



**PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI CERVIGNANO DEL FRIULI**

Committente:	AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CERVIGNANO DEL FRIULI
Impresa esecutrice:	LGT LABORATORIO GEOTECNICO SRL
	RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA EX CASERMA "MONTE PASUBIO"
Direttore Lavori :	dott. ing. Marcello Demarchi
Elaborato :	Relazione geologica e alle indagini geognostiche
Data :	18 luglio 2016

Il Responsabile dei Rapporti con la Committenza

Dr. Andrea Tentor



Associazione Laboratori
di Ingegneria
e Geotecnica



Azienda Certificata da SQS
UNI EN ISO9001:2008
n. 30861

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI CERVIGNANO DEL FRIULI

RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA EX CASERMA "MONTE PASUBIO"

*Relazione geologica
e sulle indagini geognostiche*



Dr. geol. Roberto Ponta
Via Caprin 40 - 34073 Grado (GO)
Tel: 0431-35824
Cell: 338-6788491
e-mail: r.ponta56@gmail.com

Grado, 18 luglio 2016



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'	3
3.	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	4
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
5.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
6.	INQUADRAMENTO SISMOLOGICO	9
6.1	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	11
7.	P.A.I. Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale	13
8.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	14
8.1	SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO - PROVE DI LABORATORIO	15
8.2	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	21
8.3	INDAGINI GEOFISICHE	23
9	SEZIONE GEOLOGICA	25
10	CONCLUSIONI	26

Allegati:

Report Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

Report Prove penetrometriche statiche

Report Indagine geofisica

Certificati Prove di laboratorio

Sezione geologica



1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta su incarico dell'Amministrazione comunale di Cervignano del Friuli, regolata dal disciplinare di incarico n. xxxxxxxxxxxx, per il progetto di riqualificazione urbana dell'area della ex Caserma “Monte Pasubio”, ubicata tra via III Armata e via Luigi Chiozza.

Per una corretta determinazione della successione litostratigrafica e dei parametri geotecnici dei terreni, si è provveduto in via preliminare nel mese di maggio ad eseguire una campagna di indagini geognostiche sia dirette che indirette.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

Le specifiche attività per lo svolgimento delle indagini in oggetto sono state le seguenti:

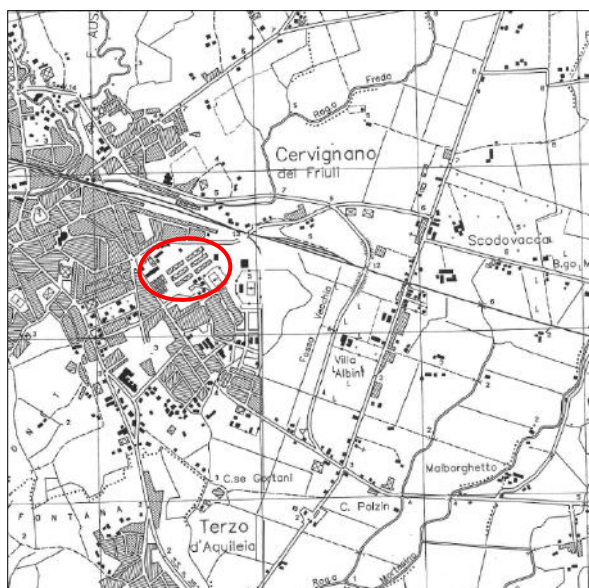
- Nei giorni 10-11-12 maggio 2016 sono stati eseguiti **n.2 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo**, con prove S.P.T. e prelievo di n.6 campioni indisturbati, inviati in laboratorio per le seguenti determinazioni:
 - Analisi granulometrica
 - w_m contenuto d'acqua (ASTM D 2216/98)
 - γ_m peso dell'unità di volume (BS 1377 T15/e)
 - $\gamma_{s\text{ medio}}$ peso specifico dei grani (ASTM D 854-00)
 - e_o indice dei vuoti
 - n porosità
 - S_r grado di saturazione
 - γ_d peso di volume secco
 - Limiti di Atterberg
 - Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL) (Raccomandazioni AGI 1994)
 - Prova di compressione triassiale consolidata drenata (CID) (AGI 1994)
- Il giorno 20 maggio 2016 è stata condotta l'indagine geofisica in modalità
 - Passiva con n.2 acquisizioni **HVSR** (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) per la determinazione di frequenze di possibile risonanza di sito.
 - Attiva n.2 acquisizioni **HoliSurface®** per la determinazione del profilo Vs, in modalità congiunta con HVSR.
- Il giorno 26 maggio 2016 sono state effettuate n.3 prove **penetrometriche statiche**.



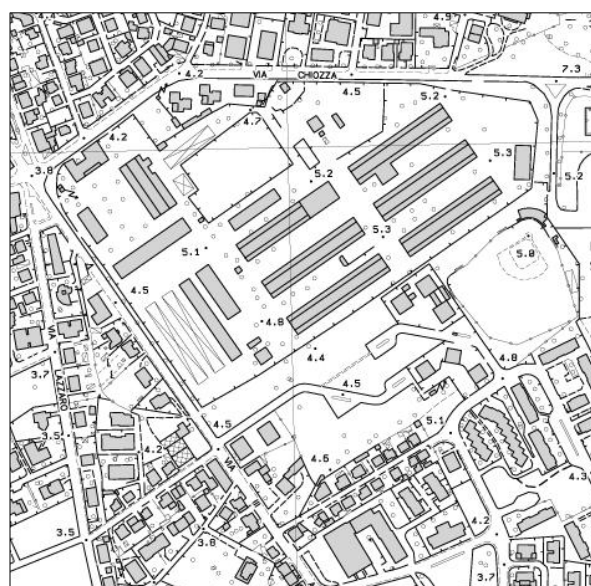
3. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il sito in esame è inquadrato nell'elemento 088133 – Cervignano del Friuli della CTRN, scala 1:5.000 della Regione Friuli Venezia Giulia. La tabella sottostante riporta i valori delle coordinate nel sistema WGS84 ed il valore della quota geoidica.

Latitudine	Longitudine
45.81941°	13.34197°
QUOTA GEOIDICA	
4.70 – 5.30 m s.l.m.m.	



Estratto CRN Foglio 088-SO (Volo 1998)
Scala 1:25.000



Estratto CTNR Foglio 088133 "Cervignano del Friuli" (Volo 2003) - Scala 1: 5.000



Vista aerea



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in oggetto appartiene alla parte orientale della Bassa Pianura Friulana, da un punto di vista geolitologico i terreni della zona sono riferibili alla glaciazione Wurmiana e al postglaciale recente.

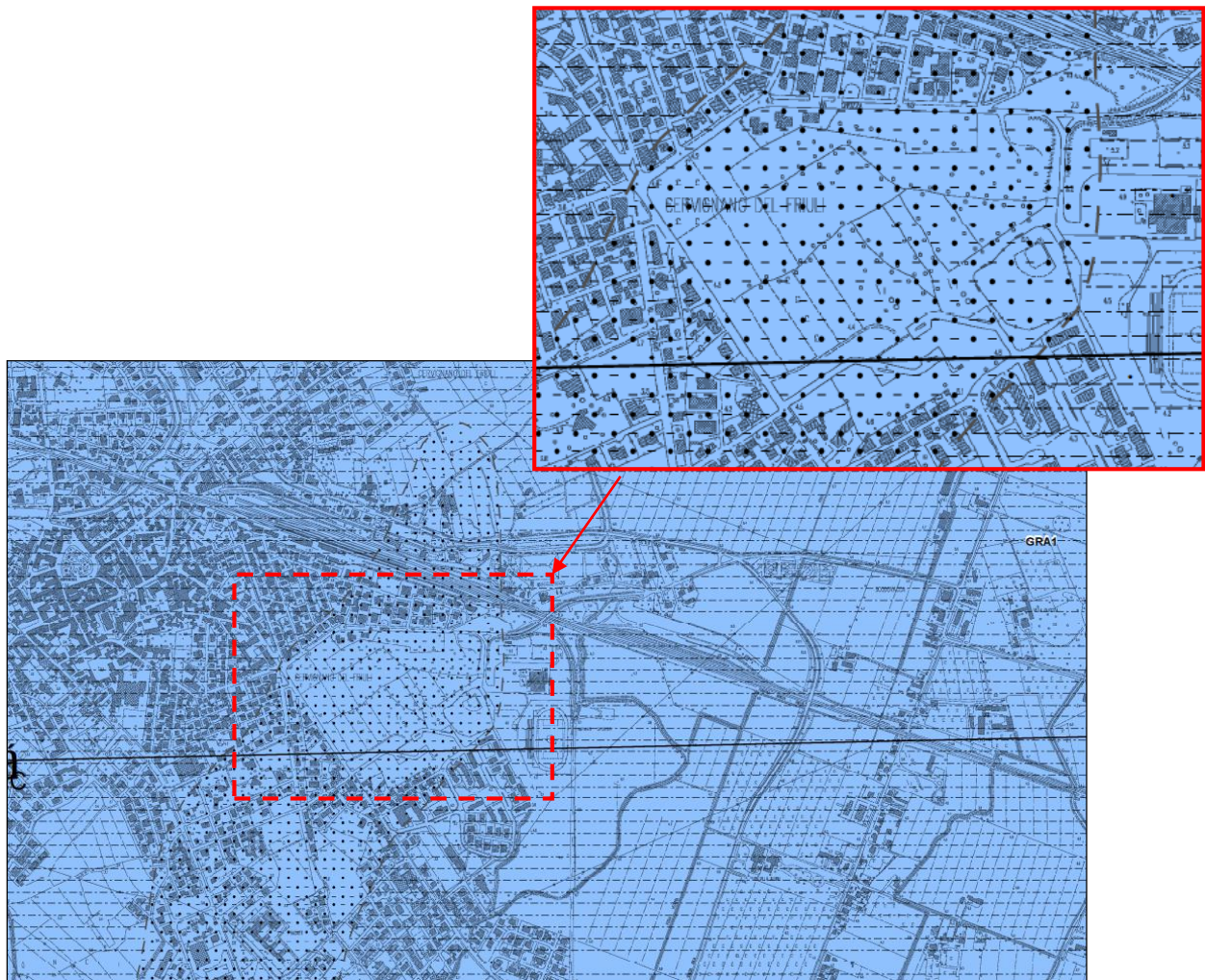
Nella fase anaglaciale del wurmiano si è avuta la formazione dell'Alta pianura ghiaiosa a monte dell'attuale zona delle risorgive che continuano in una Bassa pianura sabbiosa-limo-argillosa intersecata da lame ghiaiose in corrispondenza delle maggiori correnti fluvio-glaciali defluenti verso Sud; è seguita una fase di transizione e un periodo corrispondente al ritiro del ghiacciaio dalla zona dell'anfiteatro morenico e una convergenza delle acque di fusione per l'attuale corso del fiume Tagliamento.

Le acque di fusione del ghiacciaio tilaventino scendenti da Palmanova crearono il basamento dei terreni del sottosuolo cervignanese, con un probabile apporto anche delle correnti fluvio-glaciali dell'Isonzo e del Natisone. Nel postglaciale le acque del Torre e del Natisone si riversarono ripetutamente sul territorio, rimaneggiando i terreni e depositando nuove alluvioni.

Alta e bassa pianura sono geograficamente e convenzionalmente separate dalla linea delle risorgive costituita da quella fascia nella quale le acque freatiche dell'alta pianura affiorano parzialmente in superficie. Ciò avviene per numerose cause che possono essere sintetizzate in una diminuzione generalizzata e progressiva di permeabilità del mezzo filtrante a procedere da monte verso valle.

La parte di acque freatiche dell'alta pianura che non affiora in superficie lungo la linea delle risorgive prosegue la sua circolazione sotterranea entri i livelli permeabili della bassa pianura che essendo confinati da livelli argilloso-limosi impermeabili acquistano il carattere di acquiferi in pressione.

Dal punto di vista idraulico quindi alta e bassa pianura sono strettamente connesse nel senso che le acque sotterranee artesiane della bassa pianura derivano da quelle freatiche dell'alta pianura; la loro origine è comune ed è costituita in sintesi dalle precipitazioni meteoriche efficaci e dalle perdite dei corsi d'acqua che interessano sia l'alta pianura che i territori a monte di essa. In generale il sottosuolo della zona di interesse è costituito da depositi di origine alluvionale costituiti da una coltre di terreni fini rappresentati da limi e argille compatte, che ricopre sedimenti prevalentemente ghiaiosi intercalati localmente da livelli di argille compatte. Lo spessore della coltre fine è variabile, localmente risulta ridotto o anche mancante, con relativo affioramento delle ghiaie.

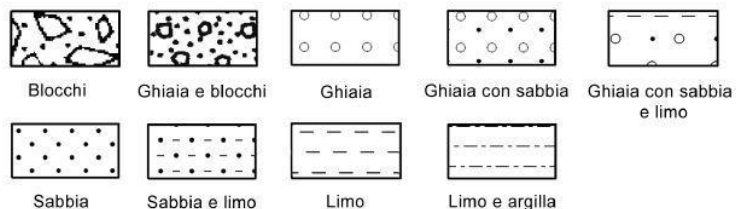


Successione quaternaria



SISTEMA DEPOSIZIONALE

Depositi alluvionali



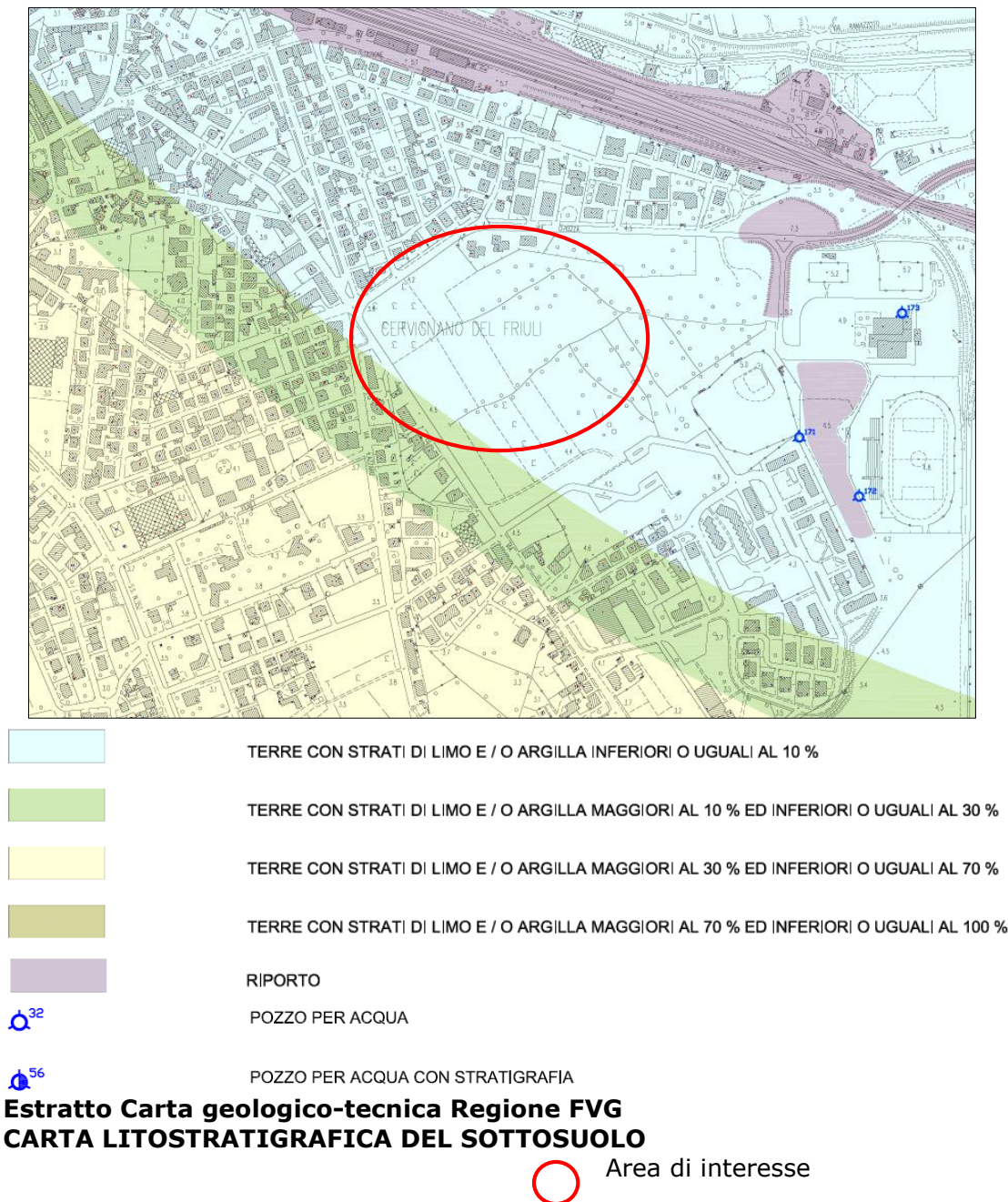
Estratto CARTA DI SINTESI GEO-CGT – Servizio Geologico - FVG

Foglio 088- Gorizia

Sezione 088130 - Scala 1:10.000



Da quanto emerge dalla Carta geologico-tecnica regionale l'area di interesse ricade entro una zona caratterizzata superficialmente da sedimenti prevalentemente limoso/argillosi.



In generale il sottosuolo della zona, da quanto risulta dalla stratigrafia del pozzo n.036003¹, ubicato a W dell'area in oggetto (a circa 600m), risulta la seguente successione litostratigrafica:

0,00 ÷ 6,10m	Argilla compatta
6,10 ÷ 12,30m	Ghiaia

¹ Dati desunti dal "Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli-Venezia Giulia" Direzione Regionale dell'Ambiente.

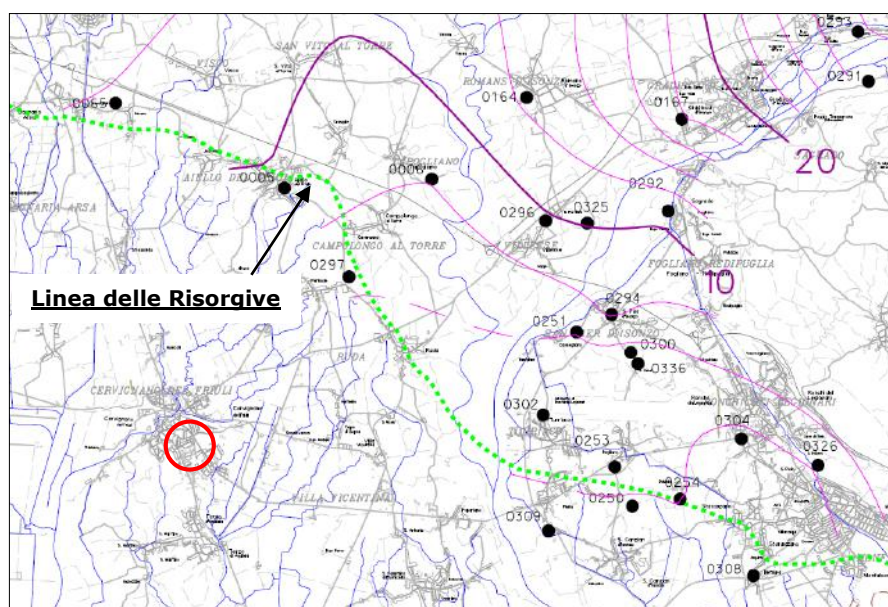


12,30 ÷ 21,70m	Argilla compatta
21,70 ÷ 25,50m	Ghiaia
25,50 ÷ 41,80m	Ghiaia con argilla
41,80 ÷ 78,10m	Argilla compatta
78,10 ÷ 84,40m	Ghiaia
84,40 ÷ 90,70m	Argilla
90,70 ÷ 96,10m	Ghiaia

Per la determinazione della natura e caratteristiche geotecniche del sottosuolo dell'area in oggetto, si fa riferimento ai risultati dell'indagine geognostica svolta nel mese di maggio 2016.

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La zona in esame ricade a sud della linea delle risorgive, dove le acque freatiche affiorano parzialmente in superficie, a causa di una diminuzione generalizzata e progressiva della permeabilità del mezzo filtrante a procedere da monte verso valle.



CARTA DELLE ISOFREATICHE - MINIMO IMPINGUAMENTO

Agosto - Settembre 1993 Pianura Friulana

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici - Servizio Idraulica - 10 marzo 2005

○ Area in oggetto

Nel sottosuolo della zona è presente superficialmente una falda freatica di spessore e andamento discontinuo condizionata dalla permeabilità dei terreni ed alimentata principalmente dalle precipitazioni, più in profondità generalmente oltre i 20-22m iniziano ad essere presenti le falde artesiane. Tali falde sono generalmente contenute in livelli ghiaiosi/sabbiosi e vengono alimentate dai corsi d'acqua e dalle infiltrazioni delle precipitazioni nelle zone a Nord delle risorgive.



La direzione della falda è rivolta generalmente verso Sud, condizionata, vista la modesta pendenza dei filoni idrici, dagli strati che presentano una maggiore permeabilità.

A seguito delle indagini geognostiche effettuate nel maggio 2016, è stato rilevato il livello dell'acqua sotterranea:

- Nel sondaggio n.1 è stata rilevata una falda superficiale a -1,55 dal pc (con perforazione a -2,80m);
- Nel sondaggio n.2, è stata rilevata una falda superficiale a -1,70 dal pc (con perforazione a -2,80m) e una falda confinata in pressione all'interno del livello di ghiaie (posto tra -5,00 e -7,80m) con superficie piezometrica a -0,80 m dal P.C. (con perforazione a -5,80m).

6. INQUADRAMENTO SISMOLOGICO

Sulla base della zonazione sismogenetica denominata ZS9 realizzata dall'INGV nel 2004 contestualmente alla realizzazione della mappa della pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, l'area Veneto Orientale Friulana è interessata dalle aree sismogenetiche identificate dai valori 904, 905 e 906 (Fig. **A**) e legate all'interazione Adria-Europa.

In particolare tali zone sono caratterizzate dalla massima convergenza tra le placche adriatica ed europea e sono caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino Orientale e faglie inverse associate e nelle aree ad est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico). La tabella seguente riporta le caratteristiche geometriche principali di tali aree sismogenetiche in termini di meccanismo di *fagliazione principale* e *profondità efficace* definita come la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità sismica della zona.

Zona sismogenetica	Meccanismo di fagliazione principale	Profondità efficace (km)
904	Faglia trascorrente	7
905	Faglia inversa	8
906	Faglia inversa	8

Caratteristiche geometriche principali delle aree sismogenetiche di interesse dell'area Veneto Orientale-Friulana

Sulla base del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11)* realizzato dall'INGV, nel quale sono contenuti i terremoti storici avvenuti entro il periodo temporale compreso tra il Mondo Antico (il terremoto più antico catalogato è avvenuto nel 217 a.c.) ed il 2008 d.c, è stato possibile estrarre i terremoti di magnitudo momento (Mw) superiore a 5 il cui epicentro è localizzato entro l'area regionale od in prossimità della stessa. La sovrapposizione di



tali terremoti con le aree sismogenetiche prima definite (Fig. **A**) evidenzia che la sismicità dell'area è prevalentemente generata nella zona sismogenetica identificata con il valore 905, sede della forte attività sismica avvenuta nel 1976.

Storia sismica del comune di Cervignano del Friuli

Dalla Fig. **A** è possibile definire che il comune di Cervignano del Friuli ricade a sud del confine della zona sismogenetica identificata con il valore 905, che è sede della genesi, come è già stato definito precedentemente, della maggior parte della sismicità osservata nell'area Veneto Orientale-Friulana. Sulla base del database denominato *DBTI11* realizzato dall'INGV nel 2011 e contenente le osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico *CPTI11* utilizzato precedentemente, è stato possibile ricostruire la storia sismica del comune di Cervignano del Friuli

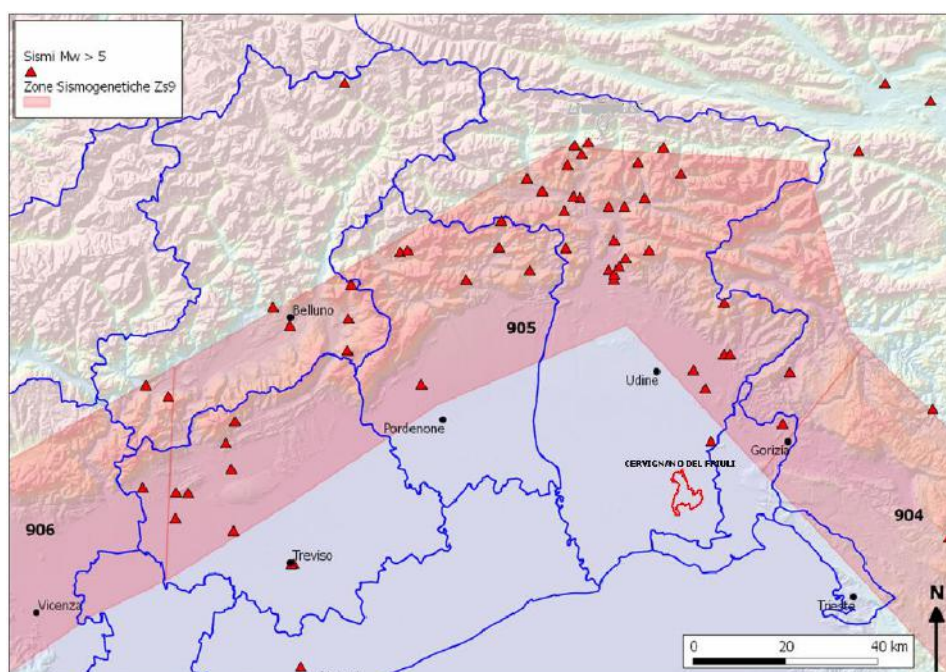


Fig. **A** – Aree sismogenetiche nell'area Veneto Orientale-Friulana e sismicità storica

In particolare in tale catalogo sono presenti 5 sismi che hanno generato degli effetti macrosismici nel comune di interesse. Tali sismi sono riportati nella tabella seguente, dove *I_s* ed *I_o* sono le intensità macrosismiche osservate rispettivamente nel comune in esame e nell'epicentro dell'evento ed espresse nella scala MCS ed *M_w* è la magnitudo momento dell'evento. In particolare si può notare che le intensità macrosismiche storiche rilevate nel territorio comunale di Cervignano del Friuli sono in genere di valore medio-basso con massimo compreso tra 4 e 5. Si aggiunge che gli eventi sono associati alla zona sismogenetica identificata con 905 (Fig. **A**) e sede della maggior parte dei terremoti che generano sismicità nell'area Veneto Orientale-Friulana.

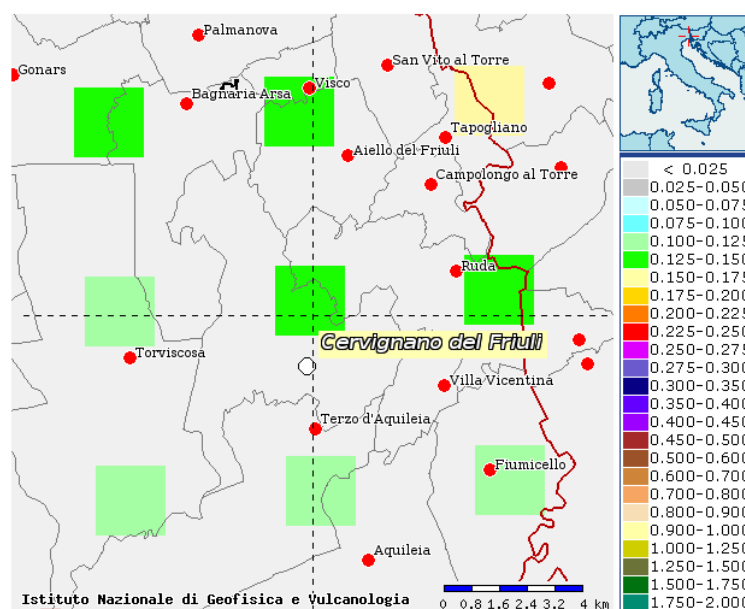


Effetti	Terremoti			
<i>Is</i>	Anno	Area epicentrale	<i>Io</i>	<i>Mw</i>
4	1928	CARNIA	8-9	5.75
3	1959	CARNIA	7-8	5.23
6	1976	FRIULI	9-10	6.43
2	1988	VENZONE	6	4.64
4-5	1998	SLOVENIA-FRIULI	6	5.70

Sintesi della storia sismica del Comune di Cervignano del Friuli

6.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

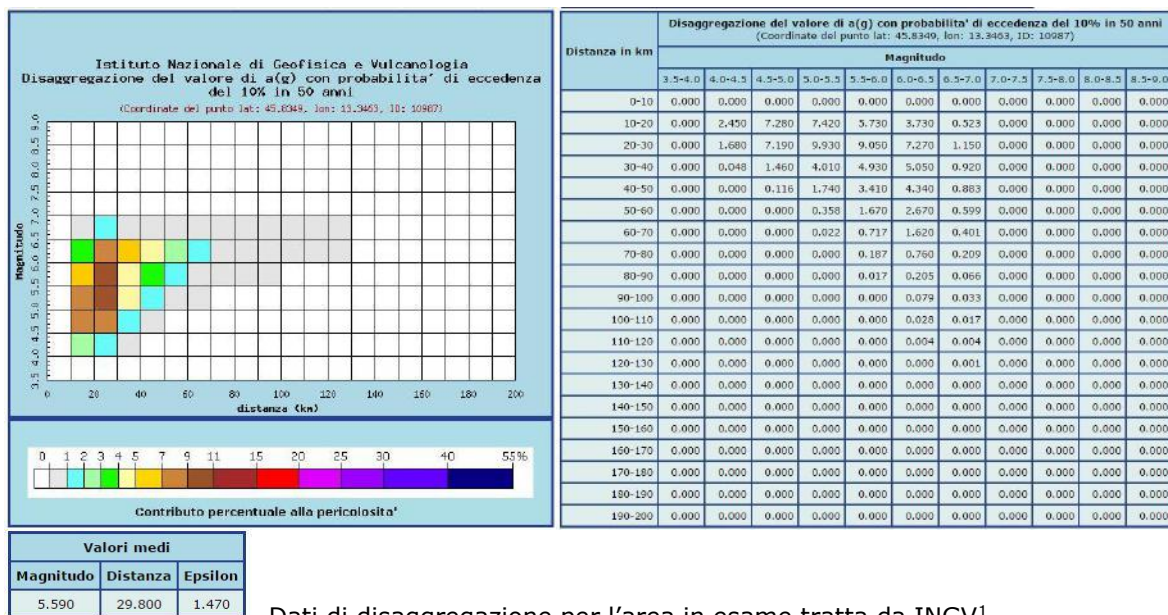
Nella figura riportata di seguito è riportata la “pericolosità sismica di base” del comune di Cervignano del Friuli, tratta dall'INGV, con periodo di riferimento pari a 50 anni in termini di a_g con probabilità di superamento del 10%. Per il tempo di ritorno di 475 anni, la classe di a_g cui è inserita la zona è quella compresa tra 0.125g e 0.150g.



Pericolosità sismica di base tratta da INGV²

Riguardo la determinazione della magnitudo che la zona può risentire in caso di un evento sismico, nella figura successiva sono riportati i dati di disaggregazione relativi al nodo 109087 del reticolo INGV, il più prossimo all'area analizzata. Il valore medio della magnitudo è pari a 5.59.

² Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>

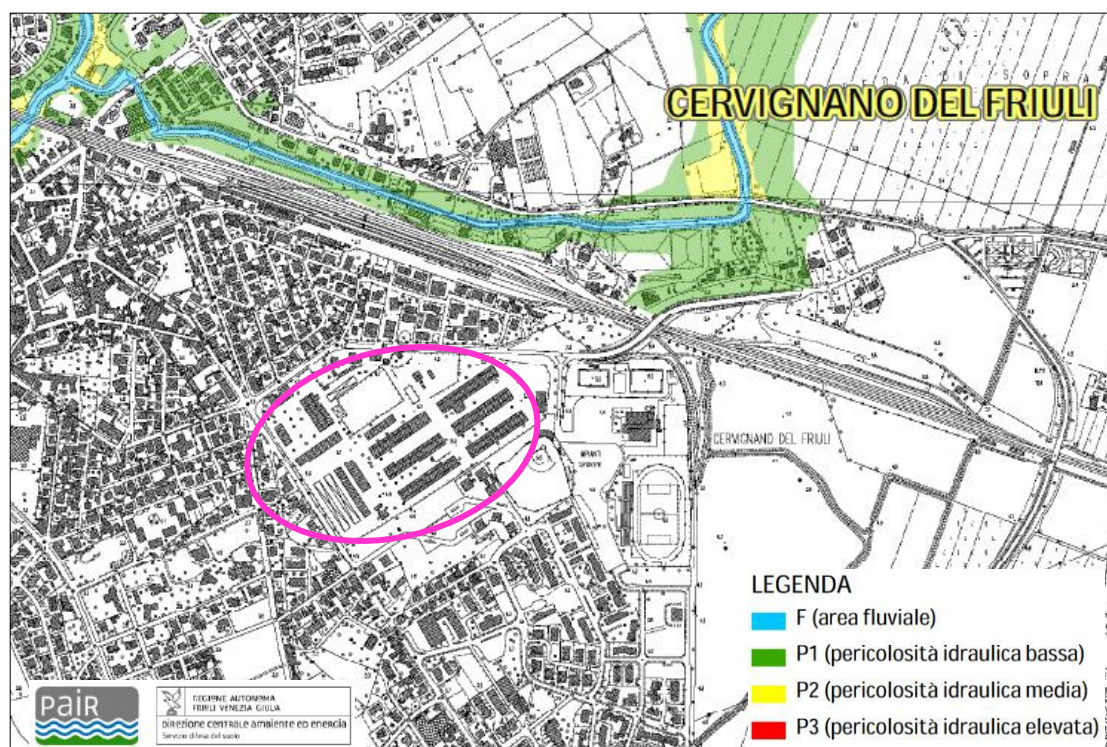


Dati di disaggregazione per l'area in esame tratta da INGV¹



7. P.A.I. Progetto di Piano stralcio per l’assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale

Verificato il “Progetto di piano stralcio per l’assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale” approvato il 28 novembre 2014 con deliberazione n. 2278 della Giunta regionale, ai sensi dell’articolo 14 della L.R. 16/2002, pubblicato sul BUR n. 51 del 17 dicembre 2014, l’area in oggetto, posta altimetricamente a quota tra +4.7/5.6m s.l.m.m, non risulta classificata a pericolosità geologica e/o idraulica, così come si può verificare dalla cartografia riportata di seguito.



Estratto Tav.53 - Carta della pericolosità idraulica - Progetto di piano stralcio per l’assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale ○ Area in oggetto



8. INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE DI LABORATORIO

Per la stesura del progetto definitivo è stato effettuato un rilievo in sito e una campagna di indagini geognostiche eseguite nel mese di maggio 2016. Le indagini sono state finalizzate alla definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, del profilo sismico, del valore delle VS30 e alla verifica dell'esistenza di eventuali frequenze di risonanza.

L'indagine geognostica in sito è stata condotta mediante l'esecuzione di

n.2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo

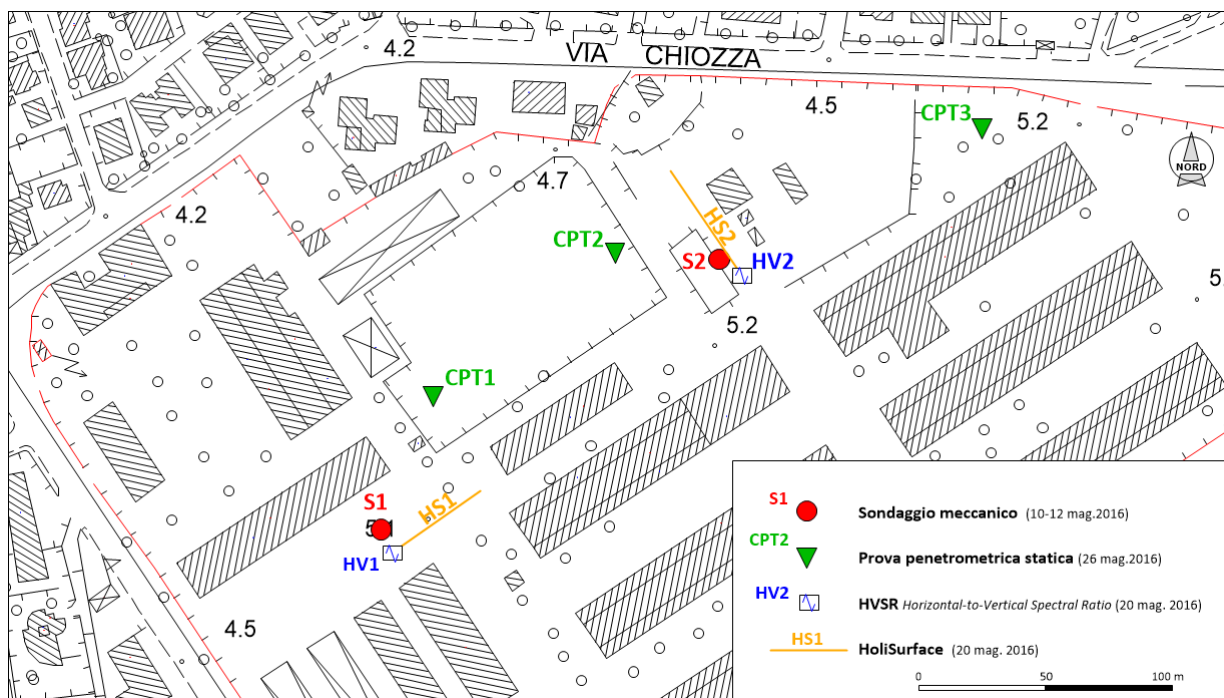
n.3 prove penetrometriche statiche

n.2 HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) indagine geofisica passiva

n.2 HoliSurface® indagine geofisica attiva.

inoltre su campioni prelevati tramite i due sondaggi meccanici sono state effettuate le seguenti analisi e prove di laboratorio per la determinazione:

- Analisi granulometrica
- w_m contenuto d'acqua (ASTM D 2216/98)
- γ_m peso dell'unità di volume (BS 1377 T15/e)
- γ_s medio peso specifico dei grani (ASTM D 854-00)
- e_o indice dei vuoti
- n porosità
- S_r grado di saturazione
- γ_d peso di volume secco
- Limiti di Atterberg
- Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL) (Raccomandazioni AGI 1994)
- Prova di compressione triassiale consolidata drenata (CID) (AGI 1994)



Ubicazione indagini geognostiche



8.1 SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO e PROVE DI LABORATORIO

Di seguito si riportano i principali risultati ottenuti mediante l'esecuzione dei sondaggi meccanici e le analisi di laboratorio sui campioni indisturbati.

S1 Sondaggio meccanico a carotaggio continuo a secco

0,00-0,20m Soletta in c.a.

0,20-1,00m **Riporto:** ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa nocciola

1,00-3,30m **Limo sabbioso** nocciola con screziature ocra

Pocket P.	3.50 kg/cm ²	<i>molto consistente³</i>	Torvane 1.64 kg/cm ²
Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.32 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.28 kg/cm ²
Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.24 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.20 kg/cm ²

3,30-5,00m **Limo sabbioso** grigio

5,00-5,80m **Limo argilloso** da grigio a marrone **con livelli di torba**

Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.36 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.52 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.48 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.52 kg/cm ²

5,80-6,40m **Sabbia medio-fine** grigia con rari clasti di ghiaia fina

6,40-9,80m **Argilla limosa** grigia con livelli centimetrici di torba

Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.76 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.40 kg/cm ²
Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.62 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.48 kg/cm ²
Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.20 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.44 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.40 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.52 kg/cm ²
Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.84 kg/cm ²

9,80-10,00m **Limo sabbioso** grigio

10,00-10,80m **Limo argilloso** grigio

Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.68 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane 0.44 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.32 kg/cm ²

10,80-11,50m **Sabbia fina** limosa grigia

11,50-12,40m **Argilla limosa** grigia

Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.48 kg/cm ²
Pocket P.	1.25 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.76 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane 0.52 kg/cm ²

12,40-14,30m **Limo sabbioso argilloso** grigio

Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.80 kg/cm ²
Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.32 kg/cm ²
Pocket P.	1.75 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.64 kg/cm ²
Pocket P.	2.50 kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane 0.32 kg/cm ²
Pocket P.	2.00 kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane 0.24 kg/cm ²
Pocket P.	3.00 kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane 0.76 kg/cm ²

14,30-15,00m **Limo argilloso** grigio

Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.60 kg/cm ²
Pocket P.	1.75 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.68 kg/cm ²
Pocket P.	1.50 kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane 0.68 kg/cm ²

Prelevati n. 3 campioni indisturbati e 1 campione rimaneggiato su cui sono state eseguite analisi di laboratorio

3

Pocket Penetrometer – definizione consistenza		
> 0,25	Kg/cm ²	<i>privo di consistenza</i>
0,25-0,50	Kg/cm ²	<i>poco consistente</i>
0,5-1,0	Kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>
1,0-2,0	Kg/cm ²	<i>consistente</i>
2,0-4,0	Kg/cm ²	<i>molto consistente</i>
> 4,0	Kg/cm ²	<i>duro</i>

**s1 C1** campione 1,30-2,00 prof dal p.c.**Limo con sabbia argilloso colore marrone giallo**

(limo 56,5%, argilla 17,6% sabbia 25,9%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 120 a 250 kPa valore medio 210 kPa

Torvane 42 kPa

γ_m	19,91 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s \text{ medio}}$	2,81 kN/m ³	Peso specifico dei grani
γ_d	16,16 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,705	Indice dei vuoti
n	41,4	Porosità
S_r	92,4	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	26	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)
IP	5	indice di plasticità
IC	0,5	indice di consistenza
IL	0,5	indice di liquidità

Cc	0,167	indice di compressione edometrica
Cr	0,025	indice di ricomprensione edometrica
OCR	> 5	grado di sovraconsolidazione

c' 24 kPa coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.D.

 $\phi' = 30^\circ$ angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.D.**s1 C2** campione 4,30-5,00 prof dal p.c.**Limo con argilla colore grigio oliva**

(limo 68,0%, argilla 24,4% sabbia 4,6%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 70 a 90 kPa valore medio 80 kPa

Torvane 40 kPa

γ_m	18,03 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s \text{ medio}}$	2,68 kN/m ³	Peso specifico dei grani
γ_d	13,67 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,922	Indice dei vuoti
n	48	Porosità
S_r	92,7	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	46	limite di liquidità (%)
LP	24	limite di plasticità (%)
IP	22	indice di plasticità
IC	0,7	indice di consistenza
IL	0,3	indice di liquidità

Cc	0,278	indice di compressione edometrica
Cr	0,077	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,6/2,0	grado di sovraconsolidazione

c' 23 kPa coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

 $\phi' = 26^\circ$ angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

**S1 C3** campione 7,40-8,00m prof dal p.c.**Limo e argilla colore grigio moderatamente chiaro**

(limo 50,8%, argilla 48,5% sabbia 0,7%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 130 a 170 kPa valore medio 143 kPa
Torvane -

γ_m	19,75 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s\text{ medio}}$	2,71 kN/m ³	Peso specifico dei grani
γ_d	15,84 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,676	Indice dei vuoti
n	40,3	Porosità
S_r	98,9	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	35	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)
IP	14	indice di plasticità
IC	0,8	indice di consistenza
IL	0,2	indice di liquidità

Cc	0,174	indice di compressione edometrica
Cr	0,029	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,6/2,0	grado di sovraconsolidazione

c'	34 kPa	coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.
$\phi' =$	27°	angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

S1 CR1 campione rimaneggiato 3,00-4,30m prof dal p.c.**Limo con sabbia argilloso**

(limo 59,6 %, sabbia 25,1%, argilla 15,3%)

$\gamma_{s\text{ medio}}$	2,68 kN/m ³	Peso specifico dei grani
---------------------------	------------------------	--------------------------

Limiti di Atterberg

LL	29	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)

S2 Sondaggio meccanico a carotaggio continuo a secco**0,00-1,10m** Riporto: ghiaia e pezzi di cls in matrice sabbiosa nocciola**1,10-1,40m** Riporto: sabbia fina limoso ghiaiosa grigia**1,40-3,50m Limo sabbioso grigio**

Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.40 kg/cm ²
Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.56 kg/cm ²
Pocket P.	1.00 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.36 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.20 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.28a kg/cm ²

3,50-5,00m Limo argilloso grigio con torba a 4,70-5,00m

Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.32 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.44 kg/cm ²
Pocket P.	0.50 kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.44 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.32 kg/cm ²
Pocket P.	0.75 kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.40 kg/cm ²

5,00-7,80m Ghiaia poligenica medio-fina arrotondata sabbiosa debolmente limosa grigia**S.P.T.** 22-18-23**7,80-8,20m Limo sabbioso argilloso grigio-marrone con torba****8,20-10,30m Argilla limosa grigia con livelli centimetrici di torba**



Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²
Pocket P.	1.25	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.56	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²
Pocket P.	0.50	kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.40	kg/cm ²
Pocket P.	1.25	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.56	kg/cm ²
Pocket P.	1.25	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.64	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.68	kg/cm ²

10.30-10.60m Sabbia fina limosa grigia**10.60-14.30m Argilla limosa grigia**

Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.56	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.64	kg/cm ²
Pocket P.	0.50	kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.32	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.64	kg/cm ²
Pocket P.	0.50	kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.60	kg/cm ²
Pocket P.	1.50	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.68	kg/cm ²
Pocket P.	1.25	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.80	kg/cm ²
Pocket P.	0.75	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.48	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.44	kg/cm ²
Pocket P.	0.50	kg/cm ²		Torvane	0.36	kg/cm ²

14.30-15.70m Sabbia fina limosa grigia**15.70-19.60m Sabbia fina debolmente limosa grigia****19.60-23.70m Limo argilloso grigio con livelli millimetrici di torba**

Pocket P.	1.50	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.40	kg/cm ²
Pocket P.	1.75	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.64	kg/cm ²
Pocket P.	2.00	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	1.08	kg/cm ²
Pocket P.	0.75	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.72	kg/cm ²
Pocket P.	0.75	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.48	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.36	kg/cm ²

23.70-24.10m Sabbia fina limosa grigia**S.P.T. 9-12-15****24.10-25.60m Limo argilloso grigio con livelli centimetrici di torba**

Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.44	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.44	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.44	kg/cm ²
Pocket P.	1.50	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.48	kg/cm ²
Pocket P.	3.00	kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane	1.00	kg/cm ²
Pocket P.	2.75	kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane	1.28	kg/cm ²

25.60-26.00m Limo sabbioso grigio

Pocket P.	0.75	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.36	kg/cm ²
Pocket P.	0.50	kg/cm ²	<i>poco consistente</i>	Torvane	0.32	kg/cm ²

26.00-26.50m Argilla limosa grigia scura

Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.56	kg/cm ²
Pocket P.	1.00	kg/cm ²	<i>moderatamente consistente</i>	Torvane	0.64	kg/cm ²

26.50-27.00m Limo sabbioso argilloso grigio

Pocket P.	1.50	kg/cm ²	<i>consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²
Pocket P.	2.25	kg/cm ²	<i>molto consistente</i>	Torvane	0.52	kg/cm ²

27.00-28.10m Sabbia fina con limo grigia**28.10-29.00 Ghiaia poligenica medio-fine arrotondata limoso sabbiosa grigia****29.00-29.80m Ghiaia poligenica media-fina arrotondata sabbiosa debil. limosa nocciola-giallastra****29.80-30.00m Sabbia medio-fina ghiaiosa nocciola-giallastra**

Prelevati n.2 campioni indisturbati 1 campione rimaneggiato su cui sono state eseguite analisi di laboratorio

S2 C1 campione 3,00-3,70m prof dal p.c.**Limo con argilla di colore grigio oliva**

(limo 66,6 %, argilla 31,4% sabbia 2,0%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 60 a 100 kPa valore medio 78 kPa

Torvane 22 kPa



γ_m	18,35 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s \text{ medio}}$	2,68 kN/m ³	Peso specifico dei grani
γ_d	14,71 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,786	Indice dei vuoti
n	44,0	Porosità
S_r	84,2	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	37	limite di liquidità (%)
LP	22	limite di plasticità (%)
IP	15	indice di plasticità
IC	0,8	indice di consistenza
IL	0,2	indice di liquidità
Cc	0,306	indice di compressione edometrica
Cr	0,023	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,6/2,0	grado di sovraconsolidazione

c'	22 kPa	coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.
ϕ'	25°	angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

S2 C2 campione 11,80-12,40m prof dal p.c.**Limo e argilla di colore grigio oliva chiaro**

(limo 50,09%, argilla 48,5% sabbia 0,7%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 110 a 260 kPa valore medio 190 kPa
 Torvane 58 kPa

γ_m	19,94 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s \text{ medio}}$	2,77 kN/m ³	Peso specifico dei grani
γ_d	15,95 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,701	Indice dei vuoti
n	41,2	Porosità
S_r	98,7	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	32	limite di liquidità (%)
LP	19	limite di plasticità (%)
IP	13	indice di plasticità
IC	0,5	indice di consistenza
IL	0,5	indice di liquidità
Cc	0,200	indice di compressione edometrica
Cr	0,036	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,4 /1,6	grado di sovraconsolidazione

c'	46 kPa	coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.
ϕ'	24°	angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

S2 C3 campione 21,00-21,60m prof dal p.c.**Limo e argilla di colore grigio chiaro medio**

(limo 49,67 %, argilla 49,6% sabbia 0,7%, ghiaia - %)

Pocket Penetr. da 90 a 180 kPa valore medio 128 kPa
 Torvane 80 kPa

γ_m	19,10 kN/m ³	Peso unità di volume
$\gamma_{s \text{ medio}}$	2,75 kN/m ³	Peso specifico dei grani



γ_d	15,15 kN/m ³	Peso di volume secco
e_o	0,781	Indice dei vuoti
n	43,9	Porosità
S_r	91,8	Grado di saturazione

Limiti di Atterberg

LL	29	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)
IP	8	indice di plasticità
IC	0,3	indice di consistenza
IL	0,7	indice di liquidità
Cc	0,166	indice di compressione edometrica
Cr	0,029	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,0 /1,2	grado di sovraconsolidazione

c'	60 kPa	coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.
ϕ'	28°	angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

Limiti di Atterberg

LL	29	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)
IP	8	indice di plasticità
IC	0,3	indice di consistenza
IL	0,7	indice di liquidità
Cc	0,166	indice di compressione edometrica
Cr	0,029	indice di ricomprensione edometrica
OCR	1,0 /1,2	grado di sovraconsolidazione

c'	60 kPa	coesione efficace di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.
ϕ'	28°	angolo d'attrito di picco nella prova di taglio triassiale C.I.U.

S2 CR1 campione rimaneggiato 3,70-5,00m prof dal p.c.**Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso**

(limo 51,5 %, argilla 28,0%, sabbia 11,4%, ghiaia 9,1%)

γ_s medio	2.69 kN/m ³	Peso specifico dei grani
------------------	------------------------	--------------------------

Limiti di Atterberg

LL	29	limite di liquidità (%)
LP	21	limite di plasticità (%)



8.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Le indagini sono state eseguite secondo le: “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche” A.G.I., Associazione Geotecnica Italiana, Giugno 1977, e “Modalità tecnologiche per l’esecuzione di indagini geognostiche” e “Norme di misurazione” dell’ANISIG, Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini geognostiche”.

Le prove penetrometriche sono state eseguite mediante l’utilizzo di un penetrometro statico autocarrato con dispositivo di spinta di 200 kN il cui funzionamento consiste nell’infissione nel terreno della punta elettrica con piezocono (nel caso della CPTU01) e della punta meccanica Begemann (nel caso delle prove CPT02 e CPT03) tramite pistoni idraulici interconnessi con la batteria di aste ad una velocità costante di 2 cm al secondo.

Prova Penetrometrica CPTU n.1

Profondità m	Strato		SPT N60 (blows/30cm)	Es Modulo di Young MPa	Dr Densità relativa %	M Constrain ed Mod. MPa	Go Shear modulus MPa	Su Undrained strength kPa	O.C.R.
0,00 - 1,12	0	Preforo	-	-	-	-	-	-	-
1,12 - 1,72	1	Limo sabbioso	6	20	40	22	26	-	-
1,72 - 2,24	2	Argilla /argilla limosa	5	24	-	18	30	86	22
2,24 - 3,10	3	Limo sabbioso	2.5	9	21	9	14	-	-
3,10 - 5,24	4	Sabbia/ sabbia limosa	8	23	39	29	29	-	-

Prova Penetrometrica CPT n.2

Profondità m	Strato		SPT N60 (blows/30cm)	Es Modulo di Young MPa	Dr Densità relativa %	M Constrain ed Mod. MPa	Go Shear modulus MPa	Su Undrained strength kPa	O.C.R.
0,00 - 1,20	0	Preforo	-	-	-	-	-	-	-
1,20 - 2,40	1	Argilla limosa/limo argilloso	4	22	-	16	26	76	20
2,40 - 3,20	2	Argilla	2	-	-	4	15	22	4
3,20 - 4,20	3	Argilla limosa/ limo argilloso	4	15	-	15	23	37	6
4,20 - 6,20	4	Sabbia / sabbia limosa	33	86	75	106	108	-	-



Prova Penetrometrica CPT n.3

Profondità m	Strato		SPT N60 (blows/30cm)	Es Modulo di Young MPa	Dr Densità relativa %	M Constrained Mod. MPa	Go Shear modulus MPa	Su Undrained strength kPa	O.C.R.
0,00 - 1,20	0	Preforo	-	-	-	-	-	-	-
1,20 - 1,80	1	Limo sabbioso/sabbia limosa	4	14.9	35.0	18.6	18.7	-	-
1,80 - 4,80	2	Argilla localmente limosa	2.8	3.09	1.5	18.7		36.9	6.8
4,80 - 6,00	3	Limo sabbioso/sabbia limosa	12	45.32	35	56.8	49.2	40.1	6.1
6,00 - 11,00	4	Argilla localmente limosa	6.7	4.6	2.16	41.8		73.5	6.3
11,00 - 12,00	5	Limo sabbioso/sabbia limosa	20.8	69.1	47.4	86.6	82.8	-	-
12,00 - 14,60	6	Argilla localmente limosa	10.3	2.47	-	65.98		131.43	7.3
14,60 - 15,00	7	Limo sabbioso/sabbia limosa	22.6	83.1	30	104.2	103	121.64	7.8



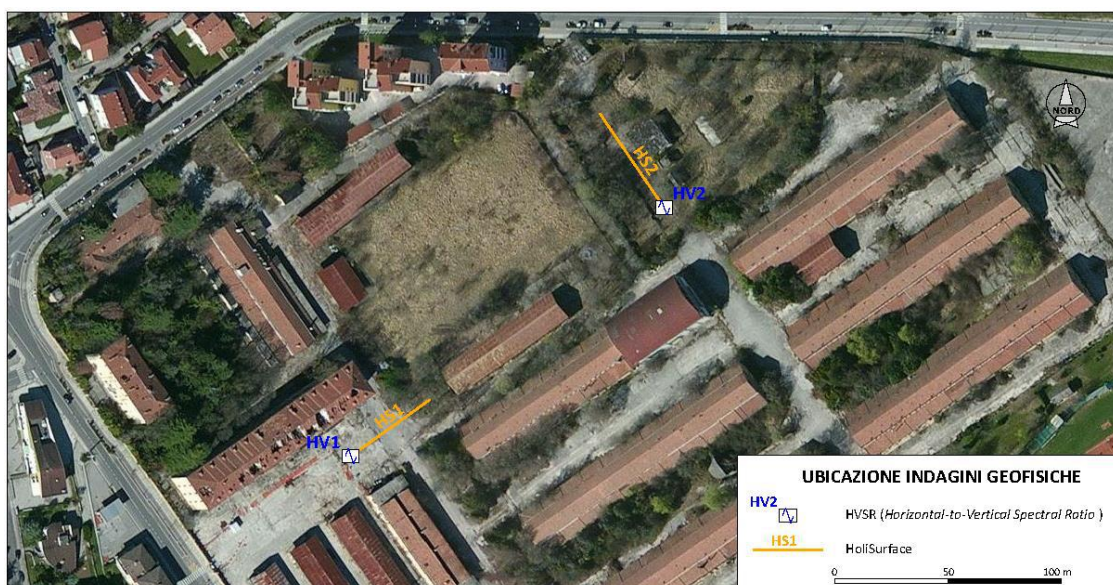
8.3 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (V_s), si sono effettuate acquisizioni ed analisi secondo la tecnica MFA (*Multiple Filter Analysis* – Dziewonsky et al., 1969; Herrmann, 2013; Pedersen et al., 2003) adattata a sfruttare in maniera olistica tanto la componente radiale che quella orizzontale dell'onda di Rayleigh qui considerata (anche considerando l'RVSR - *Radial-to-Vertical Spectral Ratio* - metodologia *HoliSurface*). Sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (*Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio* - *HVSR*) utile a definire eventuali risonanze di sito e – unitamente a misure di dispersione delle onde di superficie – a meglio vincolare il profilo V_s (Dal Moro, 2010; 2011) (a causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR senza quantitative informazione sulle V_s da parte di misure di sismica attiva (MASW o MFA) non risulta in grado di definire il profilo V_s). Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005). Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito (quindi l'eventuale amplificazione dello scuotimento del suolo in caso di sisma) alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s). La classificazione dei terreni è quindi svolta sulla base del valore della V_{s30} (il valore *medio ponderato* della V_s nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

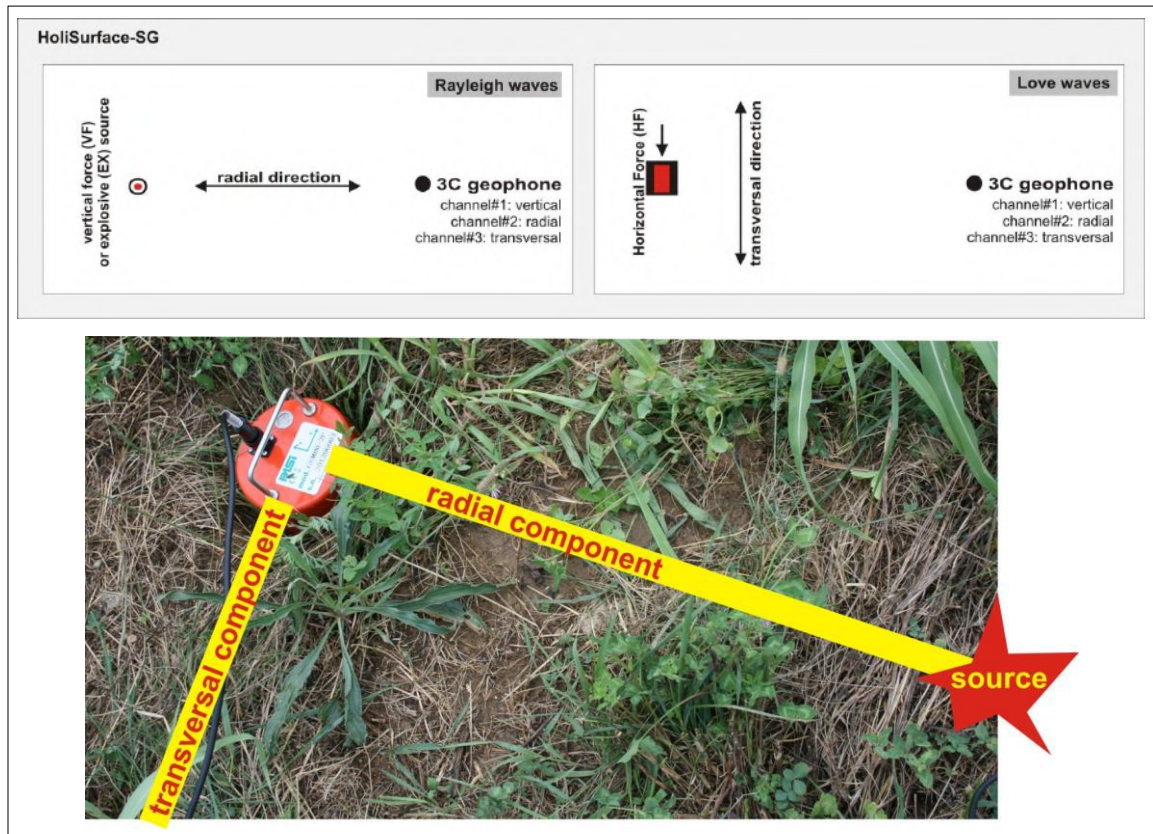
eq. (1)

in cui V_{s_i} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' i -esimo strato.





Le acquisizioni sono state svolte nella giornata del 20 maggio 2016 utilizzando il geofono triassiale Gemini-2, cioè terna calibrata con geofoni da 2Hz (frequenza propria) ed avvalendosi poi per le analisi del software *HoliSurface* (*Eliosoft.it*).



Acquisizione dati *HoliSurface*.

Nei due siti interessati dai sondaggi meccanici sono state svolte indagini geofisiche atte a ricostruire il profilo verticale delle VS (velocità delle onde di taglio) e la determinazione della curva HVSr (stima approssimata di possibili risonanze di sito) [vedi allegati tecnici].

Sito S1

Si evidenzia un chiaro e ampio picco HVSr a circa 2Hz che va a soddisfare ben 5 criteri SESAME su 6. Dall'analisi congiunta della dispersione delle onde di Rayleigh (analisi delle velocità di gruppo - vedi Dal Moro et al., 2015), tale picco appare conseguenza del contatto tra i sedimenti fini superficiali (V_s attorno ai 150 m/s) e materiale verosimilmente di tipo ghiaioso (V_s superiori ai 400 m/s) a partire da circa 17m di profondità) [vedi schede HVSrS1.pdf e HS1.pdf].

Sito S2

Si evidenzia un picco HVSr a circa 1.8Hz (il picco appare meno definito rispetto il sito S1 ma nonostante questo - vengono soddisfatti 4 criteri SESAME su 6 - comunque chiaro). In qualche



misura analogamente al sito S1, dall'analisi congiunta della dispersione delle onde di Rayleigh (analisi delle velocità di gruppo - vedi Dal Moro et al., 2015), tale picco appare conseguenza del contatto tra i sedimenti fini superficiali (V_s dai 150-250 m/s) e materiale verosimilmente di tipo ghiaioso (V_s attorno ai 500 m/s e oltre) a partire da circa 25m di profondità) [vedi schede HVSR2.pdf e HS2.pdf].

Il valore delle V_{s30} è risultato pari a 208 m/s (sito 1) e 249 m/s (sito 2), che permette ai sensi delle NTC2008 di classificare il sottosuolo come appartenere alla categoria **C**, *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

Riferimenti

Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015. Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area, J. Appl. Geophysics, 114, 158-167

9 SEZIONE GEOLOGICA

Le indagini effettuate hanno permesso la ricostruzione della sezione geologica riportata in allegato, in cui si può evidenziare una successione stratigrafica caratterizzata da significative variazioni laterali legate al sistema deposizionale legato alla fase postglaciale, oltre alle variazioni nell'ambito delle granulometrie fini, ove vi è la predominanza superficiale di limi sia sabbiosi che argillosi, e terreni prevalentemente argillosi; in corrispondenza del sito 2 è stata riscontrata tra 5 e 7.8 m dal p.c. la presenza di una lente di ghiaie medio fini con sabbie, che testimonia l'esistenza di un paleo alveo sepolto; all'interno di tali terreni è stata rilevata una falda in pressione il cui livello piezometrico è risultato a -0,80m dal p.c., da come risulta dal report del sondaggio n.2. Più in profondità sono stati rilevati altri livelli ghiaiosi sono stati inoltre rilevati a partire da circa 28 metri dal p.c.

Nella sezione, sono state ubicate tutte le indagini geognostiche effettuate, con le relative descrizioni litostratigrafiche, oltre ai due profili simici determinati.



10 CONCLUSIONI

Le indagini effettuate hanno messo in evidenza una successione stratigrafica caratterizzata da significative variazioni laterali legate al sistema deposizionale legato alla fase postglaciale, oltre alle variazioni nell'ambito delle granulometrie fini, ove vi è la predominanza superficiale di limi sia sabbiosi che argillosi, e in subordine terreni prevalentemente argillosi, in corrispondenza del sito 2 è stata riscontrata tra 5 e 7.8 m dal p.c. la presenza di una lente di ghiaie medio fini con sabbie, che testimonia esistenza di un paleo alveo sepolto; livelli ghiaiosi sono stati inoltre rilevati a partire da 28 metri (Sondaggio S2).

Nel sottosuolo è stata rilevata la presenza della falda idrica:

- nel sondaggio n.1 è stata rilevata una falda superficiale a -1,55 dal pc (con perforazione a -2,80m);
- nel sondaggio n.2, è stata rilevata una falda superficiale a -1,70 dal pc (con perforazione a -2,80m) e una falda confinata in pressione all'interno del livello di ghiaie (posto tra -5,00 e -7,80m) con superficie piezometrica a -0,80 m dal P.C. (con perforazione a -5,80m).

Sulla base delle indagini geofisiche è stato determinato un valore di Vs30 pari a 208 m/s (sito 1) e 249 m/s (sito 2), che permette di classificare il sottosuolo come appartenere alla categoria **C**, depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Con le prove HVSR sono state evidenziate possibili frequenze di risonanza di sito a 1.8 e 2.0 Hz, la cui significatività dovrà essere verificata alla luce delle previsioni progettuali.

18 luglio 2016

Dr. geol. Roberto Ponta



ALLEGATI



Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

DOC.		SEZIONE LITOLOGICA																							
PAG.																									
COMMITTENTE:				COMUNE DI CERVIGNANO DEL FRIULI																					
CANTIERE:				CERVIGNANO DEL FRIULI (UD) - EX CASERME																					
PERFORAZIONE N.		S2		RESPONSABILE:		dott. De Giusto A.				INIZIO SONDAGGIO:		11/05/16													
COORDINATE:Nord				OPERATORE:		Li Pira R.				FINE SONDAGGIO:		12/05/16													
COORDINATE: Est				ATTREZZATURA:		Mustang 9-T1				QUOTA Piano Camp.:															
Da m:		0,00		A m:		20,00		Profondità Finale m:		30,00		PROFONDITA' m da p.c.		SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA		CAMPIONI				POCKET PENETROMETER Kg/cm ²		TORVANE Kg/cm ²		S.P.T.	
																TIPO		NUMERO							
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA																									
1 Riporto: ghiaia e pezzi di cls in matrice sabbiosa nocciola.																1.10									
2 Riporto: sabbia fina limoso ghiaiosa grigia.																1.40									
3 Limo sabbioso grigio.																0.75 0.40									
4																1.00 0.56									
5																1.00 0.36									
6																0.50 0.20									
7																0.50 0.28									
8 Limo argilloso grigio con torba tra 4.70-5.00 m.																3.50									
9																3.70									
10																0.50 0.32									
11																0.50 0.44									
12																0.50 0.44									
13																0.75 0.32									
14																0.50 0.40									
15																22 * 5.80									
16																18 5.95									
17																23 6.10									
18																6.25									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									
32																									
33																									
34																									
35																									
36																									
37																									
38																									
39																									
40																									
41																									
42																									
43																									
44																									
45																									
46																									
47																									
48																									
49																									
50																									
51																									
52																									
53																									
54																									
55																									
56																									
57																									
58																									
59																									
60																									
61																									
62																									
63																									
64																									
65																									
66																									
67																									
68																									
69																									
70																									
71																									
72																									
73																									
74																									
75																									
76																									
77																									
78																									
79																									
80																									
81																									
82																									
83																									
84																									
85																									
86																									
87																									
88																									
89																									
90																									
91																									
92																									
93																									
94																									
95																									
96																									
97																									
98																									
99																									
100																									
101																									
102																									
103																									
104																									
105																									
106																									
107																									
108																									
109																									
110																									
111																									
112																									
113																									
114																									
115																									
116																									
117																									
118																									
119																									
120																									
121																									
122																									
123																									
124																									
125																									
126																									
127																									
128																									
129																									
130																									
131																									
132																									
133																									
134																									
135																									
136																									
137																									
138																									
139																									
140																									
141																									
142																									
143																									
144																									
145																									
146																									
147																									
148																									
149																									
150																									
151																									
152																									
153																									
154																									
155																									
156																									
157																									
158																									
159																									
160																									
161																									
162																									
163																									
164																									
165																									
166																									
167																									
168																									
169																									
170																									
171																									
172																									
173																									
174																									
175																									
176																									
177																									
178																									
179																									
180																									
181																									
182																									
183																									
184																									
185																									
186																									
187																									
188																									
189																									
190																									
191																									
192																									
193																									
194																									
195																									
196																									
197																									
198																									
199																									
200																									
201																									
202																									
203																									
204																									
205																									
206																									
207																									
208																									
209																									
210																									
211																									
212																									
213																									
214																									
215																									
216																									
217																									
218																									
219																									
220																									
221																									
222																									
223																									
224																									
225																									
226																									
227																									
228																									
229																									
230																									
231																									
232																									
233																									
234																									
235																									
236																									
237																									
238																									
239																									
240																									
241																									
242																									
243																									
244																									
245																									
246																									
247																									
248																									
249																									
250																									
251																									
252																									
253																									
254																									
255																									
256																									
257																									
258																									
259																									
260																									
261																									
262																									
263																									
264																									
265																									
266																									
267																									
268																									
269																									
270																									
271																									
272																									
273																									
274																									
275																									
276																									
277																									
278																									
279																									
280																									
281																									
282																									
283																									
284																									
285																									
286																									
287																									
288																									
289																									
290																									
291																									
292																									
293																									
294																									
295																									
296																									
297																									
298																									
299																									
300																									
301																									
302																									
303																									
304																									
305																									
306																									
307																									
308																									
309																									
310																									
311																									
312																									
313																									
314																									
315																									
316																									
317																									
318																									
319																									
320																									
321																									
322																									
323																									
324																									
325																									
326																									
327																									
328																									
329																									
330																									
331																									
332																									
333																									
334																									
335																									
336																									
337																									
338																									
339																									
340																									
341																									
342																									
343																									
344																									
345																									
346																									
347																									
348																									
349																									
350																									
351																									
352																									
353																									
354																									
355																									
356																									
357																									
358																									
359																									
360																									
361																									
362																									
363																									
364																									
365																									
366																									
367																									
368																									
369																									
370																									
371																									
372																									
373																									
374																									
375																									
376																									
377																									
378																									
379																									
380																									
381																									
382																									
383																									
384																									
385																									
386																									
387																									
388																									
389																									
390																									
391																									
392																									
393																									
394																									
395																									
396																									
397																									
398																									
399																									
400																									
401																									
402																									
403																									
404																									
405																									
406																									
407																									
408																									
409																									
410																									
411																									
412																									
413																									
414																									
415																									
416																									
417																									
418																									
419																									
420																									
421																									
422																									
423																									
424																									
425																									
426																									
427																									
428																									
429																									
430																									
431																									
432																									
433																									
434																									
435																									
436																									
437																									
438																									
439																									
440																									
441																									
442																									
443																									
444																									
445																									
446																									
447																									
448																									
449																									
450																									
451																									
452																									
453																									
454																									
455																									
456																									
457																									
458																									
459																									
460																									
461																									
462																									
463																									
464																									
465																									
466																									
467																									
468																									
469																									
470																									
471																									
472																									
473																									
474																									
475																									
476																									
477																									
478																									
479																									
480																									
481																									
482																									
483																									

CAMPIONE RIMANEGGIATO CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST SPEZZONE DI CAROTA CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO				RILIEVO H ₂ O DURANTE LA PERFORAZIONE				DOC. 2									
				PROF. FORO	PROF. ACQUA	SERA		MATTINA									
						GG	H	GG	H								
						2.80 5.80	1.70 0.80			11 12	11 11						
						PAG. 1	DI 2										
						NOTE											
PROVE IN FORO																	
MANOVRA DI CAROTTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE		STRUMENTAZIONE		METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA			
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.								
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

DOC.		SEZIONE LITOLOGICA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
PAG.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
COMMITTENTE:				COMUNE DI CERVIGNANO DEL FRIULI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
CANTIERE:				CERVIGNANO DEL FRIULI (UD) - EX CASERME																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
PERFORAZIONE N.		S2		RESPONSABILE:		dott. De Giusto A.				INIZIO SONDAGGIO:		11/05/16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
COORDINATE:Nord				OPERATORE:		Li Pira R.				FINE SONDAGGIO:		12/05/16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
COORDINATE: Est				ATTREZZATURA:		Mustang 9-T1				QUOTA Piano Camp.:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Da m:		20.00		A m:		20.00		Profondità Finale m:		30.00		PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI			POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVANE Kg/cm ²	S.P.T.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
														TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.			N	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

CAMPIONE RIMANEGGIATO CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST SPEZZONE DI CAROTA CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO										RILIEVO H ₂ O DURANTE LA PERFORAZIONE						DOC. 1																																																																																																																																																																			
PROF. FORO		PROF. ACQUA		SERA		MATTINA		PAG. 2		DI 2																																																																																																																																																																									
								NOTE																																																																																																																																																																											
PROVE IN FORO																																																																																																																																																																																			
MANOVRA DI CAROTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMESIONE SPEZZONI			PROVE					STRUMENTAZIONE		METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA																																																																																																																																																																		
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO					NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.																																																																																																																																																																						
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40																																																																																																																																																																																			



Prove penetrometriche statiche

COMMITTENTE LGT s.r.l.
CANTIERE Cervignano del Friuli (UD)

CPTU N° 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 0,70 QUOTA p.c. (m s.l.m.m.) NOTE: Prova terminata a rifiuto per presenza di ghiaia
DATA 26/05/2016 PREFORO (m da p.c.) 1,10 TIPO PUNTA Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415



Sheet1

COMMITTENTE	LGT s.r.l.
CANTIERE	Cervignano del Friuli (UD) ex caserma Monte Pasubio
CPTU N°	1
DATA	26-mag-16
TECNICO RESPONSABILE	Giovanni Bruzzo
TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415
NET AREA RATIO $a = A_n/A_t$	0,66
PREFORO (m da p.c.)	1,10
INIZIO ACQUISIZIONE DATI (m)	1,10
FINE PROVA (m da p.c.)	5,24
PROF. FALDA (m da p.c.)	0,70
QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	
COORDINATA X	
COORDINATA Y	
NOTE	Prova terminata a rifiuto per presenza di ghiaia

depth	qc	fs	U
m	Mpa	kPa	kPa
0,02	0,000	0,000	0,000
0,04	0,000	0,000	0,000
0,06	0,000	0,000	0,000
0,08	0,000	0,000	0,000
0,10	0,000	0,000	0,000
0,12	0,000	0,000	0,000
0,14	0,000	0,000	0,000
0,16	0,000	0,000	0,000
0,18	0,000	0,000	0,000
0,20	0,000	0,000	0,000
0,22	0,000	0,000	0,000
0,24	0,000	0,000	0,000
0,26	0,000	0,000	0,000
0,28	0,000	0,000	0,000
0,30	0,000	0,000	0,000
0,32	0,000	0,000	0,000
0,34	0,000	0,000	0,000
0,36	0,000	0,000	0,000
0,38	0,000	0,000	0,000
0,40	0,000	0,000	0,000
0,42	0,000	0,000	0,000
0,44	0,000	0,000	0,000
0,46	0,000	0,000	0,000
0,48	0,000	0,000	0,000
0,50	0,000	0,000	0,000
0,52	0,000	0,000	0,000
0,54	0,000	0,000	0,000
0,56	0,000	0,000	0,000
0,58	0,000	0,000	0,000
0,60	0,000	0,000	0,000
0,62	0,000	0,000	0,000
0,64	0,000	0,000	0,000
0,66	0,000	0,000	0,000
0,68	0,000	0,000	0,000
0,70	0,000	0,000	0,000
0,72	0,000	0,000	0,000
0,74	0,000	0,000	0,000

Sheet1

0,76	0,000	0,000	0,000
0,78	0,000	0,000	0,000
0,80	0,000	0,000	0,000
0,82	0,000	0,000	0,000
0,84	0,000	0,000	0,000
0,86	0,000	0,000	0,000
0,88	0,000	0,000	0,000
0,90	0,000	0,000	0,000
0,92	0,000	0,000	0,000
0,94	0,000	0,000	0,000
0,96	0,000	0,000	0,000
0,98	0,000	0,000	0,000
1,00	0,000	0,000	0,000
1,02	0,000	0,000	0,000
1,04	0,000	0,000	0,000
1,06	0,000	0,000	0,000
1,08	0,000	0,000	0,000
1,10	0,000	0,000	0,000
1,12	2,210	16,097	62,027
1,14	2,257	17,333	92,140
1,16	2,177	23,235	140,167
1,18	2,267	21,693	92,140
1,20	2,291	21,478	70,167
1,22	2,179	22,714	60,393
1,24	2,099	27,061	66,907
1,26	2,018	33,516	97,840
1,28	2,023	31,418	105,980
1,30	2,078	31,423	83,187
1,32	2,071	33,545	88,073
1,34	2,008	32,770	66,907
1,36	1,914	30,998	71,793
1,38	1,865	29,453	100,280
1,40	1,476	25,466	295,640
1,42	1,393	26,582	454,373
1,44	1,343	27,368	344,480
1,46	1,250	27,932	307,040
1,48	1,105	29,054	322,507
1,50	0,833	19,289	368,900
1,52	1,240	23,137	231,333
1,54	1,208	24,915	220,753
1,56	1,176	27,026	241,920
1,58	1,125	29,365	353,433
1,60	1,178	27,031	348,553
1,62	1,242	26,698	322,507
1,64	1,274	26,809	301,340
1,66	1,254	28,812	304,593
1,68	1,308	30,703	324,133
1,70	1,276	33,592	360,760
1,72	1,245	37,928	400,647
1,74	1,235	40,484	436,467
1,76	1,225	44,042	424,253
1,78	1,259	46,381	412,047
1,80	1,291	47,270	389,253
1,82	1,334	48,161	341,227
1,84	1,420	48,497	285,873

Sheet1

1,86	1,410	48,386	234,593
1,88	1,379	50,278	263,893
1,90	1,368	54,278	249,247
1,92	1,317	55,283	219,940
1,94	1,296	58,061	211,800
1,96	1,265	59,174	198,773
1,98	1,254	59,174	225,640
2,00	1,265	58,397	231,333
2,02	1,244	56,177	193,893
2,04	1,191	53,288	185,753
2,06	1,181	52,622	179,240
2,08	1,026	40,857	142,607
2,10	1,081	47,529	139,353
2,12	1,125	45,312	132,840
2,14	1,125	48,979	143,427
2,16	1,095	47,870	134,467
2,18	1,074	44,762	127,960
2,20	1,033	41,431	120,633
2,22	1,001	37,320	112,493
2,24	0,959	34,434	106,793
2,26	0,917	31,767	101,093
2,28	0,908	29,328	94,587
2,30	0,844	27,439	88,887
2,32	0,782	25,445	82,373
2,34	0,740	22,667	77,487
2,36	0,719	21,003	74,233
2,38	0,711	17,008	70,980
2,40	0,669	13,900	68,533
2,42	0,680	11,678	66,907
2,44	0,638	10,125	66,093
2,46	0,629	8,572	67,720
2,48	0,621	6,246	64,467
2,50	0,610	4,691	61,207
2,52	0,602	3,141	57,140
2,54	0,632	4,890	55,513
2,56	0,589	4,890	63,653
2,58	0,537	3,337	69,347
2,60	0,548	3,004	73,420
2,62	0,580	3,337	77,487
2,64	0,558	2,893	78,307
2,66	0,538	1,895	85,627
2,68	0,559	2,006	91,327
2,70	0,559	2,340	91,327
2,72	0,582	3,231	89,700
2,74	0,592	3,009	87,260
2,76	0,594	2,681	80,747
2,78	0,595	3,128	75,047
2,80	0,542	3,128	73,420
2,82	0,490	2,464	70,167
2,84	0,500	2,242	72,607
2,86	0,523	1,911	80,747
2,88	0,533	2,356	82,373
2,90	0,533	1,467	78,307
2,92	0,524	1,025	75,047
2,94	0,524	1,136	71,793

Sheet1

2,96	0,526	1,030	75,860
2,98	0,558	1,811	79,120
3,00	0,622	1,255	80,747
3,02	0,730	1,925	84,000
3,04	0,836	3,258	82,373
3,06	0,901	3,594	66,093
3,08	0,901	3,261	58,767
3,10	1,104	5,041	70,167
3,12	1,478	6,158	67,720
3,14	1,617	7,824	38,420
3,16	1,660	6,827	36,787
3,18	1,766	6,271	37,607
3,20	1,863	5,607	39,233
3,22	2,076	5,385	41,673
3,24	2,204	5,385	43,300
3,26	2,321	5,830	44,113
3,28	2,396	5,054	44,113
3,30	2,460	5,610	44,113
3,32	2,494	5,615	43,300
3,34	2,483	5,615	42,487
3,36	2,398	5,060	40,860
3,38	2,282	4,951	39,233
3,40	2,154	5,396	37,607
3,42	2,027	5,174	35,973
3,44	1,910	4,951	35,160
3,46	1,804	4,621	34,347
3,48	1,719	4,621	34,347
3,50	1,613	4,621	32,720
3,52	1,560	4,621	33,533
3,54	1,501	6,745	27,020
3,56	1,544	6,859	27,020
3,58	1,576	6,859	27,020
3,60	1,693	7,303	29,467
3,62	1,757	7,081	29,467
3,64	1,810	6,970	29,467
3,66	1,788	6,078	27,833
3,68	1,757	5,192	27,020
3,70	1,757	3,303	27,020
3,72	1,778	2,303	27,020
3,74	1,799	2,748	27,020
3,76	1,874	3,859	28,647
3,78	1,980	5,859	31,093
3,80	2,055	6,970	31,907
3,82	2,077	8,306	27,833
3,84	2,088	7,084	25,393
3,86	2,120	6,417	27,020
3,88	2,226	5,639	29,467
3,90	2,375	5,195	32,720
3,92	2,524	5,862	36,787
3,94	2,662	6,639	39,233
3,96	2,662	6,306	38,420
3,98	2,630	5,084	38,420
4,00	2,609	4,639	37,607
4,02	2,515	4,534	35,973
4,04	2,345	3,978	31,907

Sheet1

4,06	2,164	3,645	28,647
4,08	1,983	3,422	26,207
4,10	1,919	3,978	26,207
4,12	1,941	4,311	27,833
4,14	1,973	4,534	29,467
4,16	1,962	5,867	29,467
4,18	1,898	5,756	28,647
4,20	1,866	4,534	28,647
4,22	1,866	3,756	29,467
4,24	1,898	3,756	30,280
4,26	2,026	4,867	34,347
4,28	2,356	6,756	41,673
4,30	2,739	10,089	44,927
4,32	3,079	11,978	40,047
4,34	3,515	12,200	27,020
4,36	3,983	11,534	40,860
4,38	4,643	11,311	54,700
4,40	5,547	11,089	68,533
4,42	6,164	9,534	77,487
4,44	6,441	8,756	79,933
4,46	6,281	10,089	75,860
4,48	5,675	8,645	62,840
4,50	6,100	12,867	82,373
4,52	5,664	8,200	69,347
4,54	6,088	9,862	85,627
4,56	6,375	9,750	79,933
4,58	6,928	8,862	88,887
4,60	6,523	6,970	68,533
4,62	6,821	7,414	76,673
4,64	6,809	4,967	71,793
4,66	5,724	11,078	63,653
4,68	5,607	13,412	63,653
4,70	6,245	12,412	79,933
4,72	6,574	7,965	77,487
4,74	6,742	19,182	70,980
4,76	6,668	13,515	71,793
4,78	6,636	12,848	58,767
4,80	6,359	17,848	62,840
4,82	5,849	22,848	57,140
4,84	6,122	30,840	70,980
4,86	6,783	15,621	75,047
4,88	6,484	8,729	57,953
4,90	6,484	9,396	66,907
4,92	6,816	4,290	72,607
4,94	6,965	12,957	62,027
4,96	5,677	9,510	57,953
4,98	5,600	16,282	59,580
5,00	4,517	12,954	40,860
5,02	5,238	10,393	55,513
5,04	4,325	24,396	58,767
5,06	3,740	9,287	44,927
5,08	3,221	25,404	46,560
5,10	3,704	15,414	57,140
5,12	2,805	30,179	37,607
5,14	3,819	15,631	33,533

Sheet1

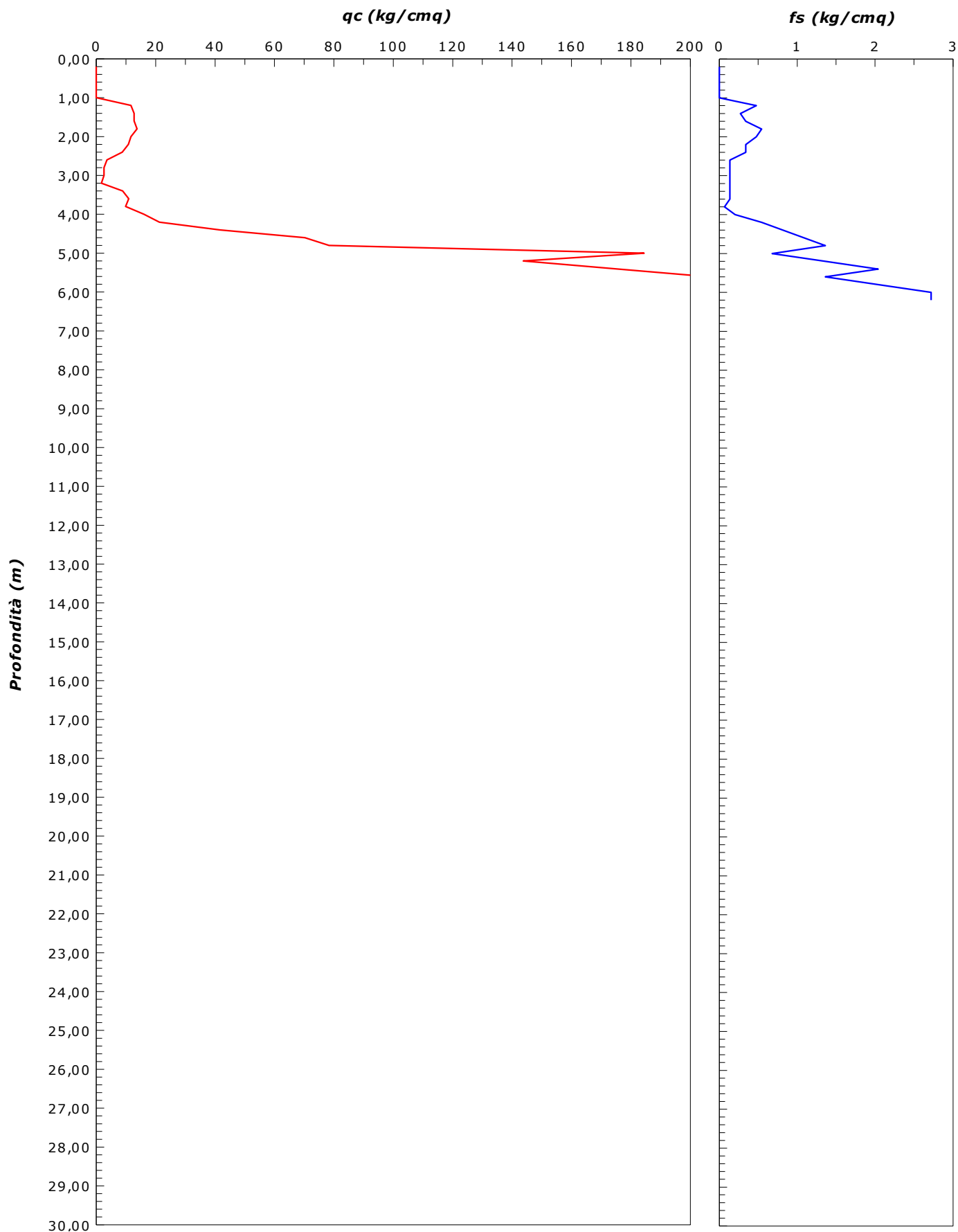
5,16	2,969	11,745	36,787
5,18	3,457	38,965	46,560
5,20	2,553	14,854	29,467
5,22	4,468	21,965	40,860
5,24	8,490	22,967	72,607

COMMITTENTE **LGT s.r.l.**

CANTIERE **Cervignano del Friuli (UD)**

CPT N° 2 PREFORO (m da p.c.) 1,00
DATA 26 mag 16 PROF. FALDA (m da p.c.) -0,70
NOTE Prova terminata a rifiuto per presenza di ghiaia

QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)
TIPO PUNTA Begemann standard



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA – PARAMETRI GEOTECNICI

COMMITTENTE **LGT s.r.l.****CANTIERE** **Cervignano del Friuli (UD) ex caserma Monte Pasubio**

CPT N°	2	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	
DATA	26 mag 2016	PREFORO (m da p.c.)	1,00
TIPO PUNTA	Begemann standard	PROF. FALDA (m da p.c.)	-0,70
NOTE	Prova terminata a rifiuto per presenza di ghiaia		

Prof.	q _c	f _s
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0,2	-	-
0,4	-	-
0,6	-	-
0,8	-	-
1,0	-	-
1,2	11,7	0,48
1,4	12,7	0,27
1,6	12,7	0,34
1,8	13,7	0,54
2,0	11,7	0,48
2,2	10,8	0,34
2,4	8,8	0,34
2,6	3,6	0,14
2,8	2,6	0,14
3,0	2,6	0,14
3,2	1,7	0,14
3,4	8,9	0,14
3,6	10,9	0,14
3,8	9,9	0,07
4,0	16,0	0,20
4,2	21,2	0,54
4,4	41,6	0,82
4,6	70,2	1,09
4,8	78,4	1,36
5,0	184,4	0,68
5,2	143,8	1,36
5,4	174,4	2,04
5,6	205,0	1,36
5,8	245,8	2,04
6,0	255,9	2,72
6,2	388,7	2,72

COMMITTENTE **LGT s.r.l.**

CANTIERE **Cervignano del Friuli (UD)**

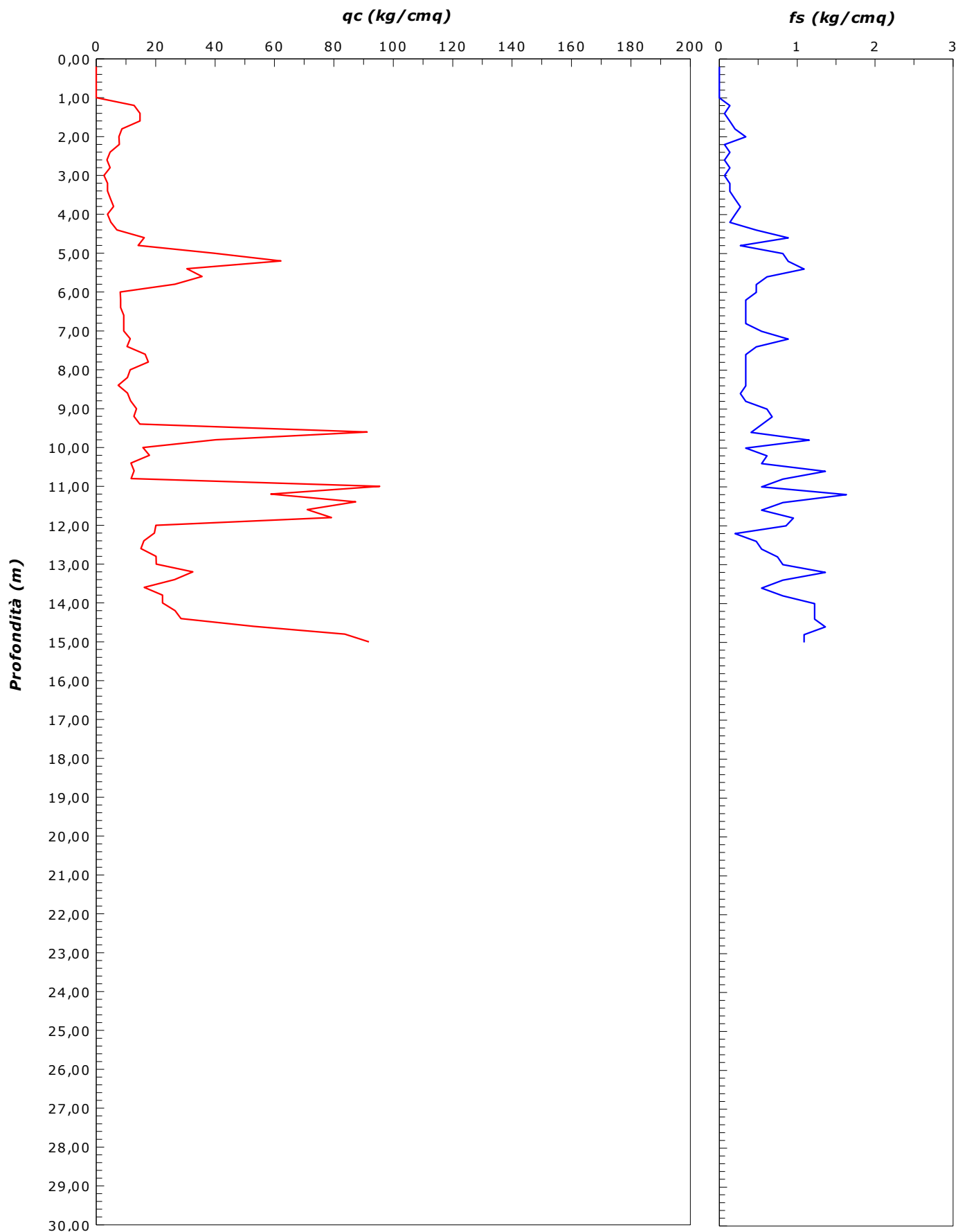
CPT N° 3 PREFORO (m da p.c.) 1,00

DATA 26 mag 16 PROF. FALDA (m da p.c.) -0,70

QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)

TIPO PUNTA Begemann standard

NOTE



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA – PARAMETRI GEOTECNICI

COMMITTENTE **LGT s.r.l.****CANTIERE** **Cervignano del Friuli (UD) ex caserma Monte Pasubio**

CPT N° 3 QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)

DATA 26 mag 2016 PREFORO (m da p.c.) 1,00

TIPO PUNTA Begemann standard PROF. FALDA (m da p.c.) -0,70

NOTE

Prof.	q _c	f _s
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0,2	-	-
0,4	-	-
0,6	-	-
0,8	-	-
1,0	-	-
1,2	12,7	0,14
1,4	14,8	0,07
1,6	14,8	0,14
1,8	8,6	0,20
2,0	7,6	0,34
2,2	7,7	0,07
2,4	4,7	0,14
2,6	3,6	0,07
2,8	4,7	0,14
3,0	2,6	0,07
3,2	3,8	0,14
3,4	3,8	0,14
3,6	4,8	0,20
3,8	5,8	0,27
4,0	3,8	0,20
4,2	4,9	0,14
4,4	7,0	0,48
4,6	16,1	0,88
4,8	14,1	0,27
5,0	39,6	0,82
5,2	62,2	0,88
5,4	30,5	1,09
5,6	35,6	0,61
5,8	26,5	0,48
6,0	8,1	0,48
6,2	8,2	0,34
6,4	8,2	0,34
6,6	9,2	0,34
6,8	9,2	0,34
7,0	9,2	0,54
7,2	11,4	0,88
7,4	10,3	0,48
7,6	16,5	0,34
7,8	17,5	0,34
8,0	11,4	0,34
8,2	10,5	0,34
8,4	7,4	0,34
8,6	10,5	0,27
8,8	11,5	0,34
9,0	13,6	0,61
9,2	12,7	0,68
9,4	14,7	0,54
9,6	91,2	0,41
9,8	40,2	1,16
10,0	15,7	0,34
10,2	17,9	0,61
10,4	11,7	0,54
10,6	12,8	1,36
10,8	11,8	0,82
11,0	95,4	0,54
11,2	58,8	1,63
11,4	87,3	0,82

cpt03

11,6	71,0	0,54
11,8	79,2	0,95
12,0	20,0	0,86
12,2	19,5	0,20
12,4	16,0	0,48
12,6	15,0	0,54
12,8	20,2	0,75
13,0	20,2	0,82
13,2	32,5	1,36
13,4	26,3	0,82
13,6	16,2	0,54
13,8	22,3	0,82
14,0	22,3	1,22
14,2	26,5	1,22
14,4	28,5	1,22
14,6	53,0	1,36
14,8	83,6	1,09
15,0	91,8	1,09



Indagine geofisica

HVRS n. 1

Località: Cervignano del Friuli – ex Caserma “Monte Pasubio”

winMASW & HoliSurface - Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: casermaS1GC.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2016 05 20 14 28 01

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 24 5 2016

Time: 13 48

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25Hz

Length of analysed dataset (min): 13.8

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 10



SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 1.0-6.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 2.0 (± 0.3)

Peak HVSR value: 4.2 (± 0.6)

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: $2.033 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $1749 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.5Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 1.1Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $4.2 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $0.255 > 0.102$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.741 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show data

reset

step#1 (optional) - decimate

64Hz new frequency

resample

step#2 - H/V computation

remove events

both Rad. ...

clean axes

20 window length (s)

Min. freq.: 0.25Hz

5 tapering (%)

9 amplitude threshold

test removal

10% spectral smoothing (triangular window)

show particle motion and all H/VSRs

full output

compute

continuity

3D motion

save video

show 3D motion

directivity analysis

frequencies to

0.52 H

comp...

save - optional#1: save HVSr as it is

save HV from 0.3 to 20 Hz

save HV curve (as it is)

save - optional#2: picking HV curve

pick HV curve

save picked HV

quick analysis (f=Vs/4H)

200 average Vs (m/s)

(from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock

1000 Vs of the bedrock

clean

compute

highlight a frequency

draw/highlight

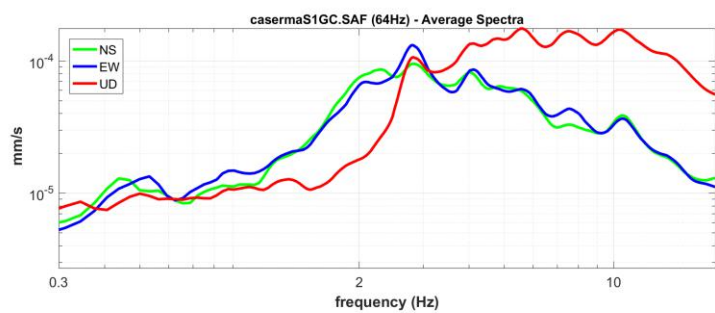
10 Hz

directivity over time

directivity in L...

time

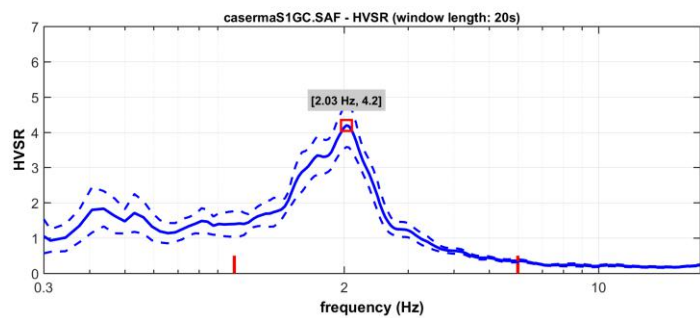
60 s



open working folder

show location

field notes



Criteria for a reliable H/V curve

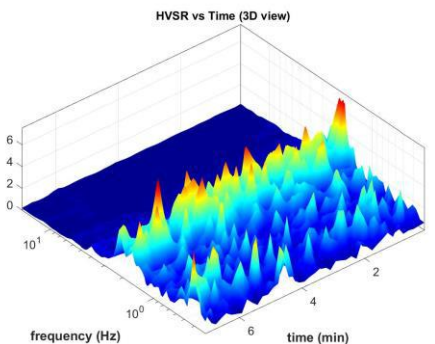
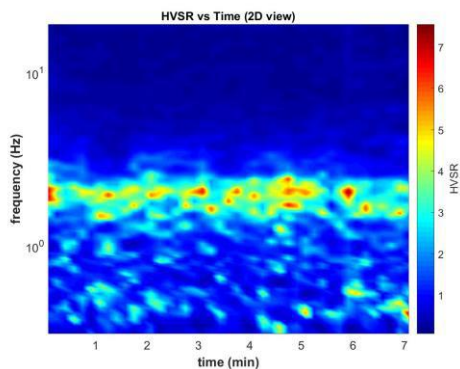
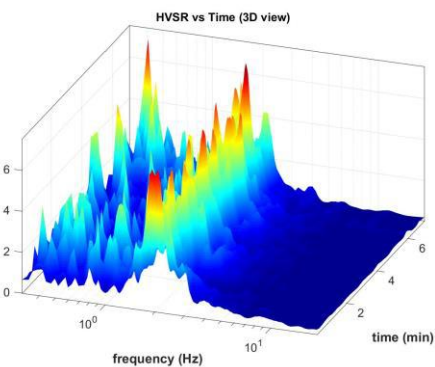
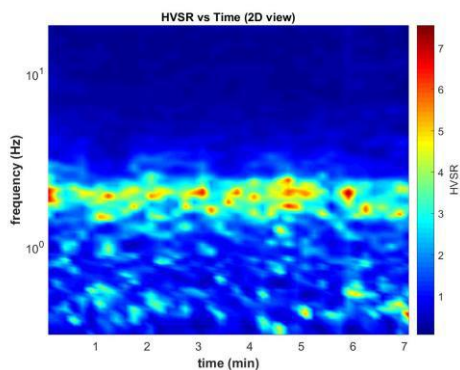
#1: OK
#2: OK
#3: OK

Criteria for a clear H/V peak [2.03 Hz]

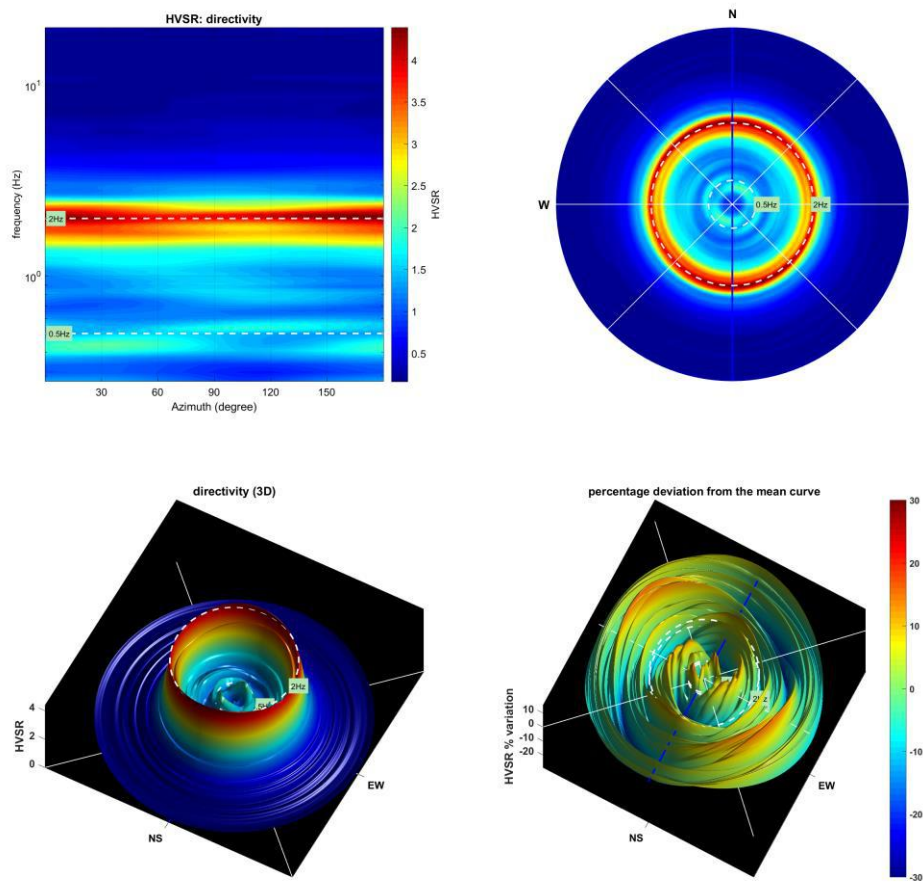
#1: OK
#2: OK
#3: OK
#4: OK
#5: NO
#6: OK

To model the HVSr (also jointly with MASW or ReMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and u

Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW & HoliSurface - Surface Waves and Beyond
www.winmasw.com

HVRS n. 2

Località: Cervignano del Friuli – ex Caserma “Monte Pasubio”

winMASW & HoliSurface - Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: casermaS2GCCLEAN.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 21-May-2016

Notes: ok

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 24 5 2016

Time: 13 54

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25Hz

Length of analysed dataset (min): 12.4

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 10



SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 1.2-5.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.8 (± 0.3)

Peak HVSR value: 3.8 (± 0.6)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: $1.814 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $2431 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.9Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $3.8 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $0.285 > 0.181$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $1.124 < 1.78$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show data

step#1 (optional) - decimate
 64Hz

step#2 - HV computation
 remove events
 20 window length (s) Min. freq.: 0.25Hz
 5 tapering (%)
 8 amplitude threshold
 10% spectral smoothing (triangular window)
☒ show particle motion and all HVSRs
☒ full output

3D motion
☐ save video

directivity analysis
 frequencies to 1.5 Hz

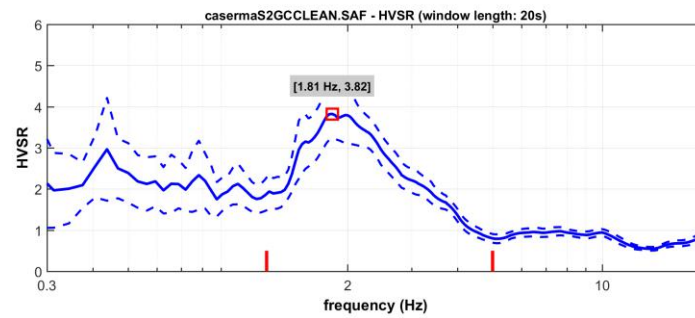
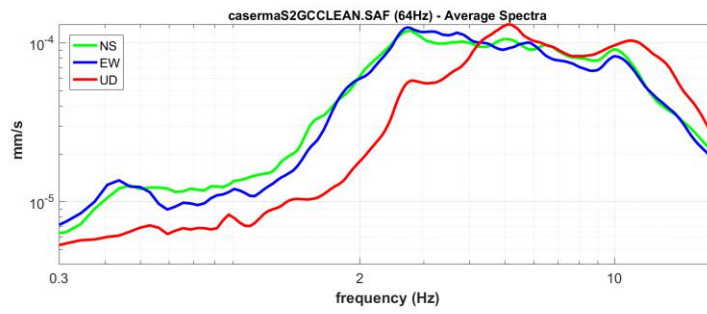
save - optional#1: save HVSR as it is
 save HV from 0.3 to 20 Hz

save - optional#2: picking HV curve

quick analysis (f=Vs/4H)
 200 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)
 20 depth of the bedrock
 1000 Vs of the bedrock

highlight a frequency
 draw highlight 10 Hz

directivity over time
 directivity in L time 60 s



Criteria for a reliable H/V curve

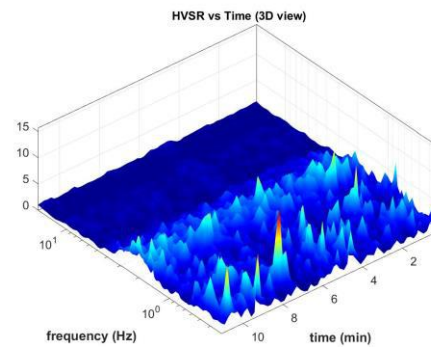
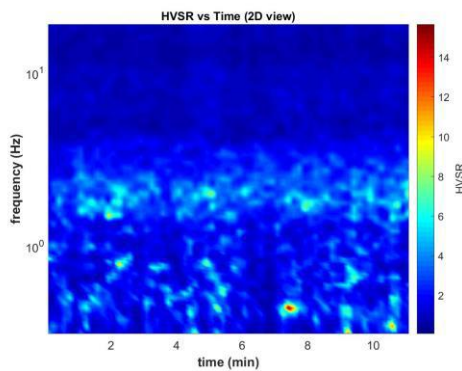
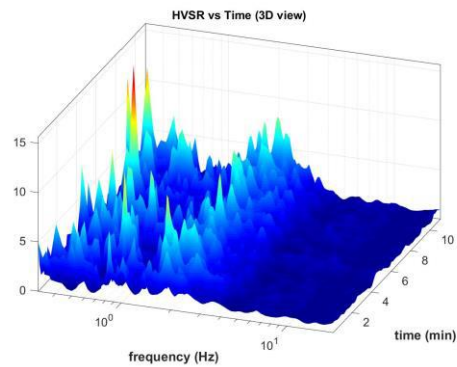
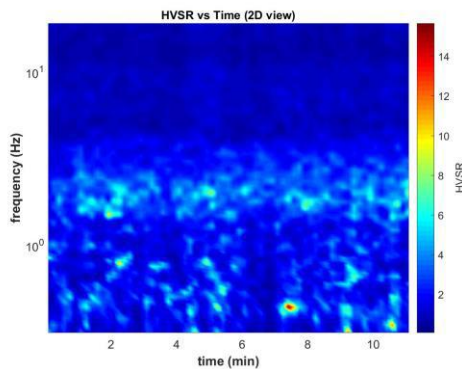
#1: OK
 #2: OK
 #3: OK

Criteria for a clear H/V peak [1.81 Hz]

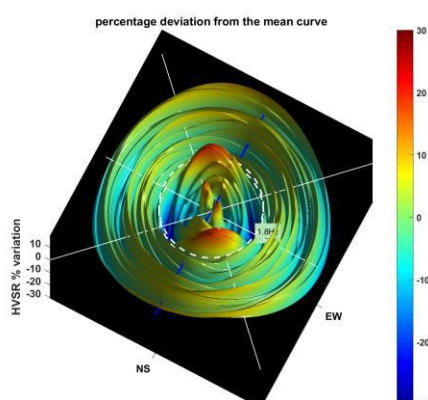
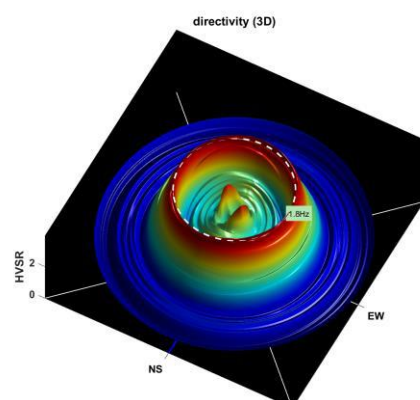
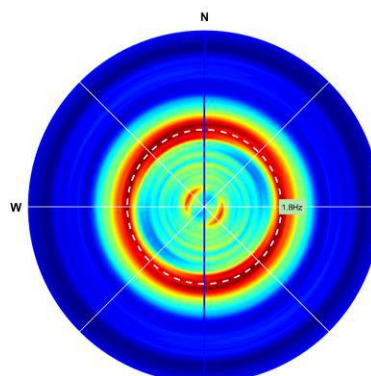
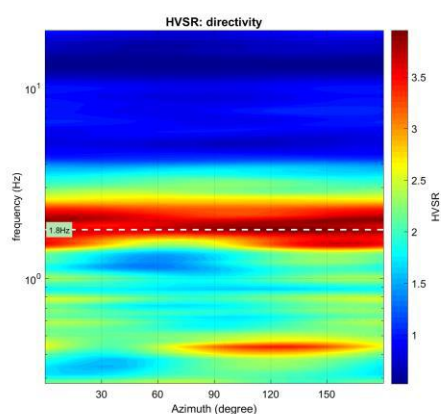
#1: OK
 #2: OK
 #3: OK
 #4: NO
 #5: NO
 #6: OK

To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMI/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and u

Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW & HoliSurface - Surface Waves and Beyond
www.winmasw.com

HS n. 1

Località: Cervignano del Friuli – ex Caserma “Monte Pasubio”

HoliSurface® - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com

DATA ACQUISITION

Date : 2016 05 20

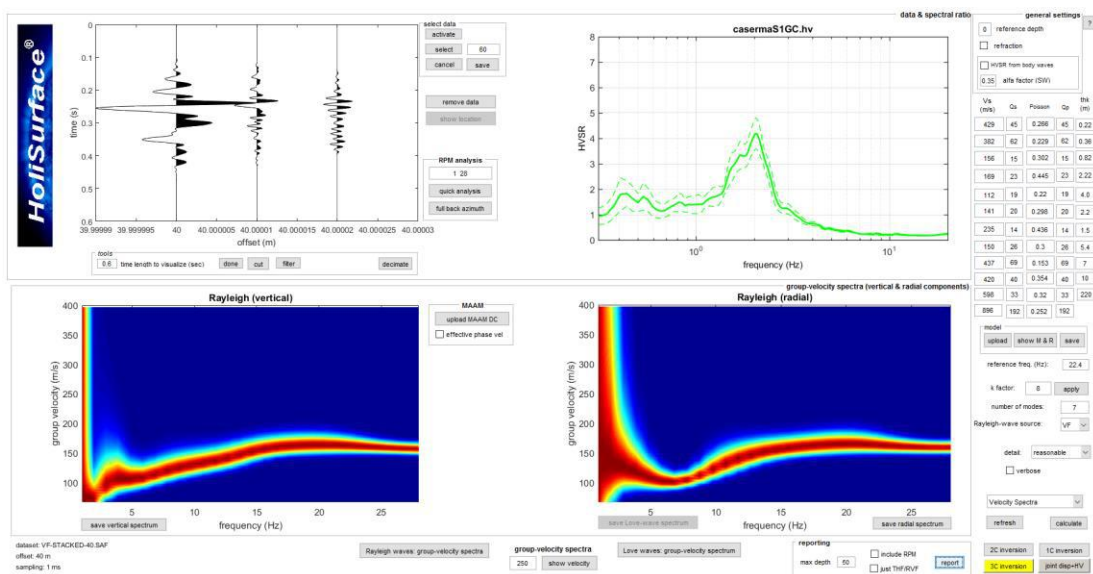
DATA PROCESSING

Date: 24 5 2016

Time: 19 10

offset: 40 m

Analysis: Rayleigh Waves



Subsurface model

Shear-wave velocities (m/s): 429 382 156 169 112 141 235 150 437 420 598 896

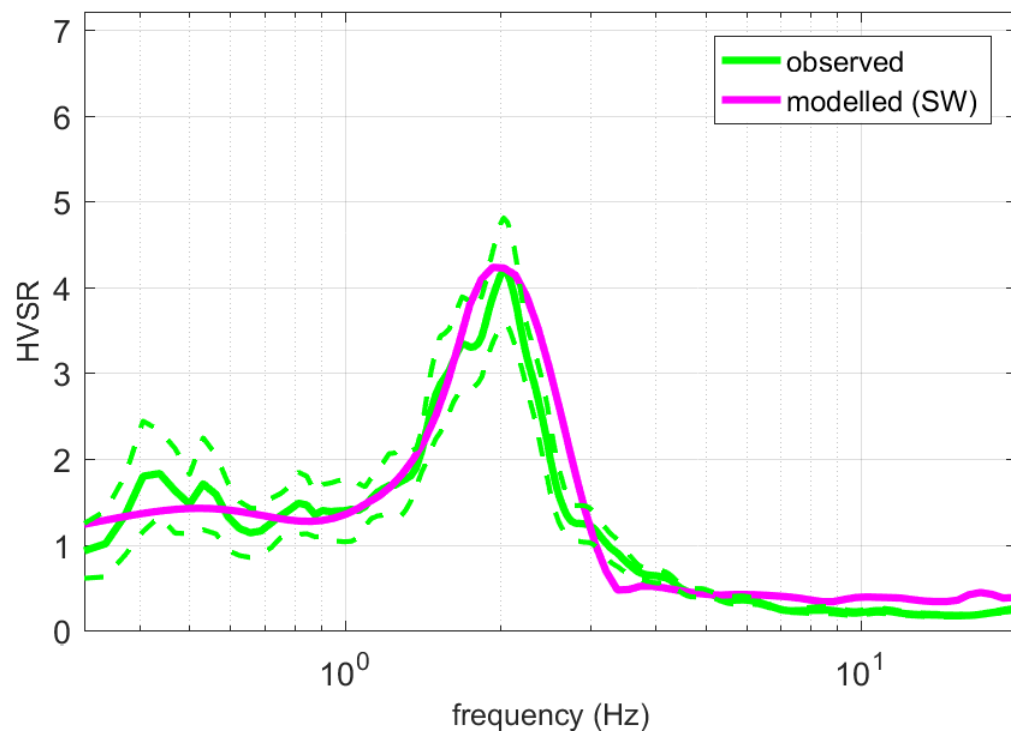
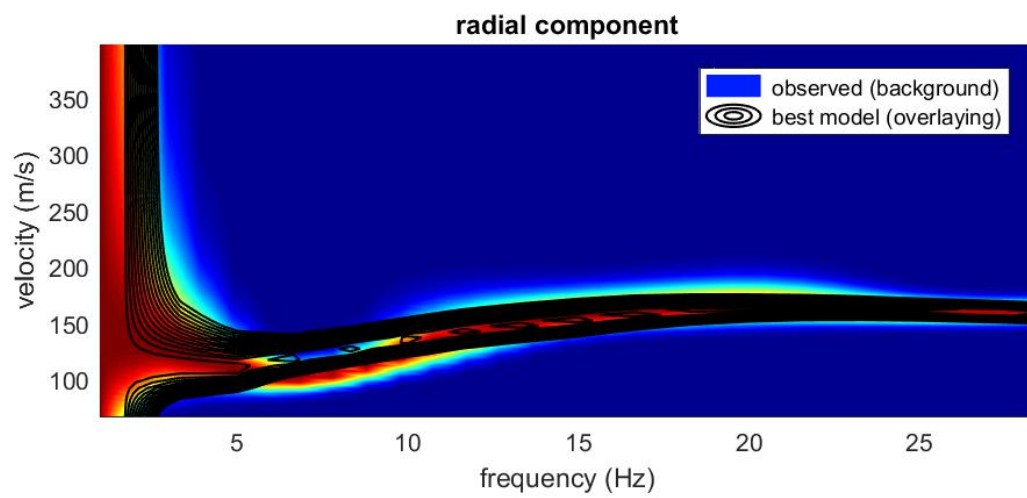
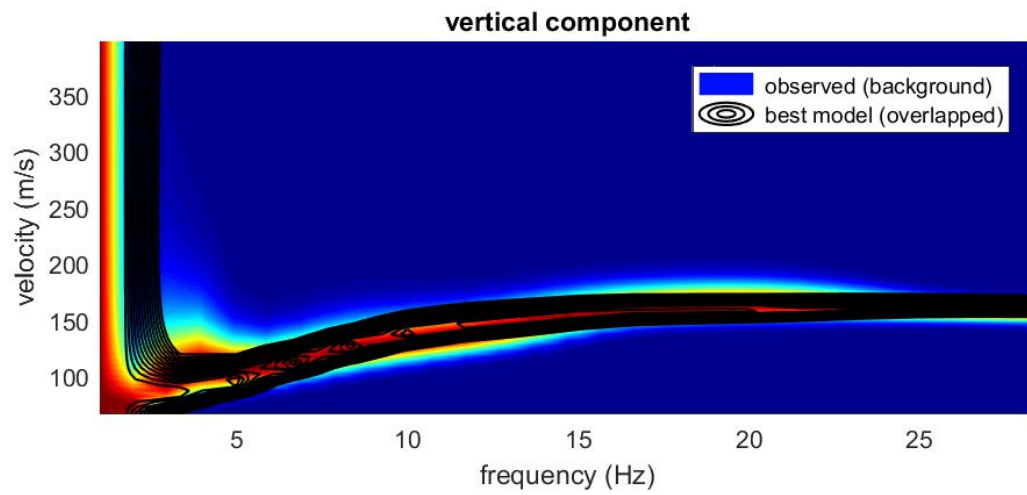
Thicknesses (m): 0.2 0.4 0.8 2.2 4.0 2.2 1.5 5.4 7.0 10.0 220.0

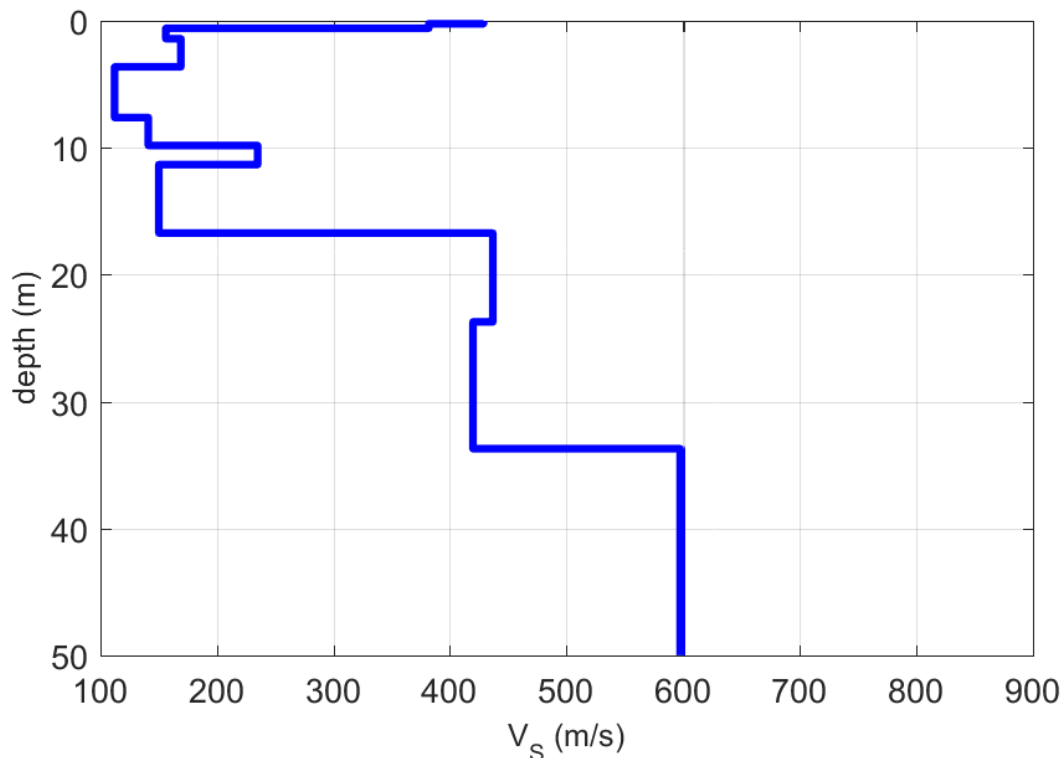
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 366 284 43 54 21 34 109 39 375 357 748 1735

Vs30 (m/s): 208

Vs model (Vs30: 208 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)
1	429	0.2200
2	382	0.3600
3	156	0.8200
4	169	2.2200
5	112	4
6	141	2.2000
7	235	1.5000
8	150	5.4000
9	437	7
10	420	10
11	598	220
12	896	0





Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

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

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < c_{uS30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

HoliSurface - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com

HS n. 2

Località: Cervignano del Friuli – ex Caserma “Monte Pasubio”

HoliSurface® - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com

DATA ACQUISITION

Date : 2016 05 20

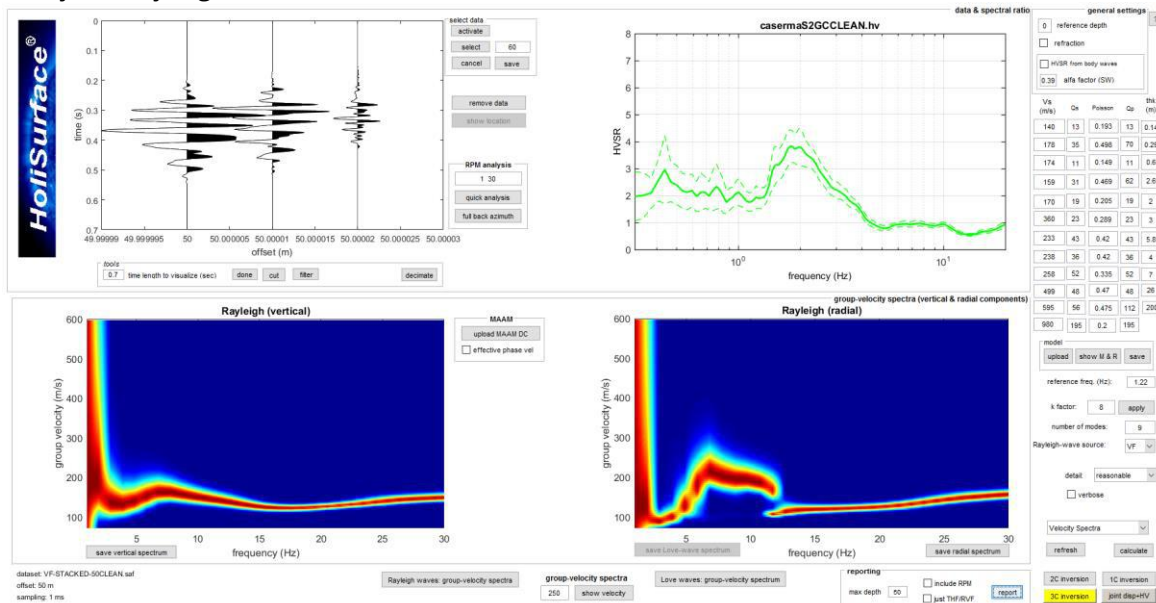
DATA PROCESSING

Date: 24 5 2016

Time: 21 36

offset: 50 m

Analysis: Rayleigh Waves



Subsurface model

Shear-wave velocities (m/s): 140 178 174 159 170 360 233 238 258 499 595 980

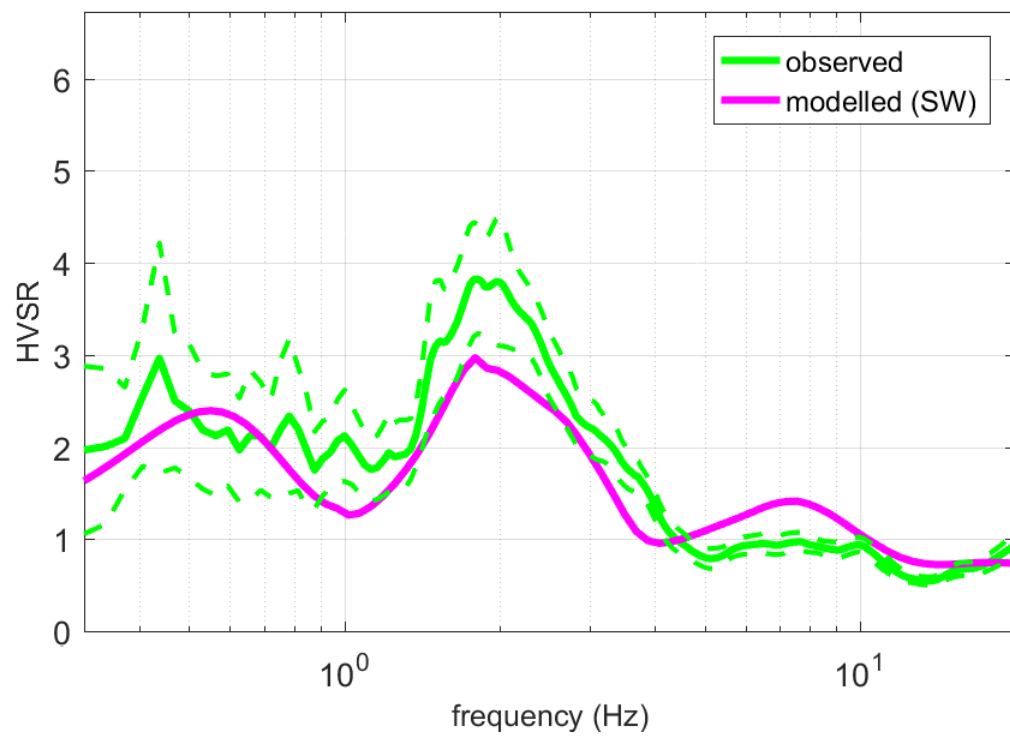
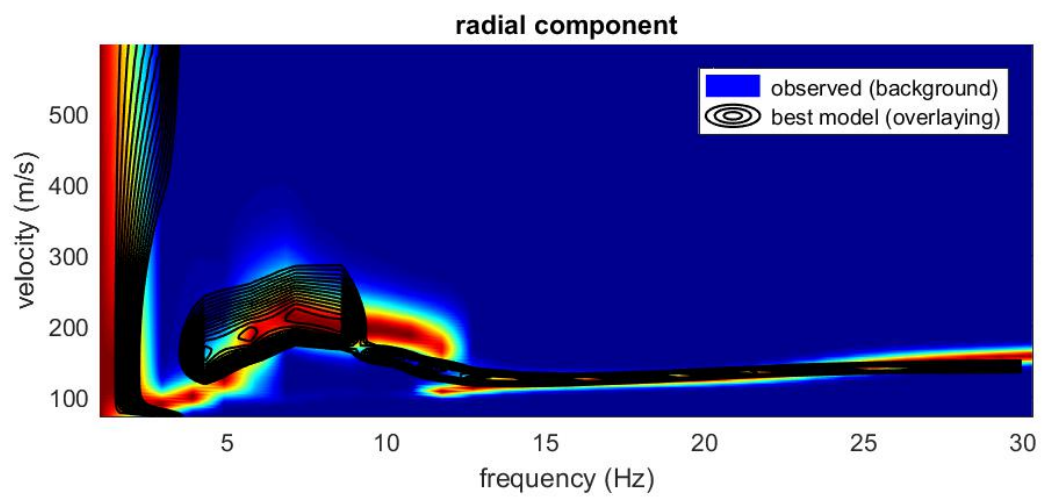
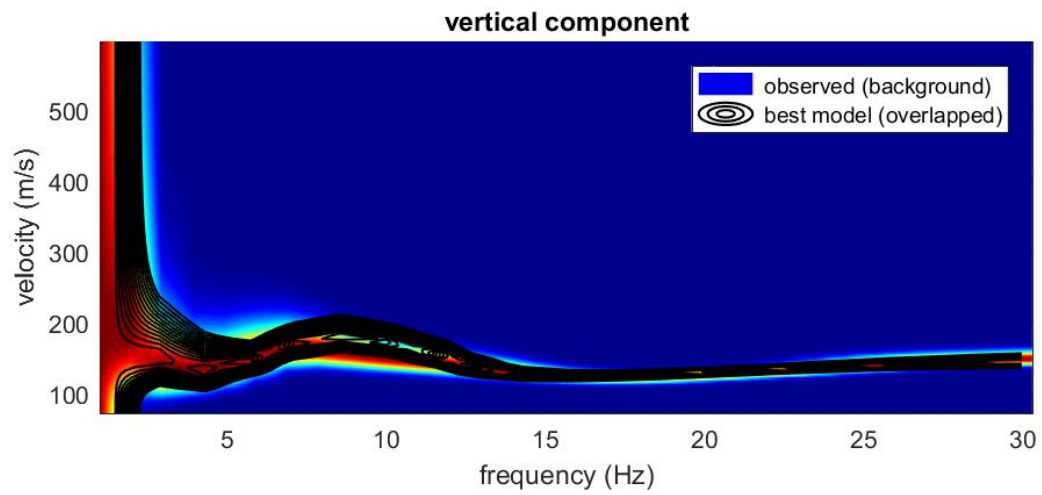
Thicknesses (m): 0.1 0.3 0.6 2.6 2.0 3.0 5.8 4.0 7.0 26.0 200.0

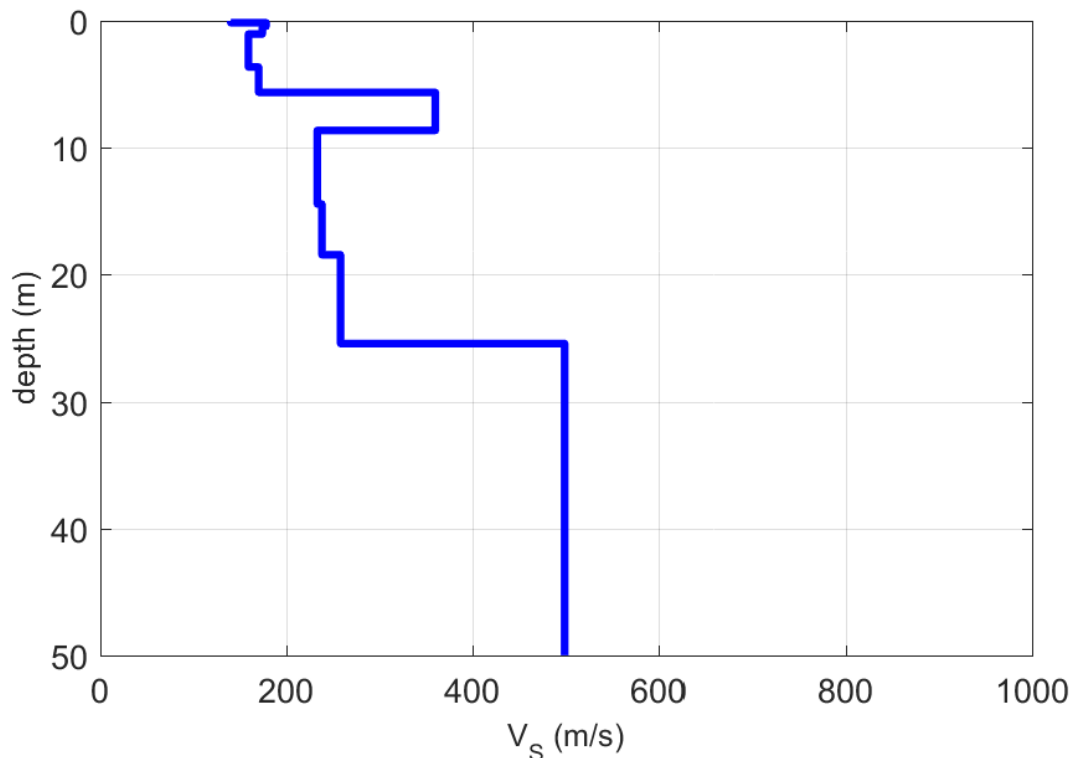
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 33 73 53 49 50 253 105 110 126 556 814 2082

Vs30 (m/s): 249

Vs model (Vs30: 249 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)
1	140	0.1400
2	178	0.2900
3	174	0.6000
4	159	2.6000
5	170	2
6	360	3
7	233	5.8000
8	238	4
9	258	7
10	499	26
11	595	200
12	980	0





Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

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

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < c_{uS30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

HoliSurface - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com