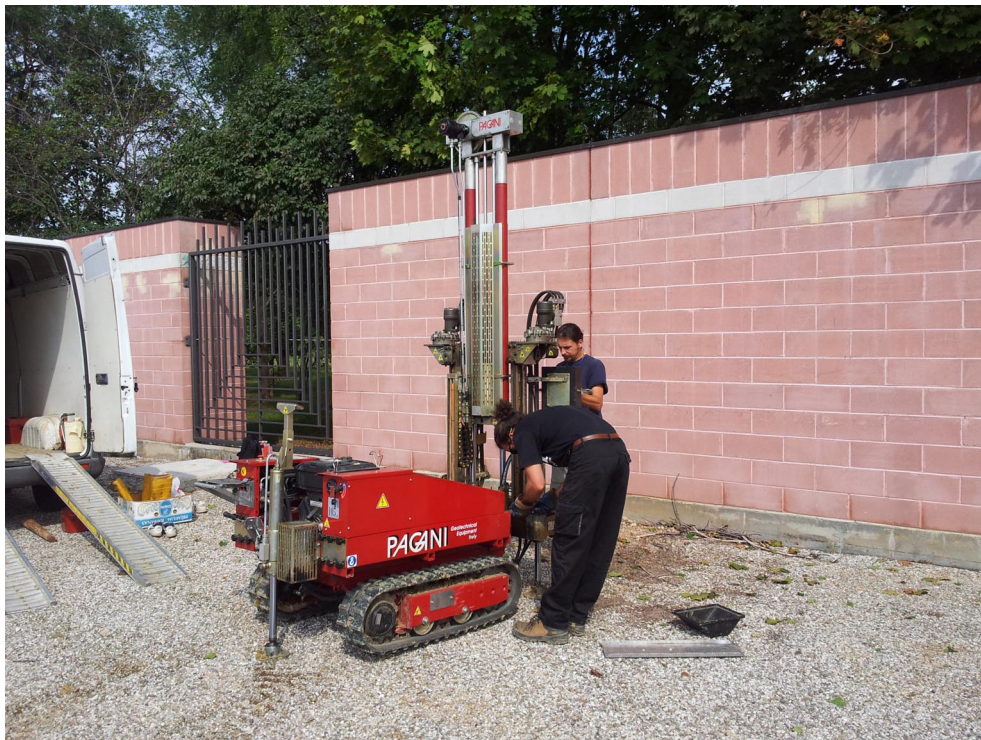


dott.geol. Francesco CAPRONI Via Piazza D'Armi 64- 33100 Udine - tel. 0432-282782
Codice Fiscale CPR FNC 62DO2 A225A - P.I. 01929050308

REGIONE FRIULI - VENEZIA GIULIA

PROVINCIA DI UDINE COMUNE DI TALMASSONS

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI LOCULI E SERVIZI
DEL CIMITERO DI FLUMIGNANO**



RELAZIONE GEOLOGICA

IL TECNICO RELATORE
dott. geol. Francesco CAPRONI

IL COMMITTENTE
Comune di Talmassons

1. Premessa

Il presente studio geologico geotecnico è stato eseguito al fine di valutare le caratteristiche geolitologiche, geotecniche del sito interessato dal progetto per la realizzazione di loculi e servizi presso il cimitero comunale Flumignano in comune di Talmassons.

L'indagine è stata eseguita in osservanza alla Normativa vigente (NTC 14.1.2008), analizzando i risultati di precedenti studi condotti sulla medesima area, integrati da osservazioni dirette sul terreno, dall'esecuzione di un'indagine geognostica e di rilievi geofisici.

Tra le varie fonti bibliografiche consultate si evidenzia lo "Studio geologico tecnico" allegato al P.R.G.C. di Talmassons e la Relazione Geologica a cura del geologo P.Giovagnoli per "il progetto di costruzione di loculi" su un'area adiacente (2003) .

2. Caratteristiche morfologiche, paesaggistiche e geologiche

La superficie oggetto di studio si presenta a morfologia pianeggiante in un contesto territoriale con leggera pendenza N –S dell'ordine del 5 per mille.

Dal punto di vista geologico l'area ricade al limite della fascia delle risorgive friulane che divide l'Alta Pianura Friulana dalla Bassa ed è caratterizzata dalle alluvioni glaciali wurmiane costituite essenzialmente da materiali ghiaioso-sabbiosi talora con livelli limo-argillosi. Tale formazione deriva dall'azione di deposito verificatasi prima ad opera delle acque di fusione del ghiacciaio Tilaventino ed in seguito prevalentemente dal torrente Cormor.



24

Sedimenti fluvio-glaciali ed alluvionali della pianura. *Fluvio-glacial and alluvial sediments of the alluvial plain.*
Pleistocene sup.

Estratto dalla Carta Geologica del FVG a cura del Servizio Geologico



COROGRAFIA GENERALE
Con ubicazione sito d'indagine
Scala 1:5000

Per quanto riguarda le indicazioni puntuali di carattere stratigrafico sono state consultate le stratigrafie del Catasto Regionale dei Pozzi della Direzione Regionale dell'Ambiente del F.V.G.. Altresì sono state considerate le note tecniche inserite nello Studio Geologico allegato al PRGC e le indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sito.

Sono stati dunque definiti due orizzonti principali caratterizzanti la stratigrafia del sito e per estensione della intera area esaminata:

Orizzonti stratigrafici	Profondità	Descrizione unità stratigrafiche
1	da 0 a 0.80 m	Terreno di riporto con ciottoli
2	da 0.80 m sino a profondità > di 20 m	Ciottoli e ghiaia eterometrica calcareo dolomitica, arrotondata e subarrotondata, sabbiosa debolmente limo argillosa con possibili livelli di conglomerato. In profondità (al di sotto di 9.0-10.0 m) sono possibili livelli limo argillosi

3. Idrografia ed idrogeologia

Idrografia

Il corso d'acqua più importante del territorio è rappresentato dal torrente Cormor che scorre in direzione Nord-Sud ca. 1 km ad est del sito oggetto di studio. Si tratta di un corso d'acqua a regime temporaneo con presenza d'acqua unicamente a seguito di consistenti precipitazioni meteoriche.

Va ricordato l' evento calamitoso del 1920 che vide il torrente Cormor esondare, segnando gran parte del territorio solcato. Il sito ricade direttamente nell'ambito delle aree considerate storicamente a rischio idraulico (vedi "Carta di sintesi delle pericolosità naturali" a cura della Università degli Studi di Trieste -Istituto Geologia e Paleontologia – 1996). Si ritiene comunque che vari interventi di sistemazione idraulica condotti a monte di Flumignano abbiano contribuito fortemente a regimare le acque del torrente Cormor.

Idrogeologia

Il sito, come già detto risulta prossimo alla fascia delle risorgive e dunque in una situazione di falda pressoché prossima alla superficie di campagna .

Si stima comunque un valore medio di ca 3.0 m dal p.c.

4. Analisi parametri sismici

L'analisi dei parametri sismici porta alle seguenti conclusioni:

- ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 845 de 6/6/2010 Il comune di Talmassons è stato dichiarato sismico ed inserito nell'ambito della zona 3 a bassa sismicità.
- Sulla base, infine della recenti disposizioni previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) si definiscono, per l'opera di progetto, i seguenti parametri generali:
- Coordinate :
 - latitudine = 45,92113
 - longitudine = 13.150644

- Vita nominale dell'opera	$V_N = 50$ anni
- Classe d'uso	II
- Coefficiente d'uso	$C_U = 1,0$
- Periodo di riferimento per le azioni sismiche strutturali	$V_R = V_N * C_U = 50$ anni
- Stato limite di riferimento	SLV
- Probabilità di superamento dello stato limite considerato	PVR = 10%

Con i parametri sismici:

- comune : Talmassons	categoria suolo =	B
- tempo di ritorno	$T_r = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) =$	475 anni
- accelerazione massima su suolo a_g	=	$1,36 \text{ m/s}^2$
- rapporto tra a_g e accelerazione di gravità $a_g(g)$	=	0,139
- massima amplificazione dell'acc. orizz. F_0	=	2,504
-coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S ($1,00 < 1,40 - 0,40 * F_0 * a_g/g < 1,20$)	=	1,20
- categoria topografica	=	T1
- coefficiente di amplificazione topografica S_T	=	1
acc. max attesa in superficie $a_{MAX} = S_S * S_T * a_g$	=	$1,63 \text{ m/s}^2$

Si evidenzia che sulla base dell'indagine geofisica condotta in sito si ritiene che la curva di dispersione delle VS_{30} ricada nell'ambito della categoria di profilo

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

5. Parametrizzazione geotecnica del terreno

Al fine di definire le principali caratteristiche geotecniche del terreno è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica.

E' stata così impiegata una attrezzatura automatica PAGANI TG 32-100 con massa battente di 63,5 Kg e corsa di 75 cm, aste Φ 3,2 cm del peso di 6,2 Kg/m, punta conica Φ 5,46 cm e apertura di 90°.

I diagrammi allegati indicano il numero di colpi **N** necessario a produrre l'affondamento del cono per tratte successive di 20 cm e si interpretano utilizzando la vasta letteratura sull' S.P.T. (Standard Penetration Test) essendo verificata la relazione:

$$(N_{SPT(30\text{ cm})}) / 1,16 < N_{DPSH(20\text{ cm})} < (N_{SPT(30\text{ cm})}) / 0,87$$

La prova penetrometrica P1 è stata interrotta, per estrema compattezza, alla profondità di ca. 1,80 m permettendo di accertare la presenza, a tali profondità, di ghiaie da addensate a molto addensate.

Sulla base delle indagini eseguite si ritiene di poter assegnare al livello superficiale ghiaioso e ciottoloso a partire da 0,80 m di profondità i seguenti valori :

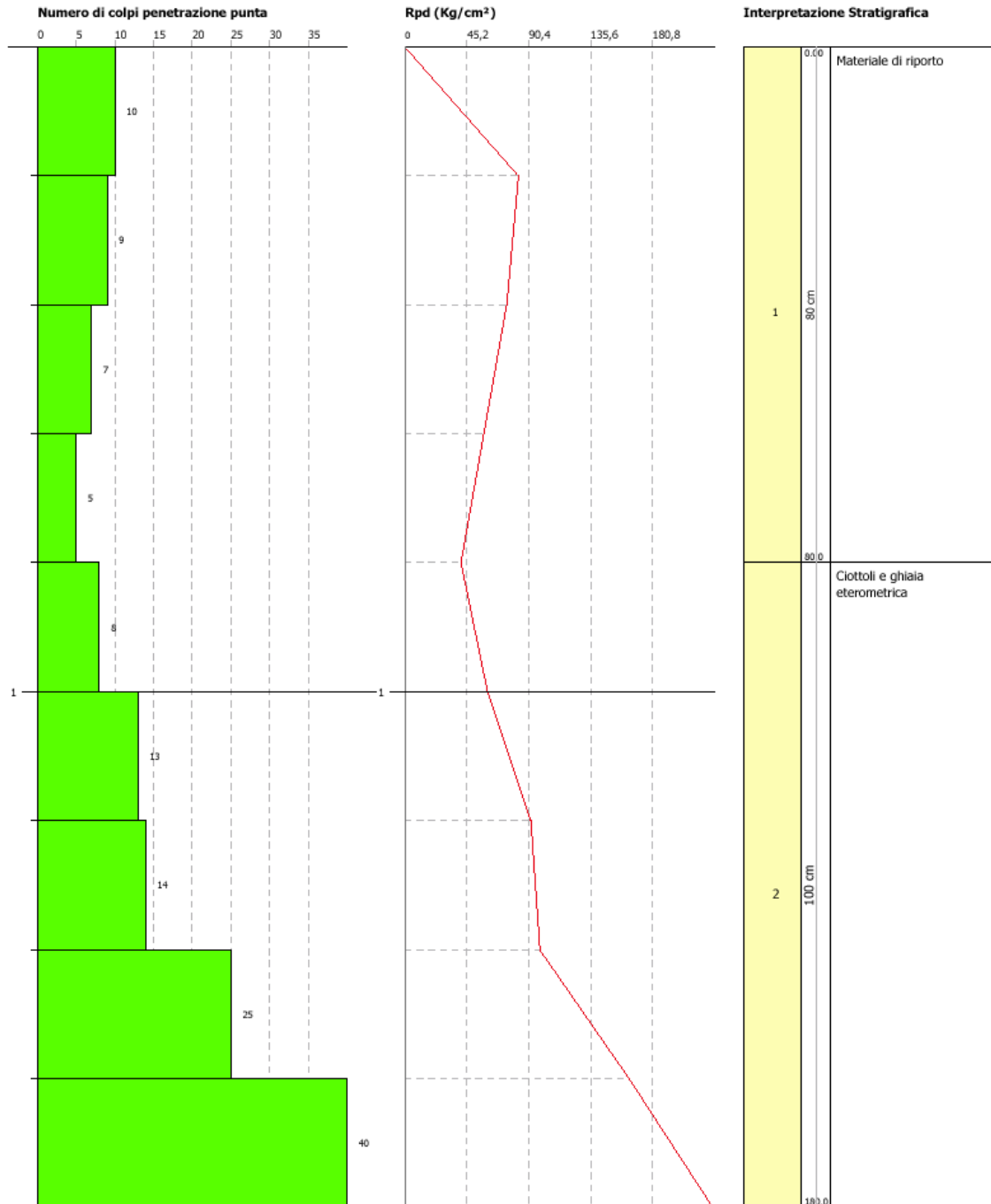
Litotipo	Parametro	Definizione	Valore
Ciottoli e ghiaia sabbiosa limosa	ϕ	Angolo d'attrito interno in condizioni statiche	37
	C	Coesione (kN/mq)	0.0
	γ	Peso di volume (kN/mc)	19
		Densità relativa	80%
		Modulo di deformazione	50000 kN/mq

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : COMUNE DI TARCENTO
 Cantiere : CIMITERO DI FLUMIGNANO
 Località : FLUMIGNANO

Data :26/09/2011

Scala 1



Sulla base, inoltre, di analisi di laboratorio su campioni prelevati in alcune zone limitrofe, appartenenti alla stessa compagine litologica, il livello di ghiaie più profondo possiede le seguenti proprietà (riferimento CNR-UNI 10006):

Classe	Terre ghiaio-sabbiose (passante al setaccio di mm 0.075<35%)
Sottogruppo	A1a (passante a mm 2.0<50%)
Indice di plasticità	< 6
Indice di gruppo	0
Materiali più comuni	Ghiaia o breccia ev. con sabbia e limo
Qualità portanti	Buone
Azioni di gelo	Nessuna o lieve
Ritiro o rigonfiamento	Nullo
Permeabilità	Medio alta
Caratteri evidenti	Palesi (Incoerenti allo stato secco, aspri al tatto)

Si ritiene che il materasso alluvionale interessato dalla realizzazione dell'opera abbia valori k di permeabilità compresi nell'intervallo $10^{-3} - 10^{-1}$ cm/s.

Tale variabilità è legata essenzialmente all'assortimento granulare del materiale in questione con presenza locale di livelli cementati e/o conglomeratici, elementi che determinano delle situazioni di "anomalia locale" che si ripercuotono sui valori generali di permeabilità. Si rileva comunque che i primi metri di alluvione risultano più permeabili di quelli sottostanti.

I valori suggeriti fanno rientrare il terreno nella classe dei "terreni permeabili".

6. Risposta sismica locale

Analisi dei microtremori

Per valutare gli effetti di sito dovuti alla risonanza prodotta dai depositi di superficie sono stati calcolati i rapporti spettrali tra la componente orizzontale e la componente verticale del moto (HVSR). È noto come la frequenza di picco di tale funzione sperimentale possa predire la frequenza fondamentale di risonanza dei sedimenti (Haghshenas et al., 2008). Per il calcolo degli HVSR è stato utilizzato il software GEOPSY (<http://www.geopsy.org>). L'algoritmo è basato su una selezione automatica delle finestre d'analisi (anti-trigger) al fine di mantenere la parte stazionaria del segnale ed escludere i transienti. La registrazione eseguita ha avuto durata pari a 10 minuti e sono state selezionate finestre di analisi di durata pari a 25 secondi.

A ciascuna finestra sono stati applicati:

- una funzione di tapering tipo coseno al 5%,

- la FFT,
- lo smoothing dello spettro mediante funzione logaritmica proposta da Konno e Ohmachi (1998), con coefficiente $b=20$;

sono stati quindi calcolati la media quadratica delle componenti orizzontali ed il rapporto spettrale H/V (HVSR) per ciascuna finestra; infine la media HVSR con deviazione standard (Figura 1).

Si osserva in generale una bassa amplificazione mentre sono presenti alcuni picchi in frequenza.

Numerose evidenze sperimentali dimostrano che la funzione HVSR non fornisce una stima attendibile della amplificazione assoluta del moto sismico.

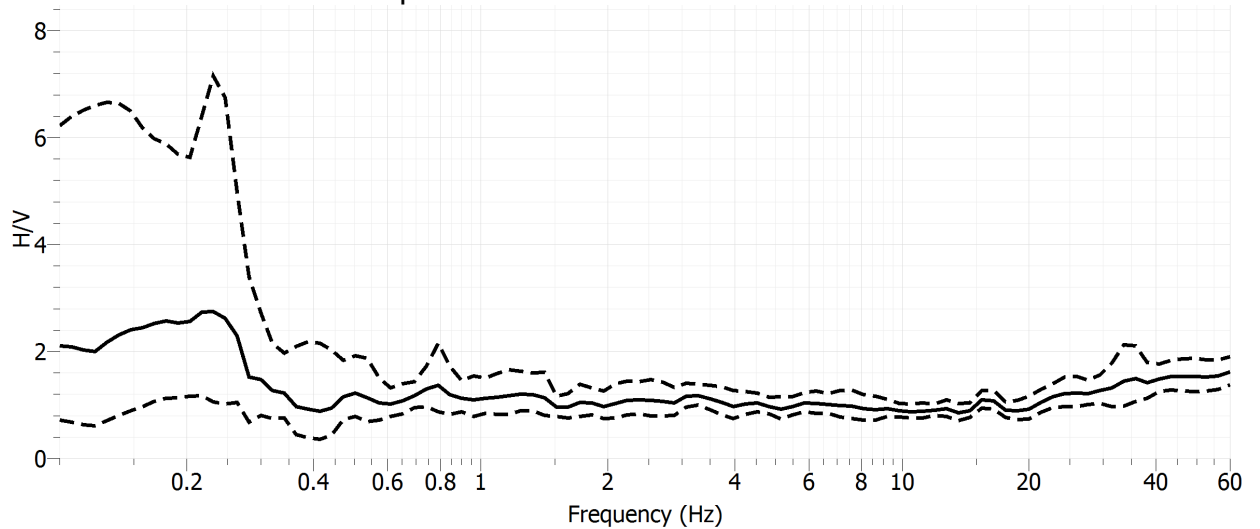


Figura 1: La curva HVSR ottenuta

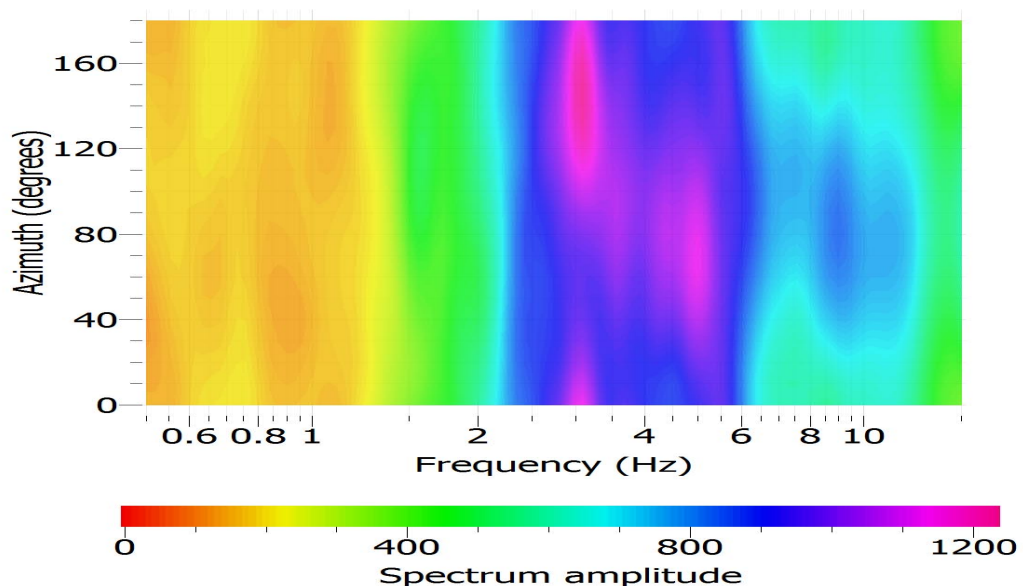


Figura 2: Spettro del segnale.

Dall'analisi dello spettro (Figura 2 e 2) del segnale alle frequenze si possono evidenziare alcuni segnali di tipo direzionali di probabile origine antropica che verranno dunque scartati nella modellazione del segnale per l'inversione dei dati.

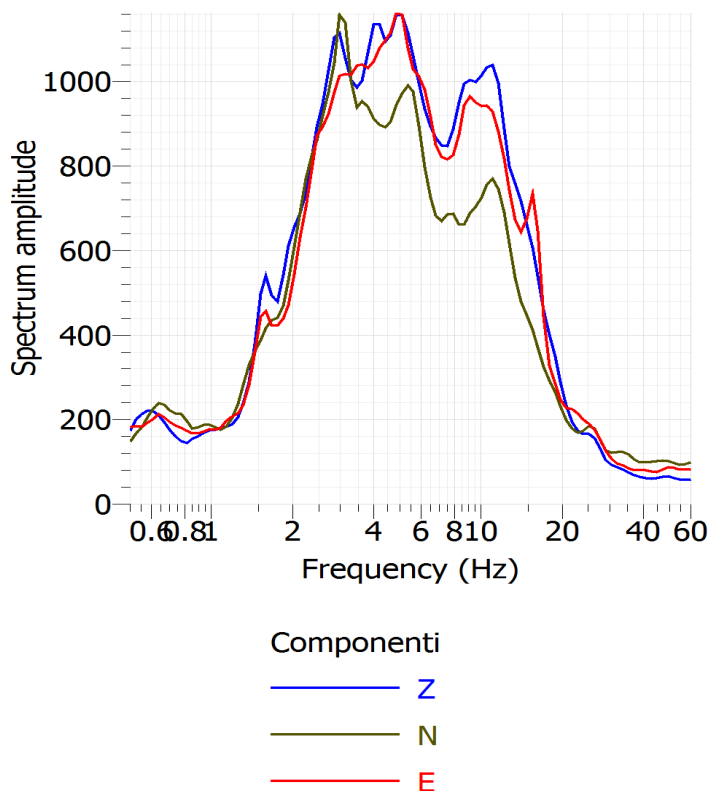


Figura 3: Lo spettro di ampiezza delle componenti Z, N ed E.

Per ricavare l'andamento del valore delle velocità delle onde di taglio è stato applicato il metodo SPAC (Aki, 1957; Chavez-Garcia, 2005), basato sull'ipotesi di stazionarietà spazio-temporale del segnale sismico, alle componenti verticali dei segnali registrati in superficie.

Dal confronto tra la funzione teorica e la curva sperimentale, si è potuto ricavare la funzione di dispersione per il modo fondamentale delle onde di Rayleigh, la cui conoscenza consente di risalire al modello di velocità del mezzo, attraverso un procedimento di inversione. A tal fine è necessario disporre di un modello del sottosuolo da assumere come modello iniziale, consistente in un insieme di strati piano-paralleli sovrastanti un semispazio, ciascuno caratterizzato da quattro parametri: spessore, velocità delle onde S, rapporto di Poisson, densità (h , V_s , ν , ρ).

L'inversione dei dati tramite codice di calcolo DINVER (<http://www.geopsy.org/>) è stata eseguita attraverso 50 iterazioni che hanno prodotto 2900 modelli.

In Figura 4 è riportato il modello di velocità finale ricavato dal procedimento di inversione, tale modello conduce a Il valore V_{S30} a piano campagna risulta pari a **480 m/s** e pertanto ciò porta a classificare il suolo come appartenente alla categoria B ossia “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina”.

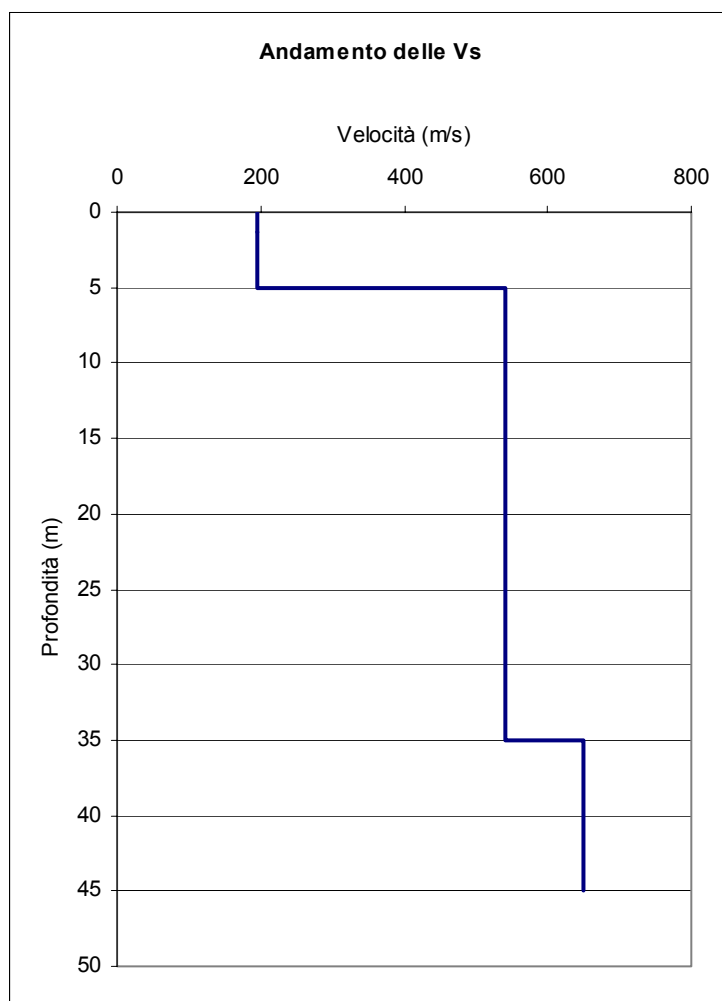


Figura 4: Modello di velocità finale.

7. Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante è stata eseguita agli stati limite ultimi (SLU) utilizzando dei coefficienti parziali per la geotecnica ai sensi delle recenti NTC.

In particolare è stata condotta una verifica di stabilità globale secondo l'Approccio 1 – combinazione 2 : (A2 + M2+R2) considerando dunque un coefficiente parziale per la $\tan\phi$ pari a 1,25.

$$\phi'_d = \arctan\left(\frac{\tan\phi^i}{\gamma_{\phi}}\right) = \arctan\left(\frac{\tan 37}{1,25}\right) = 31,08$$

Per la verifica a capacità portante in presenza di sisma è stata utilizzata la formula trinomia per il calcolo delle tensioni efficaci proposta da Brinch-Hansen (1970) con l'estensione suggerita da Paolucci-Pecker (1977) che introduce i fattori correttivi per gli effetti inerziali.

La formula completa risulta dunque la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B_r N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\lambda} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

$$z_q = z_{\gamma} = \left(1 - \frac{k_h}{\tan\phi}\right)^{0,35}$$

$$k_h = \frac{S^* a_g}{g}$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_h$$

Quale riferimento è stata considerata una fondazione di tipo a nastro di larghezza 80 cm impostato alla profondità di 0,80 m .

Per il calcolo del carico limite sono state trascurate le forze tangenziali e dunque non è stata presa in considerazione la fondazione equivalente per carichi eccentrici.

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B_r N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\lambda} z_{\gamma} + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

dove $N_{\gamma} = 26,32$

$$N_q = 20,83$$

$$B = 0,80 \text{ m}$$

$$q' = 15,20 \text{ kN / mq}$$

$$k_h = 0,16$$

$$z_q = z_{\gamma} = 0,92$$

$$q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} 19 * 0,80 * 26,32 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0,92 + 15,20 * 20,83 * 1,0 * 1,28 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0,92 \text{ kN / mq}$$

$$q_{\text{lim}} = 184,02 + 372,84 = 556,86 \text{ kN / mq}$$

Considerando la superficie unitaria del nastro di 0.80 mq

Si ha $R_d = 556,86 \text{ kN/mq} \times 0.80 \text{ mq} = \mathbf{445,48 \text{ kN}}$

Il coefficiente parziale (R2) è $\gamma_R = 1,8$

Dunque dovrà essere soddisfatta la relazione $E_d \leq \frac{R_d}{\gamma_R} = 445,8 / 1,8 = 247,66 \text{ kN}$

7. Conclusioni

Sulla base di tutte le informazioni ricavate nel presente studio è possibile formulare le seguenti conclusioni:

- l'area rientra nella fascia a rischio idraulico tracciata in funzione dei limiti raggiunti durante l'esondazione del torrente Cormor nel 1920. Si ritiene però che le opere di regimazione idraulica condotte a monte del comune di Mortegliano abbiano contribuito a mettere in sicurezza il territorio interessato dall'opera in oggetto.
- la falda freatica risulta pressoché prossima alla superficie topografica (ca. 3.0 m di media) ma si ritiene che non interagisca direttamente con le opere di fondazione superficiale.
- sotto un livello di circa 80 cm di terreno di riporto, è presente uno strato di ghiaie in matrice sabbiosa e debolmente limo-argillosa che risulta idoneo quale sedime di fondazione per l'opera progettata.
- Ai sensi delle Norme Tecniche di Costruzione (2008) si ritiene che i terreni in oggetto appartengano alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo B con un'accelerazione max attesa in superficie pari a $1,63 \text{ m/s}^2$

Udine, settembre 2011

dott. geol. Francesco CAPRONI