



MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO

Relazione illustrativa Allegati

Regione Veneto

Comune di Moriago della Battaglia



Regione	Soggetto realizzatore	Data

1. PREMESSA	2
2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO	3
3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI	5
4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO	7
4.1. Premessa.....	7
4.2. Valutazione degli effetti litologici.....	8
4.3. Liquefazione.....	10
4.4. Faglie attive e capaci	14
5. SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI	15
5.1. Premessa.....	15
5.2. Proposta di prescrizioni normative.....	16
5.2.1. Modalità di applicazione degli approfondimenti	16
5.2.2. Zone suscettibili di instabilità per liquefazione	19
6. BIBLIOGRAFIA.....	20
7. ALLEGATI GRAFICI	23

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Moriago è stato redatto lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello nell'ambito del Piano degli Interventi in fase di realizzazione. Lo studio è stato predisposto ai sensi della DGR 1572/2013: *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)”* e dello specifico Allegato A): *“Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica”*.

Lo studio di II° livello fa riferimento allo studio di microzonazione di I° livello del Comune di Moriago (al quale si rimanda per tutte le informazioni di carattere generale e per quelle riguardanti le indagini raccolte e realizzate in quella sede) ed è stato redatto facendo riferimento alle seguenti direttive:

- *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile - Anno 2008.
- *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica”* Ver 4.0b Ottobre 2015 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

Lo studio di livello 2 si è inoltre articolato nelle seguenti fasi principali:

- Raccolta dati relativi a nuovi studi, perizie e rilievi geologici-geomorfologici-idrogeologici, indagini geognostiche e geofisiche nel territorio comunale;
- Analisi in chiave sismologica della cartografia geologica comunale relativa al P.A.T.;
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche;
- Sintesi di tutti i dati raccolti;
- Valutazione degli effetti litologici;
- Zone con possibili fenomeni di liquefazione;
- Elaborazione della cartografia e relativi commenti;

Inoltre, anche se non contemplate nell'allegato A) della DGRV 1572/13:

- Analisi delle faglie attive e capaci;

Infine, sulla base di quanto emerso dagli studi, sono state proposte delle prescrizioni normative, finalizzate alla riduzione del rischio sismico, in un territorio contraddistinto da una sismicità medio-elevata e nel quale l'assetto geologico-stratigrafico presenta delle situazioni predisponenti l'insorgere di amplificazioni del moto sismico o il possibile verificarsi di altri fenomeni sismoindotti.

2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO

Nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello sono state effettuate nuove indagini geofisiche ed è stato aggiornato l'elenco delle indagini pregresse rese nel frattempo disponibili dopo la realizzazione dello studio di primo livello.

Nella carta sono state inserite le indagini geofisiche (sia quelle realizzate ex novo sia quelle rese disponibili dopo lo studio di primo livello) e le indagini geognostiche di aggiornamento, mentre non sono state riportate le indagini (di tipo geognostico) raccolte ed inserite nella studio di Microzonazione di I° livello.

Il codice delle nuove indagini raccolte riparte comunque dalla numerazione precedente in modo tale da non creare sovrapposizioni e/o doppi codici che avrebbero creato difficoltà di interpretazione. Le valutazioni e le analisi eseguite nel presente studio hanno comunque tenuto conto anche delle indagini precedenti.

Sono state inoltre utilizzate a scopo di studio e correlazione anche alcune indagini geognostiche profonde che però non hanno avuto la liberatoria per la loro diffusione.

L'analisi delle indagini ha portato all'estrazione delle seguenti prove in sito; nella tabella sono riportati anche i codici identificativi e la tipologia di indagini secondo le specifiche previste dalle IMCS. *(Nelle tabelle sono riportate anche le indagini realizzate ex-novo descritte nei paragrafi successivi).*

Tabella 1: indagini di tipo puntuale

n.	Codice indagine	Tipo indagine
46	026048P46	HVSR
47	026048P47	HVSR
48	026048P48	HVSR
49	026048P49	HVSR
50	026048P50	HVSR
51	026048P51	HVSR
52	026048P52	HVSR
53	026048P53	HVSR
54	026048P54	HVSR
55	026048P55	HVSR
56	026048P56	HVSR
57	026048P57	HVSR
58	026048P58	HVSR
59	026048P59 (*)	HVSR
60	026048P60 (*)	HVSR
61	026048P61 (*)	HVSR
62	026048P62 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
63	026048P63 (*)	HVSR
64	026048P64 (*)	HVSR
65	026048P65	T
66	026048P66	HVSR
67	026048P67	HVSR
68	026048P68	HVSR
69	026048P69	CPT
70	026048P70	SD
71	026048P71	T
72	026048P72	T
73	026048P73	T
74	026048P74	T
75	026048P75	T
76	026048P76	SPT

Tabella 2: indagini di tipo lineare

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
1	026048L1	MASW
2	026048L2	MASW
3	026048L3	MASW
4	026048L4	MASW
5	026048L5	MASW
6	026048L6	MASW
7	026048L7	MASW
8	026048L8	MASW
9	026048L9	MASW
10	026048L10	MASW
11	026048L11	MASW
12	026048L12	MASW
13	026048L13 (*)	MASW
14	026048L14 (*)	MASW
15	026048L15 (*)	MASW
16	026048L16 (*)	MASW
17	026048L17 (*)	MASW
18	026048L18	FTAN

(*) Indagini eseguite ex novo per il presente studio

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- CPT Prova penetrometrica statica
- T Trincea
- SPT Prova penetrometrica dinamica
- SD Sondaggio a distruzione di nucleo
- HVSR Prova a microtremore a stazione singola
- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves
- FTAN Prova Frequency Time ANalysis

3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata predisposta indicando per ogni stazione di misura il valore di frequenza di risonanza misurato e definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza. A causa della variabilità dei valori misurati, non è stata prodotta una carta delle frequenze utilizzando delle campiture areali, che individuassero delle zone di isofrequenza.

La carta è comunque predisposta con le HVSR disponibili, che sono risultate 22 in totale, delle quali 19 realizzate nel corso del presente studio.

Le misure eseguite nel corso di questa indagine, sono state effettuate con un sismografo modello SR04S3 "Geobox" prodotto dalla Ditta SARA S.r.l.. Si tratta di un tromografo digitale avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0,1 a 100 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit). Lo strumento viene posizionato sul terreno orientandolo verso il Nord magnetico ed assicurandone la livellazione micrometrica tramite bolla di precisione, agendo sui tre punti di appoggio. Lo strumento è gestito da p.c. portatile per mezzo del software "Seismowin", fornito dalla ditta costruttrice. Le stazioni di misura hanno avuto una durata di registrazione pari a 20 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta pari a 200 Hz.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremiti "Geopsy" (Sesame Projet), in accordo con le direttive europee del progetto SESAME per il trattamento e l'elaborazione delle tecniche di analisi di rumore sismico a stazione singola. I segnali acquisiti sono stati suddivisi in finestre temporali di 30 s. Dal computo spettrale sono stati esclusi gli eventi transienti più evidenti, legati al rumore antropico.

Va ricordato che dai rapporti spettrali ricavati con questa metodologia non è possibile stabilire i fattori di amplificazione sismica, per la valutazione dei quali necessitano analisi più complesse.

Nella Tabella seguente, sono riportati i risultati di tutte le misure HVSR. In allegato compaiono i diagrammi delle misure eseguite nel presente studio.

Tabella 3: risultati delle misure HVSR

Codice stazione	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
026048P46	Via Brigata Mantova	0,45; 3-6,5	3; 2,2
026048P47	Via dei Zanin	0,58	3,1
026048P48	Via Alessandro Manzoni	2,5; 5	2,5
026048P49	Via Levade	0,45; 2,5-4,5	3; 2,3
026048P50	Via Caldritta	2,5-3,5	2,2
026048P51	Via S. Marco	0,65	2,6
026048P52	Strada delle Calliselle	0,50	3,4
026048P53	Via Monte Cesen	0,6	4,0

Codice stazione	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
026048P54	Strada delle Calliselle	0,5	2,5
026048P55	Strada del Sevunzin	0,45	5,5
026048P56	Via Vidor	0,6	3,5
026048P57	Piazza Albertini	0,4	5,50
026048P58	Via Faveri	0,5; 5,5	3,7; 2
026048P59	Via S. Marco	0,45; 2	3,6; 2
026048P60	Via Piave	0,4; 3,2	2,8; 3,5
026048P61	Via Piave	0,48; 2	2,5; 2,1
026048P62	Via Cal Longa	n.p.	
026048P63	Mosnigo, Via Chiesa	0,47; 5,4	5; 2,1
026048P64	Via Montello	2,6	2,3
026048P66	Via Alessandro Manzoni	2,5-3,5	2,5
026048P67	Via Alessandro Manzoni	n.p.	
026048P68	Via S. Rocco	1,8-3,8	2,7

L'esame della tabella e della carta delle frequenze permette di effettuare le seguenti considerazioni generali.

- a)** Ad eccezione della stazione di misura ubicata lungo Via Piave (P60), i diagrammi del rapporto H/V non evidenziano intensi picchi di risonanza nell'ambito delle frequenze di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz). Spesso si osservano picchi con ampiezza prossima a 2 nell'intervallo di frequenze comprese tra 2 e 6 Hz circa, i quali sono l'espressione del contatto tra litotipi caratterizzati da limitati contrasti di impedenza sismica: potrebbe trattarsi del passaggio da terreni ghiaioso-sabbiosi ben addensati a livelli conglomeratici o del contatto tra materiali sciolti a diverso grado di addensamento. Come accennato, solo nella stazione P60 è evidente un picco alla frequenza di 3,2 Hz con ampiezza pari a 3,5, generato dal contatto tra i terreni ghiaioso-sabbiosi ed il conglomerato; la stratigrafia dei pozzi limitrofi alla stazione di misura indica che tale contatto si situa a profondità di 50 m circa.
- b)** In molte stazioni di misura si osservano picchi di risonanza a frequenze molto basse, comprese tra 0,4 e 0,6 Hz, caratterizzati da ampiezze variabili tra 2,5 e 5,5. Questi picchi, che si pongono su frequenze al limite della sensibilità strumentale, sono espressione di un contrasto di impedenza posto a profondità rilevante, probabilmente maggiore di 200 m. In assenza di informazioni litostratigrafiche "profonde" non si è in grado di stabilire una correlazione tra questo picco e la successione stratigrafica locale, poiché potrebbe trattarsi del contatto tra la copertura quaternaria ed il substrato lapideo o di variazioni litologiche all'interno del substrato lapideo.

4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO

4.1. Premessa

Lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello del Comune di Moriago è stato redatto sulla base della DGR 1572/2013.

Oltre alle indicazioni previste dall'allegato A) della DGR 1572/13, sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di II° livello.

Nella tabella seguente (ripresa dalla fig. 2 dell'allegato A della Delibera) viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale e le procedure applicate nel presente studio.

Tabella 4: procedure di microzonazione sismica

<i>SIGLA</i>	<i>Scenario di pericolosità</i>	<i>Presenza nel territorio</i>	<i>Procedura utilizzata</i>
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	NO	Non presenti nel territorio comunale
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	NO	Non presenti nel territorio comunale
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	NO	Non presenti nel territorio comunale
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NO	Terreni presenti ma esterni alle zone urbanizzate
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI	Eseguite le verifiche a liquefazione su 5 verticali
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)	NO	Non presenti nel territorio comunale
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	NO	Non presenti nel territorio comunale
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Calcolati i valori di Fa ed Fv
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0.25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO	Non presenti nel territorio comunale
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Non presenti nel territorio comunale
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NO	Non presenti nel territorio comunale
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

Nella carta della Microzonazione Sismica di II° livello, alcuni dei temi descritti nei paragrafi seguenti sono stati accorpati per consentire una più facile lettura della carta stessa. Infine per le faglie attive e capaci è stata inserita unicamente la traccia di una discontinuità descritta al capitolo 4.4.

4.2. Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente indica che, per la microzonazione di 2° livello, si deve fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica FA ed FV così definiti

- a) **FA** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)
- b) **FV** : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di FA ed FV è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante (V_{SH}) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per i territori considerati nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo.

Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Moriago sono stati sempre utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g.

La stima dei Fattori di amplificazione litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di V_s ricavati dalle prove MASW, le quali hanno portato a definire la velocità media delle onde di taglio della copertura. Relativamente alle caratteristiche del substrato sismico e, in particolare, la sua profondità, è stato fatto riferimento, ove possibile, ai risultati ottenuti dalle misure HVSR.

Per quanto riguarda la litologia, gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille. Nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi, è stato sempre fatto riferimento all'abaco relativo ai terreni ghiaiosi.

Infine, nel caso di dati di ingresso della Vs e della profondità del substrato, non ben classificabili nell'ambito della griglia prevista dal DPC, sono stati scelti approcci conservativi che privilegiavano il dato che determinava un FA più elevato, senza utilizzare i metodi classici di interpolazione che, a nostro parere, hanno scarsa importanza nel caso specifico, vista la elevata variabilità litostratigrafica non ben rappresentata dalle classificazioni proposte.

Tabella 5: Valori di FA e FV ricavati dagli abachi

Codice Profilo MASW	Località	FA	FV
026048L1	Via Brigata Mantova	2,00	1,48
026048L2	Via dei Zanin	2,00	1,48
026048L3	Via Alessandro Manzoni	2,43	1,93
026048L4	Via Levade	2,02	1,61
026048L5	Via Caldritta	2,02	1,61
026048L6	Via S. Marco		
026048L7	Strada delle Calliselle		
026048L8	Via Monte Cesen		
026048L9	Strada delle Calliselle		
026048L10	Strada del Sevunzin		
026048L11	Via Vidor		
026048L12	Via Faveri		
026048L13	Via Piave	1,88	1,21
026048L14	Via Montello	1,62	1,14
026048L15	Via Cal Longa	1,54	1,20
026048L16	Via S. Marco	1,91	1,94
026048L17	Mosnigo, Via Chiesa		
026048L18	Via Alessandro Manzoni	2,43	1,93

L'analisi della tabella e della carta di microzonazione sismica, nella quale il territorio è stato suddiviso in classi con valori di FA crescente, consente di fare le seguenti considerazioni.

- I valori di FA variano da un minimo di 1,54 ad un massimo di 2,43.
- I valori di FA relativamente più bassi, compresi tra 1,5 e 2, sono stati misurati in corrispondenza del territorio situato tra i centri abitati di Moriago e Mosnigo.
- I valori di FA più elevati ($FA > 2$) si registrano nel settore orientale del Comune, in corrispondenza del centro abitato di Moriago.
- I valori di FV sono compresi tra 1,14 e 1,94.
- L'area con $FA > 2$ definita in corrispondenza della frazione sud-orientale del Comune (Case Vergerio) è stata enucleata non sulla base di indagini specifiche ma con valutazioni geologiche e stratigrafiche per correlazione con le caratteristiche del centro urbano di Moriago.
- Per quanto riguarda il settore occidentale del Comune, l'analisi delle misure MASW e HVSR, oltre all'assenza di dati stratigrafici sufficientemente profondi, non hanno consentito di determinare con sufficiente attendibilità i valori di FA ed FV. In particolare, i diagrammi del rapporto H/V non mostrano evidenti picchi di risonanza nel range delle frequenze di interesse ingegneristico: tale situazione se da una parte non consente di identificare la profondità del bedrock sismico, dall'altra è espressione dell'assenza di importanti contrasti di impedenza acustica nel sottosuolo. I picchi di risonanza con ampiezza significativa, si situano a frequenze molto basse e quindi si riferiscono a contatti litologici molto profondi.

4.3. Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni stratigrafiche specifiche; esso consiste nel quasi totale annullamento della resistenza al taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma viene prodotta nel terreno una serie di cicli tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di venti metri da piano campagna.

La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma, può essere esclusa quando si verifichino almeno uno delle seguenti circostanze (estratto da Allegato A) Dgrv 1572/13).

- Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g ;

- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa ;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura (Figura 1) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$.

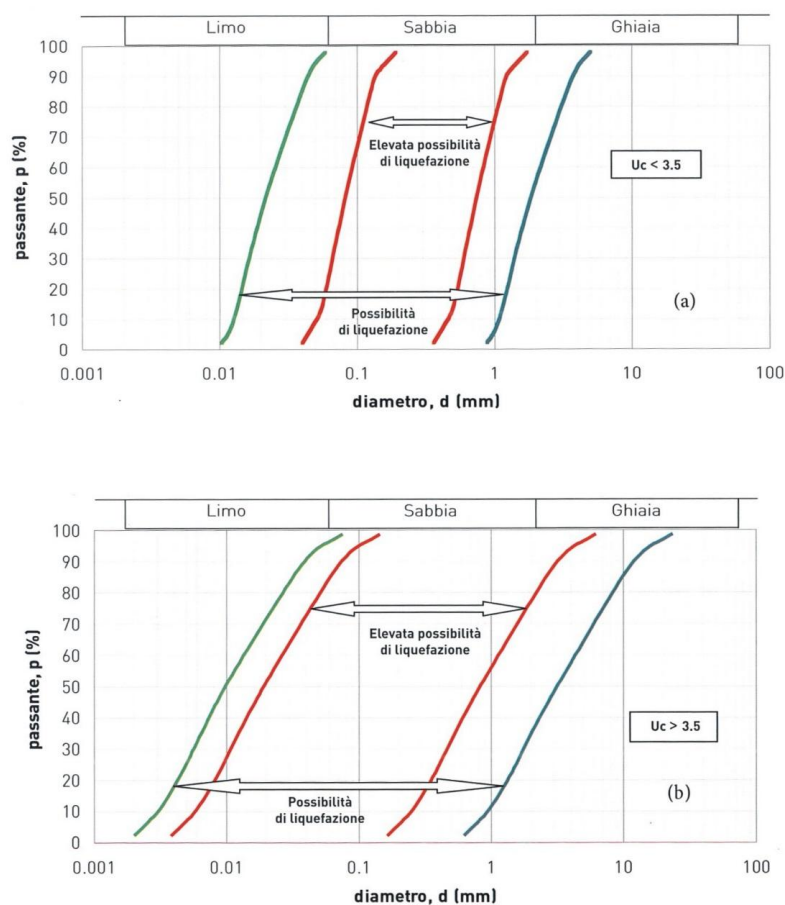


Figura 1: Fusi granulometrici per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno (estratto da ICMS - 2008).

Poiché alcune delle condizioni espresse non potevano essere escluse, soprattutto nella zona settentrionale del Comune, si sono utilizzati i dati disponibili per effettuare delle verifiche alla liquefazione, utilizzando software specifici di modellizzazione e calcolo, che permettessero di inserire i dati geognostici raccolti e valutare il coefficiente di sicurezza e il potenziale di liquefazione.

In questa zona, le condizioni litostratigrafiche locali, la posizione della superficie freatica e la possibile presenza di determinati termini granulometrici, rende la colonna di sedimenti potenzialmente liquefacibile anche se, in mancanza di dati geotecnici specifici, risulta difficoltosa la valutazione precisa di tale fenomeno.

Per l'elaborazione dei dati derivanti da prove penetrometriche statiche (CPT) è stato usato il programma **CLiq v.1.7.6.49** fornito dalla ditta Geologismiki Geotechnical Engineers – Serrai (Grecia), il quale, per la valutazione dei livelli potenzialmente liquefacibili, si basa soprattutto sul metodo proposto da Robertson e Wride (1998). Partendo dai dati desunti dalla CPT, quali la resistenza di punta q_c e la resistenza laterale f_s , si perviene alla definizione dei tipi di suoli attraversati calcolando uno specifico indice (I_c). Quindi, a seguito di ulteriori elaborazioni, si calcola la capacità del terreno a resistere alla liquefazione (CRR_M) a partire dalla definizione della resistenza a liquefazione per un terremoto di magnitudo 7,5 ($CRR_{7,5}$) e alla valutazione del fattore di correzione della Magnitudo MSF.

Per tutti i calcoli eseguiti relativamente al territorio in esame è stata usata la Magnitudo $M = 6,6$ corrispondente alla zona sismica 905 (Zonazione ZS9 a cura di C. Meletti e G. Valensise - 2004).

Il fattore di sicurezza a liquefazione **Fs** è definito come rapporto tra capacità di resistenza a liquefazione e la domanda richiesta per il sito in esame:

$$F_{s_{liq}} = CRR / CSR$$

Nella valutazione della CSR è stato utilizzato il parametro $a_{max} = a_g \times (S_T \times S_S)$, dove a_g è l'accelerazione di riferimento per il comune di Moriago: per un tempo di ritorno di 475 anni (corrispondente alla accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con $V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) a_g è pari a 0,236 g. S_T è il coefficiente di amplificazione topografico ed S_S è il coefficiente di amplificazione dipendente dalla categoria di sottosuolo.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio di fa riferimento al **potenziale di liquefazione (PL)** che esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione di uno strato nei confronti dell'evento sismico atteso ed è funzione del fattore di sicurezza e della profondità dello strato (maggiore è la profondità e minori sono gli effetti della liquefazione in superficie)

$$PL = F(z) W(z)$$

In cui:

z è la profondità dal p.c.

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

$$F(z) = 1 - F_s \text{ se } F_s < 1; \quad F(z) = 0 \text{ se } F_s \geq 1 \text{ (con } F_s = \text{fattore di sicurezza a liquefazione).}$$

Per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, viene introdotto l'**indice del potenziale di liquefazione I_L o LPI** (Iwasaki, 1978)

$$IL(x, y) = \int_0^{20} F(x, y, z) W(x, y, z) dz$$

Dai valori risultanti di I_L si può stimare il rischio a liquefazione così come segue (paragrafo 3.2.5 Allegato A DGRV 1572/2013):

$0 < I_L < 2$ Rischio di liquefazione basso

$2 < I_L < 5$ Rischio di liquefazione moderato

$5 < I_L < 15$ Rischio di liquefazione alto

$I_L > 15$ Rischio di liquefazione molto alto

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche è stata fatta usando il programma **Lan v. 10.0** fornito dalla Aztec Informatica di Casole Bruzio (CS). In questo caso la metodologia utilizzata è quella proposta da Seed ed Al. (1985), dove la determinazione della capacità di resistenza alla liquefazione CRR è calcolata a partire dal numero di colpi risultanti dalla prova SPT o dalla prova penetrometrica dinamica opportunamente corretti. La determinazione del fattore di sicurezza è sempre desunta dal rapporto tra CRR e CSR.

Di seguito, si riportano i risultati ottenuti in coincidenza delle prove esaminate, dove è stato possibile procedere con la verifica alla liquefazione essendo disponibili i valori di resistenza desunti da prove penetrometriche, come richiesto dal software di elaborazione.

I risultati delle elaborazioni sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 6: verifiche dell'Indice di potenziale liquefazione

Prova	Località	I_L
Prova penetrometrica statica P33	Via Roma	1,5
Prova penetrometrica statica P69	Via Montegrappa	0
Prova penetrometrica dinamica P40	Via Todovertò (Palù)	18,3
Prova penetrometrica dinamica P42	Via Aldo Moro (Palù)	2,5
Prova penetrometrica dinamica P76	Via degli Alpini (Campo sportivo)	14,7

Come si vede, i dati sono variabili in funzione della stratigrafia del terreno; sulla base del valore del potenziale di liquefazione, il rischio varia da basso a molto alto. A commento della tabella si può dire che:

- I valori più bassi del potenziale di liquefazione sono stati ottenuti nella zona del centro abitato di Moriago e poco a Nord di Via Aldo Moro.
- I valori elevati di I_L si riferiscono a prove ubicate a Nord del centro abitato, cioè nella zona dei Palù, dove è presente una coltre superficiale di terreni a granulometria fine avente spessore di alcuni metri. A tale proposito va segnalato che le elaborazioni sono state fatte solo sulla

base di prove penetrometriche dinamiche, le quali non consentono una sicura caratterizzazione del terreno, per cui alcuni valori del coefficiente di sicurezza potrebbero riferirsi a strati di natura coesiva, poco liquefacibili.

- Oltre ai dati soprariportati si ritiene di segnalare anche l'area investigata con il profilo MASW L17, in Via Chiesa a Mosnigo, dove si sono misurati bassi valori della velocità delle onde di taglio ($V_s = 200$ m/s) fino alla profondità di circa 9 m dal p.c.: tali valori potrebbero riferirsi a terreni limoso sabbiosi o sabbiosi potenzialmente liquefacibili.

4.4. *Faglie attive e capaci*

Nella cartografia relativa alla MS di I° livello e nella Carta di Microzonazione Sismica di 2° livello è stata cartografata, all'interno del territorio comunale di Moriago della Battaglia, una faglia attiva e capace ricavata dal database relativo al progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) consultabile sul sito internet dell'ISPRA e dalle pubblicazioni citate in bibliografia. La faglia in questione è definita come:

- Faglia "*Quartiere del Piave*" (cod. 72900);

Questo elemento tettonico viene descritto come uno "Stretto fascio di faglie dirette che determinano una gradinata sul fianco settentrionale dell'anticlinale del Montello" con direzione WSW-ENE e nascosto dai sedimenti quaternari di copertura.

Per questa faglia non si sono avuti riscontri nella documentazione e nella cartografia geologica locale, che consentissero un posizionamento più preciso rispetto alle indicazioni ricavabili dal catalogo ITHACA. La localizzazione precisa di queste lineazioni tettoniche è però problematica, sia per la scala di lavoro degli studi scientifici, sia perché nel territorio comunale, sono presenti importanti coperture quaternarie: tali motivi hanno suggerito di non associare una fascia di attenzione per faglie attive e capaci a questa lineazione, poichè andrebbe a vincolare un territorio la cui delimitazione risulterebbe molto approssimativa..

Nella consapevolezza dell'importanza e della significatività di questo sistema di faglie, si ritiene che il posizionamento e/o la delimitazione più precisa della fascia di attenzione, sia da eseguire in sede di approfondimenti successivi, quando saranno più chiare le geometrie e le condizioni cinematiche delle discontinuità e soprattutto le eventuali ripercussioni in superficie in caso di sisma.

5. SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI

5.1. Premessa

La D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013 *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)”* stabilisce che per definire la carta di microzonazione sismica, il territorio comunale sia mappato secondo la seguenti tipologie:

aree “stabili”, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

aree “stabili suscettibili di amplificazioni sismiche”, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

aree “suscettibili di instabilità”, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nell'Allegato A) alla DGRV n. 1572/2013 *“Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica”* sono specificate più in dettaglio queste tre categorie.

Le risultanze dello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello, hanno permesso di stabilire che nell'ambito del territorio comunale non esistono aree classificate come Aree *“stabili”*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo.

Sulla base dello studio di Microzonazione Sismica di 2° livello, delle indagini pregresse recuperate presso il Comune e delle nuove indagini geofisiche si è potuto suddividere il territorio comunale, in aree con Fattori di amplificazione diversificati in relazione alle condizioni morfologiche, litostratigrafiche e geofisiche.

Relativamente alle aree di instabilità per azione sismica, sono state prese in esame le zone suscettibili di instabilità per liquefazione dei terreni, che erano state identificate nel corso dello studio di livello 1. Si tratta di aree poste nel settore settentrionale del comune (zona dei Palù), dove sono presenti livelli limoso sabbiosi e sabbioso limosi caratterizzati da scadenti proprietà geotecniche; inoltre, la superficie della falda si situa a profondità di pochi metri dal piano campagna.

Infine, alcuni settori del territorio comunale sono interessati dal tracciato di faglie attive e capaci.

5.2. Proposta di prescrizioni normative

Nel territorio oggetto del presente studio tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ristrutturazioni e opere infrastrutturali dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14.01.2008 e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

In considerazione delle caratteristiche sismiche e geologiche del Comune di Moriago, contraddistinto da condizioni litostratigrafiche predisponenti l'amplificazione e dal rischio potenziale di sismi di magnitudo medio-elevata (il comune è classificato in classe 2), si è ritenuto opportuno definire il grado di approfondimento delle indagini sismiche da effettuare in sede di progetto, sia in base alla tipologia di terreno interessato, sia facendo riferimento alla classificazione degli edifici prevista dalle N.T.C. ed alla normativa regionale inerente gli edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso.

Tale scelta deriva dall'analisi delle condizioni locali, dalle quali appare evidente una significativa variabilità delle condizioni litostratigrafiche che devono, di conseguenza, essere verificate e confermate in fase di progetto.

La microzonazione riportata in cartografia, basata sui Fattori di amplificazione elaborati con abachi e metodi semplificati, deve essere quindi utilizzata come approccio per inquadrare la possibile risposta sismica locale e per progettare la tipologia di indagini necessarie in sede esecutiva.

La scelta della tipologia e metodologia di indagine dovrà quindi essere commisurata all'importanza dell'opera e, in ogni caso, dovrà essere adeguatamente motivata.

Sulla base delle considerazioni esposte in precedenza, vista anche la classificazione sismica del Comune di Moriago, si stabiliscono diversi gradi di approfondimento dello studio sismico.

5.2.1. Modalità di applicazione degli approfondimenti

Il D.M. 14.01.2008, al paragrafo 2.4.2 "*Classi d'uso*", in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso definite in base alla frequentazione, alla funzione, alle attività e all'utilizzo. Su tutto il territorio comunale dovranno essere effettuate le indagini e gli studi indicati di seguito.

- **Classe I:** *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.* Per queste costruzioni, in funzione dell'ubicazione e della tipologia, potranno essere utilizzati i dati e le informazioni sismiche contenuti nel presente studio, oppure eseguite indagini come illustrato per gli edifici in classe II.

- **Classe II:** *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Per queste costruzioni si prevede l'esame dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio e, quindi, l'applicazione di metodi semplificati per valutare l'amplificazione sismica locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 14.01.2008 al paragrafo 3.2.2 *“ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, bisogna valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel paragrafo 7.11.3, in assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (tabelle 3.2.II e 3.2.III).”* Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso la determinazione della velocità equivalente V_{s30} ; a questo proposito la normativa poco dopo recita: ***“La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata”***. Pertanto, la determinazione della velocità delle onde di taglio V_s , dovrà essere fatta utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole, cono sismico) o in superficie (MASW, Re.Mi., ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile abbinare l'uso di tecniche attive e passive.

Abbinare alle determinazioni di V_s si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le acquisizioni e le elaborazioni di queste misure seguiranno le linee guida del Progetto SESAME.

Per questa categoria di edifici, particolare attenzione dovrà essere posta nell'analizzare le situazioni ricadenti nelle zone caratterizzate da valori di **FA > 2**, poiché l'assetto litostratigrafico del sottosuolo, può generare amplificazioni sismiche rilevanti. Qualora l'opera in progetto sia strutturalmente rilevante, si consiglia di procedere, anche in questo caso, con l'analisi di Risposta Sismica Locale mediante modellazione numerica.

- **Classe III:** *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- **Classe IV:** *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando*

appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per le costruzioni ricadenti nelle classi III e IV si prevede l'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) come indicato al paragrafo 7.11.3 del DM 14.01.2008 **Risposta sismica e stabilità del sito:** *“per categorie speciali di sottosuolo (tabella 3.2.III), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove”*. Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quanto indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 14.01.2008, al quale si rimanda. In questa sede, oltre a quanto previsto dalla normativa, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- esecuzione di sondaggi geognostici per la definizione della successione sismostratigrafica e delle diverse “unità” geotecniche.
- prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il “bedrock sismico”.
- Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidezza e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

La relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

Le analisi di Risposta Sismica Locale si dovranno applicare anche agli edifici e opere elencati nella DGRV n. 3645 del 28 novembre 2003, Allegati A e B e nel Decreto del capo della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso).

Riguardo alla Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, le modalità di applicazione descritte in precedenza, dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili.

Nelle zone in cui non è stato possibile determinare i valori di FA ed FV sia all'interno delle zone urbanizzate, sia in altre zone (aree non campite nella Carta di Microzonazione Sismica) valgono le medesime norme sopraesposte.

5.2.2. Zone suscettibili di instabilità per liquefazione

Gli studi di Microzonazione Sismica eseguiti nel territorio comunale hanno portato a riconoscere che nella fascia settentrionale del Comune, potenzialmente, può instaurarsi il fenomeno della liquefazione dei terreni in caso di sisma. La valutazione del rischio di liquefazione, è stata analizzata secondo le modalità illustrate nel paragrafo 4.3, all'interno del quale sono anche illustrati i risultati ottenuti dalle varie verifiche. Nell'Allegato sono riportati gli elaborati relativi ai punti di indagine, dove i dati geotecnici disponibili hanno consentito di fare le verifiche.

Relativamente ai settori settentrionale e meridionale del Comune, le caratteristiche dei terreni presenti, portano a valutare poco probabile la possibilità che si verifichi questo fenomeno. Nel settore settentrionale, le verifiche hanno portato a stimare un rischio di liquefazione da moderato (prova P42) a molto alto (P40 e P76). Nel paragrafo 4.4, sono state fatte anche delle considerazioni sull'incertezza delle elaborazioni, che si basano solo sulle risultanze di prove penetrometriche.

Alla luce dei risultati ottenuti e considerando la variabilità laterale e verticale dei terreni che compongono il sottosuolo del Comune, si ricorda che, secondo le N.T.C. del 2008, la verifica a liquefazione va sempre fatta. Per quanto riguarda il territorio di Moriago, particolare attenzione dovrà essere riservata agli interventi di qualsiasi tipo che ricadano all'interno delle "Zone suscettibili di instabilità per liquefazione": dovranno quindi essere effettuate le indagini e verifiche, finalizzate a calcolare il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione in condizioni sismiche e valutati i cedimenti indotti, come indicato nel DM 14.01.2008. In questo decreto, a proposito della stabilità nei confronti della liquefazione, il paragrafo 7.11.3.4.3 recita: *"Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista."*

Nell'eventualità che le verifiche eseguite con metodi semplificati portino a determinare un rischio di liquefazione elevato, le analisi dovranno essere condotte con procedure di livello 3. In ogni caso, la relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

6. BIBLIOGRAFIA

- Albini, Migliavacca, Moroni (2003): Studio di alcuni terremoti di intensità epicentrale moderata in Italia settentrionale. INGV, Milano
- Burrato, Poli, Vannoli 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence.
- Castaldini D., Panizza M.; 1991: Inventario delle faglie attive tra i Fiumi Po e Piave e il lago di Como. Il Quaternario 4(2), 33-410.
- Castellarin A. (a cura di); 1981. Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000). Pubblicazione n. 441, P.F.G. (S.P. 5) C.N.R.
- Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L. (2005): Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata veloce ed economica. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 76-102.
- Ciulli V.; 2013: Geomorfologia del Quartier del Piave – Settore Occidentale (Provincia di Treviso). Tesi di Laurea della Facoltà di Scienze dell'Università degli Studi di Padova
- CPTI Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani INGV, Roma
- Dal Moro G. (2012): Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. Flaccovio
- DISS 3.2.0, Database of Individual Seismogenetic Sources, INGV, Roma: <http://diss.rm.ingv.it/diss>
- Galadini F., Meletti C. and Vittori E.; 2001: Major active faults in Italy: available surficial data. *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273-296.
- Galadini F., Poli M. E. and Zanferrari A.; 2005: Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.
- Galli P. e Meloni F. (1993): Nuovo catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia. *Il Quaternario* 6 (2), 271-292.
- Galli P. (2000): New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics* 324, 168-187.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G.. CFTI Catalogo dei Forti terremoti in Italia 461 B.C. – 1997
- Ibs Von Seht M., Wohlenberg J. (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.* 89, pp. 250-259.
- Iliceto V., Peruzza L., Rovelli A., Slejko D. (2002): La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 15-36.
- Iliceto V., Boaga J. (2005): Deterministic earthquake scenarios and site effects estimation for S. Michele al Tagliamento (VE)-Italy. *Proc. of the 5th Forum Nazionale di Scienze della Terra, Geoitalia 2005*, 20-23 sept. 2005, Spoleto.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Influenza delle geostrutture nella valutazione degli effetti sismici di sito: il caso della Val d'Adige. Atti del Workshop di Geofisica: "La Geofisica a servizio dell'ambiente e dei beni culturali, con attenzione alle problematiche in ambito montano", Rovereto (TN), 9-12-2005.

ITACA Banca Dati Accelerometrica Italiana, INGV, Milano: <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet>

Konno K., Omachi T. (1998): Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. Bull. Seism. Soc. Am. 88, pp. 228-241.

Lachet C, Bard P.-Y. (1994): Numerical and Theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique. J. Phys. Earth 42, pp. 377-397.

Meletti C., Valensise G.: Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Marzo 2004

Molin D., Stucchi M. e Valensise G.: Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani. GNDT. ING, SSN – 1996

Nakamura Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. Quarterly Rept. RTRI, Japan 33, pp. 25-33.

Nogoshi M., Igarashi T. (1970): On the propagation characteristics of the microtremors. J. Seism. Soc. Japan 24, pp. 24-40.

NT4.1 Catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, INGV, Milano

OGS-Edison Stoccaggio S.p.A.(2015): Relazione annuale sulla Rete di rilevamento sismico finalizzata al monitoraggio della sismicità naturale e microsismicità indotta preso la concessione di stoccaggio gas metano denominata "Collalto Stoccaggio" (TV); <http://rete-collalto.crs.inogs.it/it/content/relazioni>.

OMBRA Project Group, (2011) OMBRA: Observing Montello Broad Activity-Deployment of a temporary seismic network to study the deformation process across Montello fault (Eastern Alps), RT180, <http://ombra.bo.ingv.it/>

Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E. & Sorbini L. (1981): Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda ed il Monte Grappa; Rend. Soc. Geol. It., 3, 587-603.

Pellegrini G.B. e Zanferrari A. (1980). Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei fogli 23-Belluno, 22-Feltre (p.p.) e 24-Maniago (p.p.). C.N.R. Prog. Final. "Geodinamica": contributi alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia, Pubbl. 356, pp. 459-496.

Peruzza L., Poli M.E., Rebez A., Renner G., Rogledi S., Slejko D. and Zanferrari A.; 2002: The 1976-1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects. Mem. Soc. Geol. It., 57, 391-400.

Poli M.E., P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari, 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy , INGV Roma

SERVA L., 1990: Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN). Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411

SESAME Project AA.VV. http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES_Reports.htm

Sugan M. e Peruzza L.: Distretti sismici del Veneto. Bollettino di Geofisica teorica ed applicata Vol. 52 supplement - OGS - 2011

Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castaldini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. e Zanolle C.: Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. C. N. R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Trieste 1987.

Vettorello A.;2013: Geomorfologia del Quartier del Piave Orientale (Provincia di Treviso). Tesi di Laurea della Facoltà di Scienze dell'Università degli Studi di Padova

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianetti F. and Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355376.

Zanferrari A., Pianetti F., Mattana U., Dall'Arche L. & Toniello V.;1980: Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38-Conegliano, 37-Bassano del Grappa (p.p.) e 39-Pordenone (p.p.). CNR, Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica – 356.

7. ALLEGATI GRAFICI

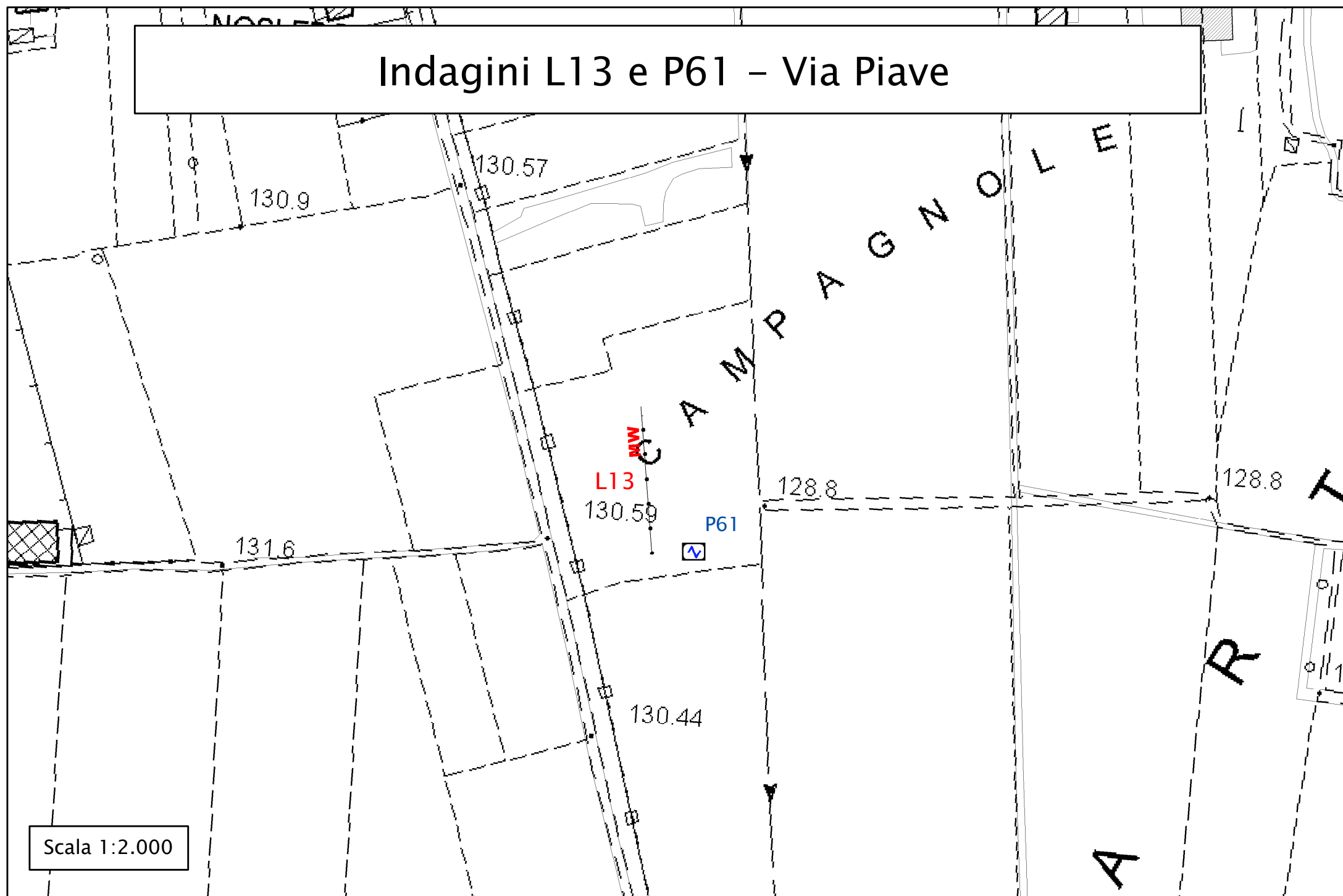
Nuove indagini Geofisiche e loro ubicazioni

- L13
- L14
- L15
- L16
- L17
- P59
- P60
- P61
- P62
- P63
- P64

Verifiche a Liquefazione su indagini

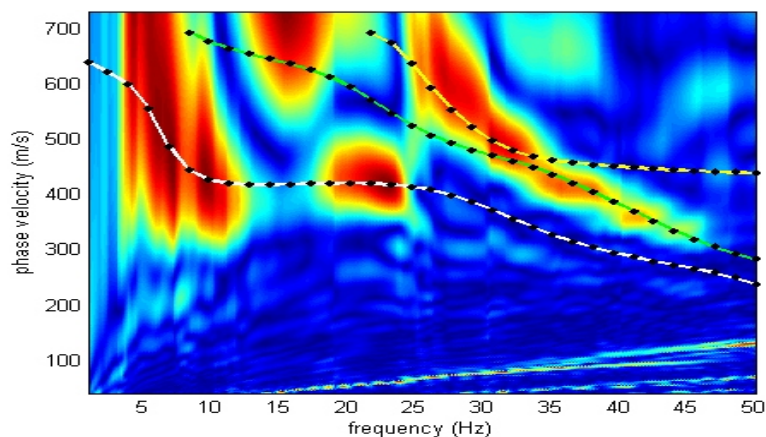
- P33
- P40
- P42
- P69
- P76

Indagini L13 e P61 – Via Piave

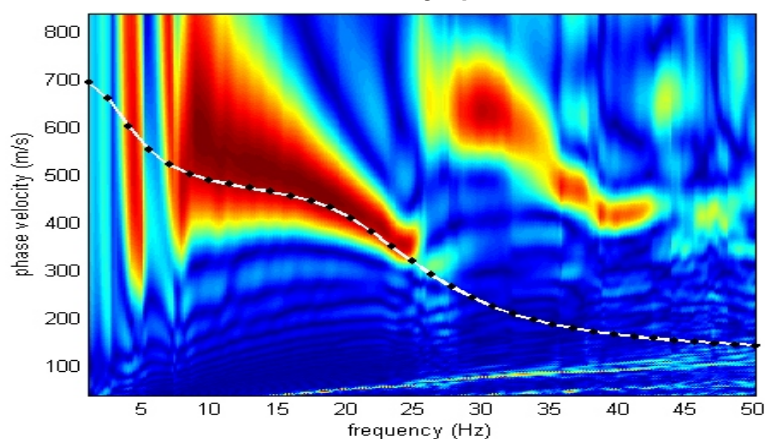


Data esecuzione : 02.07.2016

Rayleigh velocity spectrum



Love velocity spectrum

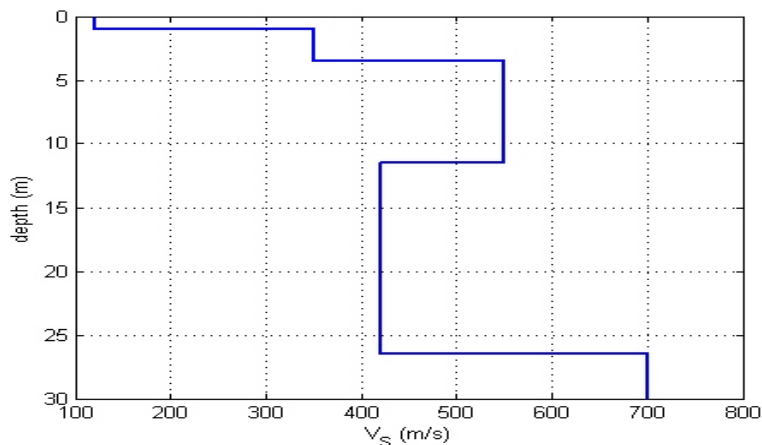


www.wilmaw.com

INTERPRETAZIONE

spessore (m)	Vs (m/s)
1	120
2,5	350
8	550
15	420
	700

Profilo verticale Vs



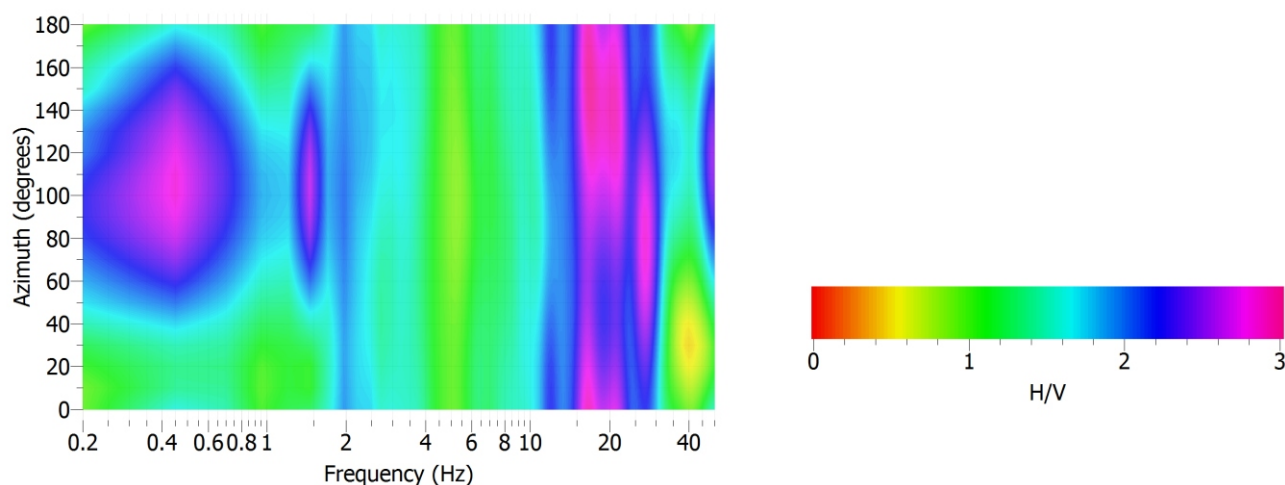
Stazione di misura HVSR - Località: Via Piave

File: 20160630_175740.SAF

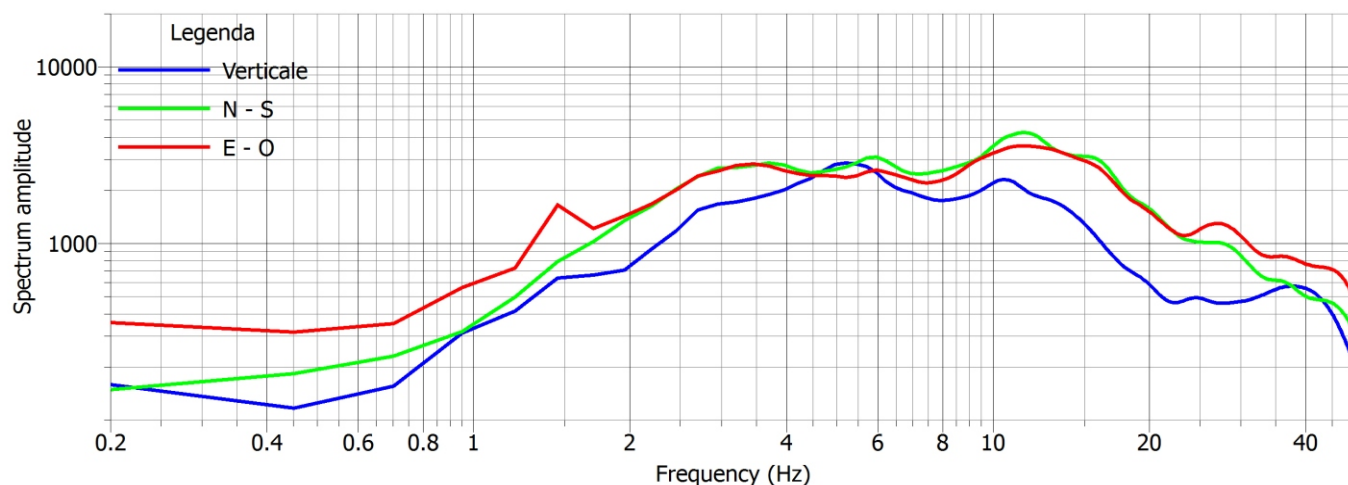
Data acquisizione: 30.06.2016

Durata tempo registrazione: 20 minuti

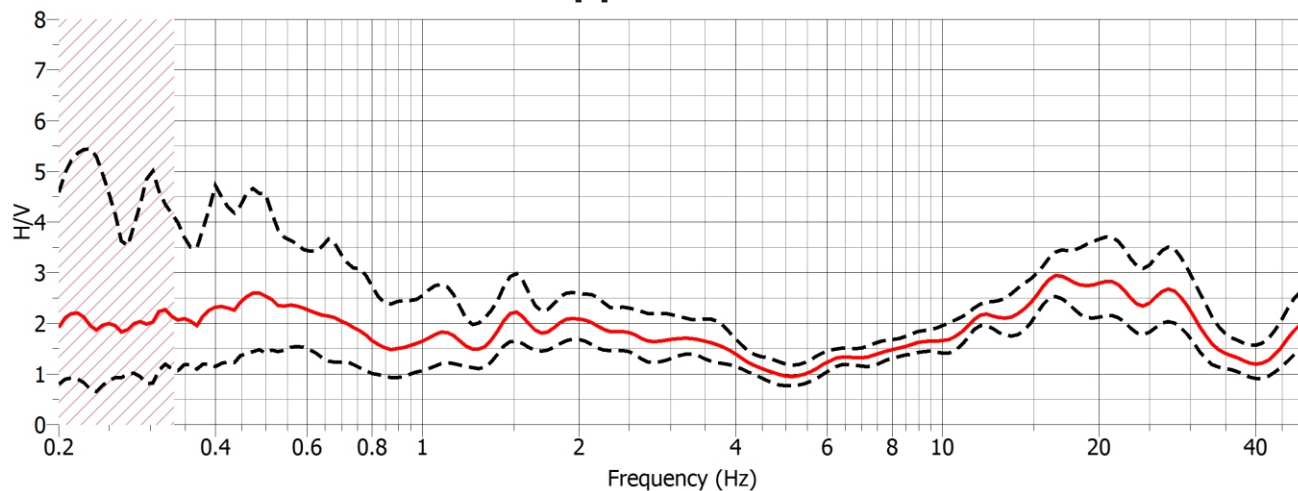
Analisi direzionale del rumore



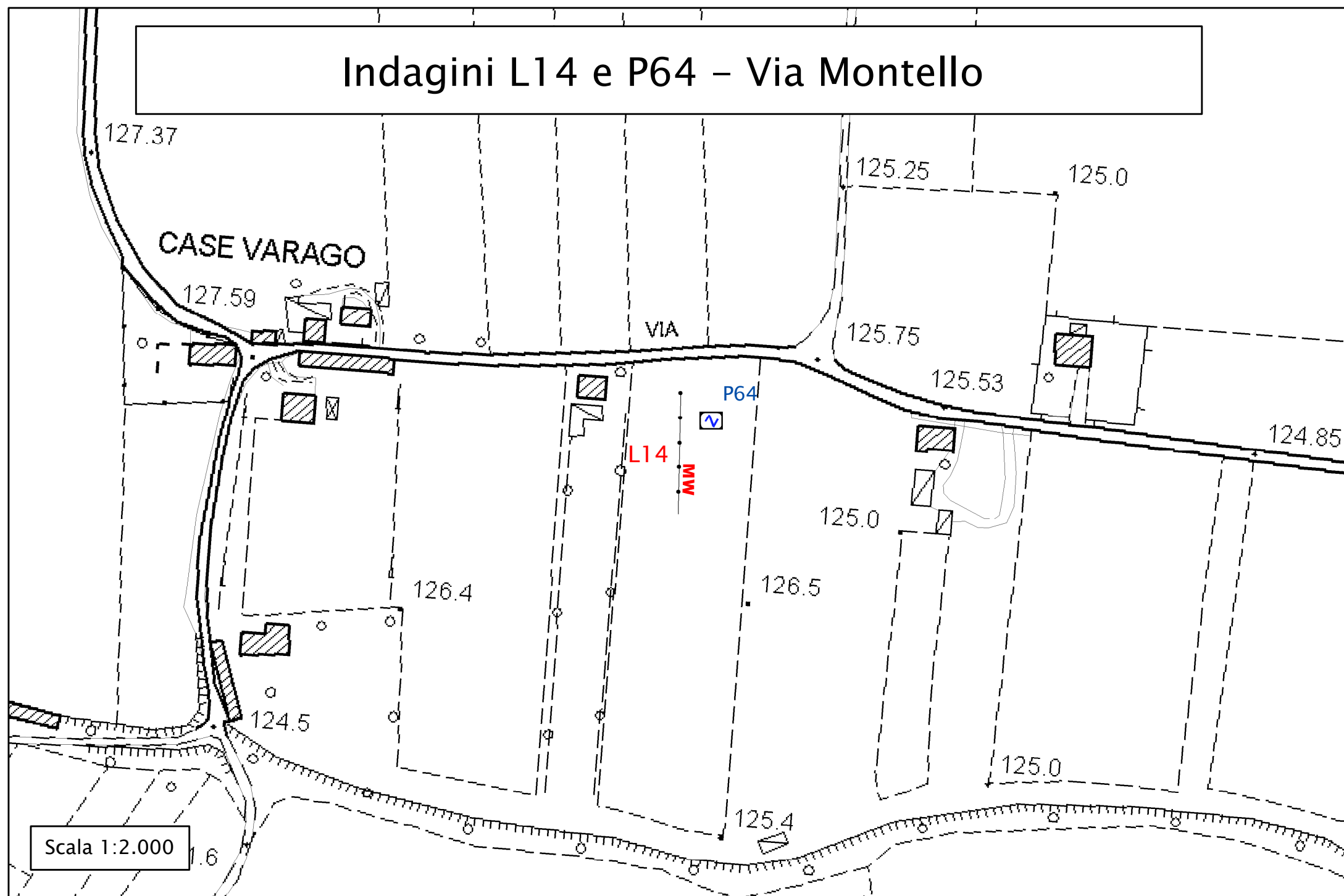
Componenti spettrali



Rapporto H/V

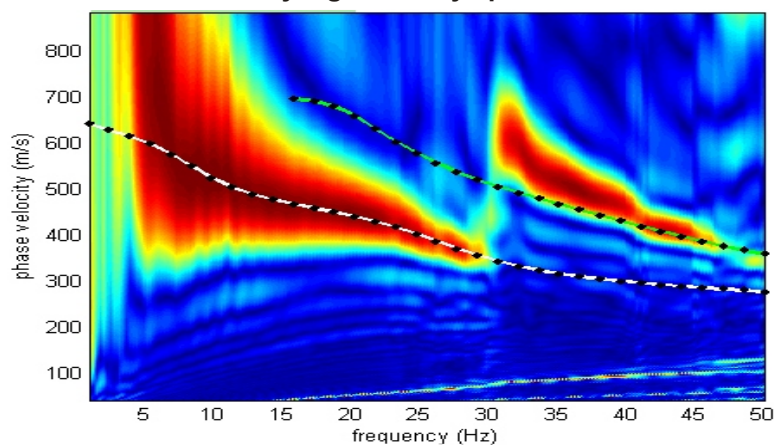


Indagini L14 e P64 – Via Montello

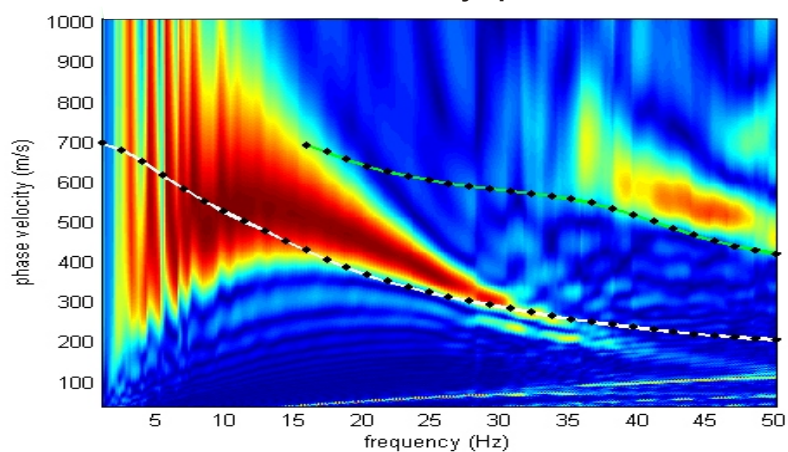


Data esecuzione : 02.07.2016

Rayleigh velocity spectrum



Love velocity spectrum

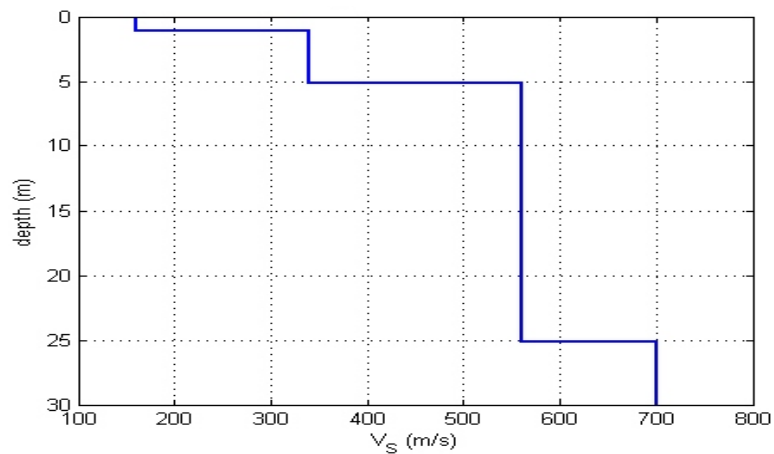


www.wilmaw.com

INTERPRETAZIONE

spessore (m)	Vs (m/s)
1,1	160
4	340
20	560
	700

Profilo verticale Vs



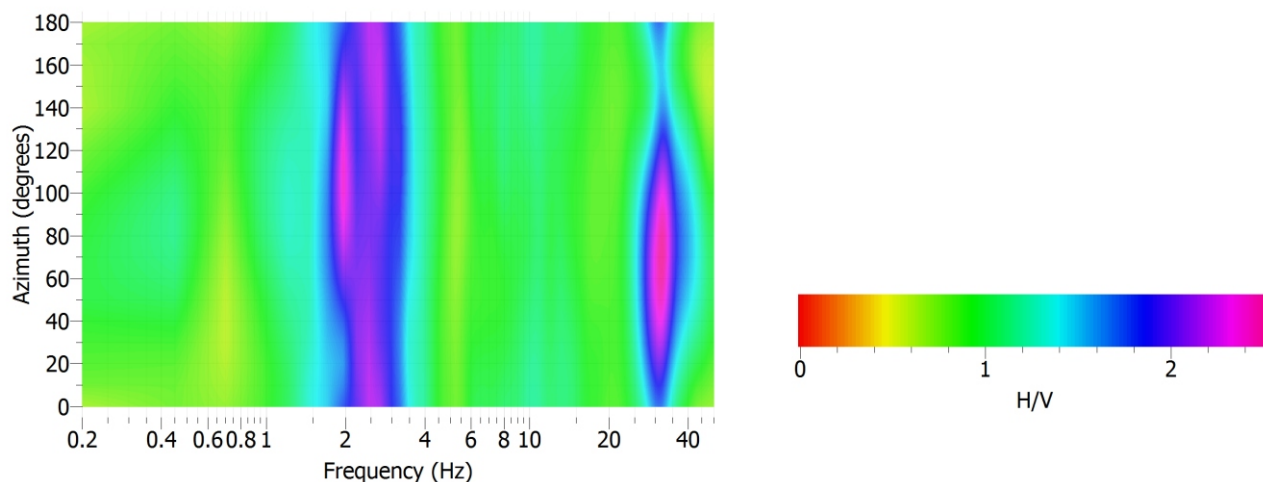
Stazione di misura HVSR - Località: Via Montello

File: 20160702_175952.SAF

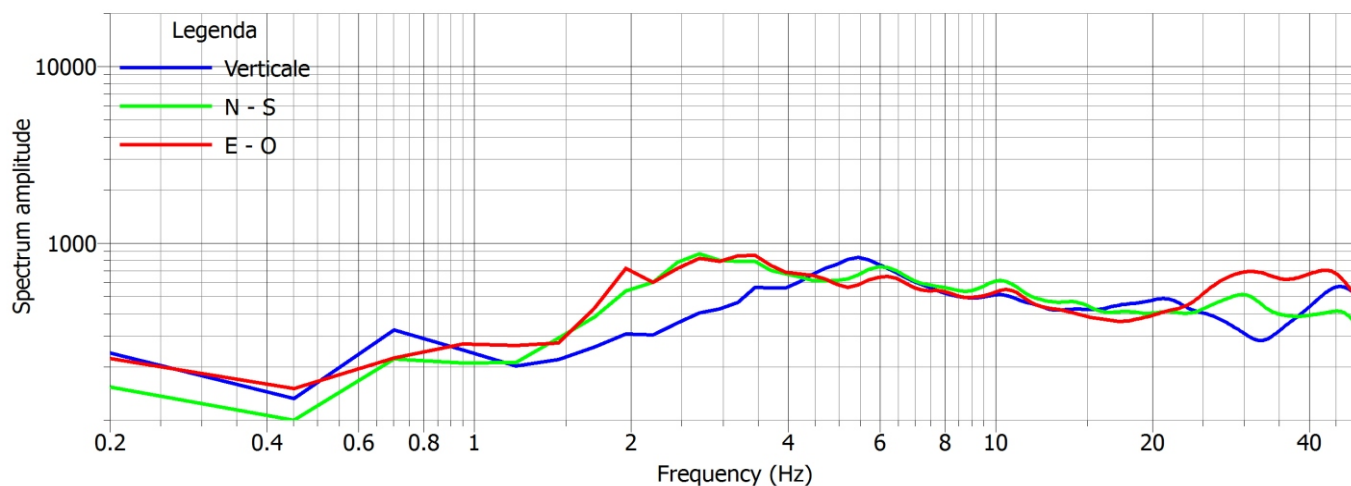
Data acquisizione: 02.07.2016

Durata tempo registrazione: 20 minuti

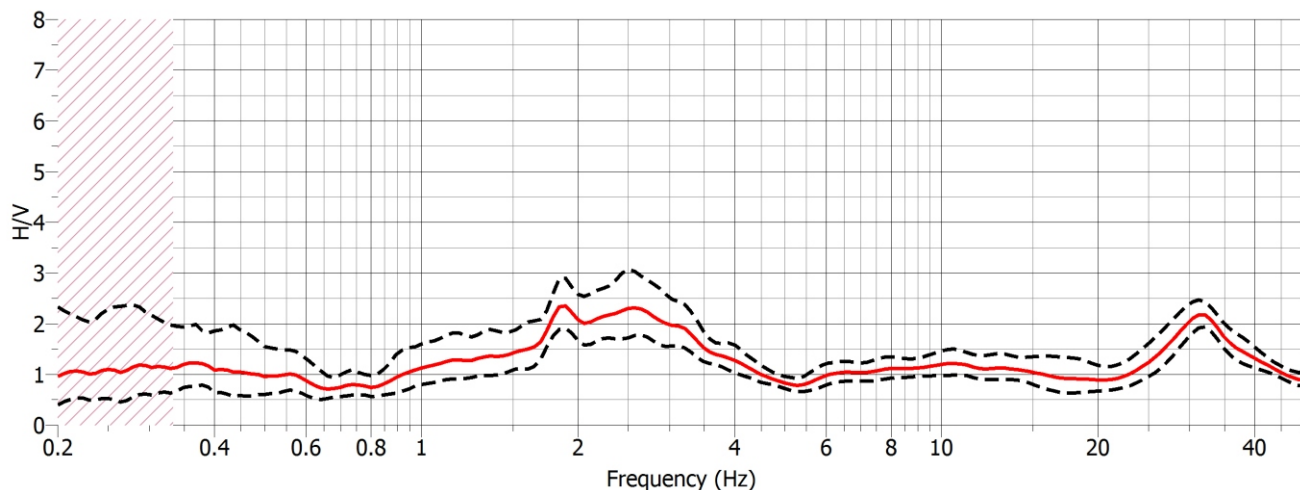
Analisi direzionale del rumore



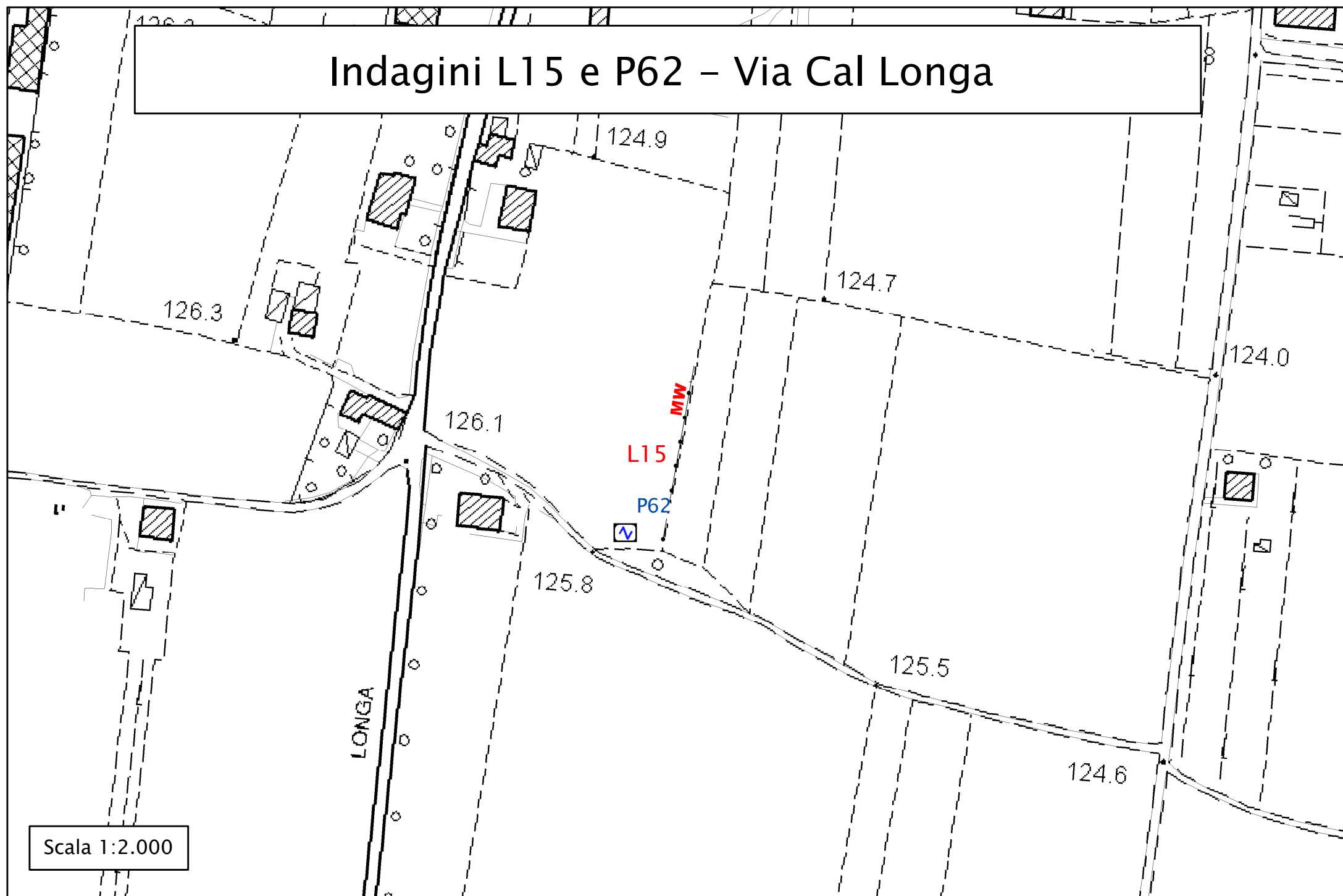
Componenti spettrali



Rapporto H/V

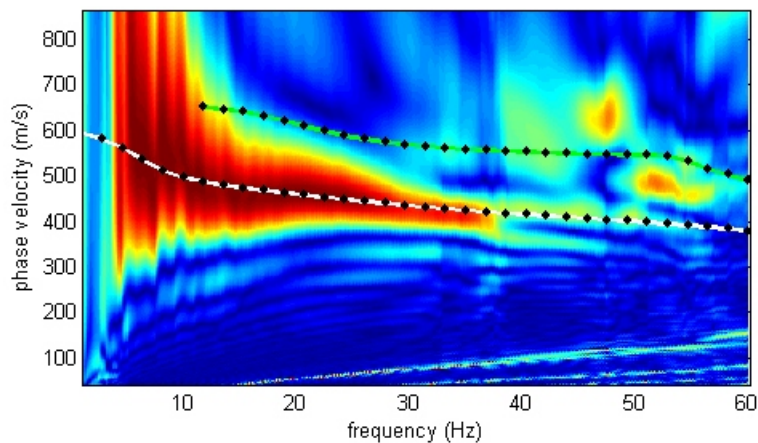


Indagini L15 e P62 – Via Cal Longa

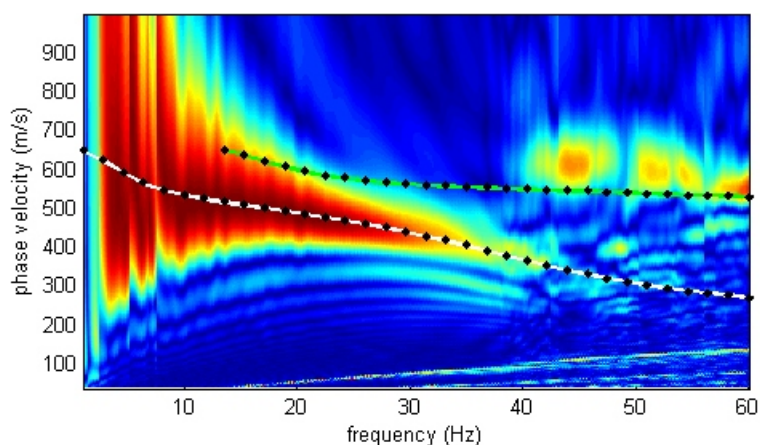


Data esecuzione : 02.07.2016

Rayleigh velocity spectrum



Love velocity spectrum

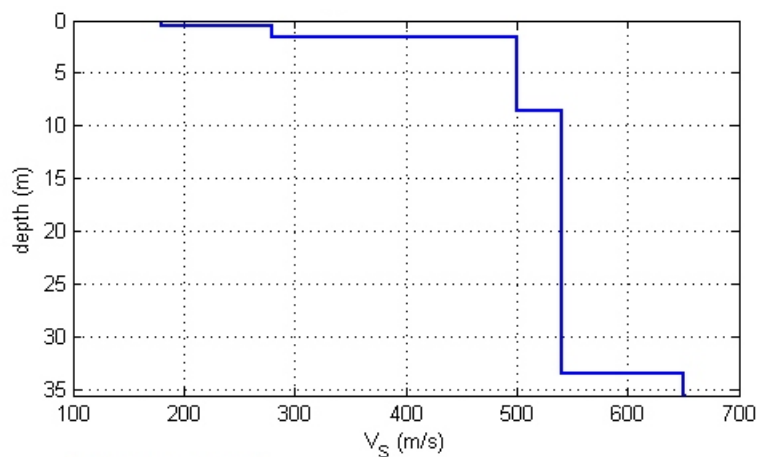


www.wlmmasw.com

INTERPRETAZIONE

spessore (m)	Vs (m/s)
0,6	180
1	280
7	500
25	540
	650

Profilo verticale Vs



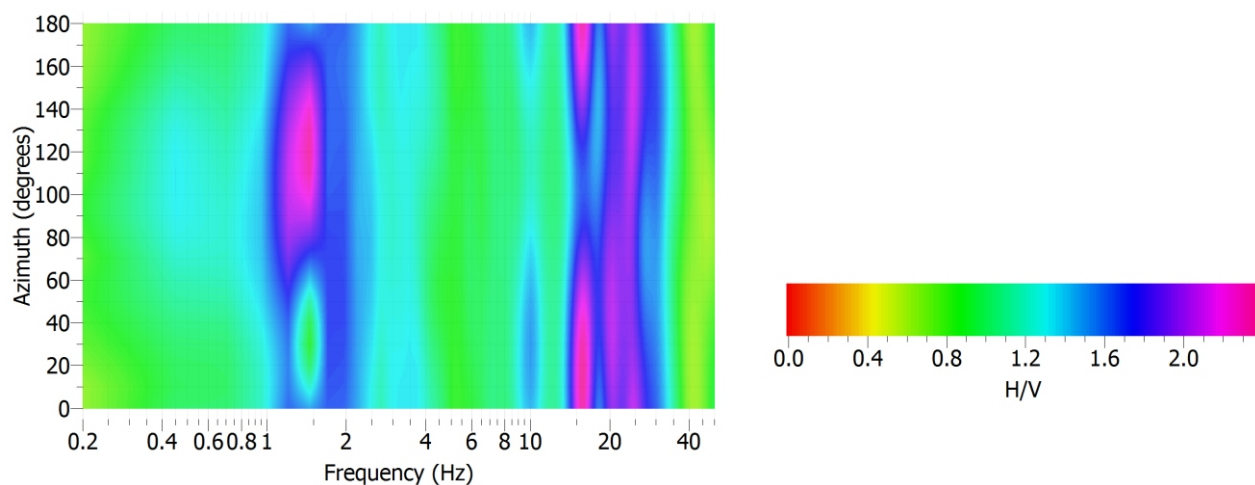
Stazione di misura HVSR - Località: Via Cal Longa

File: 20160630_185904.SAF

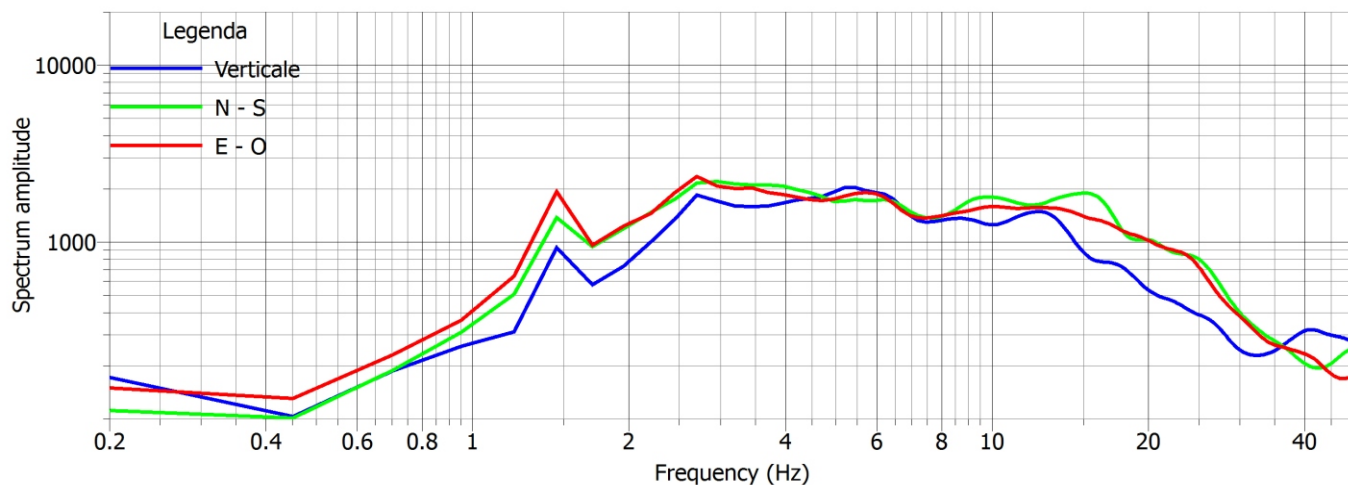
Data acquisizione: 30.06.2016

Durata tempo registrazione: 20 minuti

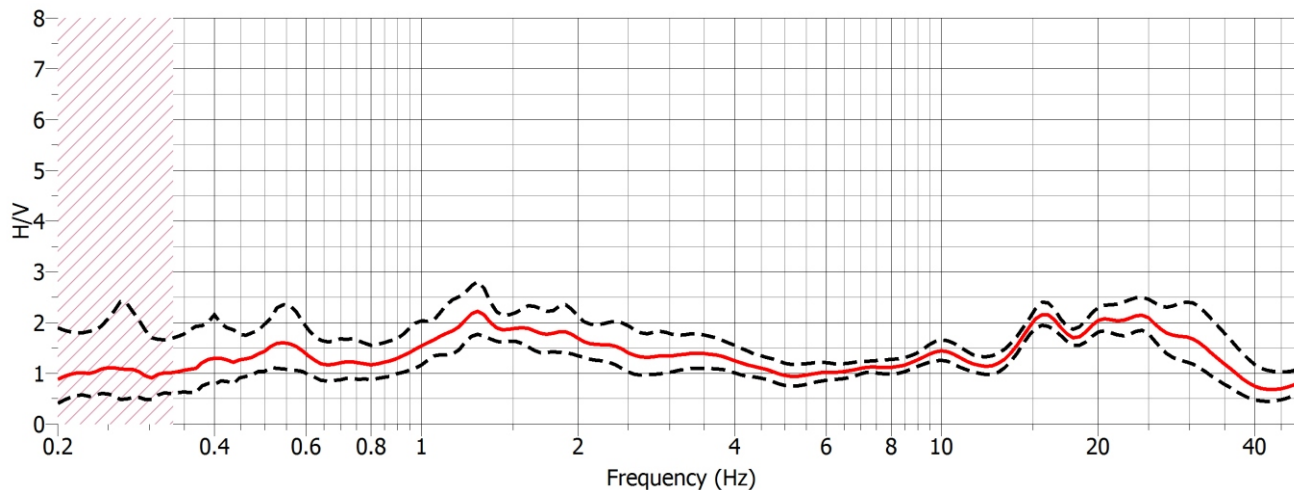
Analisi direzionale del rumore



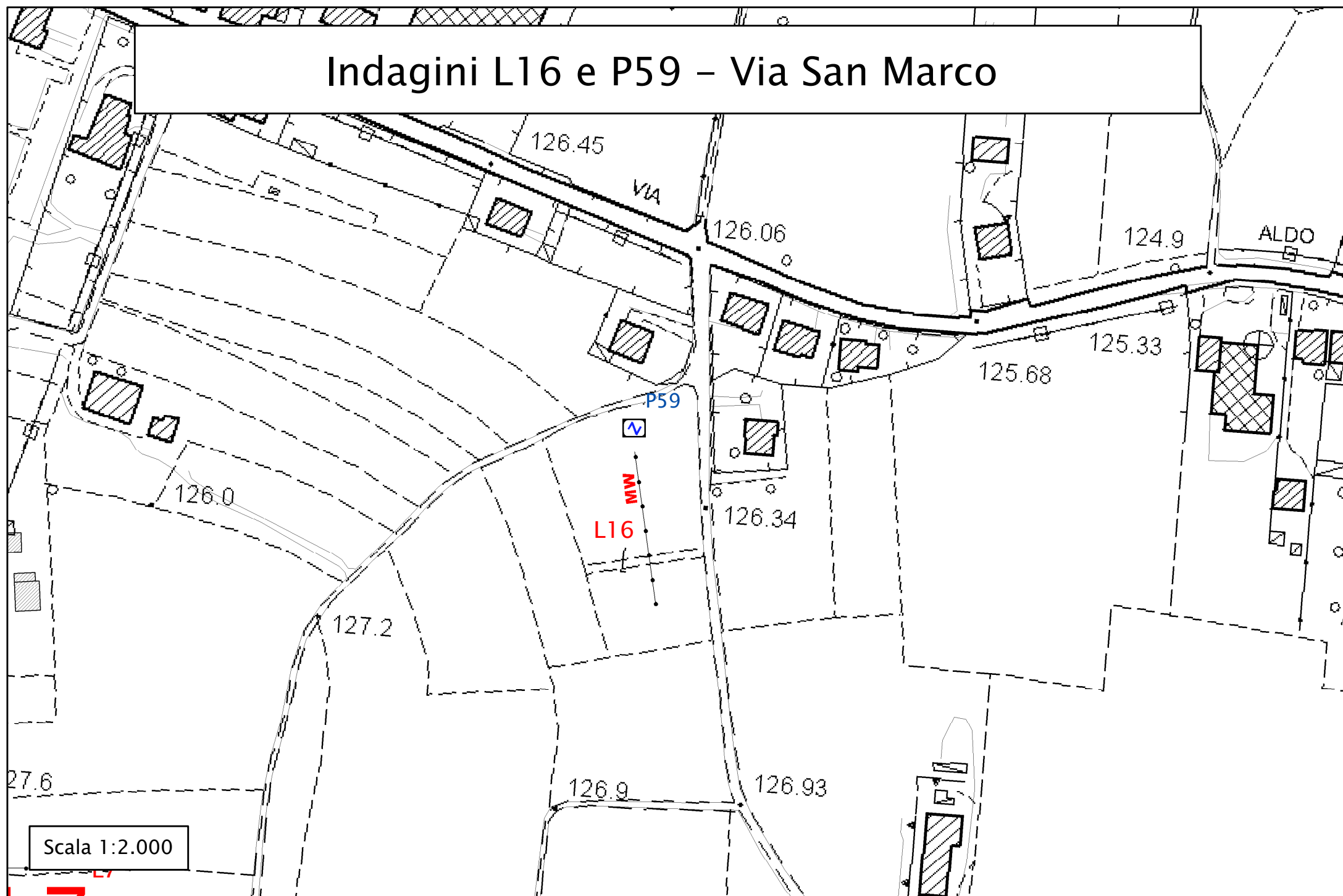
Componenti spettrali



Rapporto H/V

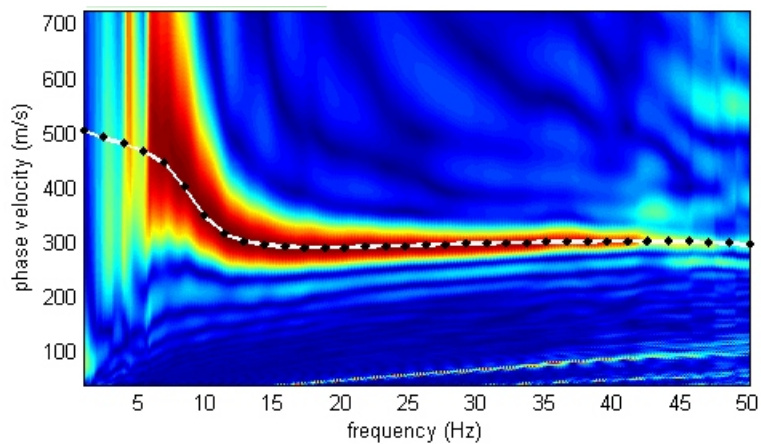


Indagini L16 e P59 – Via San Marco

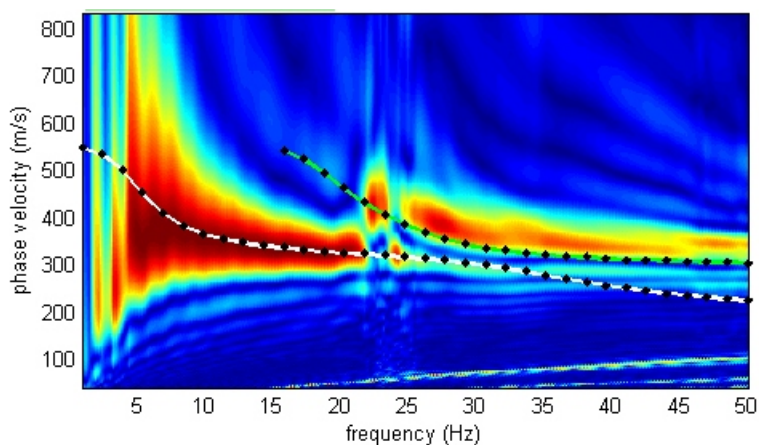


Data esecuzione : 02.07.2016

Rayleigh velocity spectrum



Love velocity spectrum

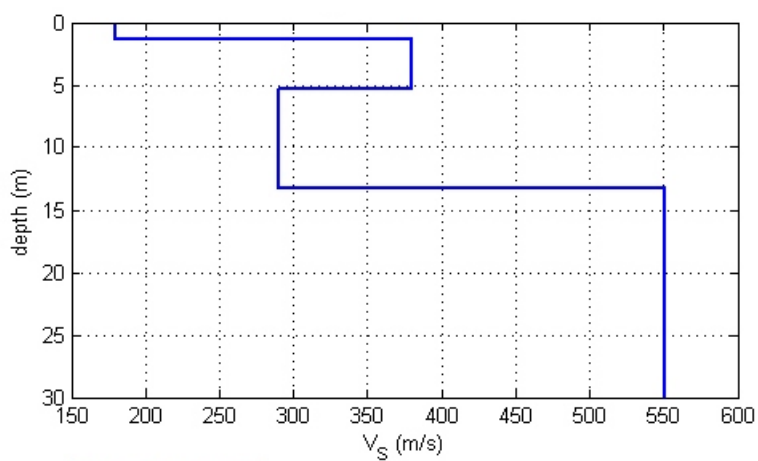


www.wilmaw.com

INTERPRETAZIONE

spessore (m)	Vs (m/s)
1,3	180
4	380
8	290
	550

Profilo verticale Vs



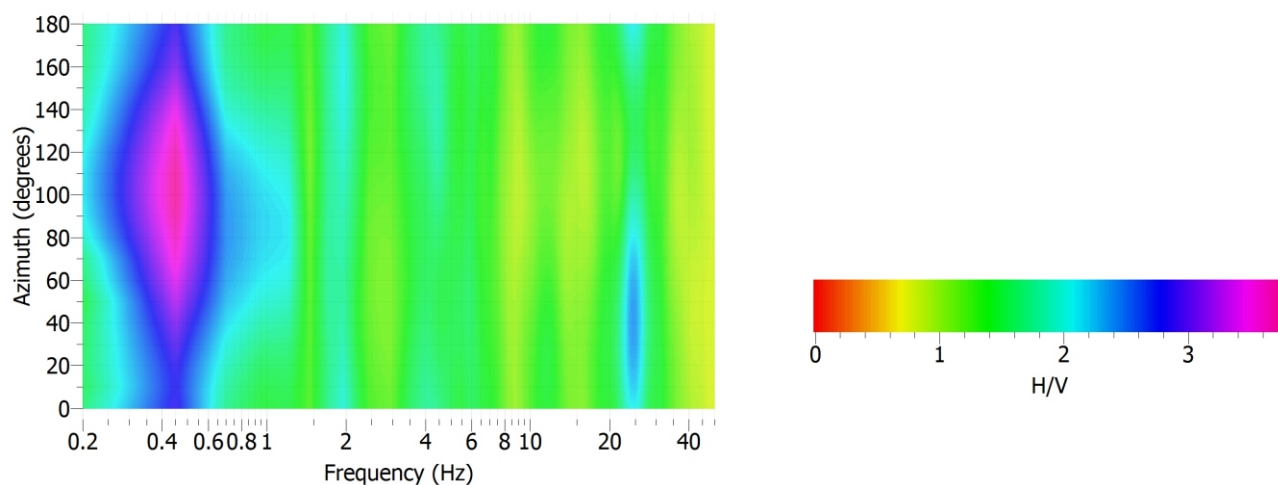
Stazione di misura HVSR - Località: Via S. Marco

File: 20160630_145731.SAF

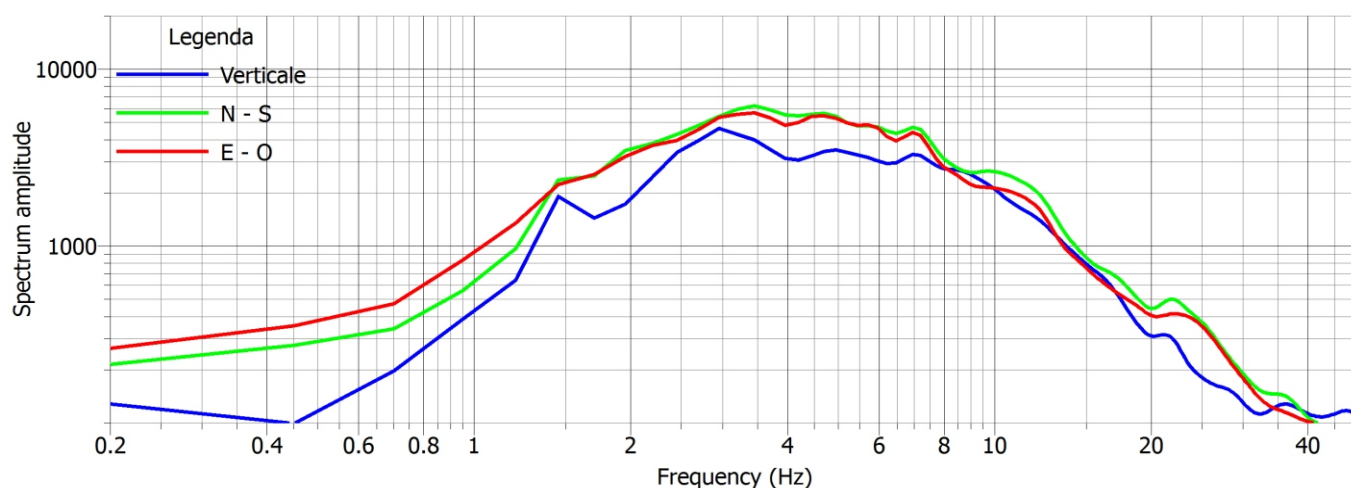
Data acquisizione: 30.06.2016

Durata tempo registrazione: 20 minuti

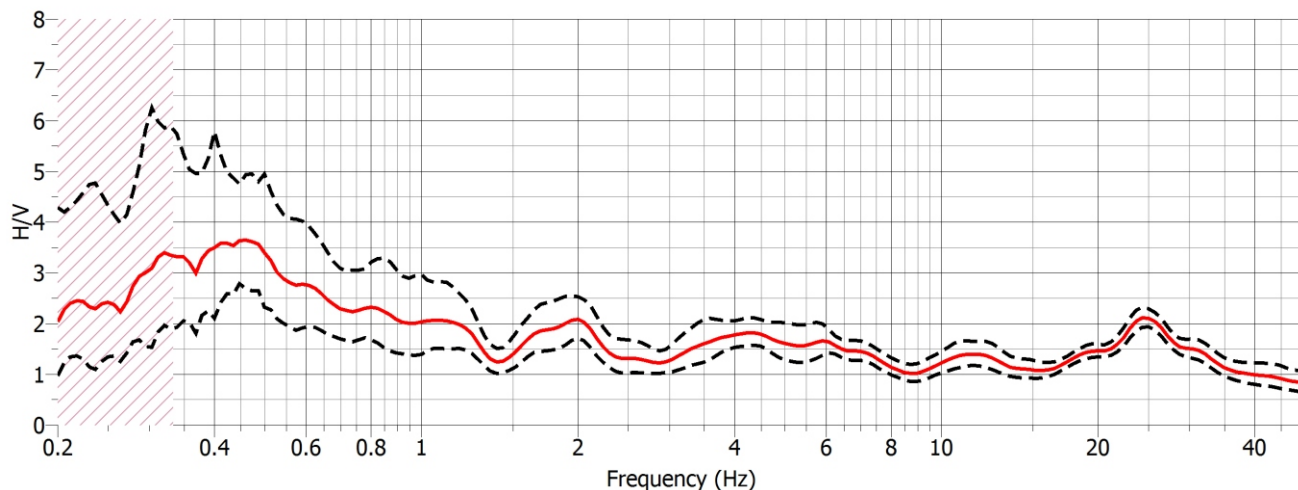
Analisi direzionale del rumore



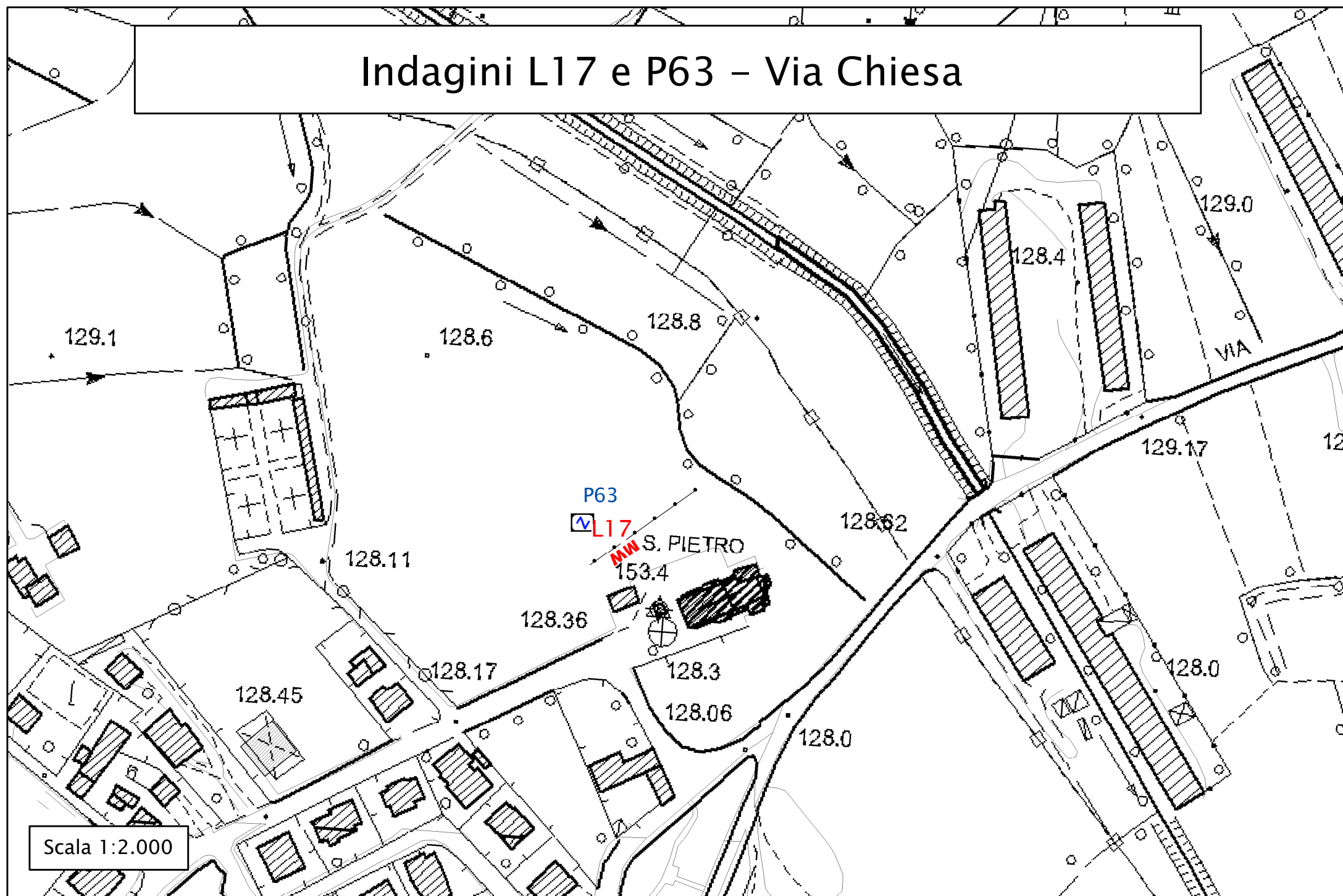
Componenti spettrali



Rapporto H/V



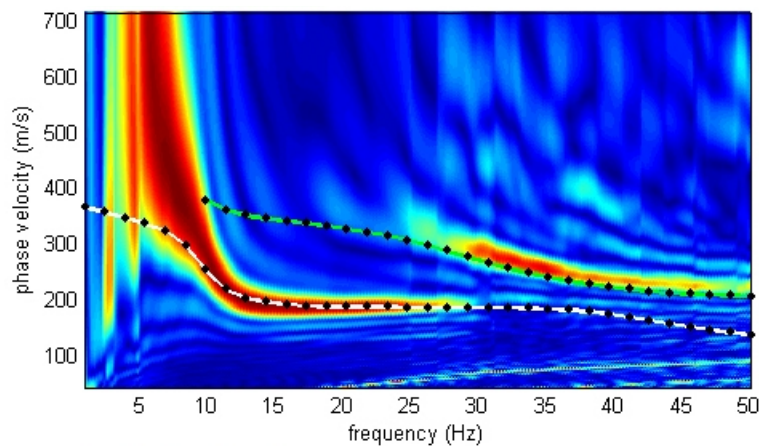
Indagini L17 e P63 – Via Chiesa



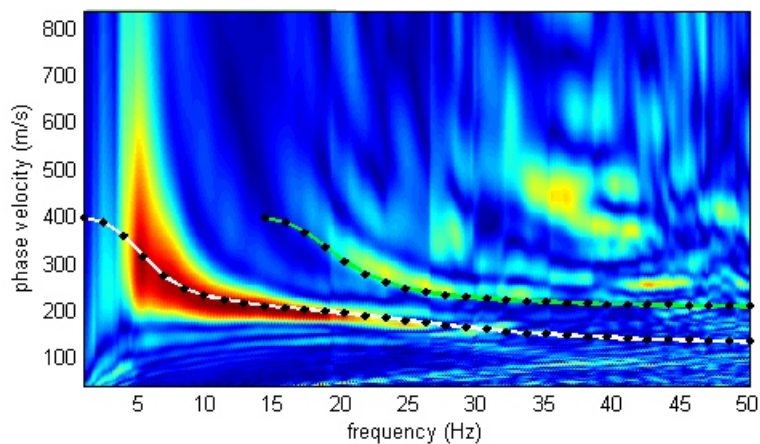
COMUNE DI MORIAGO DELLA BATTAGLIA - INDAGINE LINEARE N° 026048L17
Profilo MASW - Località: Mosnigo, Via Chiesa
ANALISI CONGIUNTA ONDE DI RAYLEIGH E ONDE DI LOVE

Data esecuzione : 02.07.2016

Rayleigh velocity spectrum



Love velocity spectrum

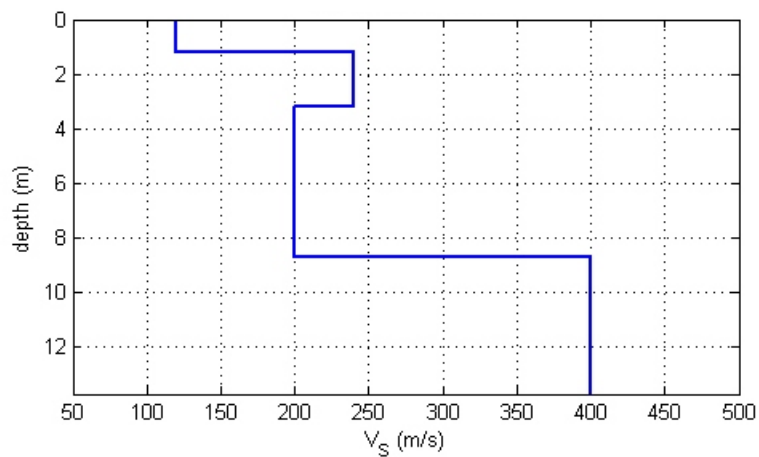


www.wimmasw.com

INTERPRETAZIONE

spessore (m)	Vs (m/s)
1,2	120
2	240
5,5	200
	400

Profilo verticale Vs



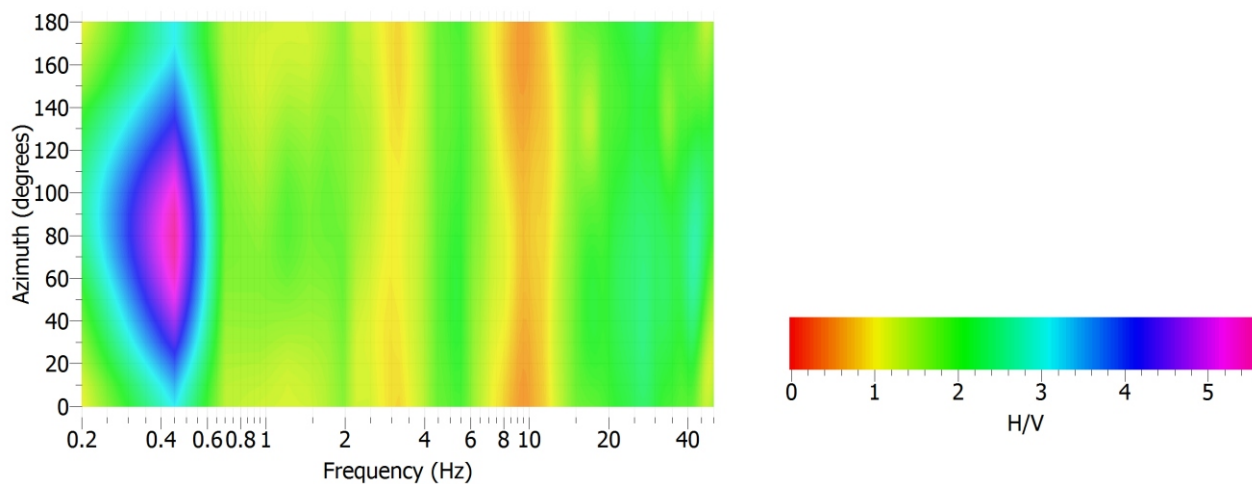
Stazione di misura HVSR - Località: Mosnigo, Via Chiesa

File: 20160702_171050.SAF

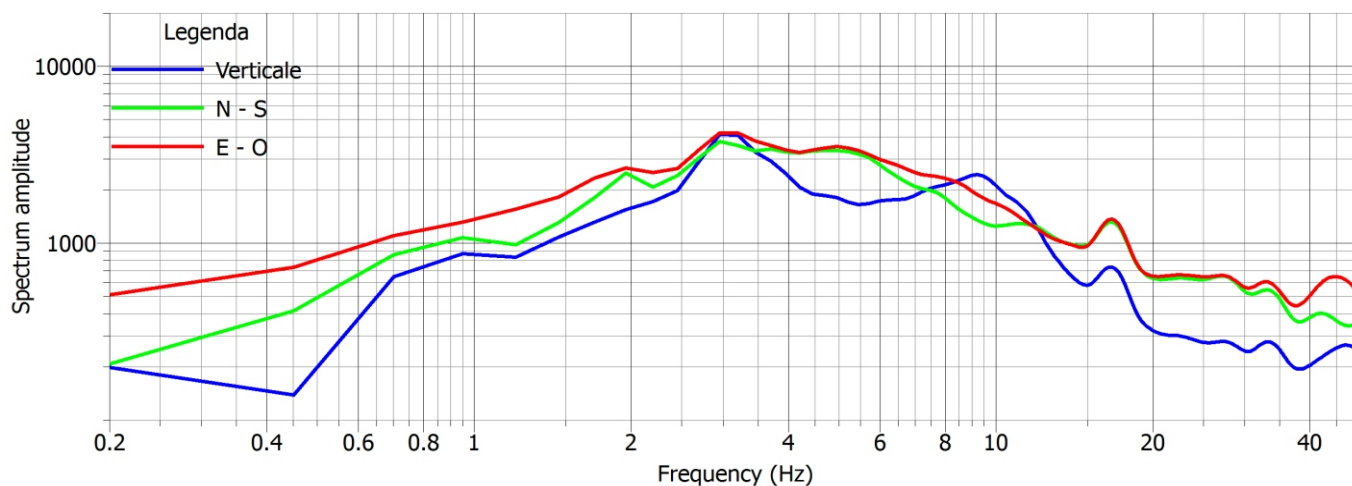
Data acquisizione: 02.07.2016

Durata tempo registrazione: 22 minuti

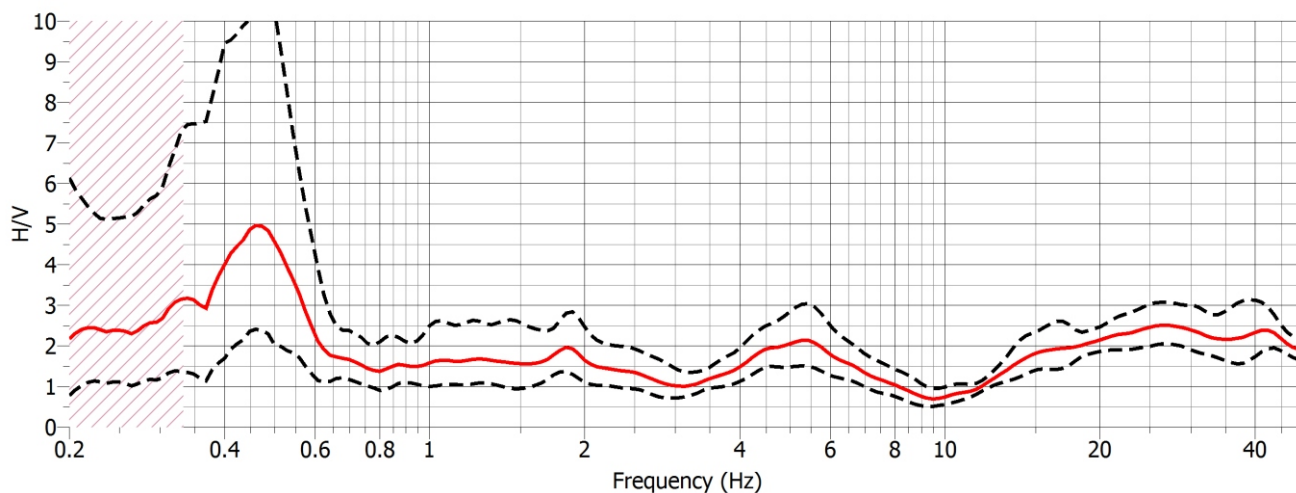
Analisi direzionale del rumore



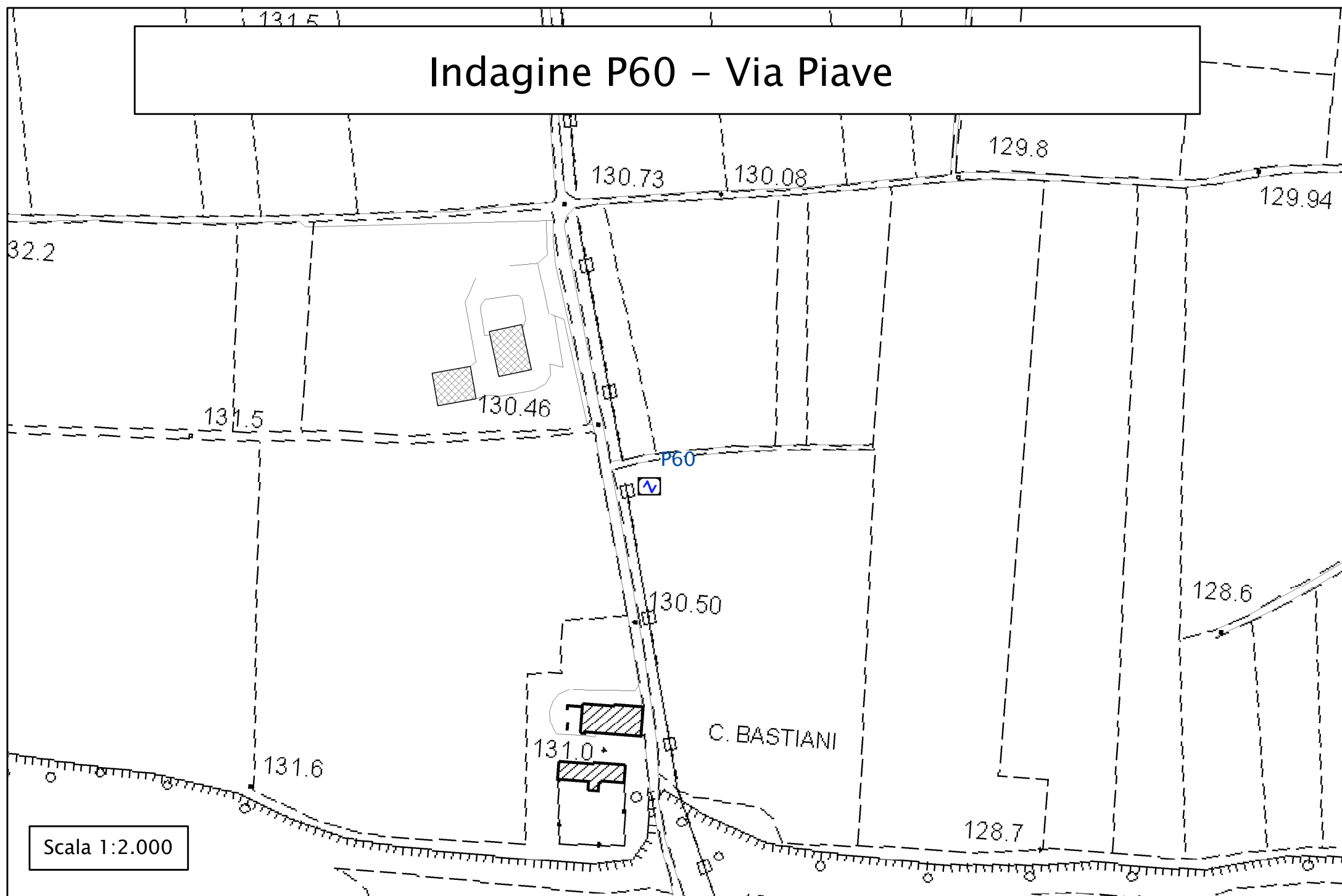
Componenti spettrali



Rapporto H/V



Indagine P60 – Via Piave



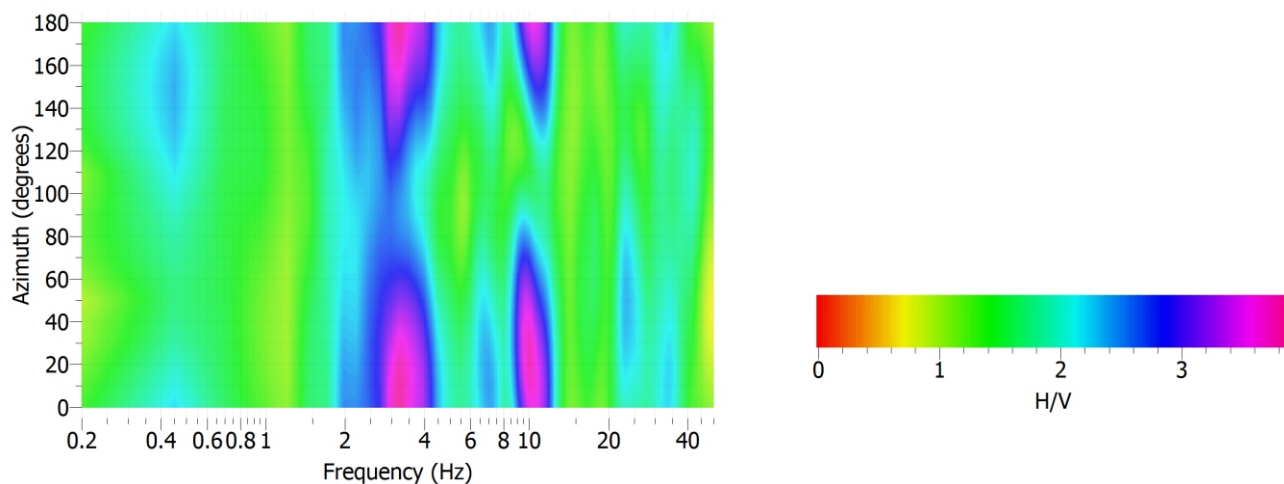
Stazione di misura HVSR - Località: Via Piave

File: 20160630_170959.SAF

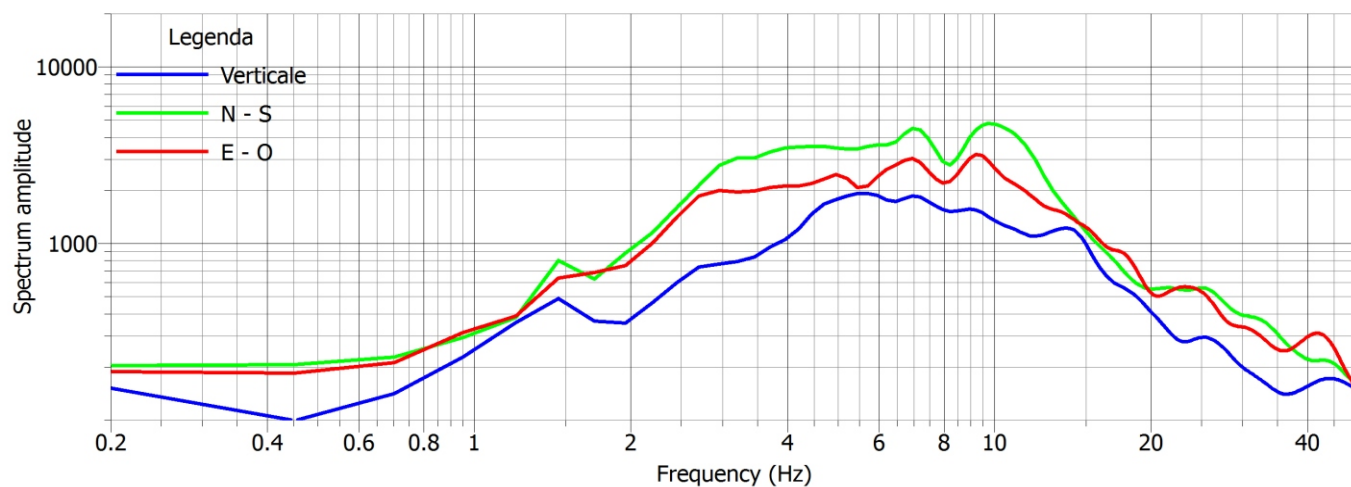
Data acquisizione: 30.06.2016

Durata tempo registrazione: 20 minuti

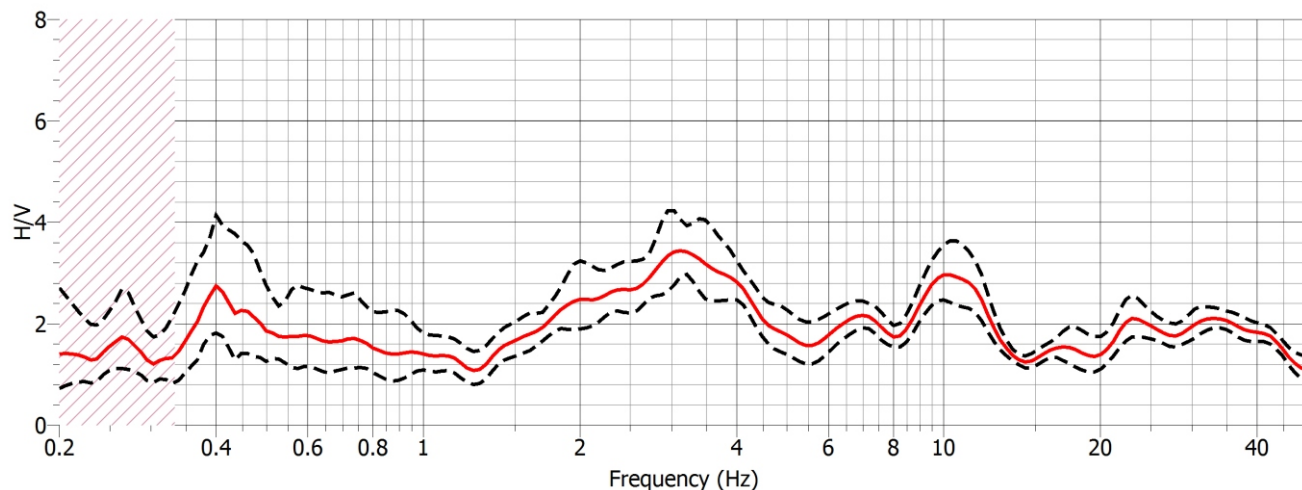
Analisi direzionale del rumore



Componenti spettrali



Rapporto H/V



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

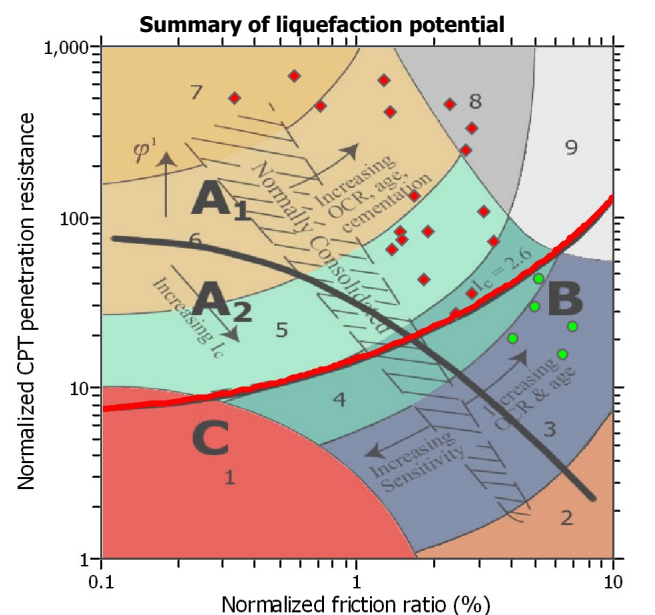
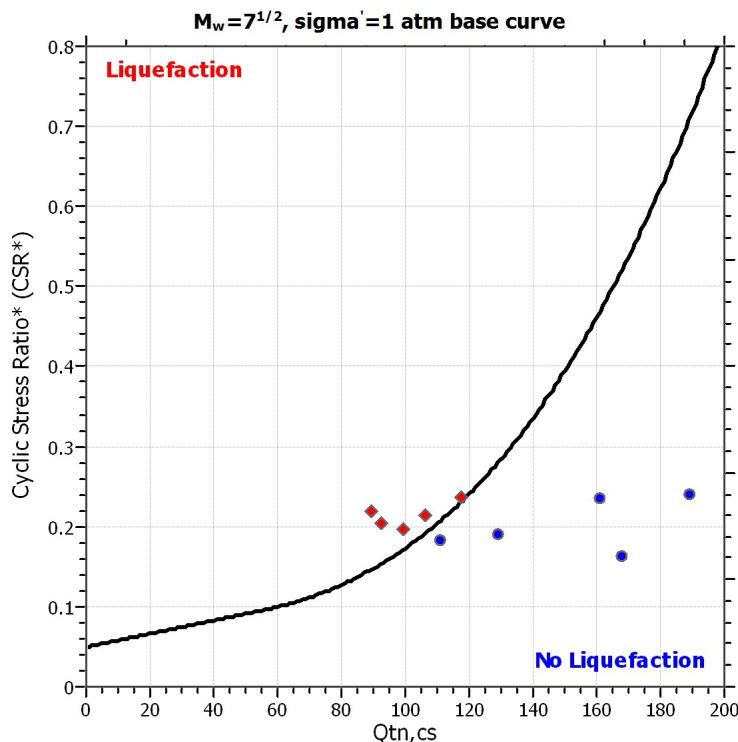
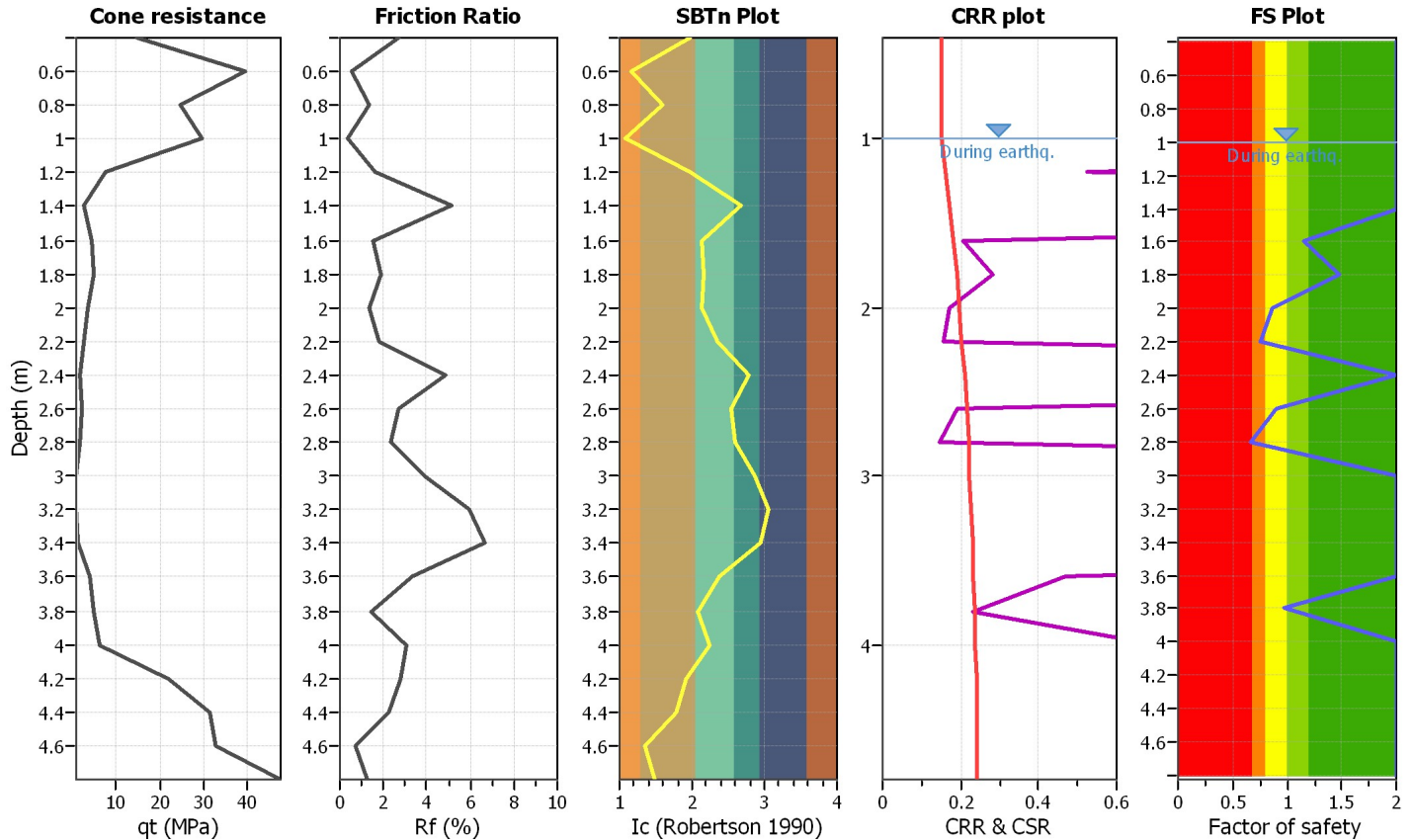
Project title : P33

Location : Moriago della Battaglia

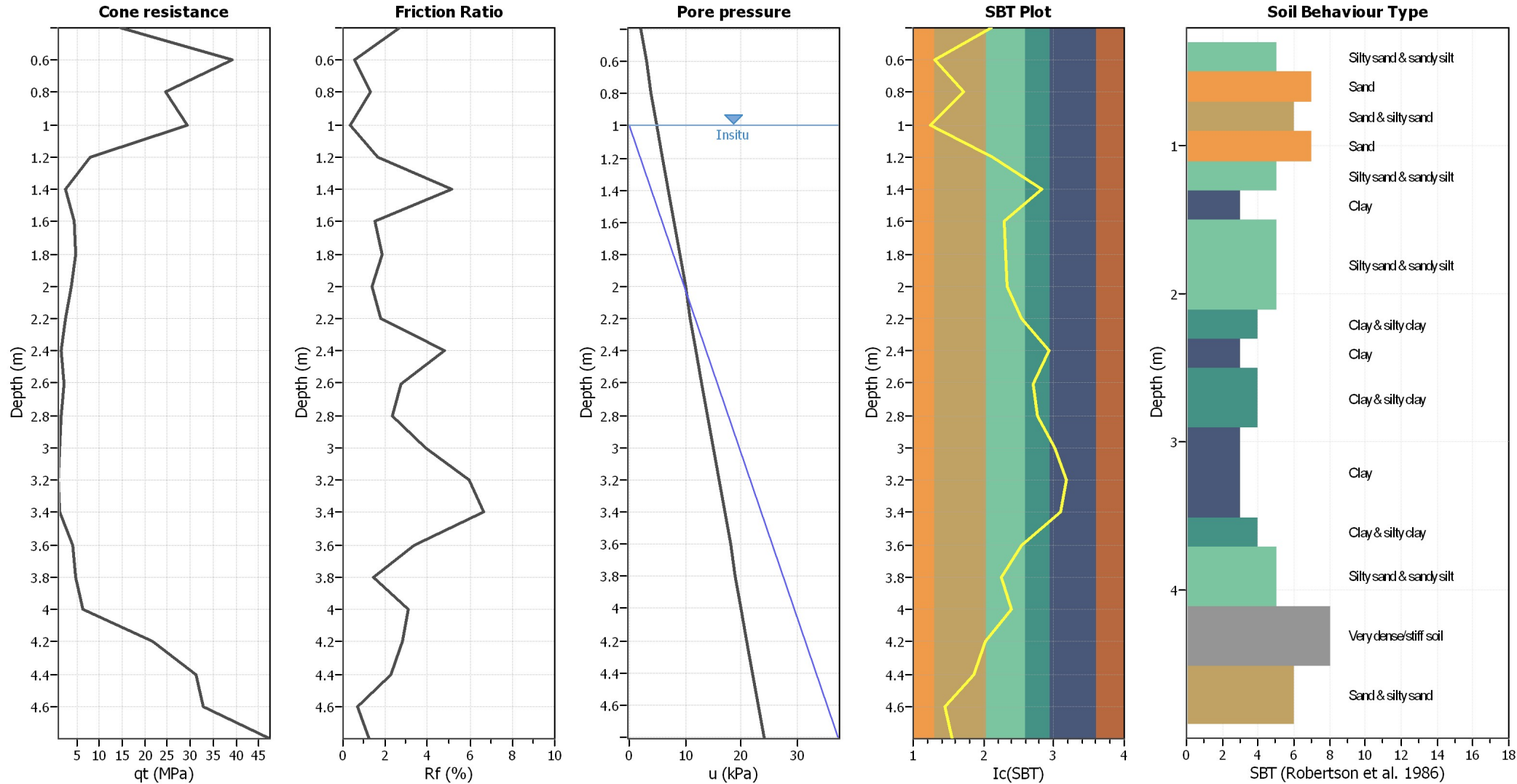
CPT file : Foglio1

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:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w :	6.60	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.32	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



CPT basic interpretation plots



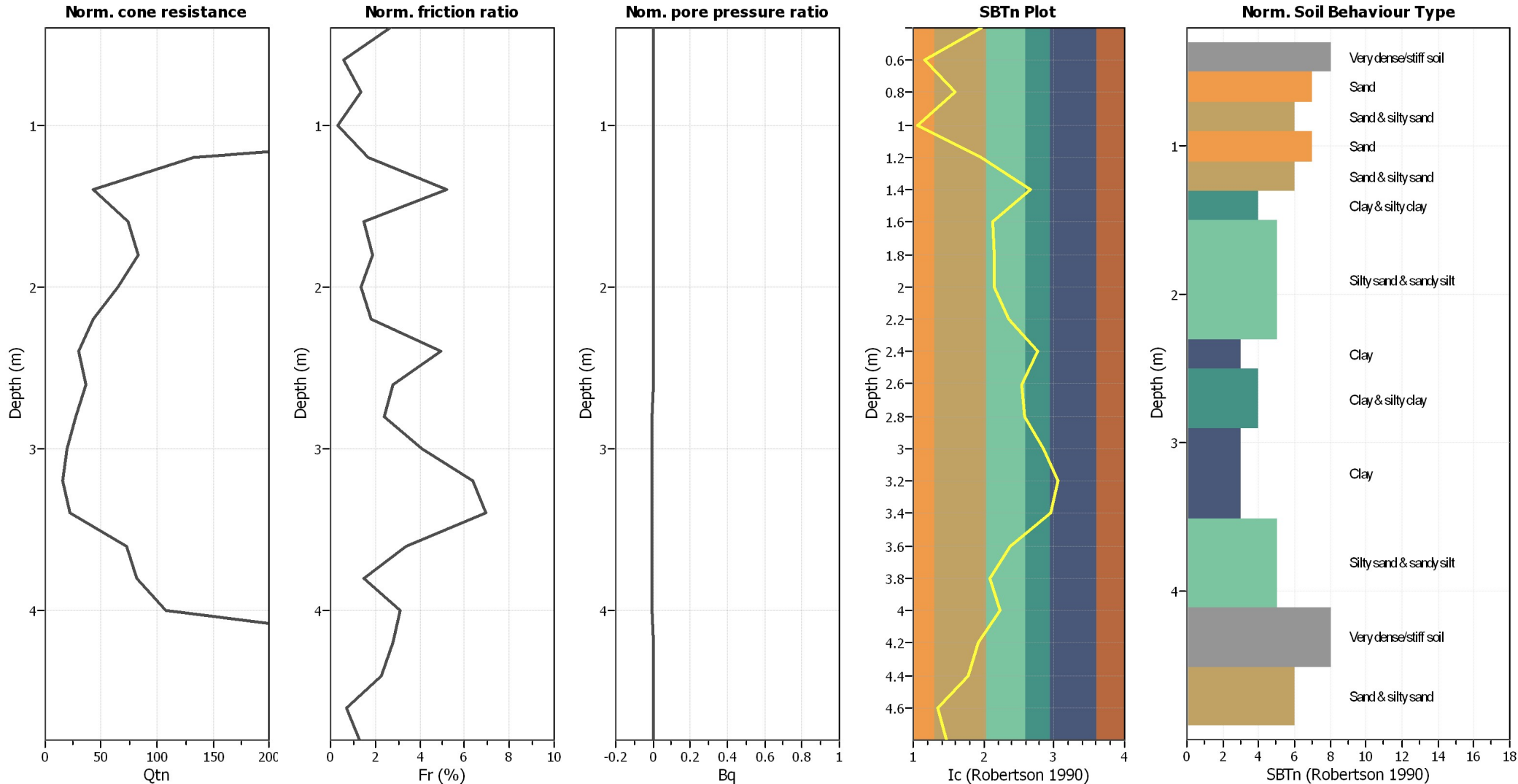
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

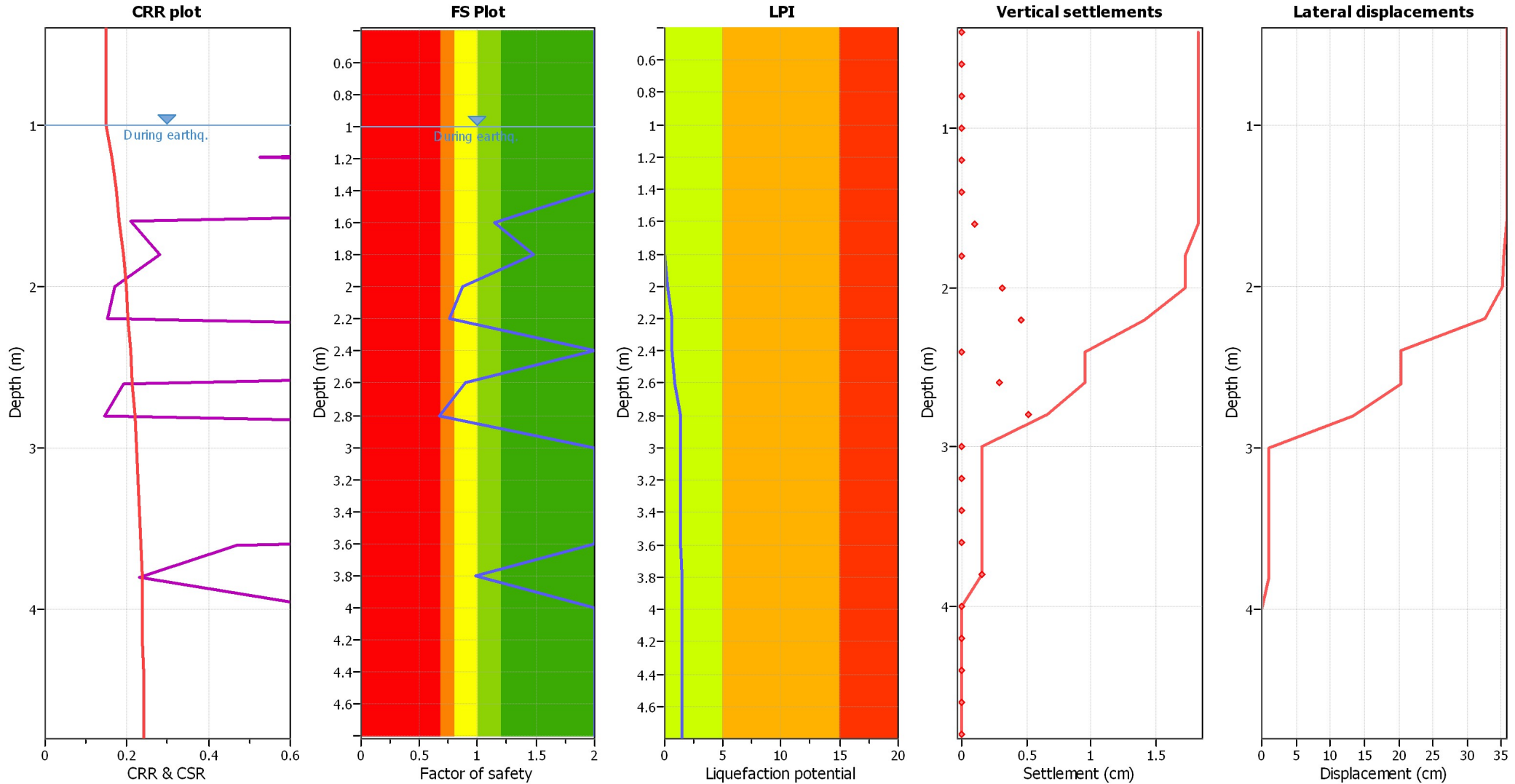
CPT basic interpretation plots (normalized)



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:	1	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 :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

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:	1	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 :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	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

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Green	Unlike to liquefy
Dark Green	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red	Very high risk
Orange	High risk
Yellow	Low risk

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.40	14.71	392.27	2.00	12.01	20.89
2	0.60	39.23	222.61	3.00	0.00	20.61
3	0.80	24.52	326.56	4.00	4.22	20.87
4	1.00	29.42	98.07	5.00	0.00	19.56
5	1.20	7.85	130.43	6.00	12.22	19.38
6	1.40	2.55	130.43	7.00	38.75	18.95
7	1.60	4.41	65.70	8.00	16.47	18.37
8	1.80	4.90	91.20	9.00	17.46	18.79
9	2.00	3.82	51.98	10.00	17.21	18.05
10	2.20	2.55	46.09	11.00	24.97	17.75
11	2.40	1.77	85.32	12.00	44.39	18.32
12	2.60	2.16	58.84	13.00	32.41	17.97
13	2.80	1.67	39.23	14.00	34.81	17.41
14	3.00	1.18	46.09	15.00	49.27	17.46
15	3.20	0.98	58.84	16.00	61.54	17.67
16	3.40	1.37	91.20	17.00	55.74	18.30
17	3.60	4.31	144.16	18.00	25.56	19.27
18	3.80	4.90	71.59	19.00	15.39	18.51
19	4.00	6.37	196.13	20.00	20.29	19.77
20	4.20	21.77	608.01	21.00	10.79	21.54
21	4.40	31.38	718.83	22.00	7.66	21.58
22	4.60	32.75	235.36	23.00	0.98	20.61
23	4.80	47.46	601.15	24.00	2.58	21.58

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q _c :	Measured cone resistance (MPa)
f _s :	Sleeve friction resistance (kPa)
u:	Pore pressure (kPa)
Fines content:	Percentage of fines in soil (%)
Unit weight:	Bulk soil unit weight (kN/m ³)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data ::

Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _{tn}	K _c	Q _{tn,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
1	0.40	14.71	1.96	2.67	0.62	249.93	1.26	314.01	4.000	No	No	2.00
2	0.60	39.23	1.17	0.57	0.50	666.65	1.00	666.65	4.000	No	No	2.00
3	0.80	24.52	1.59	1.33	0.50	416.51	1.00	416.51	4.000	No	No	2.00
4	1.00	29.42	1.07	0.33	0.50	499.81	1.00	499.81	4.000	No	No	2.00
5	1.20	7.85	1.97	1.67	0.63	132.98	1.27	168.35	0.524	No	No	2.00
6	1.40	2.55	2.67	5.17	0.89	42.89	3.77	161.50	4.000	No	Yes	2.00
7	1.60	4.41	2.12	1.50	0.68	74.51	1.50	111.41	0.209	No	No	1.15
8	1.80	4.91	2.15	1.87	0.70	82.78	1.56	129.12	0.280	No	No	1.47
9	2.00	3.83	2.15	1.37	0.69	64.38	1.54	99.34	0.171	No	No	0.87
10	2.20	2.55	2.36	1.84	0.78	42.65	2.17	92.61	0.154	No	No	0.75
11	2.40	1.77	2.77	4.96	0.93	29.26	4.55	133.12	4.000	No	Yes	2.00
12	2.60	2.16	2.54	2.79	0.84	35.87	2.97	106.48	0.192	No	No	0.90
13	2.80	1.67	2.59	2.43	0.86	27.48	3.26	89.52	0.147	No	No	0.67
14	3.00	1.18	2.86	4.11	0.96	19.09	5.28	100.70	4.000	No	Yes	2.00
15	3.20	0.98	3.04	6.37	1.00	15.70	7.26	113.87	4.000	No	Yes	2.00
16	3.40	1.38	2.96	6.95	1.00	22.31	6.29	140.40	4.000	No	Yes	2.00
17	3.60	4.32	2.38	3.39	0.78	72.26	2.23	161.04	0.468	No	No	2.00
18	3.80	4.91	2.09	1.48	0.67	82.20	1.43	117.55	0.231	No	No	0.98
19	4.00	6.38	2.24	3.11	0.73	107.14	1.76	189.08	0.709	No	No	2.00
20	4.20	21.77	1.92	2.80	0.61	335.57	1.20	404.23	4.000	No	No	2.00
21	4.40	31.39	1.78	2.30	0.55	453.93	1.09	495.16	4.000	No	No	2.00
22	4.60	32.76	1.35	0.72	0.50	447.97	1.00	447.97	4.000	No	No	2.00
23	4.80	47.47	1.48	1.27	0.50	635.69	1.00	635.69	4.000	No	No	2.00

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q _t :	Total cone resistance
I _c :	Soil behavior type index
Fr:	Normalized friction ratio (%)
n:	Stress exponent
Q _{tn} :	Normalized cone resistance
K _c :	Cone resistance correction factor due to fines
Q _{tn,cs} :	Normalized and adjusted cone resistance
CRR _{7.5} :	Cyclic resistance ratio for M _w =7.5
FS:	Factor of safety against soil liquefaction

:: 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
0.40	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	1.15	0.00	9.20	0.20	0.00	1.80	1.47	0.00	9.10	0.20	0.00
2.00	0.87	0.13	9.00	0.20	0.24	2.20	0.75	0.25	8.90	0.20	0.44
2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00	2.60	0.90	0.10	8.70	0.20	0.18
2.80	0.67	0.33	8.60	0.20	0.57	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	0.98	0.02	8.10	0.20	0.04
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						

Overall liquefaction potential: 1.46

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

Progetto: Verifica a liquefazione Prova penetrometrica dinamica P40
Comune: Moriago della Battaglia

Dati Situ

Simbologia adottata

M : Magnitudo dell'evento sismico;
 a_g : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
 F_0 : Fattore di amplificazione spettrale;
 CdS : Categoria di sottosuolo;
 Ss : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
 p_0 : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
 z_w : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_g	F_0	CdS	Ss	p_0	z_w
6,60	2,400	2,432	C	1,343	0,00	1,0

$a_{max} / g = 0,329$

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

$Nr.$: Indice dello strato;
Descrizione : Descrizione strato;
 h : Spessore dello strato espresso in [m];
 γ : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
 γ_s : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
 d_{50} : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
fine : Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	argilla limosa - limo sabbioso	4,1	1600	2000	0,02	70.00
2	ghiaia sabbiosa	1,0	1800	2000	2,00	10.00

Dati Prove Penetrometriche

PROVA SPT

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
 z_i : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
 N_{SPT} : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	z_i	N_{SPT}
1	0,1	1
2	0,2	2
3	0,3	2
4	0,4	1
5	0,5	1
6	0,6	1
7	0,7	1
8	0,8	1
9	0,9	1
10	1,0	2
11	1,1	2
12	1,2	2
13	1,3	2
14	1,4	2
15	1,5	3
16	1,6	2
17	1,7	3
18	1,8	2
19	1,9	2
20	2,0	2
21	2,1	2
22	2,2	2
23	2,3	1
24	2,4	1
25	2,5	2
26	2,6	1
27	2,7	2
28	2,8	1
29	2,9	2
30	3,0	2
31	3,1	2

32	3,2	1
33	3,3	2
34	3,4	2
35	3,5	2
36	3,6	3
37	3,7	4
38	3,8	4
39	3,9	5
40	4,0	5
41	4,1	6
42	4,2	17
43	4,3	25
44	4,4	21
45	4,5	36
46	4,6	44
47	4,7	25
48	4,8	8
49	4,9	8
50	5,0	39
51	5,1	65

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

Nr.	: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto SEED MODIFICATO

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	0,10	0,02	0,02	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
2	0,20	0,03	0,03	1.00	1.52	0.14	0.09	0.67
3	0,30	0,05	0,05	1.00	1.52	0.14	0.09	0.68
4	0,40	0,06	0,06	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
5	0,50	0,08	0,08	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
6	0,60	0,10	0,10	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
7	0,70	0,11	0,11	0.99	1.52	0.14	0.08	0.56
8	0,80	0,13	0,13	0.99	1.52	0.14	0.08	0.56
9	0,90	0,14	0,14	0.99	1.52	0.14	0.08	0.56
10	1,00	0,16	0,16	0.99	1.52	0.14	0.09	0.68
11	1,10	0,17	0,18	0.99	1.52	0.15	0.09	0.64
12	1,20	0,18	0,20	0.99	1.52	0.15	0.09	0.61
13	1,30	0,19	0,22	0.99	1.52	0.16	0.09	0.59
14	1,40	0,20	0,24	0.99	1.52	0.17	0.09	0.57
15	1,50	0,21	0,26	0.99	1.52	0.17	0.11	0.66
16	1,60	0,22	0,28	0.99	1.52	0.18	0.09	0.54
17	1,70	0,23	0,30	0.99	1.52	0.18	0.11	0.63
18	1,80	0,24	0,32	0.99	1.52	0.18	0.09	0.51
19	1,90	0,25	0,34	0.99	1.52	0.19	0.09	0.50
20	2,00	0,26	0,36	0.98	1.52	0.19	0.09	0.49
21	2,10	0,27	0,38	0.98	1.52	0.19	0.09	0.48
22	2,20	0,28	0,40	0.98	1.52	0.20	0.09	0.47
23	2,30	0,29	0,42	0.98	1.52	0.20	0.08	0.39
24	2,40	0,30	0,44	0.98	1.52	0.20	0.08	0.38
25	2,50	0,31	0,46	0.98	1.52	0.20	0.09	0.45
26	2,60	0,32	0,48	0.98	1.52	0.21	0.08	0.37
27	2,70	0,33	0,50	0.98	1.52	0.21	0.09	0.43
28	2,80	0,34	0,52	0.98	1.52	0.21	0.08	0.36
29	2,90	0,35	0,54	0.98	1.52	0.21	0.09	0.42
30	3,00	0,36	0,56	0.98	1.52	0.21	0.09	0.42
31	3,10	0,37	0,58	0.98	1.52	0.21	0.09	0.41
32	3,20	0,38	0,60	0.98	1.52	0.22	0.08	0.35
33	3,30	0,39	0,62	0.97	1.52	0.22	0.09	0.40
34	3,40	0,40	0,64	0.97	1.52	0.22	0.09	0.40
35	3,50	0,41	0,66	0.97	1.52	0.22	0.09	0.40
36	3,60	0,42	0,68	0.97	1.52	0.22	0.10	0.45
37	3,70	0,43	0,70	0.97	1.52	0.22	0.11	0.51
38	3,80	0,44	0,72	0.97	1.52	0.22	0.11	0.51
39	3,90	0,45	0,74	0.97	1.52	0.22	0.13	0.57
40	4,00	0,46	0,76	0.97	1.52	0.22	0.13	0.56
41	4,10	0,47	0,78	0.97	1.52	0.23	0.08	0.38
42	4,20	0,48	0,80	0.97	1.52	0.23	0.21	0.94
43	4,30	0,49	0,82	0.97	1.52	0.23	0.35	1.54
44	4,40	0,50	0,84	0.97	1.52	0.23	0.26	1.15
45	4,50	0,51	0,86	0.97	1.52	0.23	1.12	4.90
46	4,60	0,52	0,88	0.96	1.52	0.23	37.00	161.79
47	4,70	0,53	0,90	0.96	1.52	0.23	0.32	1.41
48	4,80	0,54	0,92	0.96	1.52	0.23	0.10	0.44
49	4,90	0,55	0,94	0.96	1.52	0.23	0.10	0.43
50	5,00	0,56	0,96	0.96	1.52	0.23	1.55	6.72
51	5,10	0,57	0,98	0.96	1.52	0.23	37.00	159.88

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 18.30

Rischio di liquefazione : molto alto

Progetto: Verifica a Liquefazione prova penetrometrica dinamica P42
Comune: Moriago della Battaglia

Dati Situ

Simbologia adottata

M : Magnitudo dell'evento sismico;
 a_g : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
 F_0 : Fattore di amplificazione spettrale;
 CdS : Categoria di sottosuolo;
 Ss : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
 p_0 : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
 z_w : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_g	F_0	CdS	Ss	p_0	z_w
6,60	2,400	2,432	C	1,343	0,00	1,0

$a_{max} / g = 0,329$

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

$Nr.$: Indice dello strato;
 $Descrizione$: Descrizione strato;
 h : Spessore dello strato espresso in [m];
 γ : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
 γ_s : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
 d_{50} : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
 $fine$: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	argilla limosa - limo sabbioso	0,7	1600	2000	0,02	70.00
2	ghiaia sabbiosa	2,3	1800	2000	2,00	10.00

Dati Prove Penetrometriche

PROVA SPT

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
 z_i : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
 N_{SPT} : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	z_i	N_{SPT}
1	0,1	1
2	0,2	1
3	0,3	1
4	0,4	2
5	0,5	2
6	0,6	2
7	0,7	4
8	0,8	11
9	0,9	16
10	1,0	11
11	1,1	25
12	1,2	43
13	1,3	18
14	1,4	15
15	1,5	13
16	1,6	14
17	1,7	14
18	1,8	13
19	1,9	13
20	2,0	10
21	2,1	10
22	2,2	15
23	2,3	24
24	2,4	17
25	2,5	33
26	2,6	26
27	2,7	33
28	2,8	43
29	2,9	34
30	3,0	61

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

Nr.	: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cm ²];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cm ²];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto SEED MODIFICATO

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	0,10	0,02	0,02	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
2	0,20	0,03	0,03	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
3	0,30	0,05	0,05	1.00	1.52	0.14	0.08	0.56
4	0,40	0,06	0,06	1.00	1.52	0.14	0.09	0.68
5	0,50	0,08	0,08	1.00	1.52	0.14	0.09	0.68
6	0,60	0,10	0,10	1.00	1.52	0.14	0.09	0.68
7	0,70	0,11	0,11	0.99	1.52	0.14	0.08	0.57
8	0,80	0,13	0,13	0.99	1.52	0.14	0.19	1.37
9	0,90	0,15	0,15	0.99	1.52	0.14	0.29	2.08
10	1,00	0,17	0,17	0.99	1.52	0.14	0.19	1.38
11	1,10	0,18	0,19	0.99	1.52	0.15	1.05	7.13
12	1,20	0,19	0,21	0.99	1.52	0.15	37.00	240.73
13	1,30	0,20	0,23	0.99	1.52	0.16	0.36	2.23
14	1,40	0,21	0,25	0.99	1.52	0.17	0.27	1.60
15	1,50	0,22	0,27	0.99	1.52	0.17	0.23	1.32
16	1,60	0,23	0,29	0.99	1.52	0.18	0.24	1.39
17	1,70	0,24	0,31	0.99	1.52	0.18	0.24	1.36
18	1,80	0,25	0,33	0.99	1.52	0.18	0.23	1.23
19	1,90	0,26	0,35	0.99	1.52	0.19	0.22	1.19
20	2,00	0,27	0,37	0.98	1.52	0.19	0.17	0.90
21	2,10	0,28	0,39	0.98	1.52	0.19	0.17	0.87
22	2,20	0,29	0,41	0.98	1.52	0.20	0.24	1.25
23	2,30	0,30	0,43	0.98	1.52	0.20	0.55	2.76
24	2,40	0,31	0,45	0.98	1.52	0.20	0.27	1.36
25	2,50	0,32	0,47	0.98	1.52	0.20	37.00	182.63
26	2,60	0,33	0,49	0.98	1.52	0.20	0.62	3.03
27	2,70	0,34	0,51	0.98	1.52	0.21	37.00	179.11
28	2,80	0,35	0,53	0.98	1.52	0.21	37.00	177.57
29	2,90	0,36	0,55	0.98	1.52	0.21	37.00	176.15
30	3,00	0,37	0,57	0.98	1.52	0.21	37.00	174.83

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 2.50

Rischio di liquefazione : basso (moderato)

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

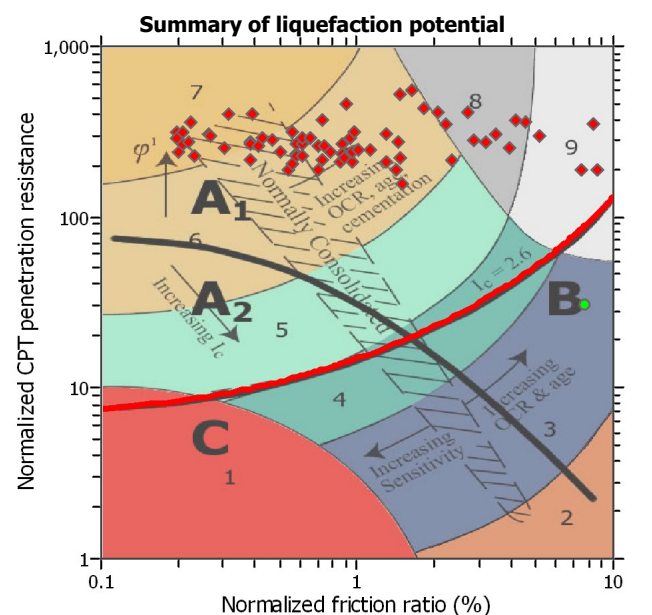
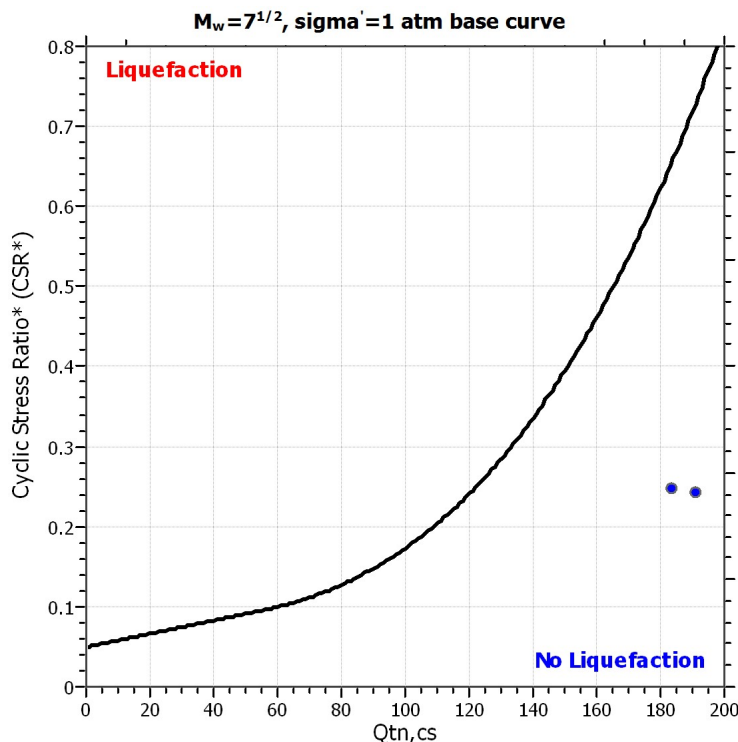
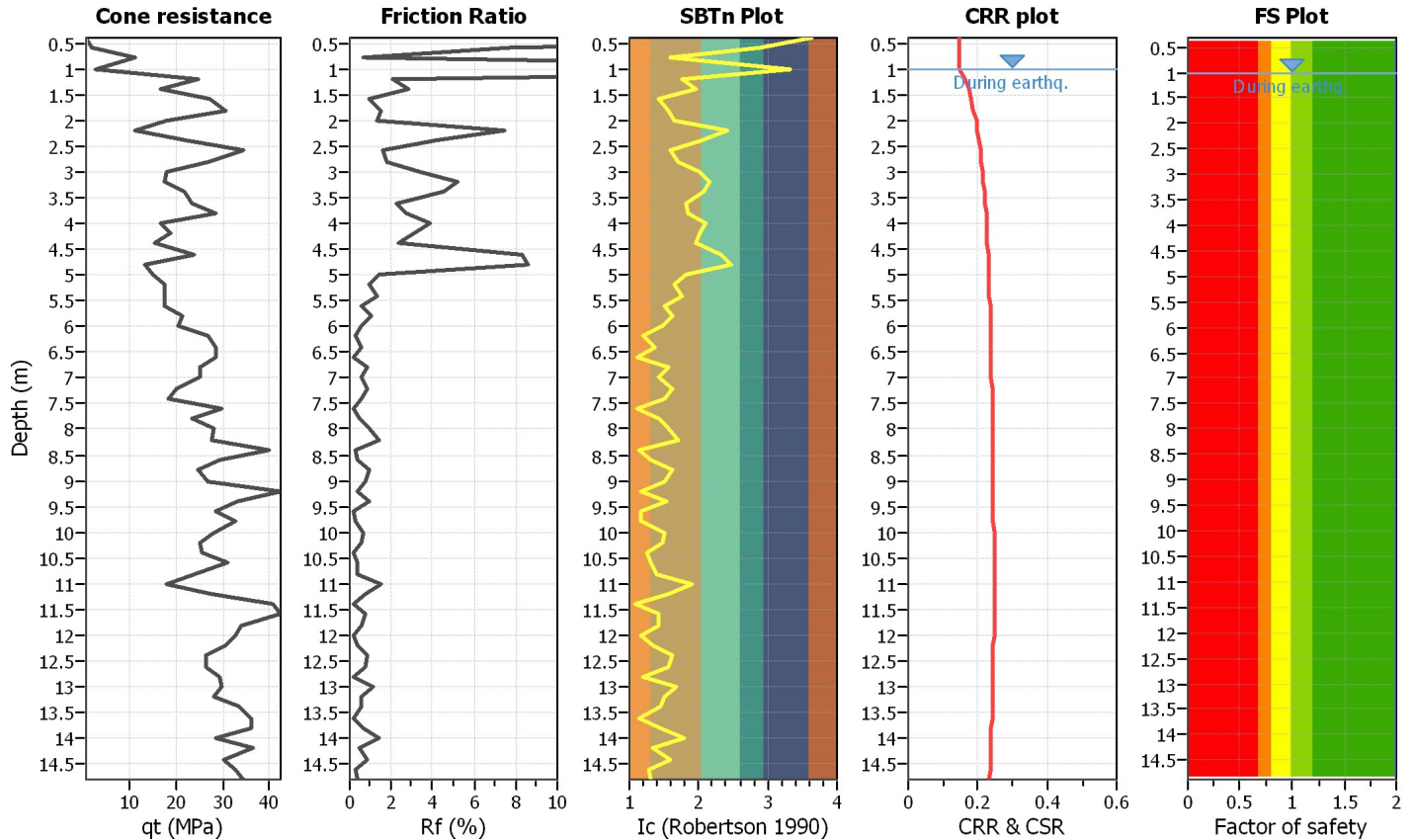
Project title : P69

Location : Moriago della Battaglia

CPT file : Foglio1

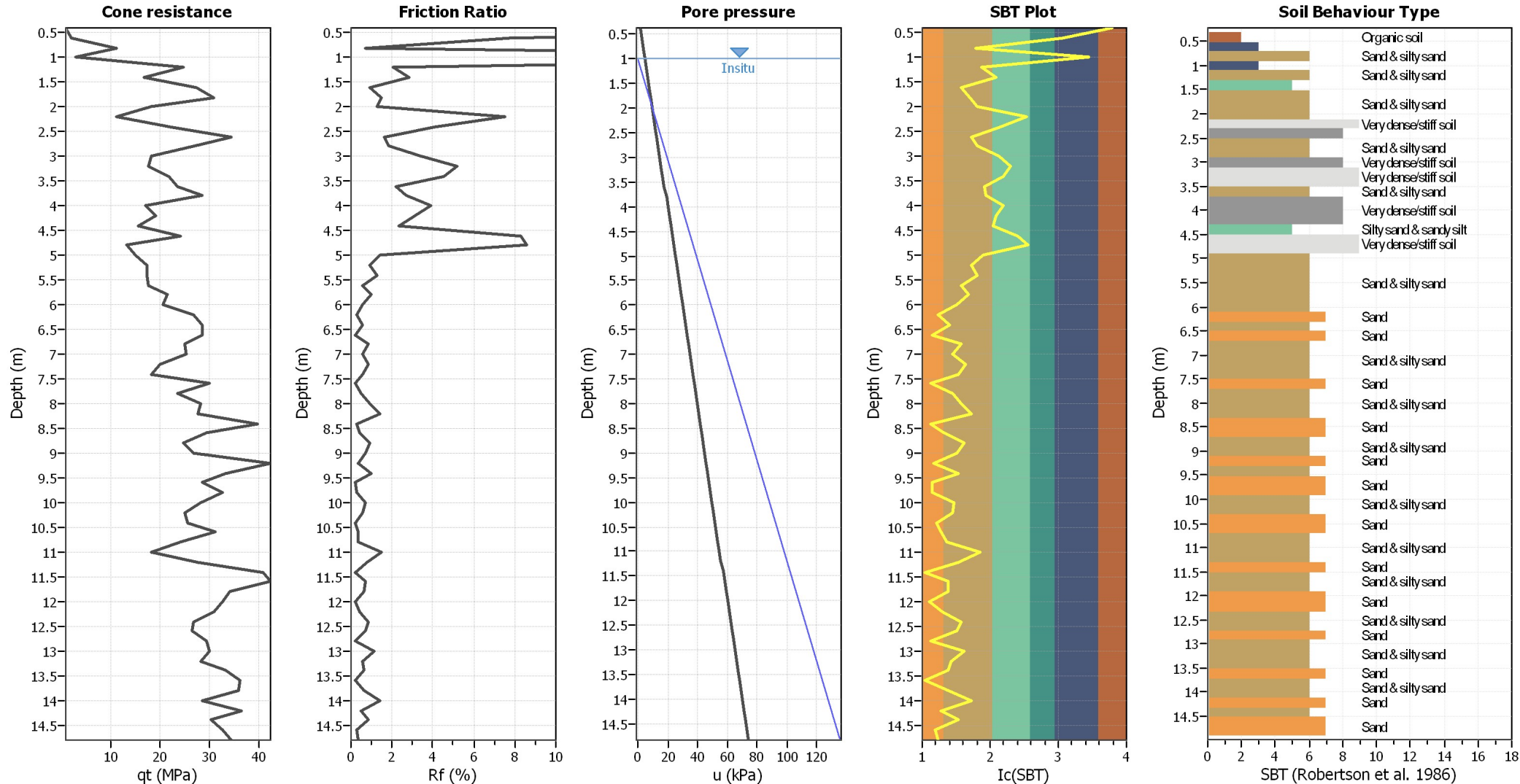
Input parameters and analysis data

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:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w :	6.60	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.32	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_g 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

CPT basic interpretation plots



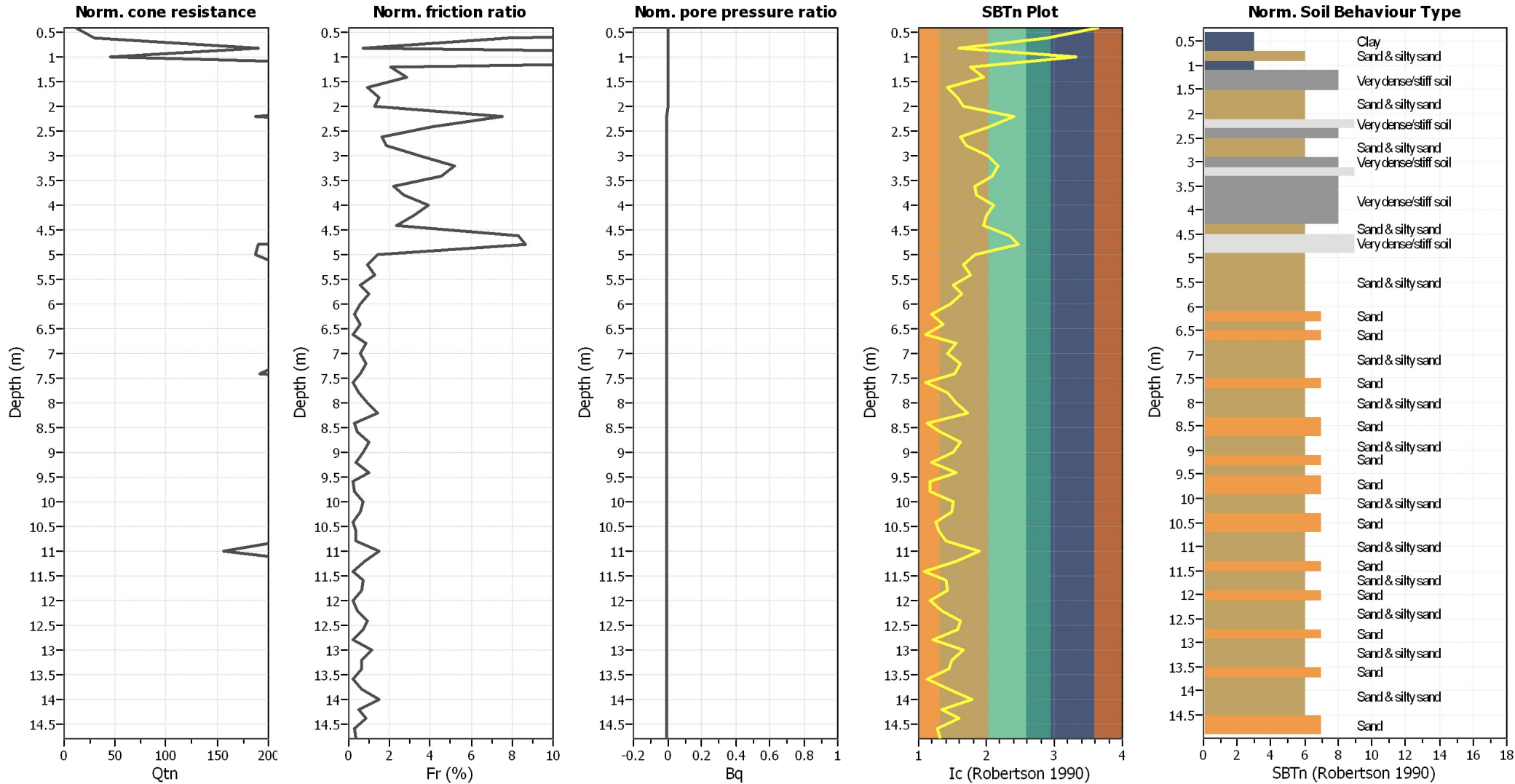
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

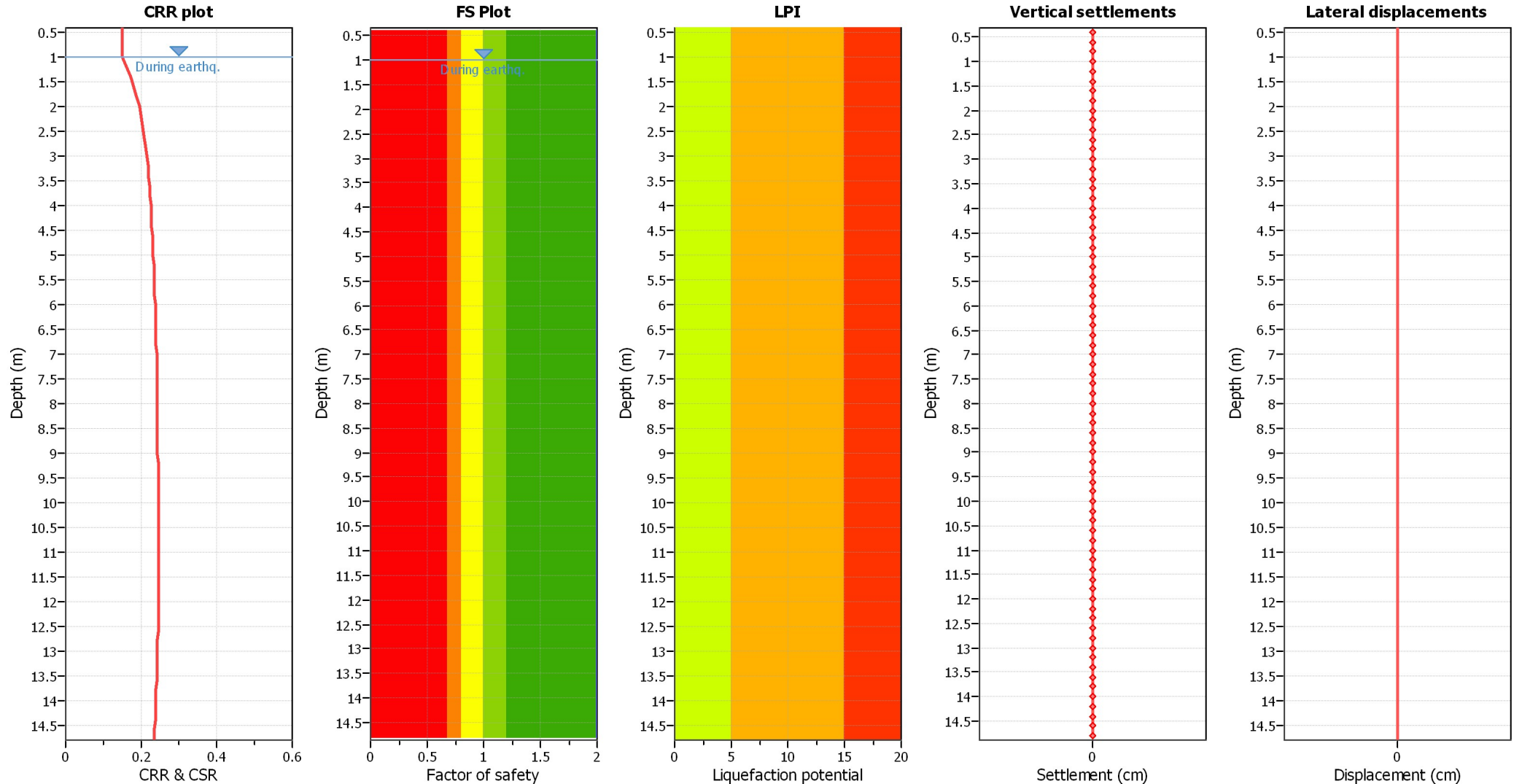
CPT basic interpretation plots (normalized)



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:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _g applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

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:	1	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 :	6.60	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.32	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

Red	Almost certain it will liquefy
Orange	Very likely to liquefy
Yellow	Liquefaction and no liq. are equally likely
Light green	Unlike to liquefy
Dark green	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red	Very high risk
Orange	High risk
Yellow	Low risk

:: Field input data ::						
Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.40	0.70	228.49	2.00	100.00	19.10
2	0.60	1.78	137.29	3.00	52.20	18.87
3	0.80	11.18	78.45	4.00	4.35	18.93
4	1.00	2.66	948.30	5.00	82.57	21.25
5	1.20	24.52	509.95	6.00	7.25	21.39
6	1.40	16.67	470.72	7.00	11.82	21.15
7	1.60	27.26	248.11	8.00	1.87	20.60
8	1.80	30.79	451.11	9.00	3.99	21.33
9	2.00	18.04	235.36	10.00	5.38	20.38
10	2.20	11.08	830.62	11.00	26.98	21.58
11	2.40	22.06	909.08	12.00	14.14	21.58
12	2.60	34.32	561.92	13.00	4.47	21.58
13	2.80	26.97	490.33	14.00	6.09	21.38
14	3.00	18.04	620.76	15.00	13.36	21.49
15	3.20	17.65	909.08	16.00	18.14	21.58
16	3.40	21.77	980.66	17.00	15.39	21.58
17	3.60	23.54	522.69	18.00	8.56	21.40
18	3.80	28.44	771.78	19.00	9.46	21.58
19	4.00	16.87	659.99	20.00	15.92	21.54
20	4.20	18.93	595.26	21.00	13.15	21.46
21	4.40	15.49	359.90	22.00	11.74	20.81
22	4.60	24.03	1993.69	23.00	23.75	21.58
23	4.80	13.14	1130.71	24.00	29.17	21.58
24	5.00	14.81	208.88	25.00	8.58	20.17
25	5.20	17.36	163.77	26.00	5.34	19.95
26	5.40	17.36	222.61	27.00	7.23	20.30
27	5.60	17.55	98.07	28.00	2.96	19.36
28	5.80	21.48	215.75	29.00	4.83	20.35
29	6.00	20.59	117.68	30.00	2.44	19.63
30	6.20	26.67	71.59	31.00	0.00	19.16
31	6.40	28.34	156.91	32.00	1.14	20.09
32	6.60	28.34	58.84	33.00	0.00	18.96
33	6.80	24.91	215.75	34.00	3.66	20.40
34	7.00	25.20	144.16	35.00	1.85	19.94
35	7.20	20.01	169.66	36.00	4.73	20.04
36	7.40	18.24	98.07	37.00	3.18	19.38
37	7.60	29.81	58.84	38.00	0.00	18.98
38	7.80	23.54	117.68	39.00	1.82	19.68
39	8.00	28.24	261.84	40.00	3.74	20.67
40	8.20	27.46	392.27	41.00	6.48	21.13
41	8.40	39.81	124.54	42.00	0.00	19.95
42	8.60	29.42	124.54	43.00	0.59	19.83
43	8.80	24.61	235.36	44.00	4.76	20.50
44	9.00	26.77	196.13	45.00	3.08	20.32
45	9.20	42.27	163.77	46.00	0.00	20.29
46	9.40	33.15	320.68	47.00	3.59	20.97
47	9.60	28.54	58.84	48.00	0.00	18.96
48	9.80	32.75	85.32	49.00	0.00	19.44

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
49	10.00	28.15	196.13	50.00	2.84	20.34
50	10.20	25.01	144.16	51.00	2.62	19.94
51	10.40	25.50	58.84	52.00	0.00	18.92
52	10.60	30.99	117.68	53.00	0.42	19.79
53	10.80	24.03	91.20	54.00	1.45	19.40
54	11.00	18.04	267.72	55.00	10.23	20.53
55	11.20	27.46	215.75	56.00	3.74	20.44
56	11.40	40.80	91.20	57.00	0.00	19.60
57	11.60	42.36	306.95	58.00	1.66	21.01
58	11.80	34.13	208.88	59.00	1.82	20.49
59	12.00	32.56	71.59	60.00	0.00	19.24
60	12.20	30.69	124.54	61.00	0.88	19.85
61	12.40	26.58	235.36	62.00	4.74	20.53
62	12.60	26.28	189.27	63.00	3.80	20.27
63	12.80	29.42	58.84	64.00	0.00	18.97
64	13.00	29.91	333.43	65.00	5.56	20.97
65	13.20	28.15	169.66	66.00	2.80	20.17
66	13.40	33.34	203.00	67.00	2.13	20.44
67	13.60	36.19	71.59	68.00	0.00	19.28
68	13.80	35.99	235.36	69.00	2.16	20.64
69	14.00	28.44	411.88	70.00	7.85	21.20
70	14.20	36.38	169.66	71.00	0.94	20.27
71	14.40	30.20	261.84	72.00	4.34	20.70
72	14.60	32.56	98.07	73.00	0.19	19.60
73	14.80	34.32	130.43	74.00	0.61	19.95

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q _c :	Measured cone resistance (MPa)
f _s :	Sleeve friction resistance (kPa)
u:	Pore pressure (kPa)
Fines content:	Percentage of fines in soil (%)
Unit weight:	Bulk soil unit weight (kN/m ³)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data ::

Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _{tn}	K _c	Q _{tn,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
1	0.40	0.70	3.64	33.16	1.00	11.71	16.88	197.67	4.000	No	Yes	2.00
2	0.60	1.78	2.90	7.78	0.98	29.99	5.73	171.85	4.000	No	Yes	2.00
3	0.80	11.18	1.60	0.70	0.50	189.81	1.00	189.81	4.000	No	No	2.00
4	1.00	2.66	3.32	35.93	1.00	44.87	10.99	493.28	4.000	No	Yes	2.00
5	1.20	24.52	1.76	2.08	0.54	416.40	1.08	448.46	4.000	No	No	2.00
6	1.40	16.67	1.96	2.83	0.62	282.96	1.25	353.12	4.000	No	No	2.00
7	1.60	27.26	1.43	0.91	0.50	462.94	1.00	462.94	4.000	No	No	2.00
8	1.80	30.79	1.58	1.47	0.50	522.89	1.00	522.89	4.000	No	No	2.00
9	2.00	18.05	1.66	1.31	0.51	306.10	1.01	309.20	4.000	No	No	2.00
10	2.20	11.08	2.41	7.52	0.79	187.66	2.37	444.79	4.000	No	No	2.00
11	2.40	22.07	2.04	4.13	0.65	374.31	1.36	509.28	4.000	No	No	2.00
12	2.60	34.33	1.61	1.64	0.50	558.40	1.00	558.40	4.000	No	No	2.00
13	2.80	26.97	1.70	1.82	0.52	434.51	1.04	450.46	4.000	No	No	2.00
14	3.00	18.05	2.01	3.45	0.64	305.75	1.32	403.60	4.000	No	No	2.00
15	3.20	17.66	2.17	5.17	0.70	299.01	1.61	480.08	4.000	No	No	2.00
16	3.40	21.77	2.09	4.52	0.67	359.78	1.43	514.39	4.000	No	No	2.00
17	3.60	23.54	1.82	2.23	0.57	350.64	1.12	393.36	4.000	No	No	2.00
18	3.80	28.44	1.86	2.72	0.58	416.91	1.15	480.93	4.000	No	No	2.00
19	4.00	16.87	2.10	3.93	0.68	254.65	1.46	372.08	4.000	No	No	2.00
20	4.20	18.93	2.01	3.16	0.64	271.91	1.31	356.11	4.000	No	No	2.00
21	4.40	15.50	1.95	2.34	0.62	214.61	1.24	267.10	4.000	No	No	2.00
22	4.60	24.03	2.33	8.33	0.76	349.48	2.06	719.11	4.000	No	No	2.00
23	4.80	13.15	2.47	8.67	0.81	189.38	2.60	492.45	4.000	No	No	2.00
24	5.00	14.81	1.82	1.42	0.57	187.35	1.12	210.30	4.000	No	No	2.00
25	5.20	17.36	1.66	0.95	0.51	210.77	1.01	212.60	4.000	No	No	2.00
26	5.40	17.36	1.76	1.29	0.54	210.33	1.08	226.38	4.000	No	No	2.00
27	5.60	17.56	1.51	0.56	0.50	206.44	1.00	206.44	4.000	No	No	2.00
28	5.80	21.48	1.63	1.01	0.50	249.17	1.00	249.17	4.000	No	No	2.00
29	6.00	20.60	1.47	0.57	0.50	235.70	1.00	235.70	4.000	No	No	2.00
30	6.20	26.68	1.18	0.27	0.50	301.93	1.00	301.93	4.000	No	No	2.00
31	6.40	28.35	1.37	0.56	0.50	316.66	1.00	316.66	4.000	No	No	2.00
32	6.60	28.35	1.11	0.21	0.50	313.04	1.00	313.04	4.000	No	No	2.00
33	6.80	24.92	1.56	0.87	0.50	271.39	1.00	271.39	4.000	No	No	2.00
34	7.00	25.21	1.43	0.58	0.50	271.29	1.00	271.29	4.000	No	No	2.00
35	7.20	20.01	1.62	0.85	0.50	212.47	1.00	212.47	4.000	No	No	2.00
36	7.40	18.25	1.52	0.54	0.50	191.46	1.00	191.46	0.733	No	No	2.00
37	7.60	29.82	1.11	0.20	0.50	310.69	1.00	310.69	4.000	No	No	2.00
38	7.80	23.54	1.42	0.50	0.50	242.31	1.00	242.31	4.000	No	No	2.00
39	8.00	28.25	1.56	0.93	0.50	287.70	1.00	287.70	4.000	No	No	2.00
40	8.20	27.47	1.72	1.44	0.53	276.57	1.05	290.56	4.000	No	No	2.00
41	8.40	39.82	1.13	0.31	0.50	397.31	1.00	397.31	4.000	No	No	2.00
42	8.60	29.43	1.32	0.43	0.50	290.21	1.00	290.21	4.000	No	No	2.00
43	8.80	24.62	1.62	0.96	0.50	239.98	1.00	239.98	4.000	No	No	2.00
44	9.00	26.78	1.52	0.74	0.50	258.52	1.00	258.52	4.000	No	No	2.00
45	9.20	42.28	1.18	0.39	0.50	405.10	1.00	405.10	4.000	No	No	2.00
46	9.40	33.16	1.55	0.97	0.50	314.05	1.00	314.05	4.000	No	No	2.00
47	9.60	28.55	1.17	0.21	0.50	267.89	1.00	267.89	4.000	No	No	2.00
48	9.80	32.76	1.17	0.26	0.50	305.09	1.00	305.09	4.000	No	No	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _{tn}	K _c	Q _{tn,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
49	10.00	28.16	1.50	0.70	0.50	259.48	1.00	259.48	4.000	No	No	2.00
50	10.20	25.02	1.48	0.58	0.50	228.33	1.00	228.33	4.000	No	No	2.00
51	10.40	25.51	1.25	0.23	0.50	231.03	1.00	231.03	4.000	No	No	2.00
52	10.60	31.00	1.30	0.38	0.50	278.84	1.00	278.84	4.000	No	No	2.00
53	10.80	24.04	1.39	0.38	0.50	214.06	1.00	214.06	4.000	No	No	2.00
54	11.00	18.06	1.89	1.50	0.60	155.39	1.18	183.78	0.657	No	No	2.00
55	11.20	27.47	1.56	0.79	0.50	240.73	1.00	240.73	4.000	No	No	2.00
56	11.40	40.81	1.08	0.22	0.50	355.84	1.00	355.84	4.000	No	No	2.00
57	11.60	42.38	1.41	0.73	0.50	366.42	1.00	366.42	4.000	No	No	2.00
58	11.80	34.14	1.42	0.62	0.50	292.41	1.00	292.41	4.000	No	No	2.00
59	12.00	32.57	1.17	0.22	0.50	276.90	1.00	276.90	4.000	No	No	2.00
60	12.20	30.71	1.34	0.41	0.50	259.01	1.00	259.01	4.000	No	No	2.00
61	12.40	26.59	1.62	0.89	0.50	222.24	1.00	222.24	4.000	No	No	2.00
62	12.60	26.29	1.57	0.73	0.50	218.10	1.00	218.10	4.000	No	No	2.00
63	12.80	29.43	1.20	0.20	0.50	242.80	1.00	242.80	4.000	No	No	2.00
64	13.00	29.92	1.67	1.12	0.51	243.91	1.02	248.07	4.000	No	No	2.00
65	13.20	28.16	1.50	0.61	0.50	228.74	1.00	228.74	4.000	No	No	2.00
66	13.40	33.36	1.45	0.61	0.50	269.42	1.00	269.42	4.000	No	No	2.00
67	13.60	36.20	1.13	0.20	0.50	290.73	1.00	290.73	4.000	No	No	2.00
68	13.80	36.00	1.45	0.66	0.50	287.08	1.00	287.08	4.000	No	No	2.00
69	14.00	28.45	1.79	1.46	0.56	219.09	1.10	240.43	4.000	No	No	2.00
70	14.20	36.40	1.35	0.47	0.50	286.16	1.00	286.16	4.000	No	No	2.00
71	14.40	30.22	1.60	0.87	0.50	235.56	1.00	235.56	4.000	No	No	2.00
72	14.60	32.57	1.28	0.30	0.50	252.53	1.00	252.53	4.000	No	No	2.00
73	14.80	34.34	1.32	0.38	0.50	264.67	1.00	264.67	4.000	No	No	2.00

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q _t :	Total cone resistance
I _c :	Soil behavior type index
Fr:	Normalized friction ratio (%)
n:	Stress exponent
Q _{tn} :	Normalized cone resistance
K _c :	Cone resistance correction factor due to fines
Q _{tn,cs} :	Normalized and adjusted cone resistance
CRR _{7.5} :	Cyclic resistance ratio for M _w =7.5
FS:	Factor of safety against soil liquefaction

:: 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
0.40	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	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
14.80	2.00	0.00	2.60	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

Progetto: Verifica a liquefazione prova Penetrometrica dinamica P76
Comune: Moriago della Battaglia

Dati Situ

Simbologia adottata

M : Magnitudo dell'evento sismico;
 a_g : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
 F_0 : Fattore di amplificazione spettrale;
 CdS : Categoria di sottosuolo;
 Ss : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
 p_0 : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
 z_w : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_g	F_0	CdS	Ss	p_0	z_w
6,60	2,400	2,432	C	1,343	0,00	1,5
$a_{max} / g = 0,329$						

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

N_r : Indice dello strato;
Descrizione : Descrizione strato;
 h : Spessore dello strato espresso in [m];
 γ : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
 γ_s : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
 d_{50} : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
fine : Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	ghiaia limoso sabbiosa	1,5	1800	2000	0,50	30.00
2	argilla limosa - limo sabbioso	3,0	1600	2000	0,02	70.00
3	ghiaia limoso-sabbiosa	4,2	1800	2000	0,50	30.00
4	ghiaia sabbiosa	1,2	1800	2000	2,00	5.00

Dati Prove Penetrometriche

PROVA SPT

Simbologia adottata

N_r : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
 z_i : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
 N_{SPT} : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	z_i	N_{SPT}
1	0,3	9
2	0,6	13
3	0,9	6
4	1,2	8
5	1,5	6
6	1,8	2
7	2,1	2
8	2,4	7
9	2,7	3
10	3,0	1
11	3,3	3
12	3,6	2
13	3,9	5
14	4,2	3
15	4,5	5
16	4,8	10
17	5,1	14
18	5,4	15
19	5,7	15
20	6,0	26
21	6,3	26
22	6,6	25
23	6,9	17
24	7,2	9
25	7,5	9
26	7,8	9
27	8,1	12
28	8,4	13
29	8,7	13
30	9,0	32
31	9,3	38
32	9,6	48
33	9,9	60

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

N_r	: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto SEED MODIFICATO

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	0,30	0,05	0,05	1.00	1.52	0.14	0.22	1.57
2	0,60	0,11	0,11	1.00	1.52	0.14	0.32	2.32
3	0,90	0,16	0,16	0.99	1.52	0.14	0.16	1.17
4	1,20	0,22	0,22	0.99	1.52	0.14	0.20	1.44
5	1,50	0,27	0,27	0.99	1.52	0.14	0.17	1.20
6	1,80	0,30	0,33	0.99	1.52	0.15	0.09	0.60
7	2,10	0,33	0,39	0.98	1.52	0.16	0.09	0.55
8	2,40	0,36	0,45	0.98	1.52	0.17	0.17	0.97
9	2,70	0,39	0,51	0.98	1.52	0.18	0.10	0.57
10	3,00	0,42	0,57	0.98	1.52	0.19	0.07	0.40
11	3,30	0,45	0,63	0.97	1.52	0.19	0.10	0.52
12	3,60	0,48	0,69	0.97	1.52	0.20	0.09	0.43
13	3,90	0,51	0,75	0.97	1.52	0.20	0.12	0.61
14	4,20	0,54	0,81	0.97	1.52	0.20	0.10	0.47
15	4,50	0,57	0,87	0.97	1.52	0.21	0.11	0.55
16	4,80	0,60	0,93	0.96	1.52	0.21	0.17	0.82
17	5,10	0,63	0,99	0.96	1.52	0.21	0.22	1.02
18	5,40	0,66	1,05	0.96	1.52	0.21	0.22	1.05
19	5,70	0,69	1,11	0.96	1.52	0.22	0.22	1.02
20	6,00	0,72	1,17	0.95	1.52	0.22	0.37	1.69
21	6,30	0,75	1,23	0.95	1.52	0.22	0.27	1.22
22	6,60	0,78	1,29	0.95	1.52	0.22	0.38	1.75
23	6,90	0,81	1,35	0.95	1.52	0.22	0.23	1.03
24	7,20	0,84	1,41	0.94	1.52	0.22	0.14	0.64
25	7,50	0,87	1,47	0.94	1.52	0.22	0.14	0.63
26	7,80	0,90	1,53	0.94	1.52	0.22	0.14	0.62
27	8,10	0,93	1,59	0.94	1.52	0.22	0.17	0.74
28	8,40	0,96	1,65	0.94	1.52	0.23	0.17	0.78
29	8,70	0,99	1,71	0.93	1.52	0.23	0.11	0.47
30	9,00	1,02	1,77	0.93	1.52	0.23	0.26	1.17
31	9,30	1,05	1,83	0.93	1.52	0.23	0.34	1.50
32	9,60	1,08	1,89	0.92	1.52	0.22	0.55	2.42
33	9,90	1,11	1,95	0.91	1.52	0.22	3.62	16.18

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 14.72

Rischio di liquefazione : alto