



REGIONE VENETO



PROVINCIA DI TREVISO



COMUNE DI GORGO AL MONTICANO

**Committente:**

COMUNE DI GORGO AL MONTICANO  
Via Postumia Centro, 77  
31040 Gorgo al Monticano TV

## RELAZIONE GEOLOGICA

**Progetto: ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DI I° GRADO**  
Gorgo al Monticano, Via Roma 56

 Dr. Geol. Gian Carlo Celotto	Dott. Geol. Gian Carlo Celotto Via Madre Teresa di Calcutta, 41 31046 Oderzo (TV)	Data
		30/01/2020
		Rev. 0

## INDICE

Cap.	Par.	Titolo	Pag.
1		PREMESSA .....	3
2		INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....	5
3		INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....	6
4		TIPOLOGIA EDILIZIA .....	8
5		INDAGINI SVOLTE .....	9
6		DETERMINAZIONE DEI VALORI DI SINTESI .....	12
7		VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	18
8		CONCLUSIONI .....	24
		ALLEGATI .....	25

## **1. PREMESSA**

Allo scrivente è stato affidato l'incarico di eseguire una indagine geologica in Comune di Gorgo al Monticano per adeguamento sismico della Scuola Secondaria di I° grado ubicata in via Roma, 56. Per la localizzazione dell'area oggetto di studio si veda la corografia generale allegata (Fig. 1).

La produzione della presente indagine è consigliata in quanto il terreno sul quale sorge l'edificio di progetto è interessato dalla presenza della falda freatica a non molta distanza dal piano campagna, è ubicato in vicinanza del Fiume Monticano distante circa 515 m ed è necessario verificare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, come verrà illustrato nei capitoli 5 e 6.

Per la realizzazione del presente lavoro è stato impiegato un penetrometro statico a punta elettrica messo a disposizione da UNINGEO dei Dott. Geol. Giovanni Bruzzo e Dott. Geol. Mario Pizzolon, le cui caratteristiche tecniche sono illustrate nel capitolo 5.

I valori di sintesi sono riportati nel capitolo 6.

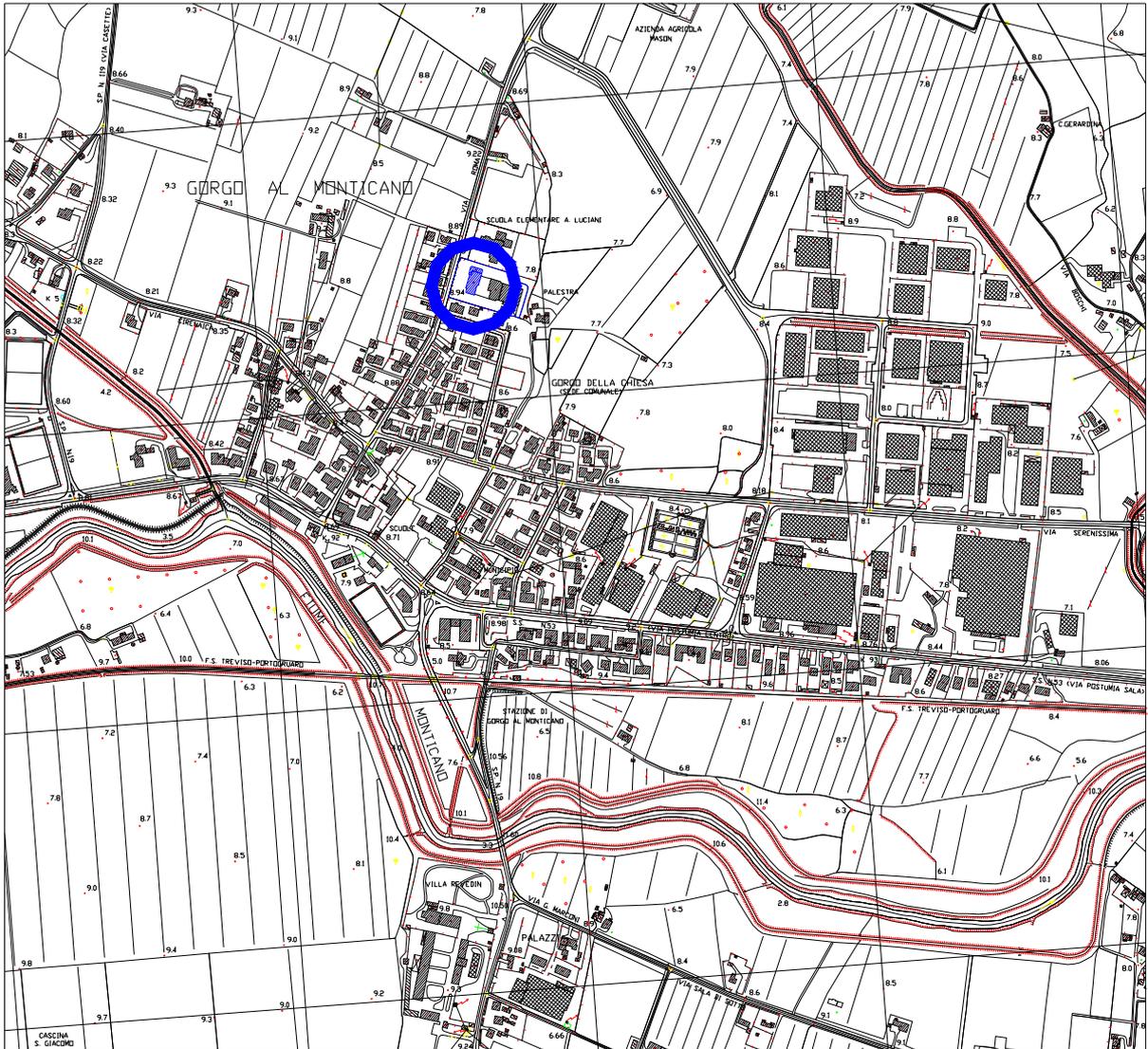


Fig. 1 - Corografia da C.T.R. - Area di intervento indicata in blu

## 2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il sito di indagine è posto a sud est del centro abitato di Navolè, in un'area ad uso agricolo, adiacente alla zona industriale, classificata dal PRG del Comune di Gorgo al Monticano Zona E4.

La superficie topografica generale ha una pendenza locale verso sud est, localmente modificata dal dosso fluviale del fiume Livenza, e quota del sito di indagine di circa 9,50 m sul livello del mare.

Si segnala inoltre che è classificata ai sensi del PAIL come zona P1, a moderata pericolosità idraulica.

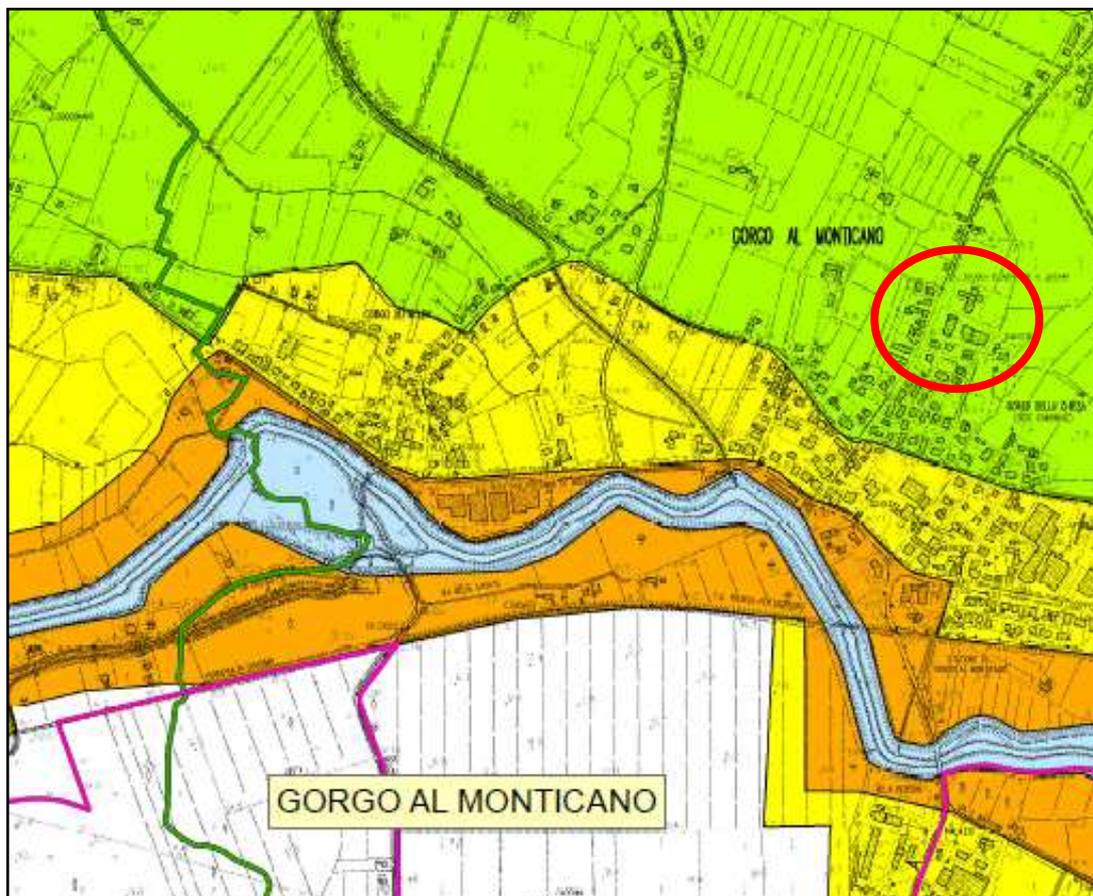


Fig. 2 – Estratto cartografia PAIL

-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.

La zona oggetto della presente relazione, situata al passaggio tra la media e bassa Pianura Veneta, è caratterizzata in superficie dalla prevalenza di terreni a granulometria medio-fine (sabbie e limi) rispetto ai materiali più grossolani (sabbie medio-grosse).

Dalla Carta dei Suoli (vedi Fig. 3) risulta che la zona esaminata è inserita in una fascia di direzione NW-SE il cui suolo è costituito prevalentemente da argille e limi. Si tratta di un'area di depressione prossima alla pianura alluvionale indifferenziata del Livenza. Sono terreni privi di scheletro, con forte componente calcarea e moderata tendenza alla fessurazione estiva.

Particolare attenzione va posta al livello della falda freatica e alle sue oscillazioni. Nella zona in esame essa è normalmente ospitata in materiali con forte componente sabbiosa. In data 04.06.2019 è stata rilevata la falda in sito ad una profondità di ca. **1,40 m** al di sotto del piano di campagna.

Per quanto riguarda le oscillazioni del livello di falda, queste sono valutate in circa 0.5 m nell'arco di un anno.



#### 4. TIPOLOGIA EDILIZIA

L'opera prevista consiste in un adeguamento sismico dell'edificio esistente mediante la costruzione di una struttura esterna poggiante direttamente sulle nuove fondazioni e collegata direttamente all'edificio medesimo.

Ipotesi delle fondazioni (fondazione continua):

larghezza	120 cm
Profondità	150 cm
Carico statico	0,5 kg/cm <sup>2</sup>
Carico con azione sismica	1,5 – 2,0 kg/cm <sup>2</sup>

L'ubicazione della prova penetrometrica è riportata in Fig. 4.

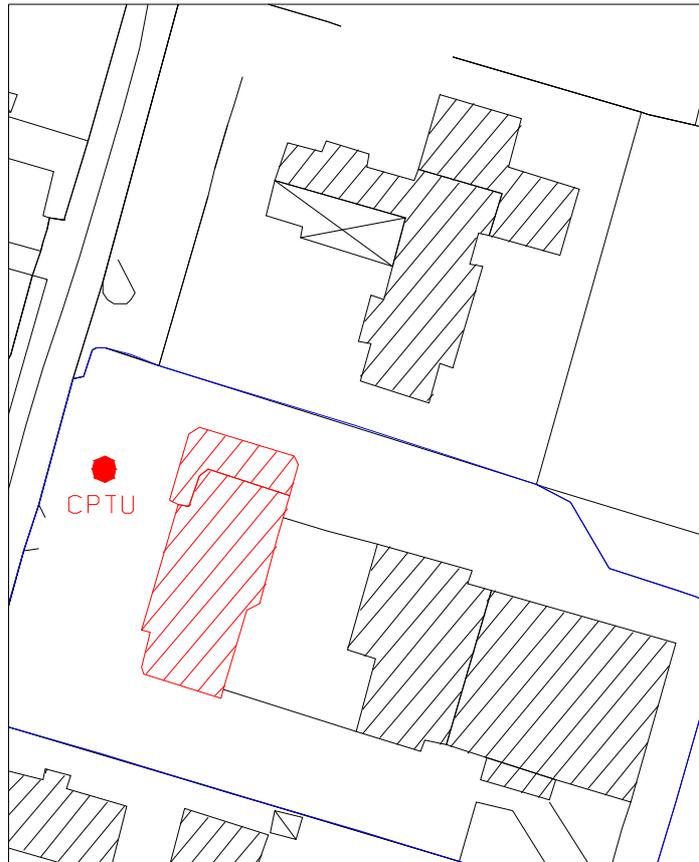


Fig. 4 - Planimetria con ubicazione della prova CPTU

## 5. INDAGINI SVOLTE

### PROVA PENETROMETRIA STATICA CPTU

Per l'indagine è stata effettuata in data 27.12.2019 una prova penetrometrica statica CPTU spinta fino alla profondità di 15,5 m a partire dal piano campagna e con le attrezzature e le modalità di seguito riportate. L'ubicazione delle prove è riportata nella Fig. 4.

La prova penetrometrica statica CPTU (Cone Penetration Test con piezocono) è stata effettuata impiegando un penetrometro statico tipo GOUDA da 12 t munito di punta elettrica; la velocità di avanzamento, costante, è pari a 2 cm/sec.

Come accennato la prova è stata spinta fino ad una profondità di 15,5 m dal piano campagna ed ha rilevato i valori delle due resistenze ad intervalli di 0.02 m. Negli istogrammi allegati è rappresentato l'andamento della resistenza di punta  $q_c$  (o  $R_p$ ) e dell'attrito laterale  $f_s$  (o  $R_L$ ) con la profondità ed i valori di pressione neutra.

Al termine della prova i dati registrati sono stati elaborati mediante apposito software; ciò ha permesso di valutare in via approssimativa una serie di parametri geotecnici del terreno; **i valori riportati negli elaborati allegati (*modelli meccanici*) hanno validità orientativa, derivando da correlazioni effettuate sulla base dei valori delle due resistenze e su una serie di semplificazioni.** I parametri ricavati sono i seguenti:

- **friction index  $I_f$  (indice delle resistenze)**: rappresenta il rapporto tra la resistenza di punta  $q_c$  e la resistenza unitaria di attrito laterale locale  $f_s$ , misurate alla medesima profondità. Questo parametro, combinato con il valore della resistenza di punta, fornisce una valutazione litologica dei terreni indagati;
- **litologia**: il valore del friction index e della resistenza di punta forniscono una valutazione della litologia dei terreni indagati (*Schmertmann, 1978*);
- **peso dell'unità di volume efficace  $\gamma'$** : questo parametro (definito dalla differenza tra il peso di volume saturo e il peso dell'acqua) viene determinato sulla base del valore di resistenza alla punta e sulla natura del terreno;

- **tensione verticale geostatica efficace  $\sigma'_{vo}$** : è definita come la differenza tra la tensione verticale totale (pari a  $\gamma \cdot z$ , con  $z$  = profondità) e la pressione dell'acqua  $u$ ; il valore di questo parametro viene ricavato sulla base dei valori di  $\gamma'$ ;
- **coesione non drenata  $c_u$** : rappresenta, per i terreni coesivi, la resistenza al taglio; viene valutata sulla base della resistenza di punta;
- **OCR (over consolidation ratio = grado di consolidazione)**: nei terreni coesivi rappresenta il rapporto tra la massima pressione efficace mai sopportata dal terreno e l'attuale pressione geostatica efficace; viene determinato sulla base dei valori della tensione verticale efficace e della coesione non drenata;
- **modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (modulo di Young) per terreni coesivi**: viene determinato sulla base dei dati di coesione non drenata e OCR; vengono forniti i valori  $E_{u50}$  ed  $E_{u25}$ , relativi rispettivamente ad un livello di sforzo mobilitato pari al 50% e al 25% di quello di rottura;
- **modulo di deformazione edometrico  $M_0$  per terreni coesivi**: si tratta di un parametro indicativo delle caratteristiche di compressibilità di un terreno coesivo; tale parametro, espresso in  $\text{kg/cm}^2$ , è correlato empiricamente alla resistenza di punta;
- **densità relativa  $D_r$** : è un parametro che si riferisce ai terreni incoerenti e li caratterizza dal punto di vista dello stato di addensamento; viene ricavato sulla base dei valori di resistenza di punta e della tensione verticale efficace; il valore è espresso in percentuale;
- **angolo d'attrito efficace  $\Phi'$** : per i terreni incoerenti tale parametro, valutato sulla base dei valori di resistenza di punta, densità relativa e tensione verticale geostatica, rappresenta la resistenza al taglio; il valore è espresso in gradi;
- **modulo di deformazione drenato  $E'$  (modulo di Young) per terreni incoerenti**: valgono le stesse considerazioni fatte per il punto precedente; l'elaborazione del dato viene effettuata sulla base dei dati di resistenza di punta; il dato viene fornito in  $\text{kg/cm}^2$ .

Inoltre viene rilevata la pressione neutra (pressione dell'acqua all'interno dei pori).

Sull'elaborato viene riportata la quota della falda, che è risultata essere pari a 1,40 m sotto il piano di posa della fondazione.

Nel sito di indagine vengono rilevati terreni costituiti da alternanze di argille, argille limose e sabbie/sabbie limose:

Profondità m	Spessore m		Litologia	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	M MPa	Cu Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$ °	Su MPa
0.0 – 0.8	--	--	PREFORO	--	--		--	--
0.8 – 1.4	0.6	2.2	Argilla	17.5	9,3	0,60	0	48
1.4 – 3.0	1.6		Argilla e argilla limosa	17.5	22,9	0,75	0	94
3.0 – 3.7	0.7	0.7	sabbia limosa e limo sabbioso	17.7	38,5	0	37	0
3.7 – 4.3	0.6	0.6	Argilla	17.3	15,4	0,60	0	78
4.3 – 4.9	0.6	0.6	sabbia limosa e limo sabbioso	17.4	35,8	0	36	0
4.9 – 5.8	0.9	0.9	Argilla	16.6	10,8	0,60	0	60
5.8 – 6.5	0.7	0.7	Sabbia e sabbia limosa	18.1	64,2	0	39	0
6.5 – 7.5	1.0	3.0	Argilla	16.7	9,6	0,55	0	63
7.5 – 8.1	0.6		Argilla	17.1	11,8	0,60	0	66
8.1 – 8.7	0.6		Argilla	16.6	6,2	0,50	0	51
8.7 – 9.5	0.8		Argilla	17.1	13,9	0,65	0	73
9.5 – 10.2	0.7	0.7	Sabbia e sabbia limosa	18.9	96,6	0	42	0
10.2 – 11.2	1.0	2.1	Argilla e argilla limosa	17.2	13,5	0,60	0	81
11.2 – 12.3	1.1		Argilla	17.6	14,5	0,65	0	89
12.3 – 12.9	0.7	0.7	sabbia limosa e limo sabbioso	18.5	74,1	0	38	0
12.9 – 13.6	0.7	1.6	Argilla	17.3	11,6	0,60	0	96
13.6 – 14.5	0.9		Argilla	17.2	15,6	0,70	0	91
14.5 – 15.3	1.0	1.0	sabbia limosa e limo sabbioso	17.3	37,4	0	34	0
15.3 – 15.5	--	--	Sabbia e sabbia limosa	18.5	91	0	40	0

$\gamma$	Peso per unità di volume
M	Modulo confinato
$\phi$	Angolo di attrito
Su	Tensione di taglio non drenato
Cu	Coesione

## 6. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI SINTESI

A pagina 11 sono poste in evidenza le caratteristiche geotecniche a disposizione del progettista per la determinazione dei parametri geotecnici principali relativi al terreno di fondazione che sono:

- *carico limite di rottura (Qult);*
- *resistenza di progetto (Rd);*
- *Tensione (Ed);*

Nella valutazione globale delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione va posta la massima attenzione al livello della falda freatica ed alle sue oscillazioni, in quanto si possono verificare significative variazioni dei suddetti parametri nel caso in cui il terreno di fondazione si trovi periodicamente in saturazione, ed infine deve essere considerata l'eventuale probabilità che si verifichino dei cedimenti differenziali tra le varie zone della fondazione.

### **CARICO LIMITE DI ROTTURA E RESISTENZA DI PROGETTO (Rd) E VERIFICA AGLI STATI ULTIMI DI ESERCIZIO**

Attraverso il modello geologico sopra riportato è possibile ricavare il carico limite di rottura (Qult), della resistenza di progetto (Rd) e della tensione (Ed).

Sulla base della tensione Ed esercitata, ottenuta ponendo il fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = Q_{ult}/Ed$ ), dovrà essere verificata la relazione 6.2.1 del paragrafo 6.2.4.1 (Verifiche nei confronti degli stati limiti ultimi SLU)  $Ed \leq Rd$ .

Per il calcolo degli stati ultimi di esercizio sono stati individuati i 6 strati geologici coesivi omogenei posti sotto il piano di fondazione (> 1,5 m) indicati nella tabella di pagina 11 e ricavando i valori di compressibilità di volume  $m_v$  dal modulo confinato. Considerate le condizioni di drenaggio del sistema è possibile stimare con il metodo di Boussinesq l'entità dei cedimenti per la deformazione dei terreni nota la tensione verticale effettiva esercitata dalla sovrastruttura di progetto.

## CAPACITÀ PORTANTE

Per la determinazione della capacità portante del terreno di fondazione viene utilizzata la seguente relazione:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

dove:

c = valore della coesione

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno

B = larghezza della fondazione

$q' = \gamma D$  = carico del terreno

D = profondità di posa della fondazione

$N_c, N_q, N_\gamma$  = grandezze che dipendono dal valore dell'angolo d'attrito  $\Phi$ .

Si è considerato il terreno immediatamente a contatto con la base della fondazione, costituito principalmente da argille e argille limose e pertanto terreni coesivi e con angolo di attrito nullo.

Sulla base delle valutazioni geotecniche e dei calcoli eseguiti utilizzando i dati della tabella di pag. 11 si ricava una capacità portante ammissibile  $q_a$  dei terreni di fondazione pari a

$q_a = 1,4 \text{ kg/cm}^2$
-----------------------------

## CEDIMENTI

Per la determinazione degli stati di esercizio si considera la differenza esistente tra il carico litostatico del terreno alla quota di fondazione ed il carico trasmesso dalla sovrastruttura di progetto al terreno di fondazione.

Nel caso in esame si considera un sovraccarico esercitato su terreni prevalentemente argillosi rilevati fino alla profondità di 14,50 m dal p.c.

Nel caso di una sovrastruttura costituita dall'opera di progetto si ipotizza un carico medio statico trasmesso al terreno di circa  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ .

Il carico litostatico al livello del piano di posa a 1,5 m dal p.c. e con una falda presente a circa 1,4 m di profondità può essere valutato come segue:

$$s = H_o \Delta p m_v$$

dove  $H_o$  = spessore o semispessore dello strato di terreno  
 $\Delta p$  = incremento del carico  
 $m_v$  = coefficiente di compressibilità di volume

L'incremento di carico  $\Delta p$  deve essere calcolato proporzionalmente alla profondità di ogni singolo strato di terreno soggetto a cedimento, ipotizzando un valore di sovraccarico iniziale  $q_o$  pari a **0.50 kg/cm<sup>2</sup>**.

Per il calcolo dell'incremento di carico alle diverse profondità sono state utilizzate le curve di uguale pressione verticale secondo la teoria di Boussinesq.

I relativi calcoli sono stati fatti applicando il metodo di Boussinesq, il quale presuppone che siano realizzate le seguenti condizioni:

- La deformazione dell'ammasso sotto l'applicazione del carico non genera delle modificazioni nella distribuzione dei carichi o pressioni di contatto;
- La distribuzione della pressione di contatto è supposta uniforme su tutta la superficie di carico.

I calcoli adottati hanno consentito di ottenere i seguenti risultati:

### **FONDAZIONE CONTINUA**

(dimensioni: larghezza 1,20 m - profondità di posa: 1,50 m)

**CPTU**                      **s < 1,0 cm**

Anche considerando una tensione di picco pari a  $q = 2,0 \text{ kg/cm}^2$  il cedimento viene stimato in  $s = 1,0 - 1,3 \text{ cm}$ .

Si evidenzia inoltre come i terreni a granulometria più fine assumano valori di OCR tendenti al campo di sovraconsolidazione, conferendo pertanto agli stessi migliori caratteristiche meccaniche. A tal proposito si osservi la fig. 4 che riporta la carta SBT normalizzata.

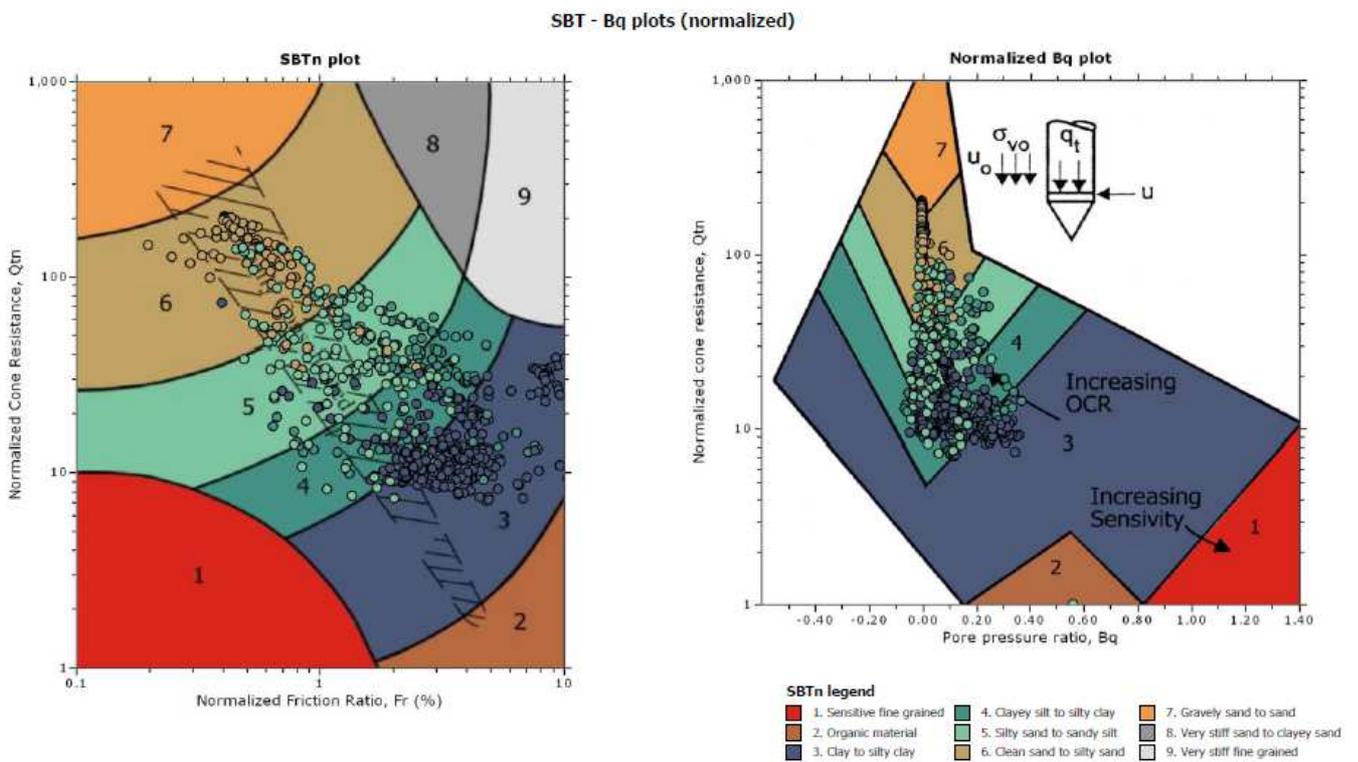


Fig. 5 – Carta SBT normalizzata: cantiere di Gorgo al Monticano.

## **NORME TECNICHE PER IL PROGETTO, LA VALUTAZIONE E L'ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI (parametri e coefficienti sismici)**

Il presente paragrafo viene redatto ai sensi delle norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico (testo unitario: norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17.01.2018).

Si riportano di seguito i dati sismici riepilogativi:

Comune	Gorgo al Monticano
Zona	<b>3</b>
Accelerazione orizzontale ag/g	<b>0.15</b>
Categoria del suolo di fondazione	<b>C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
Categoria topografica	<b>T1</b> - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Periodo di riferimento	<b>100 anni</b>
$C_u$	<b>2</b>

### **PARAMETRI SISMICI**

Secondo il decreto 17.01.2018 del Ministero delle Infrastrutture la località in esame, per una struttura di classe IV con vita nominale di 50 anni presenta le seguenti variabilità dei parametri di azione **ag**, **Fo** e **Tc** in funzione dei periodi di ritorno:

<b>Stato Limite</b>	<b>Tr [anni]</b>	<b>ag [g]</b>	<b>Fo</b>	<b>Tc* [s]</b>
Operatività (SLO)	60	0.059	2.475	0.271
Danno (SLD)	101	0.075	2.444	0.293
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.185	2.547	0.359
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.237	2.592	0.370

<b>Coefficienti</b>	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
kh	0.012	0.015	0.054	0.074
kv	0.006	0.007	0.027	0.037
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.577	0.735	1.811	2.329
Beta	0.200	0.200	0.290	0.310

Definiamo per il progetto in esame una magnitudo media  $M_w = 5.7$  (probabilità del 10% in 50 anni - 50° percentile) e le seguenti accelerazioni orizzontali massime (P.G.A. = Peak Ground Acceleration) attese al sito per i vari Stati Limite:

<b>Stato Limite</b>	<b>P.G.A. (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>P.G.A. (g)</b>
SLO	0,85	0,09
SLD	1,09	0,11
SLV	2,52	0,26
SLC	3,03	0,31

Si considerino le coordinate locali (WGS84):

**longitudine: 12,553670 - latitudine: 45,790686**  
**in allegato si tr**

In allegato si trasmette la relazione tecnica specialistica in sismica a firma del Dott. Geol. Mario Pizzolon.

## 7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione del suolo, dovuta all'aumento della pressione dell'acqua nei pori del terreno fino ad eguagliare o superare la pressione verticale dovuta al peso proprio (sovrappressione), è un fenomeno che interessa esclusivamente terreni fini non coesivi o poco coesivi come sabbie e talvolta limi in forma sciolti sollecitati da azione sismica.

La stratigrafia descritta per il sito di indagine evidenzia la presenza di terreno fine misto coesivo alternato a sabbie/sabbie limose fino alla profondità indagata. L'indagine della liquefazione riguarda dunque i soli terreni sabbiosi/sabbiosolimosi non coerenti o poco coerenti.

Secondo le normative di riferimento *“il termine liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno”*.

Tale verifica è stata eseguita sulla base dei valori della velocità delle onde di taglio  $V_s$  misurate durante l'esecuzione della prova penetrometrica con piezocono sismico (SCPTU) e sulla base di analisi di tipo deterministico/probabilistico secondo diversi metodi di calcolo.

Per il calcolo sono stati utilizzati i seguenti parametri così come definiti nel capitolo “Definizione dell'azione sismica” considerando lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione al Collasso (SLC):

- P.G.A. Picco di accelerazione massimo orizzontale per SLV;  $a_{max} = S_S S_T a_g = 0.26 g$
- P.G.A. Picco di accelerazione massimo orizzontale per SLC;  $a_{max} = S_S S_T a_g = 0.31 g$
- Mw (Magnitudo del terremoto) = 5.7
- G.W.T. (Profondità del livello di falda durante il sisma) = 1.00 m

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo dei metodi “Eurocode 8” e “Boulanger & Idriss (2004)” per i due stati limite considerati (SLV e SLC).

**CALCOLO LIQUEFAZIONE DA CPTU - SLC (Boulanger):**

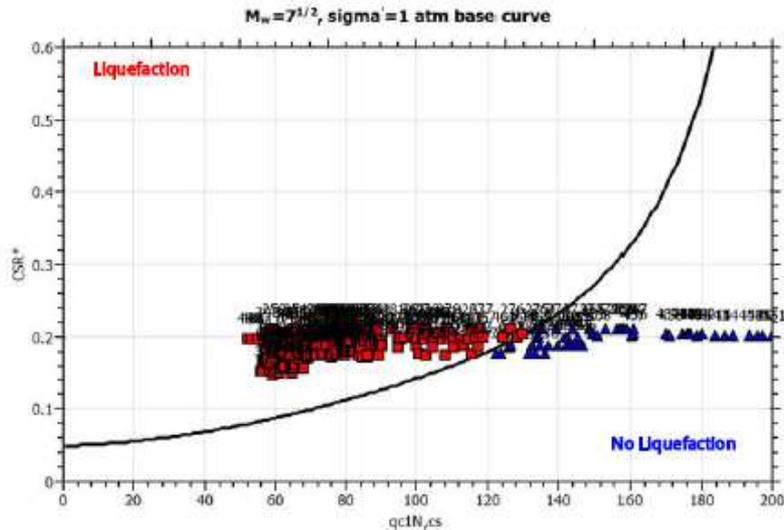
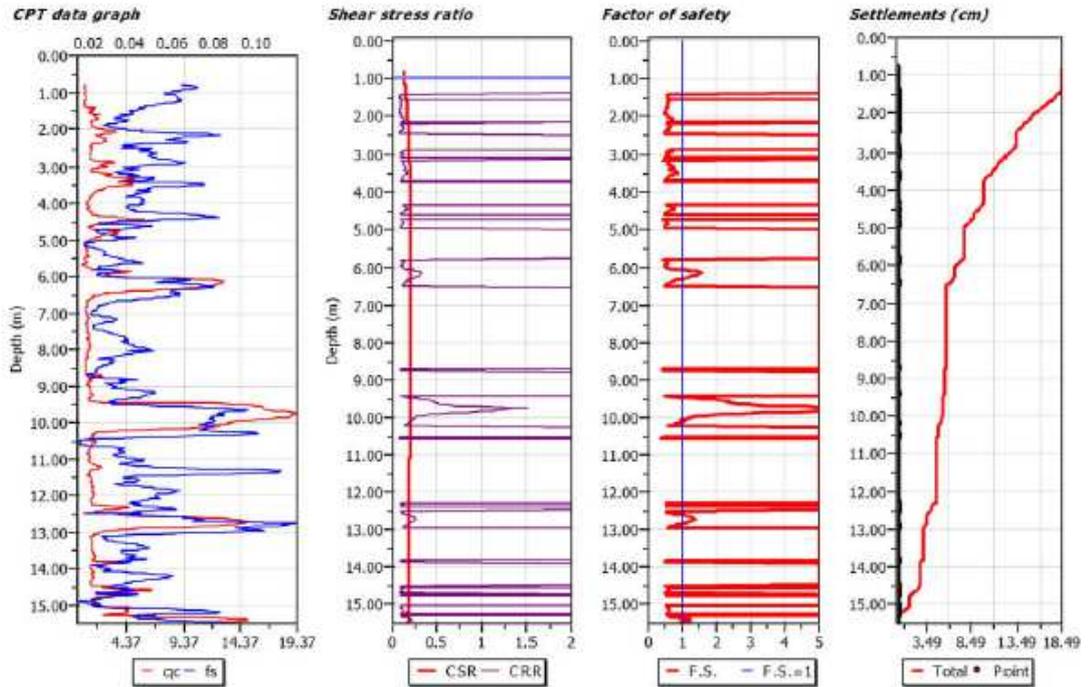
**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

**Project title : COMUNE DI GORGO AL MONTICANO (TV)**

**Project subtitle : Adeguamento sismico della scuola di 1° grado di Gorgo al Monticano (TV)**

**Input parameters and analysis data**

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	5.70
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.31 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00



## CALCOLO LIQUEFAZIONE DA CPTU - SLV (Boulanger):

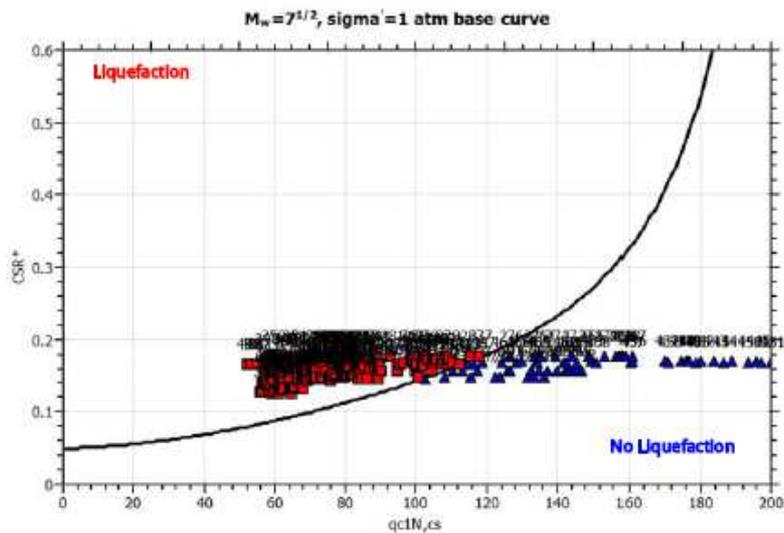
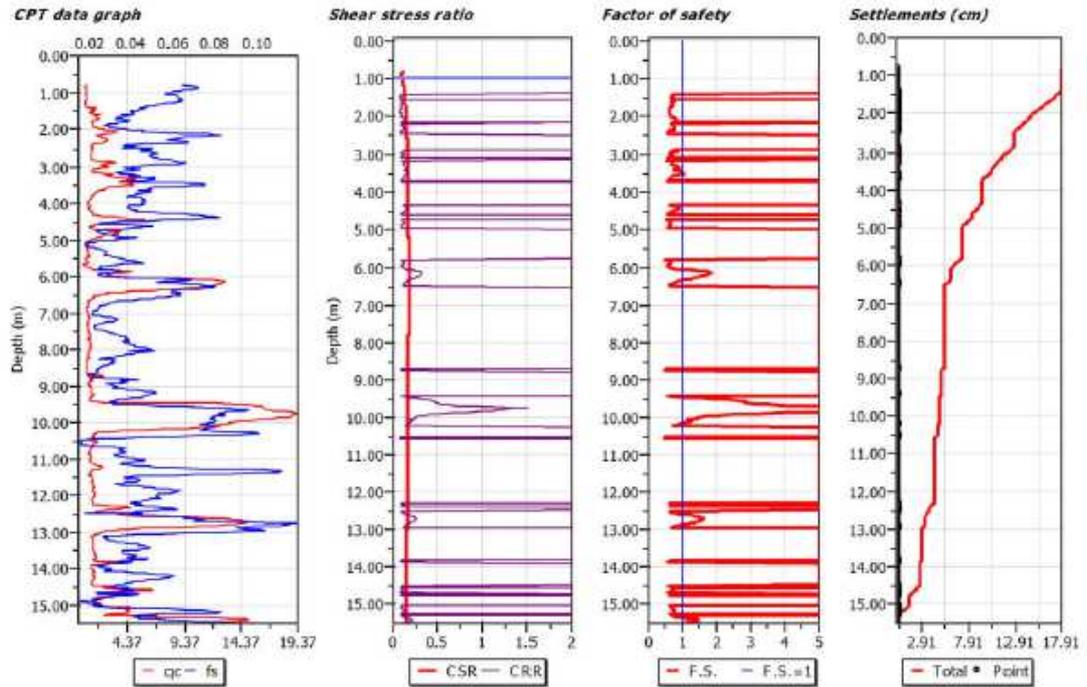
### LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

**Project title :** COMUNE DI GORGO AL MONTICANO (TV)

**Project subtitle :** Adeguamento sismico della scuola di 1° grado di Gorgo al Monticano (TV)

**Input parameters and analysis data**

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	5.70
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.26 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00



## CALCOLO LIQUEFAZIONE DA $V_s$ - SLC (Eurocode8):

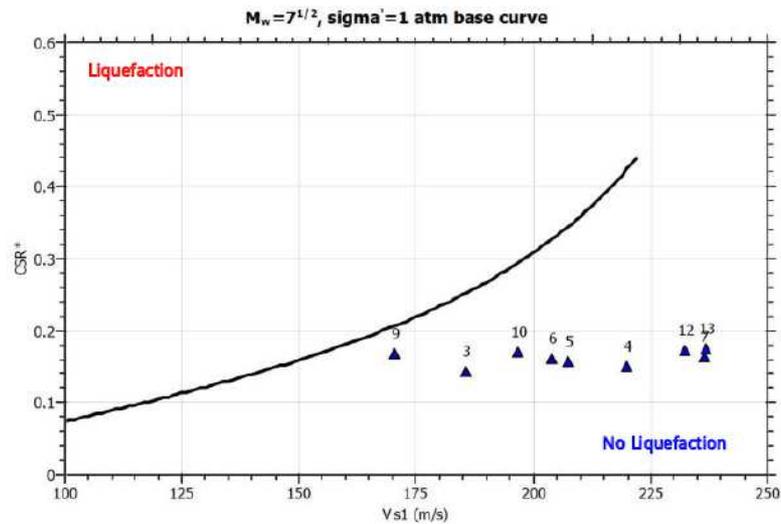
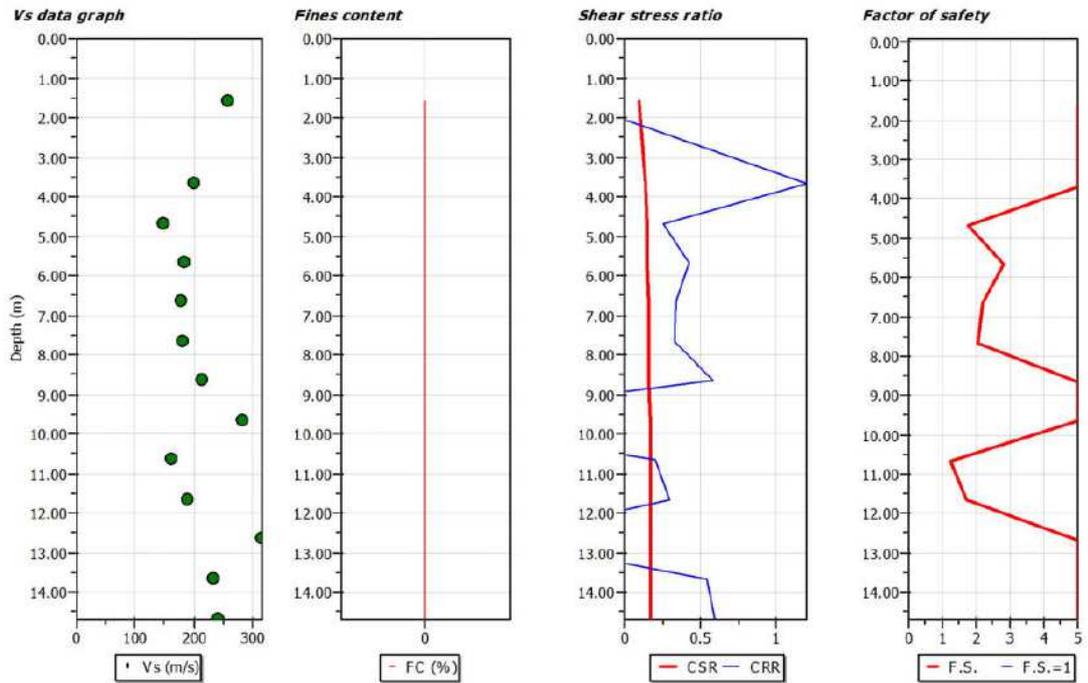
### LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : COMUNE DI GORGO AL MONTICANO (TV)

Project subtitle : Adeguamento sismico della scuola di 16° grado di Gorgo al Monticano (TV)

#### Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	5.70
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground acceleration:	0.31 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00



## CALCOLO LIQUEFAZIONE DA $V_s$ - SLV (Eurocode8):

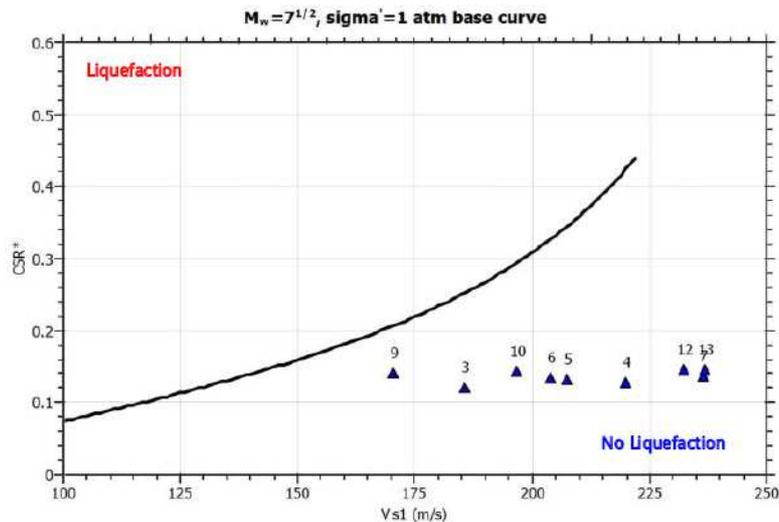
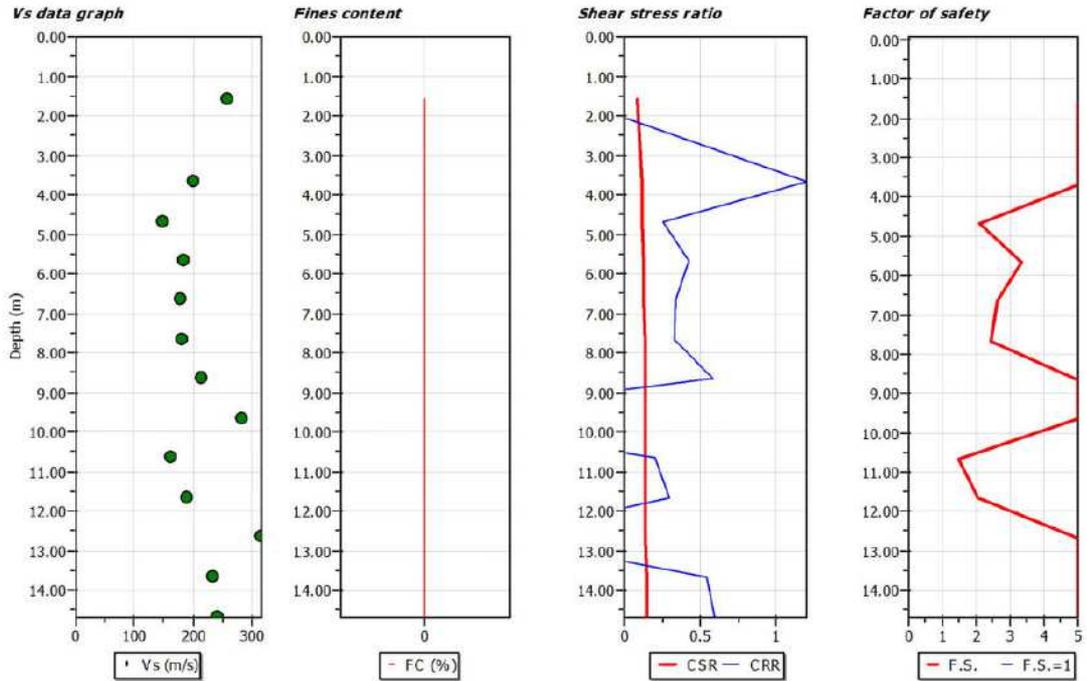
### LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : COMUNE DI GORGO AL MONTICANO (TV)

Project subtitle : Adeguamento sismico della scuola di 1° grado di Gorgo al Monticano (TV)

#### Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	1.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	5.70
Analysis method:	Eurocode 8	Peak ground acceleration:	0.26 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00



I risultati vengono interpretati secondo la seguente tabella:

POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE $I_L$ (Iwasaki)
$I_L = 0.0 \Rightarrow$ liquefazione assente
$I_L$ compreso tra 0.0 e 5.0 $\Rightarrow$ liquefazione non probabile
$I_L$ compreso tra 5.0 e 15.0 $\Rightarrow$ liquefazione probabile
$I_L > 15.0 \Rightarrow$ liquefazione certa

I calcoli sono stati eseguiti anche secondo le metodiche proposte da altri Autori (Juang, 2006; Andrus, 2004; NCEER, 1998).

In tutte le determinazioni il potenziale di liquefazione  $I_L$  risulta da 0 a inferiore a 5.

**A seconda della metodica utilizzata risulta pertanto una liquefazione assente o non probabile.**

## 8. CONCLUSIONI

I risultati dell'indagine illustrati nella presente relazione mettono in evidenza come i terreni di fondazione siano idonei alla realizzazione della sovrastruttura di progetto. Lo strato di terreno più coesivo è presente almeno nei primi 16 metri di profondità in alternanza con banchi sabbiosi di discreta capacità portante.

Si vuole qui ribadire quanto già accennato nel capitolo 5: il contenuto delle tabelle allegate non può che avere un valore indicativo poiché gli unici valori sperimentali ottenuti sono le resistenze di punta ( $R_p$ ), laterale ( $R_L$ ) e di pressione neutra ( $u$ ), mentre tutti gli altri parametri geotecnici derivano da correlazioni tra le due resistenze e da semplificazioni.

Il livello della falda freatica è situato a media distanza dalla superficie del p.c. (- 1,40 m sotto il p.c.), prossima al piano della fondazione prevista. La misura freaticometrica è stata effettuata in un periodo di abbassamento della falda.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei parametri geologici di maggiore interesse per la progettazione dell'opera:

<b>CAPACITÀ PORTANTE</b>	$q_a = 1,4 \text{ kg/cm}^2$
<b>CEDIMENTI</b>	$s < 1,0 \text{ cm}$ (con $q_0 = 0,5 \text{ kg/cm}^2$ ) $s = 1,0 - 1,3 \text{ cm}$ (con $q_0 = 2,0 \text{ kg/cm}^2$ )
<b>CATEGORIA DI SOTTOSUOLO</b>	<b>C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</b>

Oderzo, 30/01/2020

## ALLEGATO

# INDAGINE SISMICA PER IL PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DI I° GRADO DI GORGO AL MONTICANO

Relazione specialistica

Dott. Geol. Pizzolon Mario

*REGIONE VENETO*

Provincia di TREVISO

**Comune di Gorgo al Monticano**

**INDAGINE SISMICA PER IL PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO  
DELLA SCUOLA DI I° GRADO DI GORG AL MONTICANO (TV)**

Committente: **Comune di Gorgo al Monticano**

**Relazione tecnica**

Gennaio 2020

*Il geologo*

*Dott. Geol. Mario Pizzolon*



A circular blue professional stamp from the Ordine dei Geologi della Regione del Veneto. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI", "Dr. Geol. MARIO PIZZOLON", and "N° 397 REGIONE DEL VENETO". A handwritten signature in brown ink is written over the stamp.

## **INDICE**

- 1) Premessa
- 2) Indagine sismica
  - 2.1 misure di sismica passiva a stazione singola HVSR
  - 2.2 misure di sismica attiva di tipo MASW
- 3) Conclusioni

## **ALLEGATI, ELABORATI GRAFICI**

TAV. n° 1	Ubicazione delle indagini geognostiche (scala 1 : 1000)
TAV. n° 2/1,2,3	Elaborazione delle curve sperimentali HVSR01,02 e 03
TAV. n° 3	Documentazione fotografica

### **1) PREMESSA**

Su incarico del *dott. geol. Giancarlo Celotto* è stata eseguita un'indagine sismica per la caratterizzazione geologica e la determinazione della categoria sismica del sottosuolo di un sito dove è previsto l'adeguamento sismico della scuola secondaria di I° grado di Gorgo al Monticano (TV).

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 3 misure di sismica passiva a stazione singola (HVSR) e di una ripresa sismica attiva di tipo MASW. Una prova pemtrometrica statica SCPTU di 15 metri di profondità, realizzata per la raccolta di dati geotecnici, è stata utilizzata per agevolare il processo di modellizzazione sismica del terreno.

La presente relazione descrive le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata, le modalità esecutive ed i risultati delle misure eseguite.

Si riporta in allegato (Tavola n° 1) l'ubicazione delle indagini eseguite.

## 2) INDAGINI SISMICHE

Per la caratterizzazione del sottosuolo del sito in studio è stata eseguita una misura geofisica di sismica passiva a stazione singola HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) e una ripresa a sismica attiva di tipo MASW.

Per tali misure è stato utilizzato il sismografo GEA24 (24 bit) della PASI, un geofono triassiale HOLI3C da 2 Hz e per la elaborazione delle misure il software Holisurface 2018.



*Strumentazione per indagini sismiche*



*Geofono triassiale*

### 2.1 MISURE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR

La tecnica HVSR è definita passiva in quanto viene registrato grazie ad un geofono triassiale a stazione singola il "rumore sismico ambientale", definito "microtremore", generato dai fenomeni naturali terrestri ed atmosferici (onde oceaniche, vento, ecc...) e dall'attività antropica. Di tali segnali registrati viene eseguita un'analisi dei rapporti spettrali secondo il metodo di Nakamura.

Definita la curva sperimentale H/V si può procedere con il processo di inversione che consiste nella definizione del modello di variazione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) con la profondità che genera la curva H/V teorica più vicina alla curva misurata (per quest'ultima fase della elaborazione è necessario operare con dati di taratura).

L'analisi dei rapporti di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali delle vibrazioni registrate permette in definitiva di:

- individuare le frequenze vibrazionali caratteristiche di un sito;
- individuare le frequenze vibrazionali caratteristiche di un edificio/struttura;
- individuare, tramite le frequenze di picco osservate, le "discontinuità sismiche" che sono correlabili a cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che al contatto copertura-bedrock;
- stimare, associando altre misure, il parametro  $V_{s30}$ .

Nel sito oggetto di studio sono state eseguite n. 3 acquisizioni con geofono triassiale disposto in direzione 290°N di durata temporale 20 minuti e frequenza di campionamento 128 Hz.

Nelle TAVV. 2/1,2,3 sono riportati gli spettri delle ampiezze e le curve sperimentali HVSR01/02/03.

Dalle curve sperimentali HVSR si individuano picchi H/V tra 1.00 e 1.22 Hz, i quali, associati ai risultati della Masw, individuano un brusco incremento di impedenza sismica a circa 60-65 m di profondità.

## 2.2 MISURE DI SISMICA ATTIVA DI TIPO MASW

La procedura adottata per la misura di sismica attiva delle onde di superficie, MASW in questo lavoro, consiste di tre fasi:

- *acquisizione dei dati*: registrazione dei segnali sismici (generati artificialmente con adeguato sistema di energizzazione) con sismografo multicanale;
- *analisi di dispersione*: definizione della curva di dispersione dai segnali registrati;
- *processo di inversione*: definizione del modello di variazione della velocità delle onde di taglio

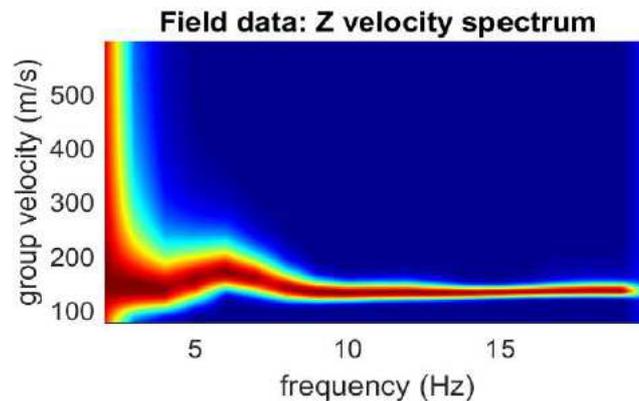
( $V_s$ ) con la profondità che genera la curva di dispersione teorica più vicina alla curva di dispersione misurata (per questa ultima fase della elaborazione è preferibile operare con dati di taratura).

Le misure di sismica attiva sono state eseguite con due tipi di energizzazione: colpo verticale (utilizzando una mazza da 8 kg battente su una piastra) per generare prevalenti onde Rayleigh e misurarne le componenti verticale (ZVF) e radiale (RVF) e colpo trasversale su traversina con per generare e registrare la componente trasversale (THF) delle prevalenti onde di Love.

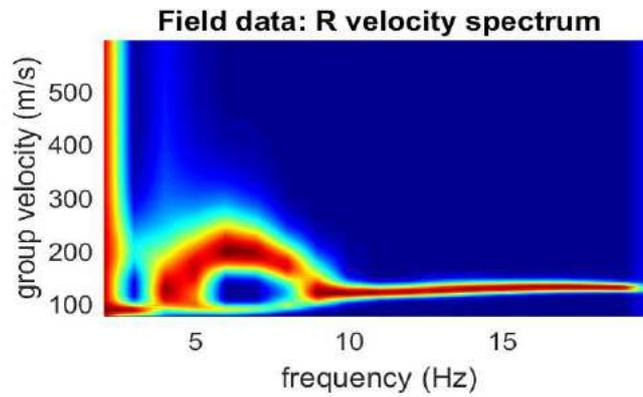
Per la analisi ed elaborazioni congiunte sono state prese in considerazione le componenti verticale (ZVF) e radiale (RVF) delle onde di Rayleigh e la componente trasversale (THF) delle onde di Love.

La misura di sismica attiva (MASW) è stata eseguita con la seguente geometria: stendimento con direzione 290°N; distanza tra punto di energizzazione e posizione del geofono triassiale 76 metri (offset).

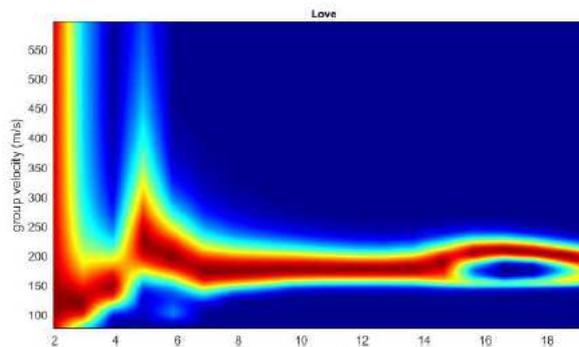
Si riportano di seguito i grafici di dispersione (frequenza - velocità di gruppo) per le misure eseguite.



*Grafico di dispersione componente verticale (ZVF) onde di Rayleigh*



*Grafico di dispersione componente radiale (RVF) onde di Rayleigh*

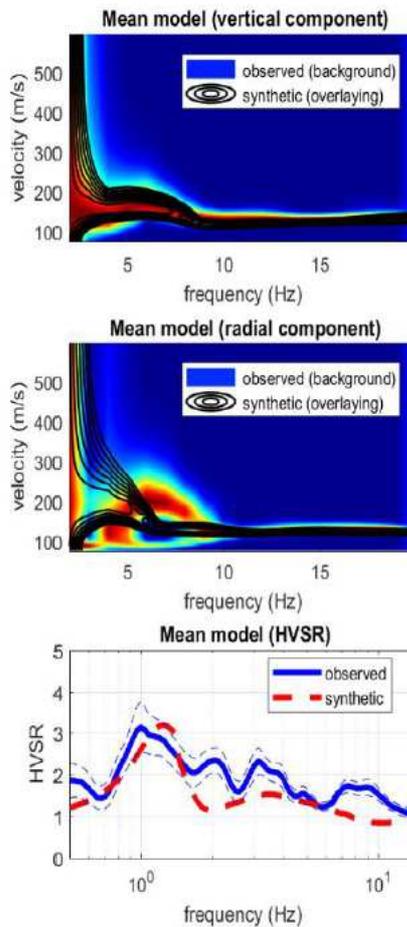


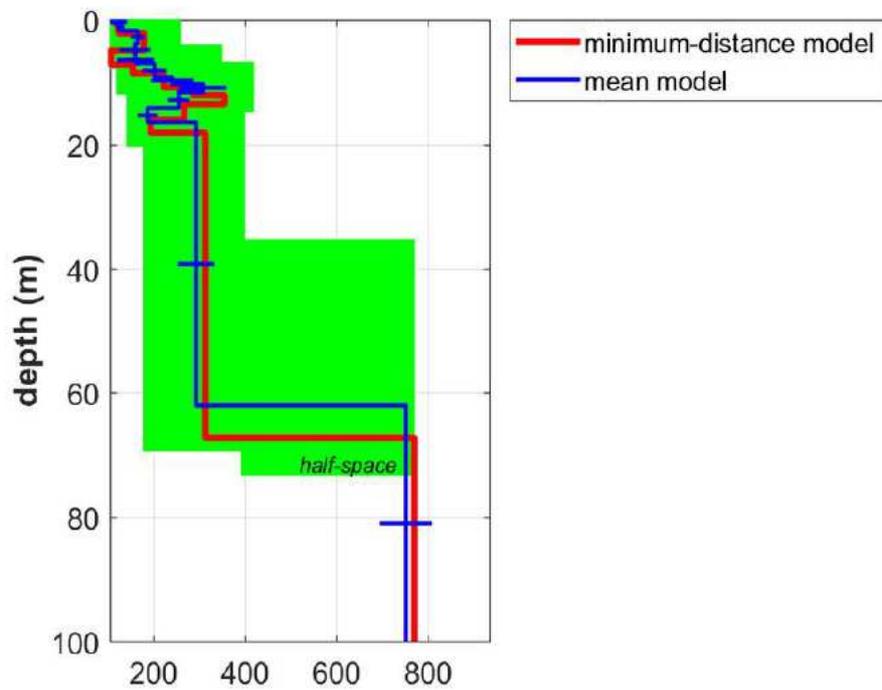
*Grafico di dispersione componente trasversale (THF) onde di Love*

Sono state quindi eseguite alcune elaborazioni (processo di inversione – applicazione Holisurface) congiunte tra curva H/V (da HVR501) ottenute dalle misure HVSR e grafici di dispersione ottenuti dai segnali registrati in sismica attiva MASW a partire da un modello stratigrafico di partenza costruito sulla base delle conoscenze geologiche del sito oggetto di indagine.

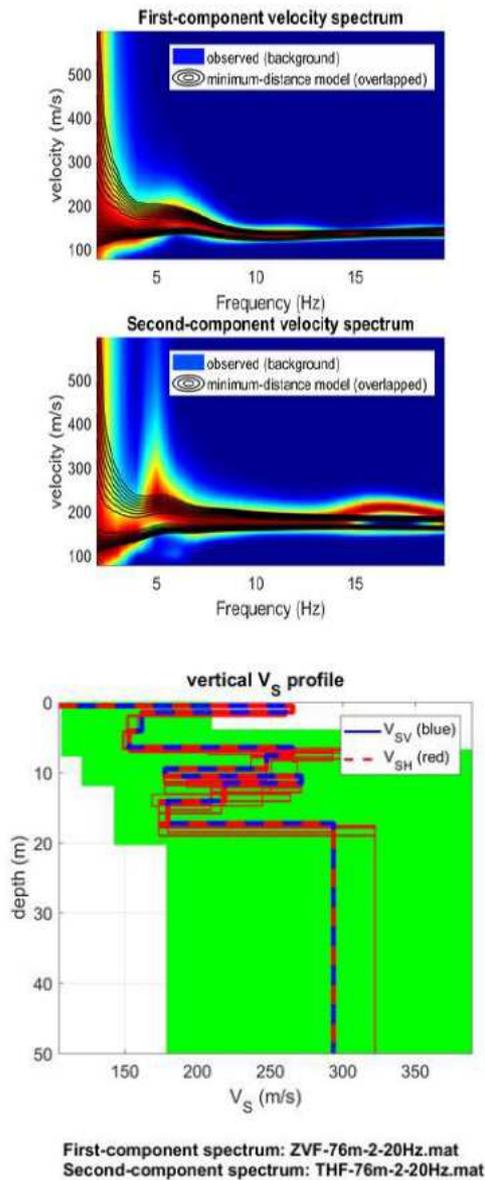
Si rappresentano due elaborazioni:

- la prima a tre componenti ZVF (componente verticale delle onde di Rayleigh), RVF (componente radiale delle onde di Rayleigh) e HVSR:





- la seconda a due componenti ZVF (componente verticale delle onde di Rayleigh) e THF (componente tangenziale delle onde di Love):



I due modelli risultano ragionevolmente coerenti per cui la stratigrafia sismica risulta strutturata da piano campagna fino alla profondità di 60-65 metri circa da terreni con velocità  $V_s$  variabili e inferiori ai 350 m/s cui segue, in profondità, un incremento brusco di impedenza con  $V_s >$  di 700 m/s. Dalle due elaborazioni si ottiene un valore di  $V_{s30}$  da 220 a 230 m/s, per cui il sottosuolo è rientrante nella categoria di tipo C.

Grazie al modello litologico/sismico desunto dalle conoscenze geologiche e dalle misure sismiche è possibile inquadrare il sottosuolo del sito in esame, secondo quanto previsto dalle N.T.C. 2018, nella categoria **C** definita come *"depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

### 3) CONCLUSIONI

Grazie al modello litologico/sismico desunto dalle conoscenze geologiche e dalla elaborazione delle misure di sismica passiva (HVRS) e attiva (MASW) eseguite è possibile stimare la  $V_s$  media nei primi trenta metri da 220 a 230 m/s ed inquadrare quindi il sottosuolo del sito in esame, secondo quanto previsto dalle N.T.C. 2018, nella categoria **C** definita come *"depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

Gennaio 2020

*Il geologo*

Dott. Geol. Mario Pizzolon





## ***ALLEGATI***

# TAV. N 1

## Ubicazione delle indagini geognostiche

(scala 1 : 1000)



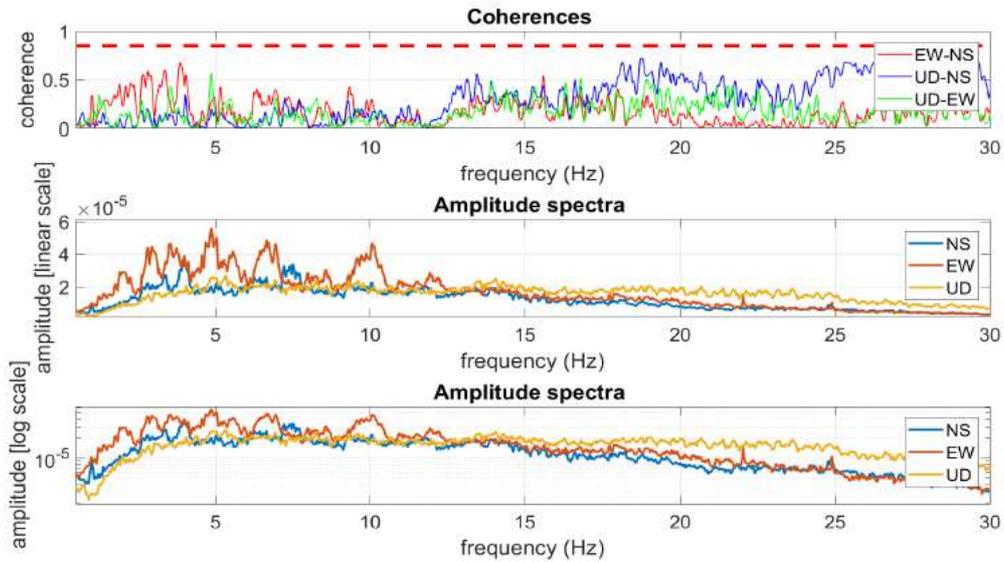
## LEGENDA

- SCPTU01 Prova penetrometrica statica
- HVSR01 Sismica passiva Hvsr
- M A S W Sismica attiva di tipo Masw

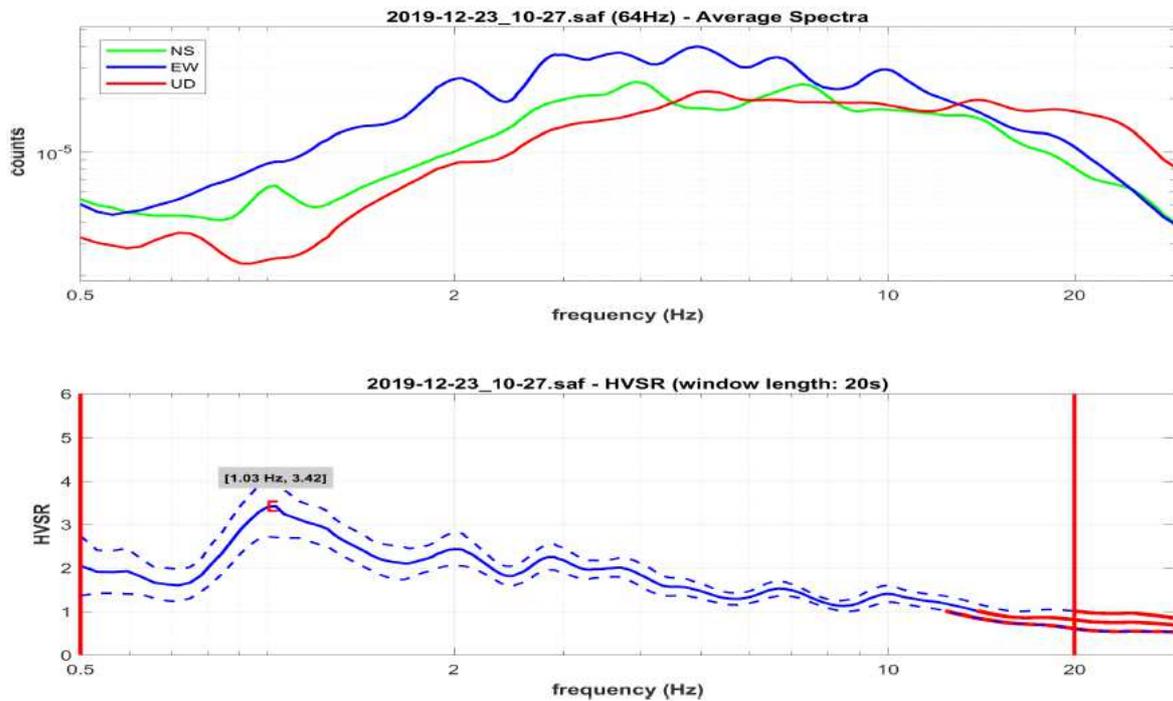
TAV N. 2/1

**Elaborazione della curva sperimentale HVSR01**

**Spettro delle ampiezze**



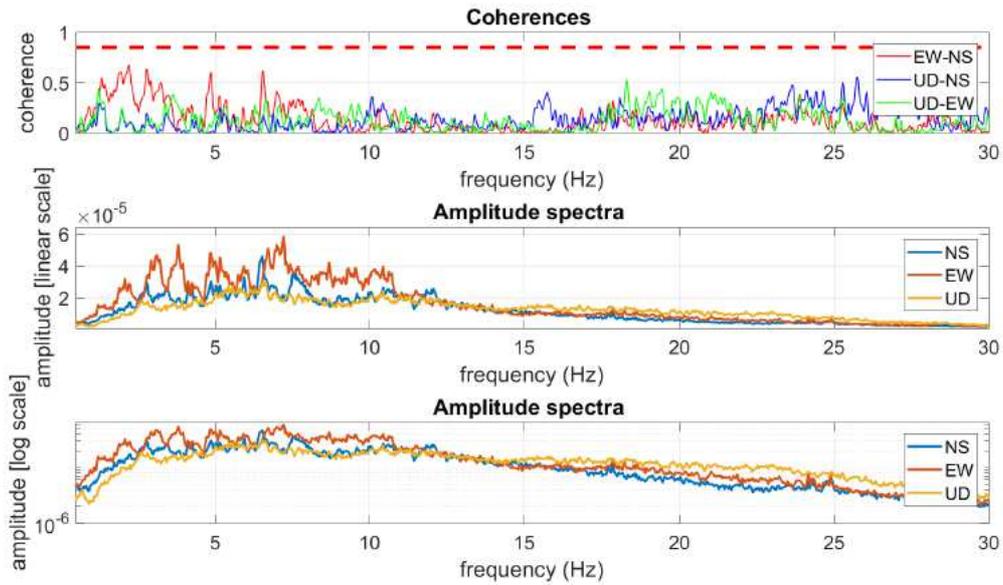
**Curva sperimentale HV01**



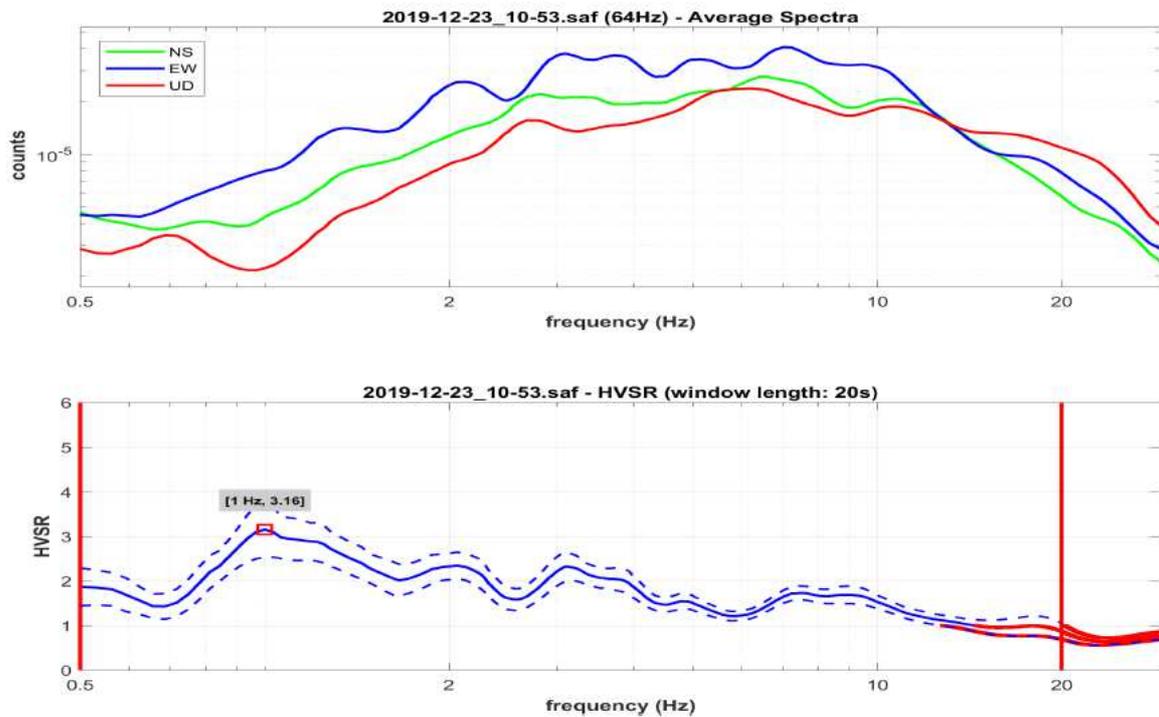
TAV N. 2/2

## Elaborazione della curva sperimentale HVSR02

### Spettro delle ampiezze

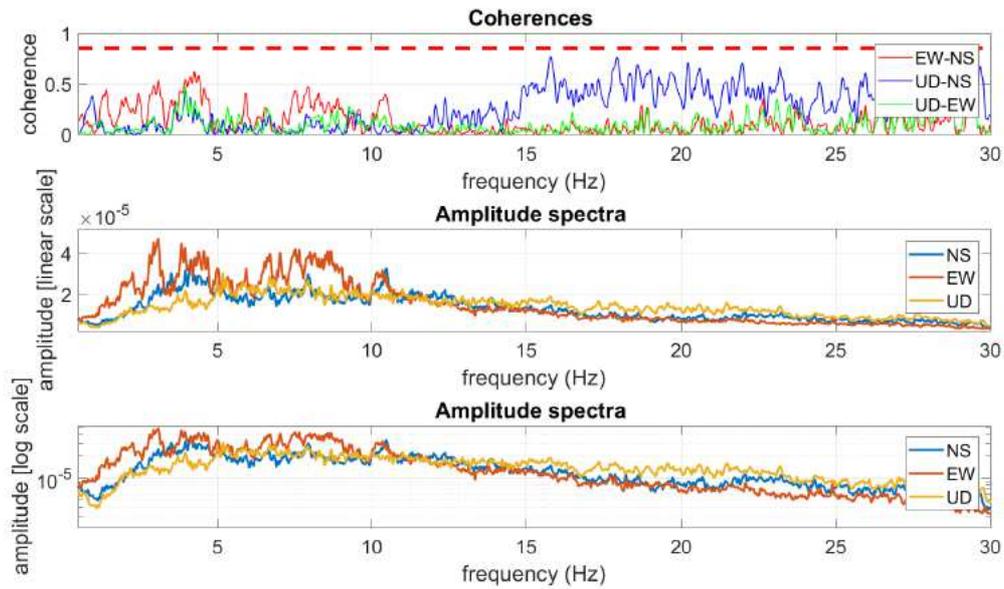


### Curva sperimentale HV02

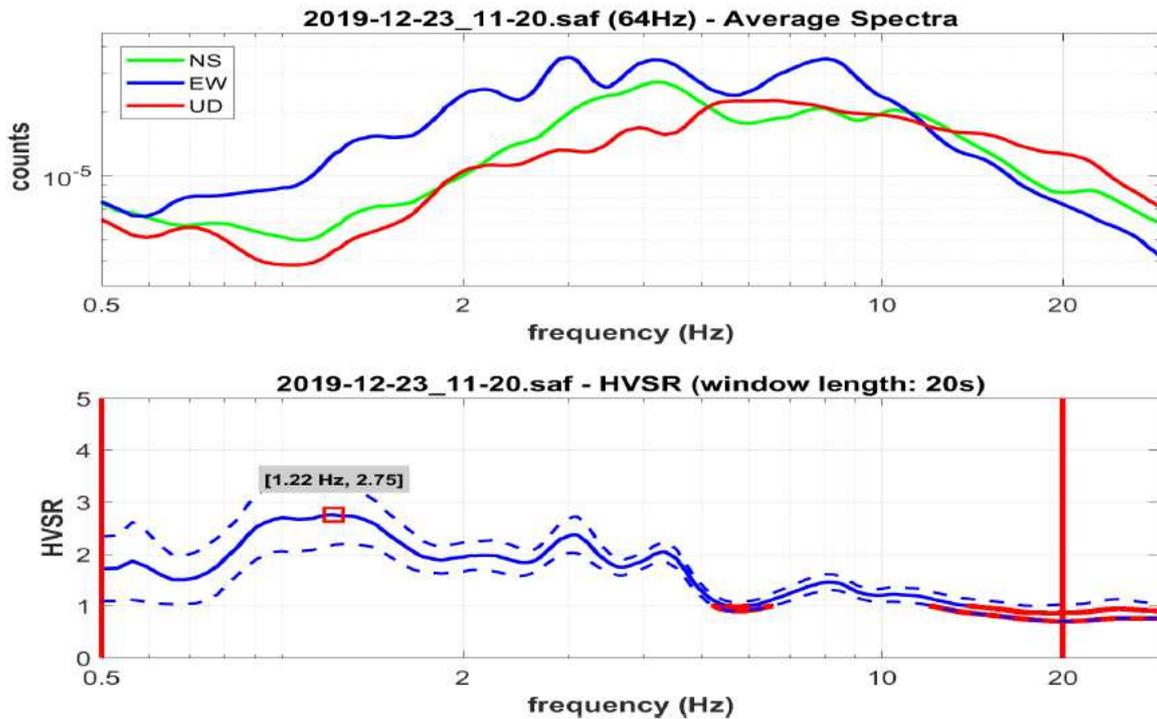


## Elaborazione della curva sperimentale HVSR03

### Spettro delle ampiezze



### Curva sperimentale HV03



## TAV N. 3

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Acquisizione sismica passiva  
HCSR1 e stendimento di sismica  
attiva tipo MASW**



**Acquisizione sismica passiva  
HCSR2**



**Acquisizione sismica passiva  
HCSR3**

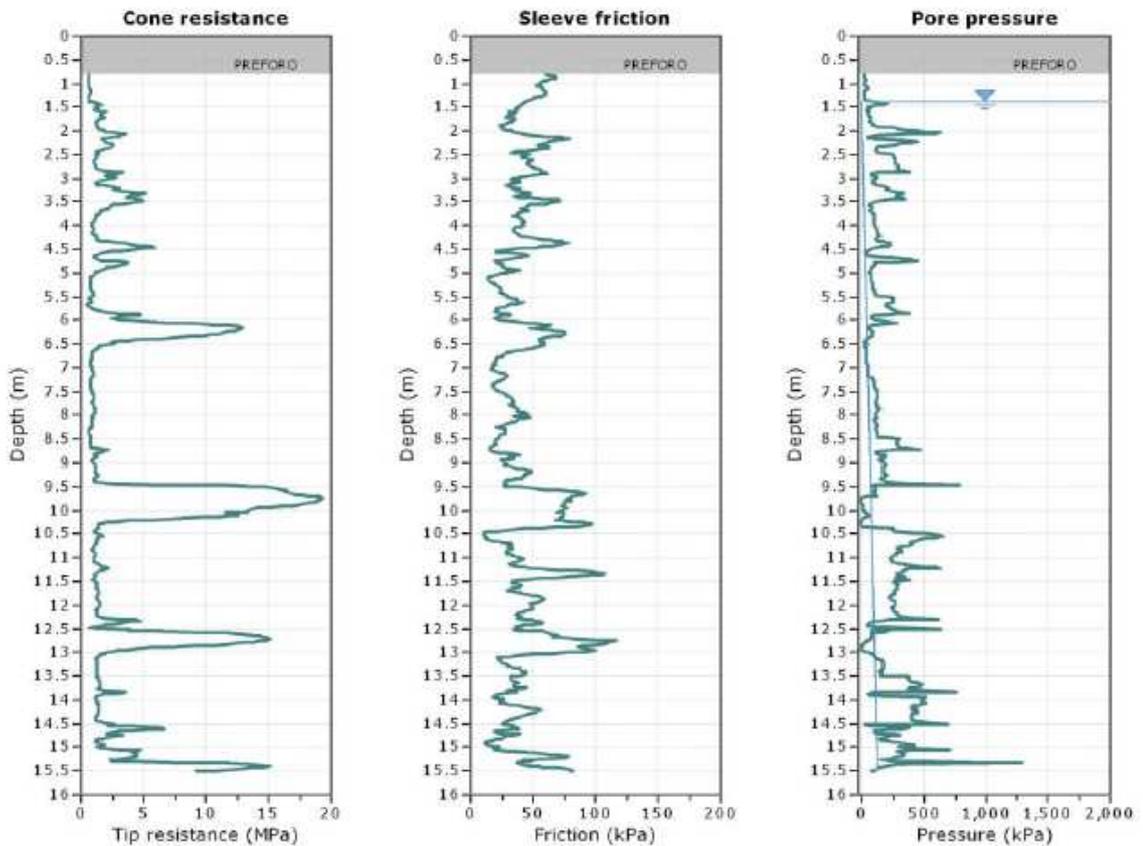
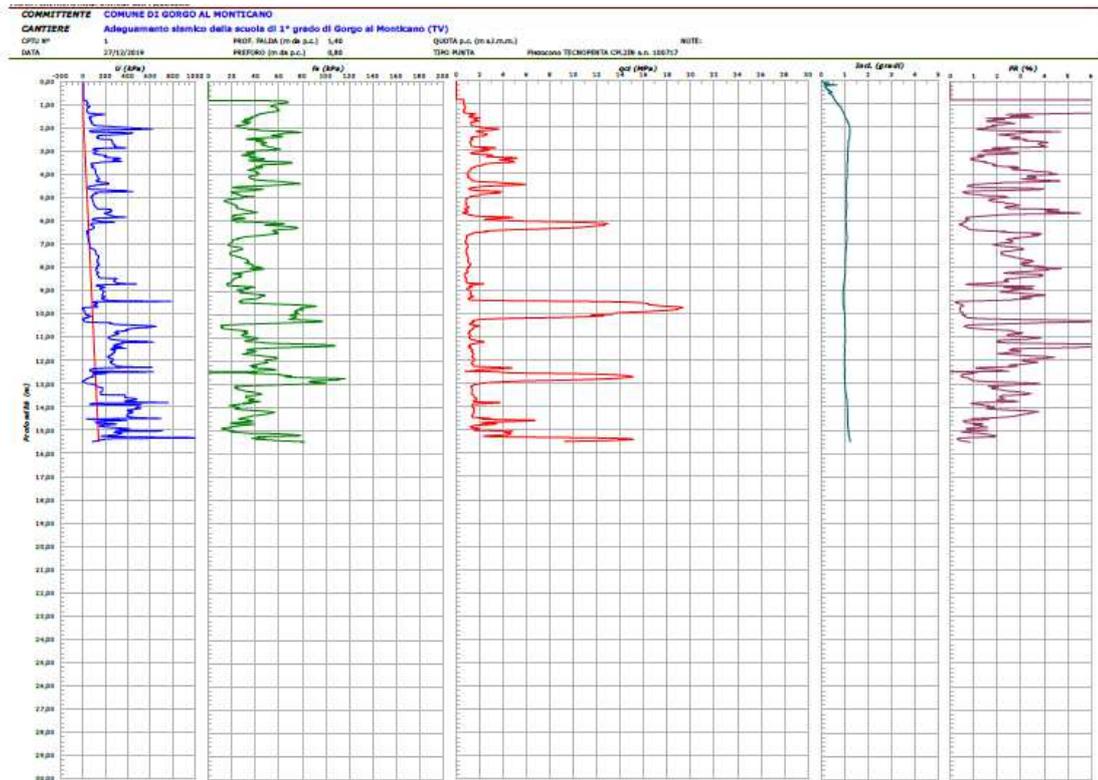
# PROVA PENETROMETRICA CPTU

.....

## TABELLE E GRAFICI

.....

## FOTO



**STRATIGRAFIA CPTU**

p.f.	h (m)	DESCRIZIONE	Litologia	gamma (kN/mc)	M (MPa)	angolo attrito interno	Cu kg/cmq	Su (MPa)	Falda freatica
		PREFORO							
1.0		Argilla		17,5	9,3	0	0,60	48	
2.0		Argilla Argilla limosa		17,5	22,9	0	0,75	94	
3.0		Sabbia limosa Limo sabbioso		17,7	38,5	37	0	0	
4.0		Argilla		17,3	15,4	0	0,60	78	
5.0		Sabbia limosa Limo sabbioso		17,4	35,8	36	0	0	
6.0		Argilla		16,6	10,8	0	0,60	60	
7.0		Sabbia Sabbia limosa		18,1	64,2	39	0	0	
8.0		Argilla		16,7	9,6	0	0,55	63	
8.5				17,1	11,8		0,60	66	
9.0				16,6	6,2		0,50	51	
9.5				17,1	13,9		0,65	73	
10.0		Sabbia Sabbia limosa		18,9	96,6	42	0	0	
11.0		Argilla Argilla limosa		17,2	13,5	0	0,60	81	
12.0		Argilla		17,6	14,5	0	0,65	89	
13.0		Sabbia limosa Limo sabbioso		18,5	74,1	38	0	0	
14.0		Argilla		17,3	11,6	0	0,60	96	
14.5				17,2	15,6		0,70	91	
15.0		Sabbia limosa Limo sabbioso		17,3	37,4	34	0	0	
16.0		Sabbia e sabbia limosa		18,5	91	40	0	0	



PANORAMICA AREA DI INTERVENTO



ESECUZIONE CPTU