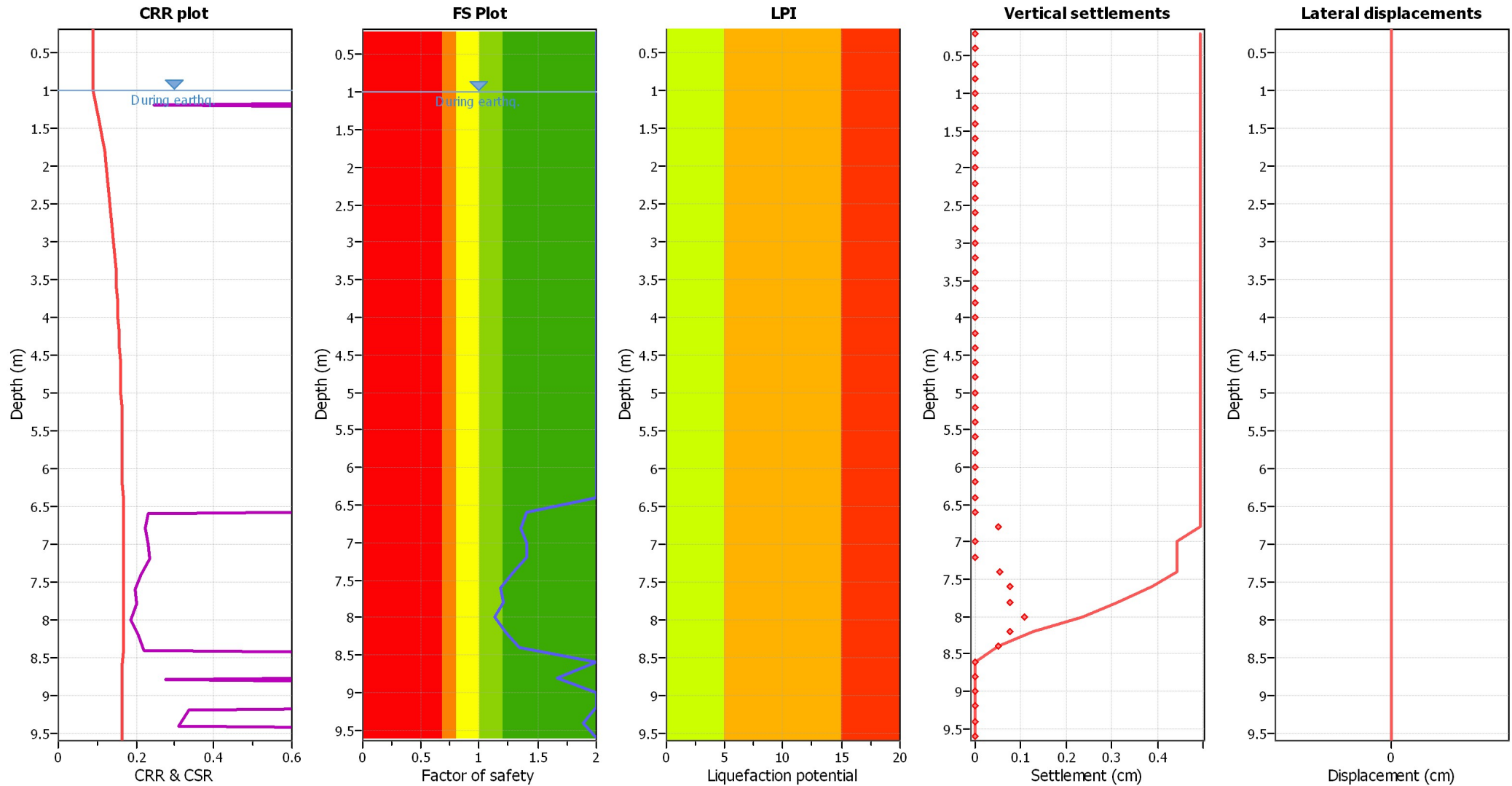
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	NCEER (1998)	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 :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 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:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	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 :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 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 Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	1.40	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	1.35	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	1.40	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	1.40	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	1.29	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	1.18	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	1.21	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	1.13	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	1.23	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	1.34	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	1.67	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	1.89	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point

F_L: 1 - FSw_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depthd_z: Layer thickness (m)

LPI: Liquefaction potential index value for test point

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

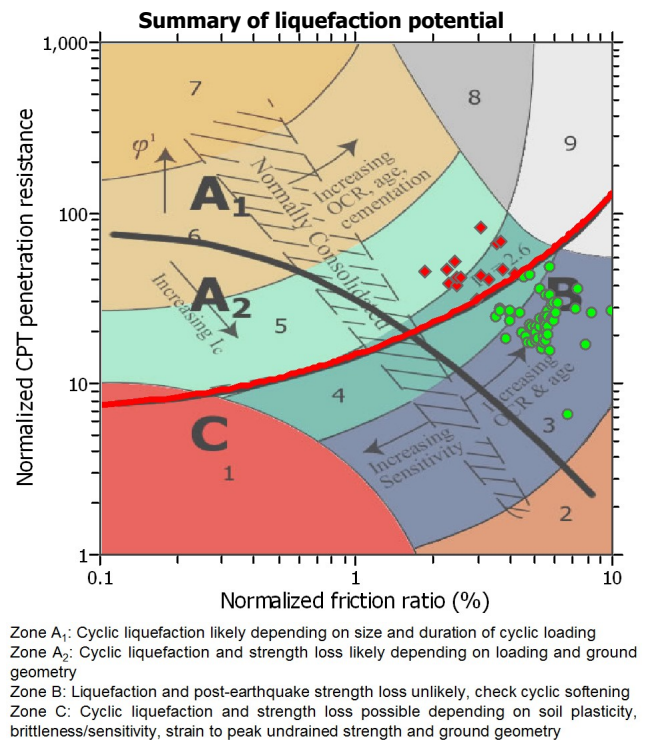
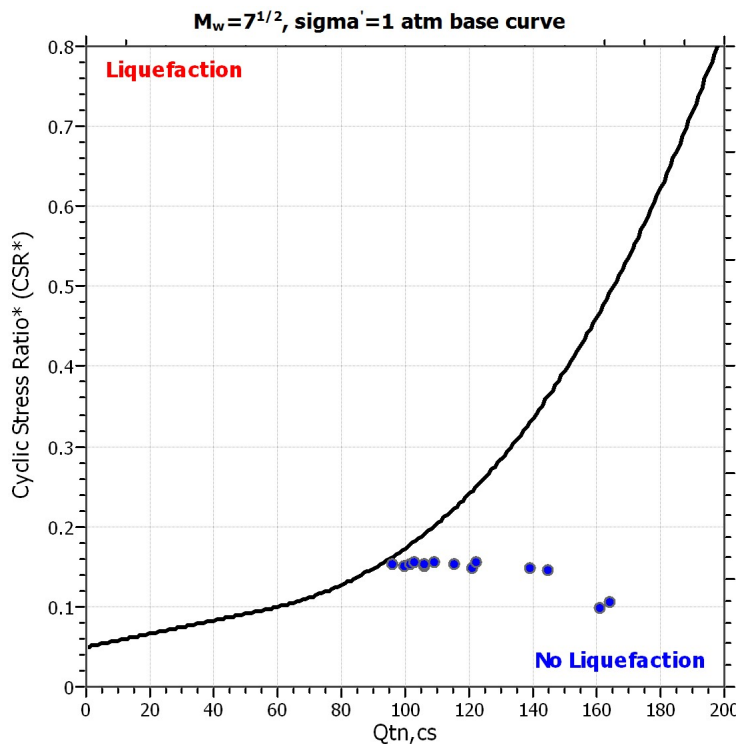
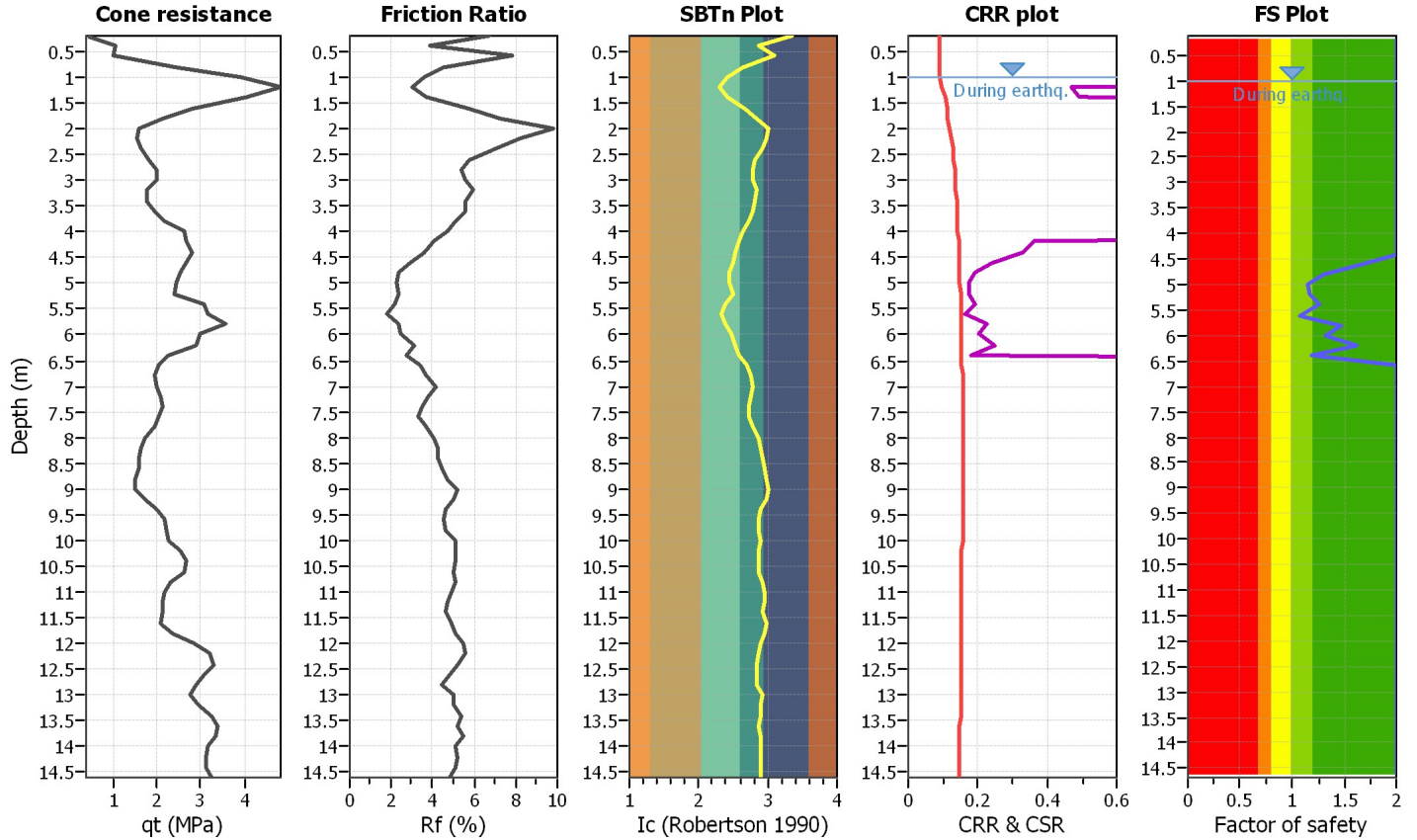
Project title :

Location :

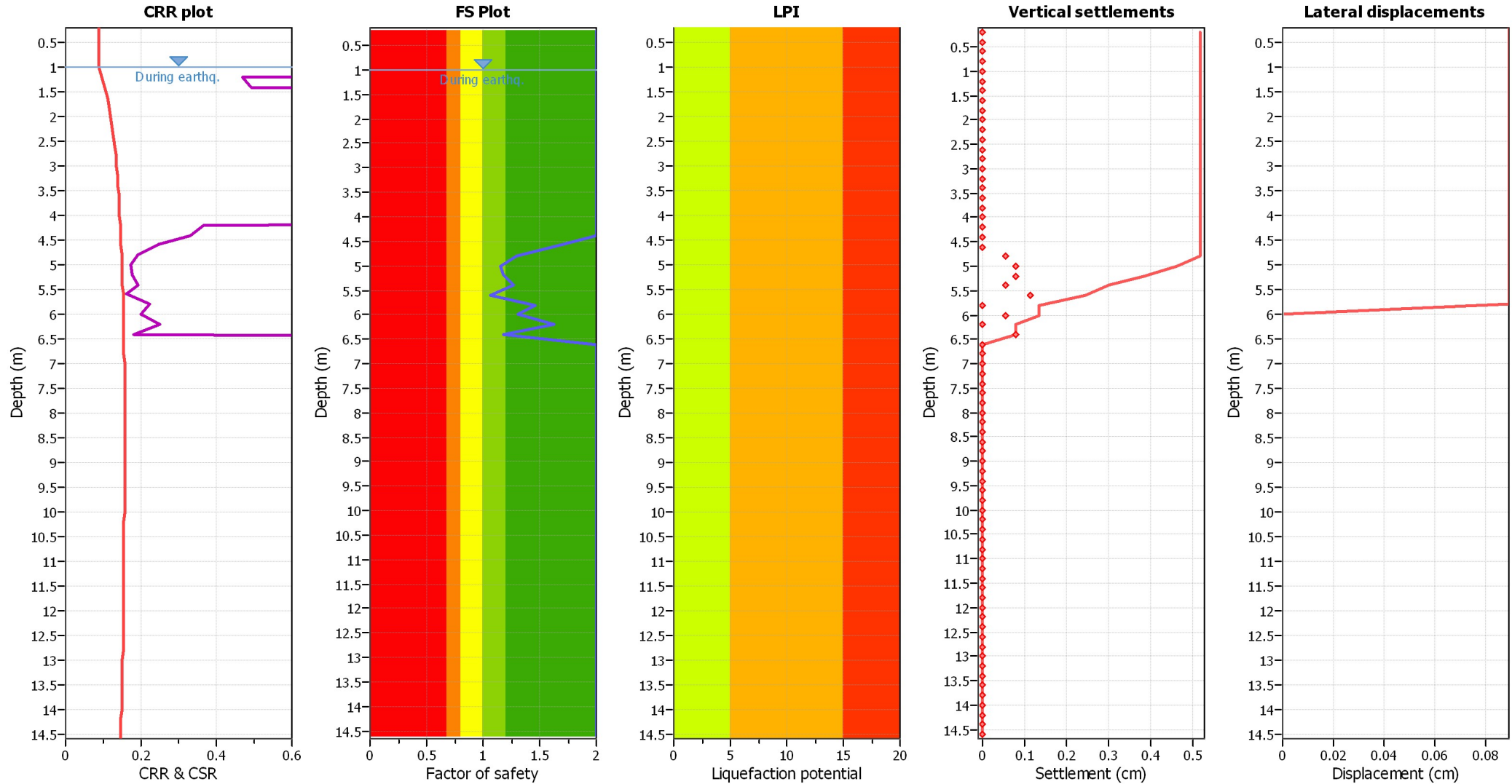
CPT file : CPT02

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	NCEER (1998)	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 :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	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 :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 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 Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	1.66	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	1.29	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	1.15	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	1.18	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	1.27	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	1.07	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	1.46	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	1.31	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	1.62	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	1.18	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00						

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

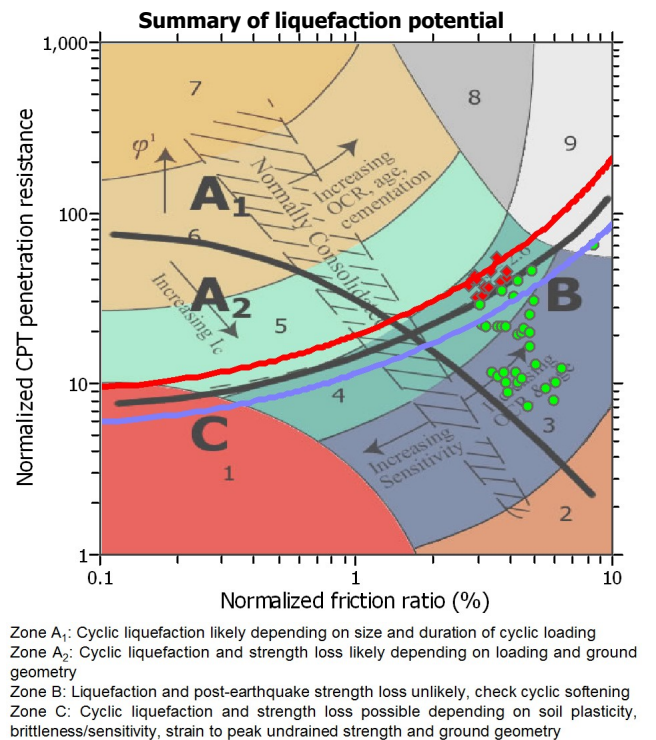
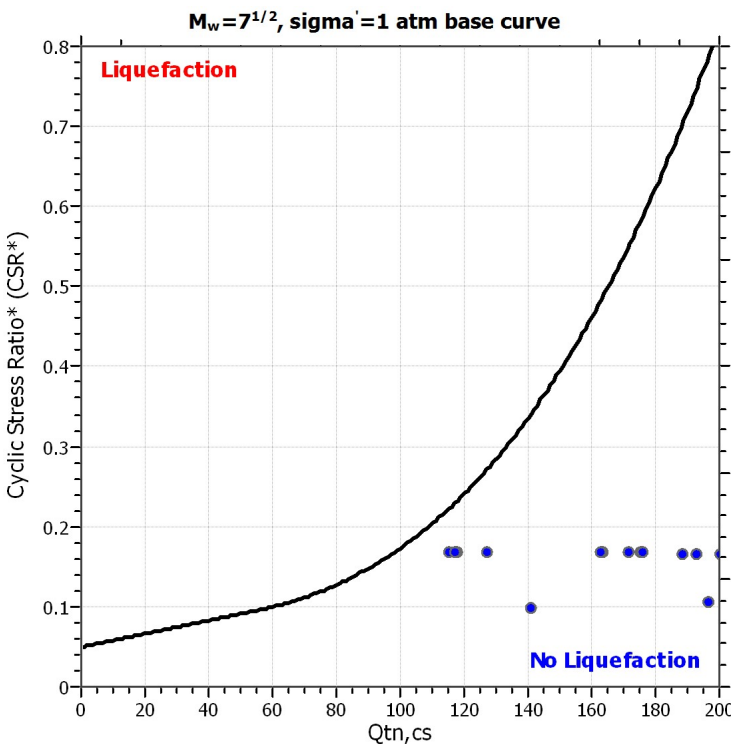
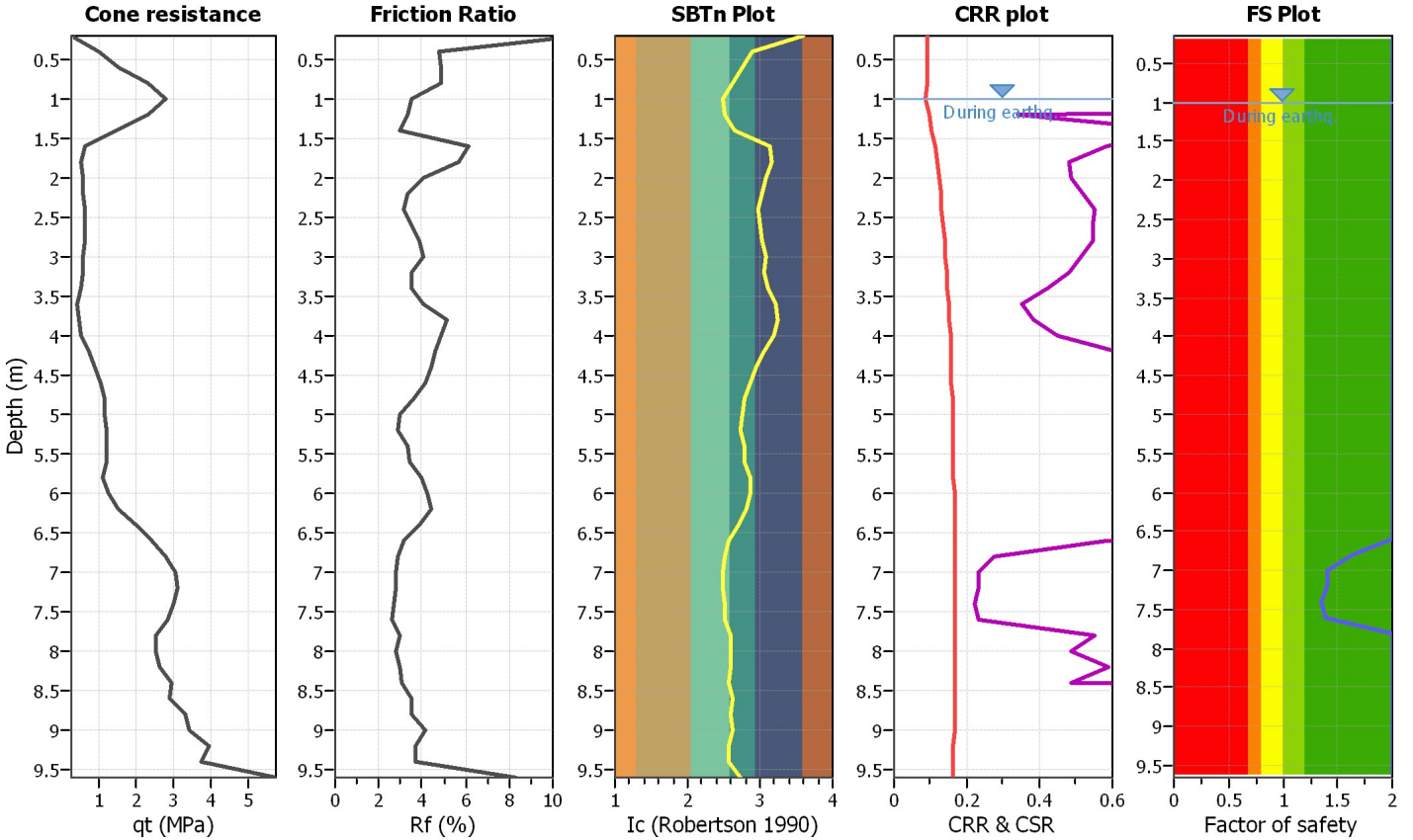
Project title :

Location :

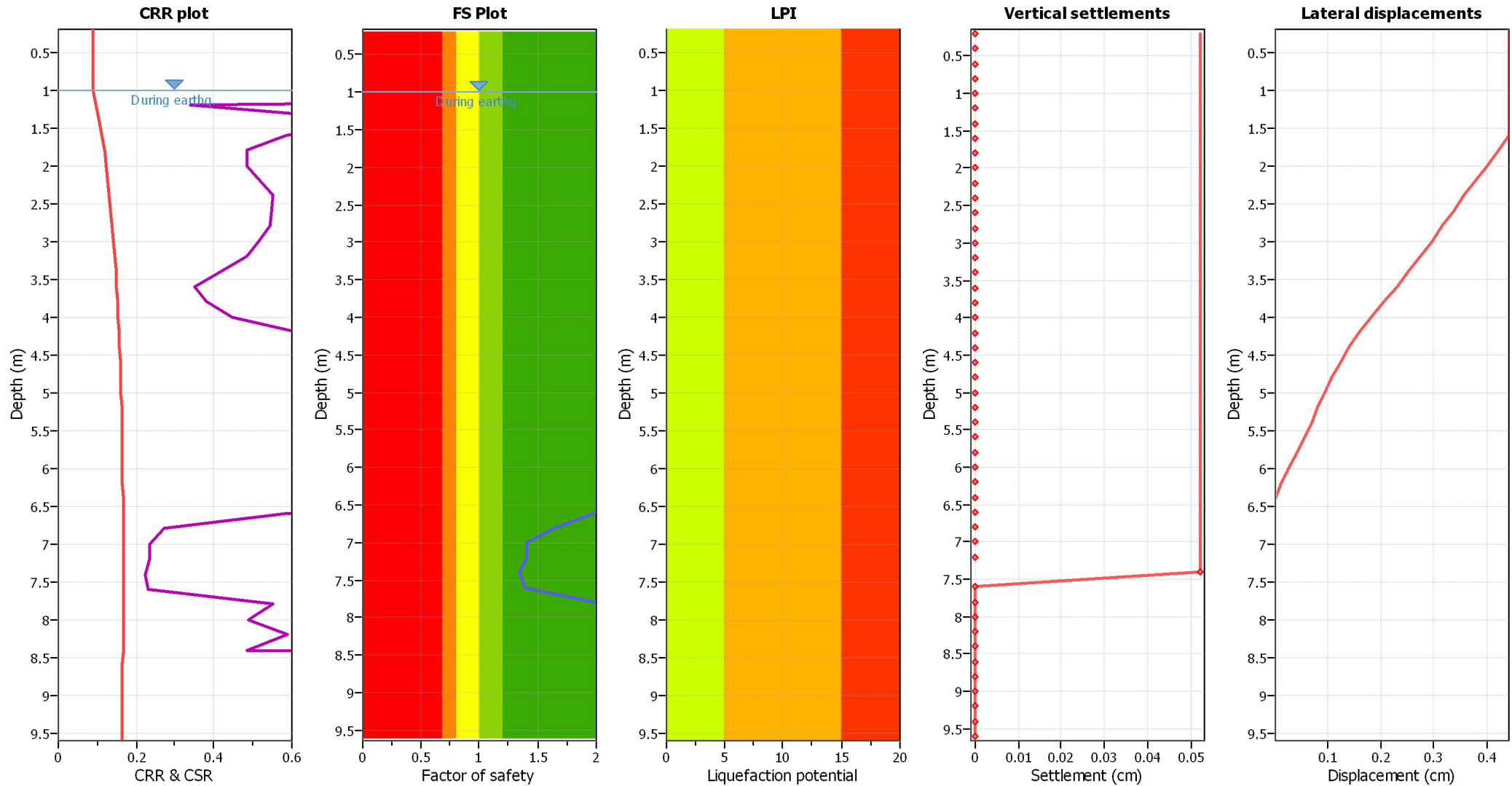
CPT file : CPT01

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 :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	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:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 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 Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	1.64	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	1.40	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	1.41	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	1.35	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	1.39	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point

F_L: 1 - FSw_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depthd_z: Layer thickness (m)

LPI: Liquefaction potential index value for test point

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

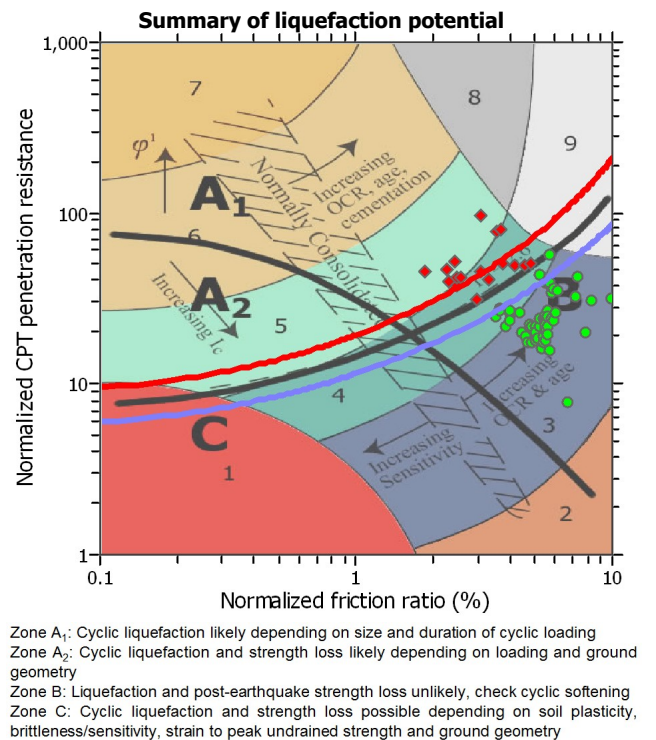
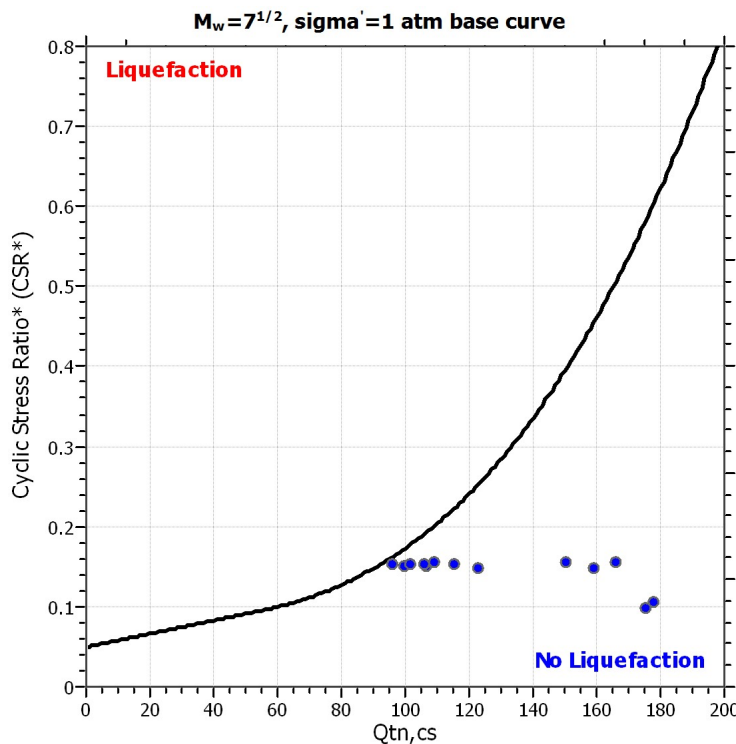
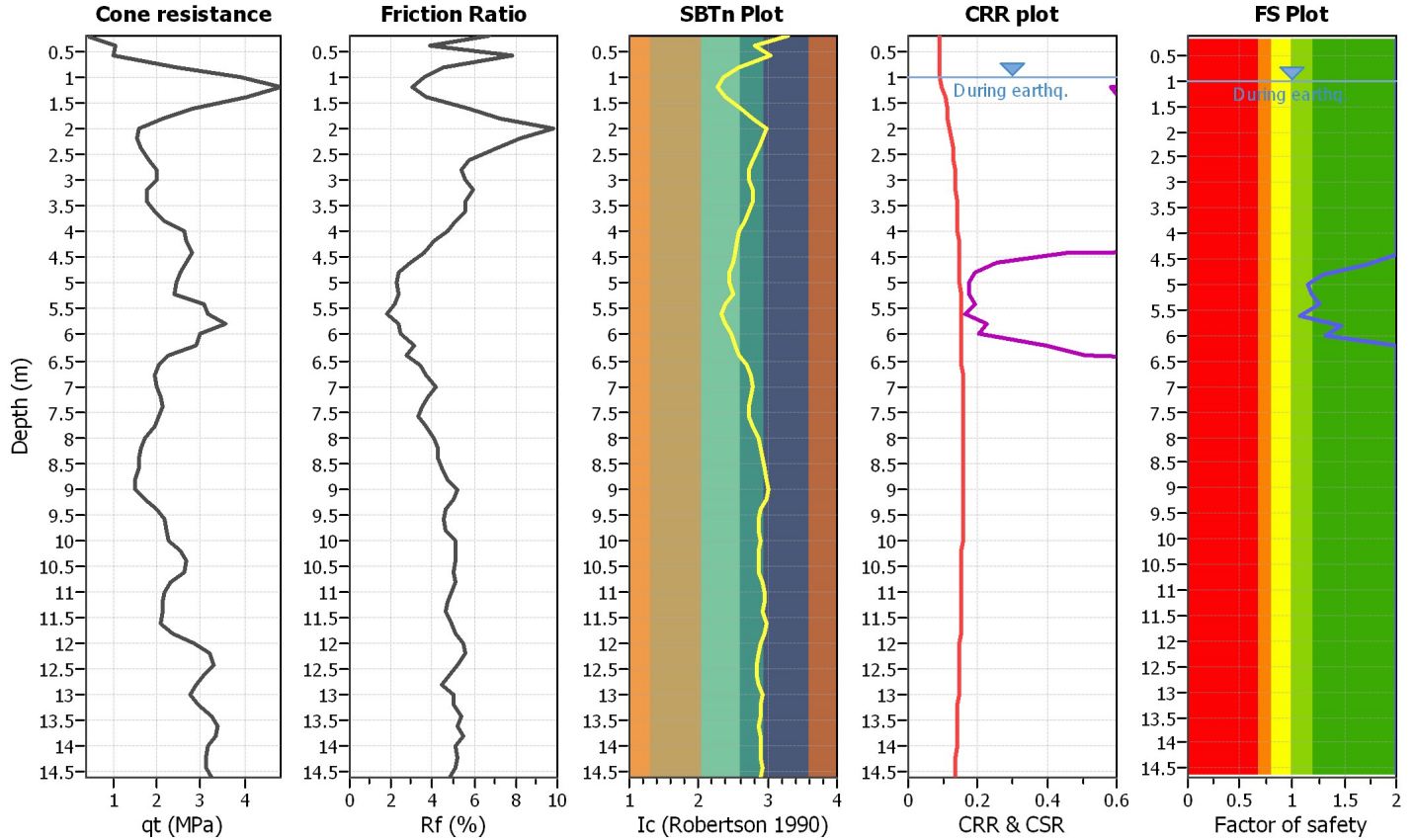
Project title :

Location :

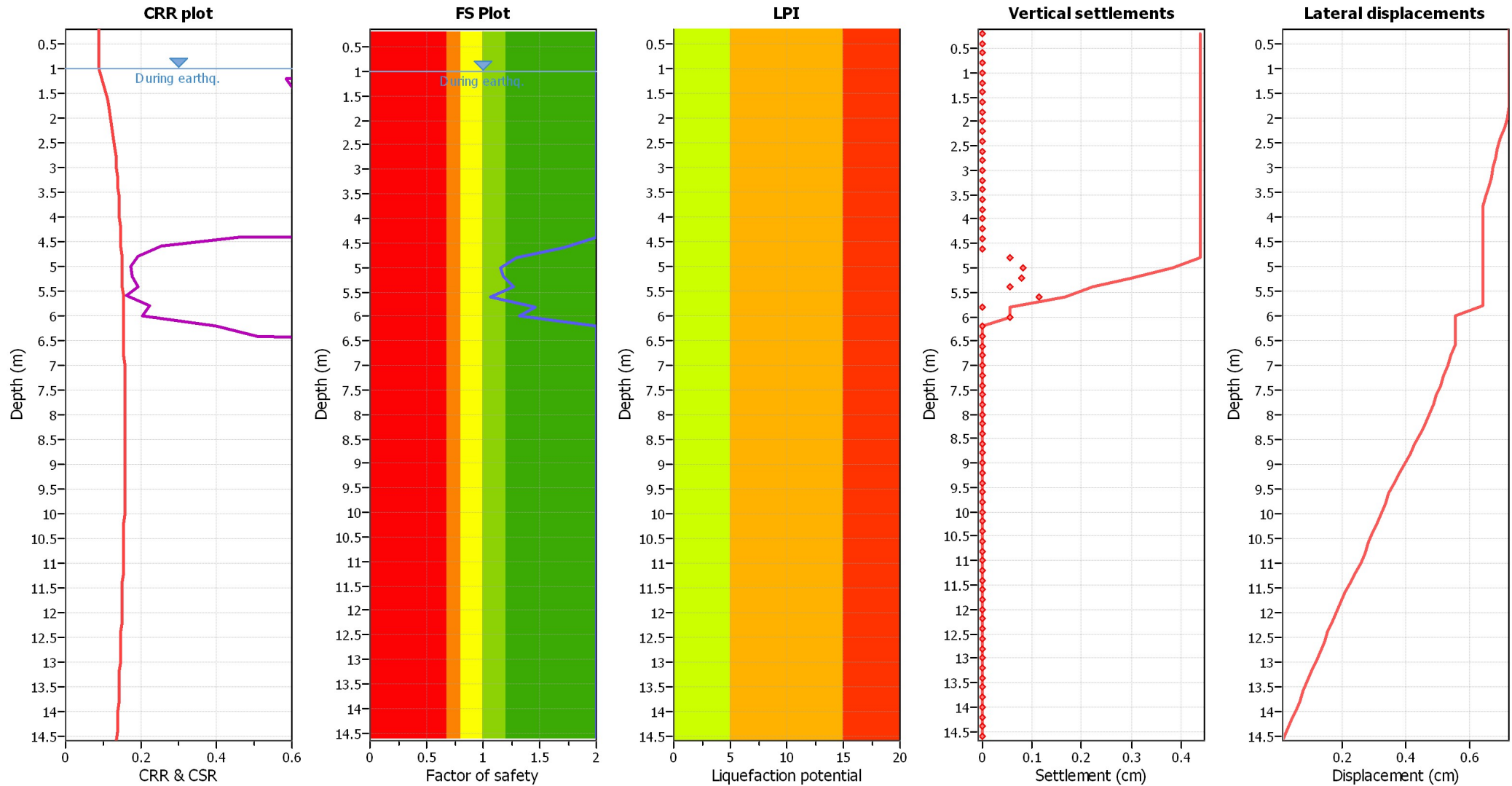
CPT file : CPT02

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 :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No		



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	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:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 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 Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	1.71	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	1.29	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	1.16	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	1.18	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	1.27	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	1.07	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	1.47	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	1.31	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00						

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point