



A S S O C I A T I
ARCHITETTURA
& URBANISTICA

VALPERGA - VIA GIUSEPPE VERDI 17 - TO
TEL./FAX +39 0124.617239
PIVA 03091120018
tecnico@bertottiassociati.it
diego@bertottiassociati.it
sergio@bertottiassociati.it



COMUNE DI	VALPERGA
COMMITTENTE UTILIZZATRICE MANDATARIA	F.C. S.R.L.
PROPRIETA'	INTESA SAN PAOLO S.P.A.
PROGETTO	COMPLETAMENTO OPERE PRIVATE PEC IN AREA PI 2-PE 17A- PE 17B
FASE PROGETTO	PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
TAVOLA	RELAZIONE GEOLOGICA
PROFESSIONISTA	architetto DIEGO BERTOTTI
COLLABORAZIONE ESTERNA	geologo CRISTIANO CAVACIUTI

RESPONSABILE DI PROGETTO (per verifica e riesame)
--

COMMITTENZA (per verifica ed accettazione)

DATA PROGETTO	03/21
DATA REVISIONE 1	
DATA REVISIONE 2	
DATA REVISIONE 3	
DATA REVISIONE 4	
CONTROLLO U.T.	

COMMESSA	S15-1000-PE-1020
SCALA DISEGNO	
TAVOLA N.	9

dott. geologo Carlo Dellarole

Spettabile
F.C. s.r.l.

10087 VALPERGA TO

**STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO
FINALIZZATO AL COMPLETAMENTO
DI OPERE PRIVATE PEC IN AREA
PI 2 - PE 17A - PE 17B**

**COMUNE DI
VALPERGA**



D.M. LL.PP. 17 GENNAIO 2018

PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dallo Studio Bertotti Associati per conto della Società in indirizzo, lo scrivente ha redatto la seguente indagine geologica in osservanza al D.M. LL.PP. 17.01.2018 con i contenuti prescritti al par. 6.2.1 *"Caratterizzazione e modellazione geologica del sito"*.

Per ogni struttura interagente con il terreno, la normativa citata richiede infatti *".. la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio ... In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche"*.

Metodi e risultati delle indagini sono dunque esaurientemente esposti e commentati nella seguente relazione geologica.

Nel rammentare che *è responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica* (par. 6.2.2), con la presente si intende fornire un contributo anche alla individuazione - dal punto di vista geomeccanico - delle specificità dei terreni di fondazione e dei parametri sismici, al fine di consentire l'individuazione degli eventuali problemi che la natura del sottosuolo pone per le scelte delle soluzioni progettuali.

Lo scopo della presente è dunque di raccogliere tutti i dati, qualitativi e quantitativi, occorrenti per il controllo dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno, al fine di fornire al Progettista tutti gli elementi necessari per l'esecuzione delle verifiche di calcolo richieste dalla vigente normativa di settore.

In relazione alle condizioni di pericolosità del sito oggetto di intervento, si certifica che le verifiche idrogeologiche prodotte a corredo del PRGC hanno evidenziato una minima condizione di pericolosità, che ha consentito di inserire il sito di intervento nell'ambito della Classe II della Carta di Sintesi vigente.

UBICAZIONE DELL'AREA E TIPOLOGIA DELL'OPERA

Il sito oggetto di indagine ha il riscontro nelle seguenti tavole cartografiche :

- Tavoletta I.G.M. a scala 1 : 25.000 - 42 III S.E., "Cuorné"
- Carta Tecnica della Provincia di Torino a scala 1 : 5000 , elemento n. 135013 .
- Carta Tecnica della Regione Piemonte a scala 1 : 10.000 , elemento n.135010 - "Cuorné"

I dettagli catastali sono individuati nella Tavola 3 di Progetto

L'intervento in Progetto consiste nella realizzazione di un'ampia tettoia aperta , sostenuta da pilastri impostati su plinti isolati

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata valutata sulla base di pozzetti esplorativi eseguiti in corrispondenza dell'area in studio , eseguiti in occasione di precedenti fasi progettuali dello stabilimento principale (Dott. Geologo C. Cavaciuti – dicembre 2007) .

A tali studi si rimanda per la caratterizzazione litostratigrafica dell'area in oggetto .

In corrispondenza dell'area di intervento è stato inoltre eseguito un sondaggio sismico interpretato mediante metodo MASW , che ha consentito la caratterizzazione del suolo ai fini della sismicità e di fornire la corretta categoria di suolo .

CARATTERI GEOLOGICI

Il settore è compreso nel Foglio 42 IVREA della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 nella fascia dei depositi alluvionali antichi in sponda destra del T.Orco (alluvioni terrazzate a1) , in corrispondenza dell'ampia superficie terrazzata che si sviluppa a monte della scarpata che delimita l'orlo del terrazzo fluvioglaciale sul quale è collocato il Concentrico di Valperga .

Le peculiarità morfologiche dell'area sono dunque legate alle modalità di messa in posto dei depositi quaternari ed ai processi erosionali che si sono sviluppati soprattutto in corrispondenza dei limiti delle diverse unità ; in tale contesto possono essere citate le scarpate prodotte dall'attività erosiva del T.Orco ai danni dei depositi fluvioglaciali rissiani , evidenziate da due orli del terrazzo sempre chiaramente rintracciabili da Cuorné fino a Sud di Feletto .

La ricostruzione stratigrafica degli eventi deposizionali che caratterizzano il ciclo superiore nella formazione del conoide del T.Orco è stata formulata da *F. Carraro* (1986) e durante le fasi di indagine e rilievo sono stati individuati i diversi complessi che caratterizzano l'area , con ulteriori specificazioni rispetto all'analisi dell'Autore citato .

Il corso d'acqua principale , allo sbocco dell'omonima valle nell'alta pianura , ha depositato e modellato un ampio conoide alluvionale , successivamente inciso dallo stesso T.Orco e dal T.Gallenca , e ha originato in tal modo una successione di corpi terrazzati incastrati gli uni negli altri .

Questa alternanza nel tempo di episodi deposizionali ed erosivi ha consentito la formazione di una sequenza di scarpate che separano tra loro i corpi sedimentari terrazzati : in sponda destra del T.Orco sono ben definiti e perfettamente riconoscibili due orli di terrazzo legati all'erosione fluviale che delimitano superfici sub pianeggianti adiacenti al corso del Torrente , mentre in sponda sinistra le stesse condizioni risultano meno evidenti .

In posizione più esterna rispetto all'asse del torrente una ulteriore scarpata individua la transizione ai depositi fluvioglaciali che originano il settore di alta pianura compreso tra il F.Orco e il T.Malone (*Pleistocene sup.*) .

E' quindi possibile distinguere dai più antichi ai più recenti , sulla base di criteri stratigrafici e morfologici , una serie di complessi costituenti i depositi della copertura Quaternaria presenti nell'area in esame :

- *Depositi fluvioglaciali (Pleistocene sup.)*

I depositi fluvioglaciali rissiani (che dovevano costituire un unico corpo prima che l'intensa erosione del T.Orco separasse due unità , a Nord Est e a Sud Ovest di esso , perfettamente correlabili tra loro) sono legati geneticamente alla messa in posto dell'Anfiteatro morenico di Ivrea e agli altri episodi glaciali che hanno interessato il conoide del T.Orco .

Considerata la notevole distanza dalle cerchie più esterne , i depositi fluvioglaciali assumono caratteristiche tipicamente fluviali , anche se la loro natura è rivelata dall'alterazione degli elementi , oltre che alla copertura loessica o alla presenza , talvolta , di un paleosuolo giallo-arancio tendente al bruno .

Costituiscono l'ampio settore dell'alta pianura che si estende a SW dell'area di intervento, alla base degli apparati collinari di Valperga; sono costituiti da livelli ghiaioso sabbiosi in matrice limosa di colore tendente al marrone bruno con un grado di addensamento da medio ad elevato e si dispongono generalmente in bancate di potenza plurimetrica, alternate a livelli lenticolari di sabbie e limi.

Vengono considerati il livello fondamentale dell'alta pianura terrazzata nell'ampia area compresa tra il F.Orco e il T.Malone. La *Carta Geomorfologica e Neotettonica della Valle Gallenca ed aree limitrofe* redatta dall'Università degli Studi di Torino – Roberto Malaroda, 1998 definisce questi depositi “*Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm medi*”, confermandone l'età pleistocenica sup.

In tale ambito si svilupperà l'intervento in progetto.

- *Complesso delle sabbie ghiaiose fluviali (pleistocene sup.-olocene inf.)*

Si estendono alla base dell'orlo di terrazzo generato dall'erosione dei più antichi depositi fluvioglaciali. Sulla base dei dati litologico-stratigrafici, la potenza di questi sedimenti può essere stimata in circa 25 - 35 metri. Il complesso è riferibile ad una successione di livelli ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore tendente al grigio alternati a livelli sabbiosi, che costituiscono l'ossatura della pianura debolmente ondulata di Rivarotta e Castellamonte e che sono perfettamente visibili lungo l'incisione del T.Gallenca nei pressi di loc. Rivarotta. Verso il tetto del complesso compaiono dei sedimenti sabbioso-limosi potenti circa 1 metro, trasformati quasi sempre in suolo agrario dall'intervento antropico. La citata cartografia riconduce questi litotipi a “*Glaciofluviali ed alluviali dei Wurm recenti*” riconducendoli ancora ad un'età pleistocenica superiore.

Nel settore a NE è conservata una superficie terrazzata minore disposta con andamento NW-SE, che si segue con continuità alla base della scarpata presente da loc. Camporotondo di Cuorné fino a loc. Rivarotta e che mostra di avere una corrispondente in sponda sinistra: tali depositi possono essere interpretati come un ciclo deposizionale erosivo intermedio tra i depositi tardo-olocenici ed eo-olocenici ma, per analogie morfologiche e litostratigrafiche, vengono associati anche nella carta geomorfologica ai depositi sopra descritti.

- *Ghiaie sabbiose fluviali (Olocene sup.)*

Il complesso in questione individua i depositi recenti e attuali del F.Orco lungo l'alveo di magra e di piena, posti alla base della notevole scarpata di erosione. Tali depositi risultano essere costituiti da ghiaia e ciottoli anche di notevoli dimensioni con scarsa matrice di sabbia grossolana di colore grigio. La potenza di questi livelli si aggira intorno a 10 - 15 metri e poggiano verosimilmente sul basamento granitico, che affiora saltuariamente lungo la sinistra idrografica del T.Orco.

CATEGORIA DEL SUOLO

La normativa sismica italiana definisce l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori convenzionali di a_g assegnati nelle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido, per il quale il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali.

Per valutare invece l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D, E - in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame - la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

Come è noto, la classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{s,i}} \right)}$$

dove $V_{s,i}$ e h_i sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i -esimo.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{s30} , ottenuta ponendo $H = 30$ m nella precedente relazione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per determinare tale valore è stato adottato il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) che è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

In adiacenza all'area di intervento è stato pertanto eseguito uno stendimento sismico di 36 metri e con l'utilizzo di 12 geofoni, la cui interpretazione ha consentito di definire un valore della velocità

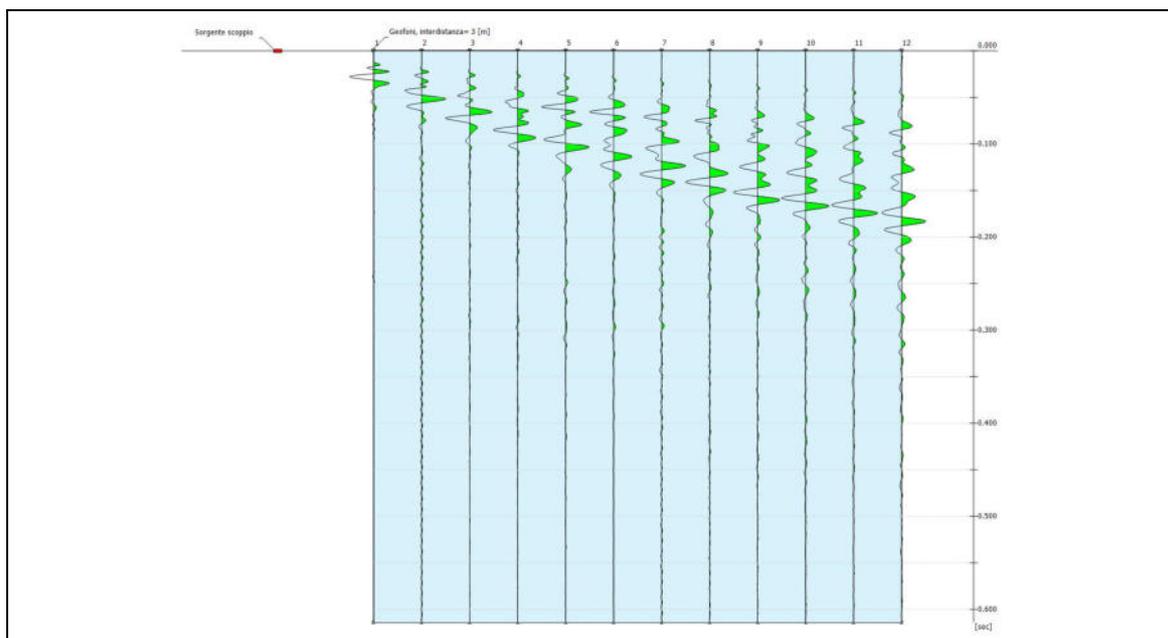
$$V_{s30} = 478 \text{ m/s}$$

determinando quindi l'appartenenza dei terreni di fondazione ad un suolo di tipo B.

Nel seguito sono esposte le interpretazioni dell'analisi sismica MASW (eseguite mediante software Easy Masw di Geostru) e nell'appendice sono contenuti i principi applicativi

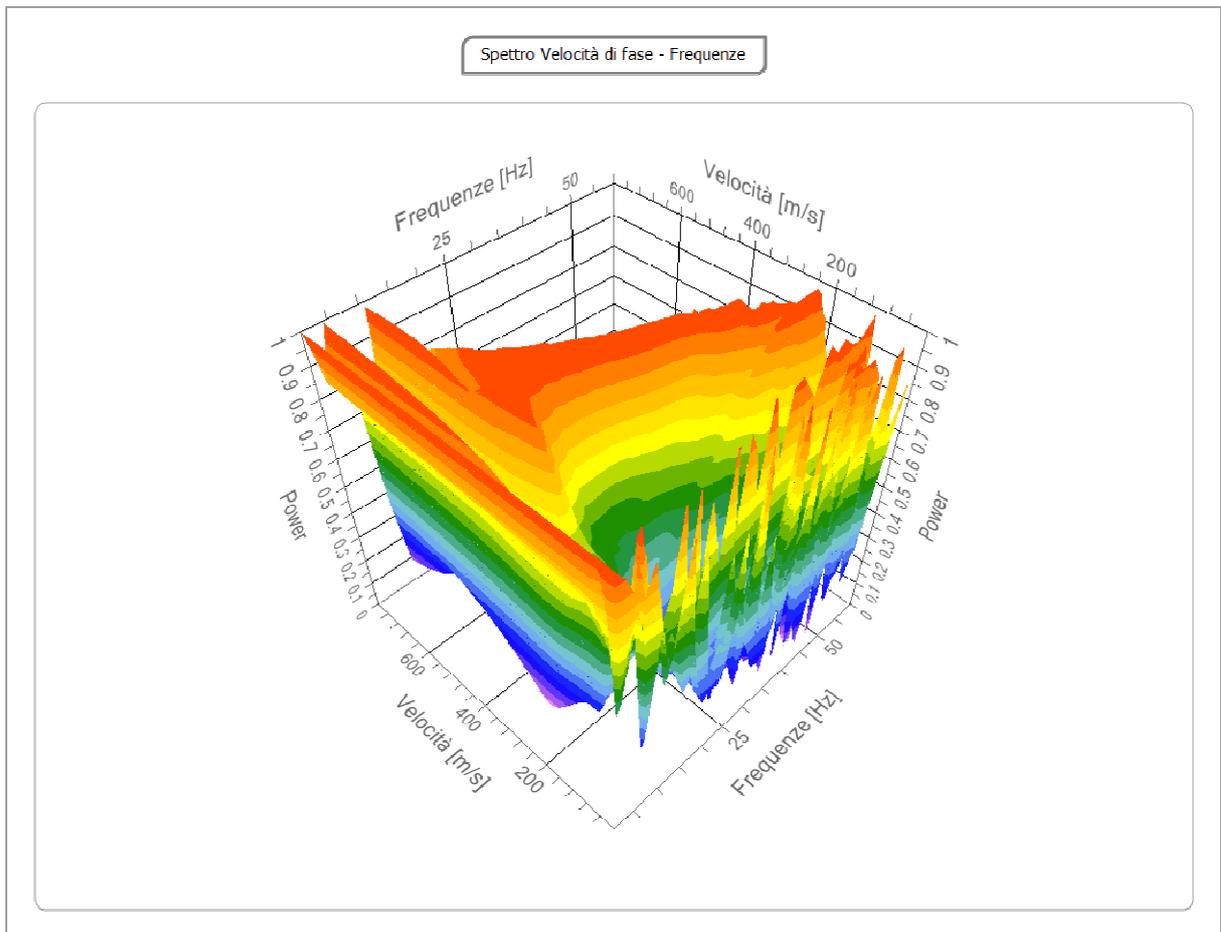
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	614.4
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	0.60



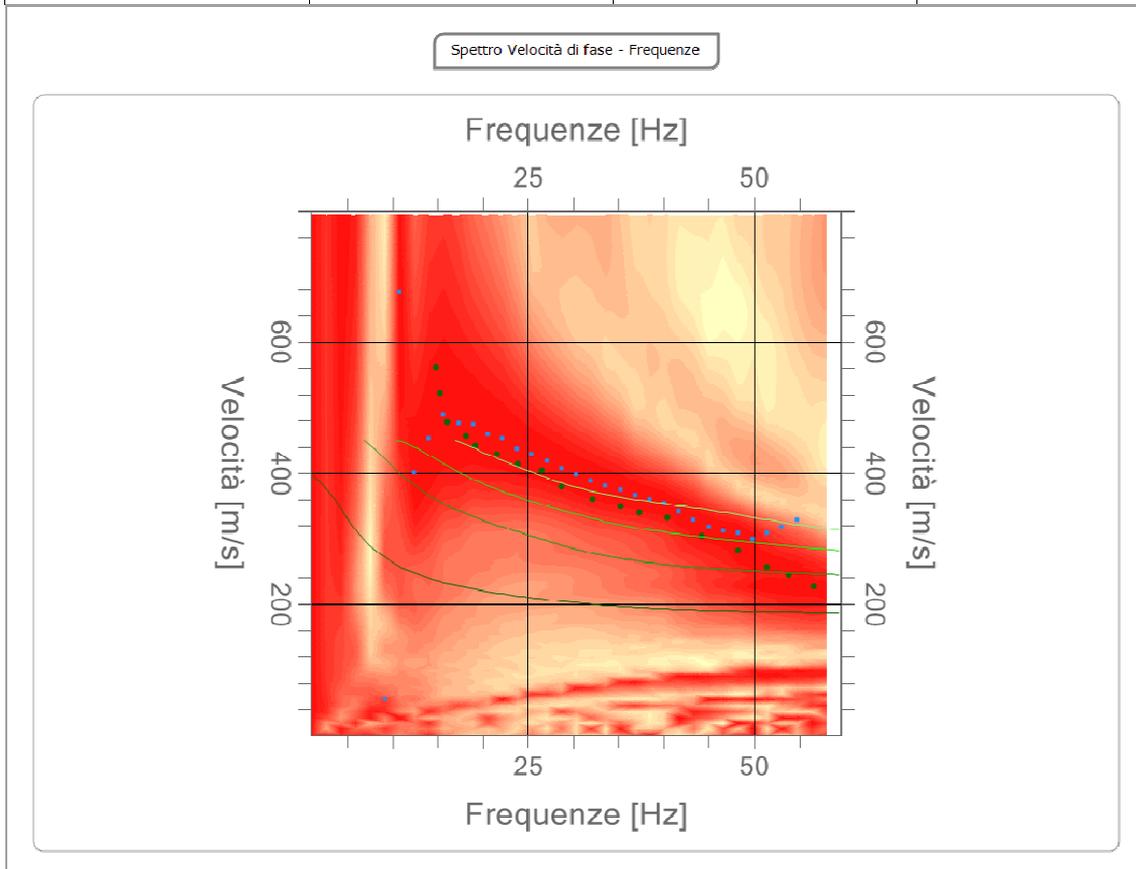
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.3	522.2	0
2	16.0	478.1	0
3	14.8	561.4	0
4	18.2	456.9	0
5	19.1	442.2	0
6	21.5	429.1	0
7	23.8	414.4	0
8	26.5	404.6	0
9	28.7	380.1	0
10	32.1	360.5	0
11	35.2	349.0	0
12	37.3	340.9	0
13	40.4	332.7	0
14	44.2	304.9	0
15	48.2	282.0	0
16	51.4	257.5	0
17	53.8	244.5	0
18	56.6	228.1	0

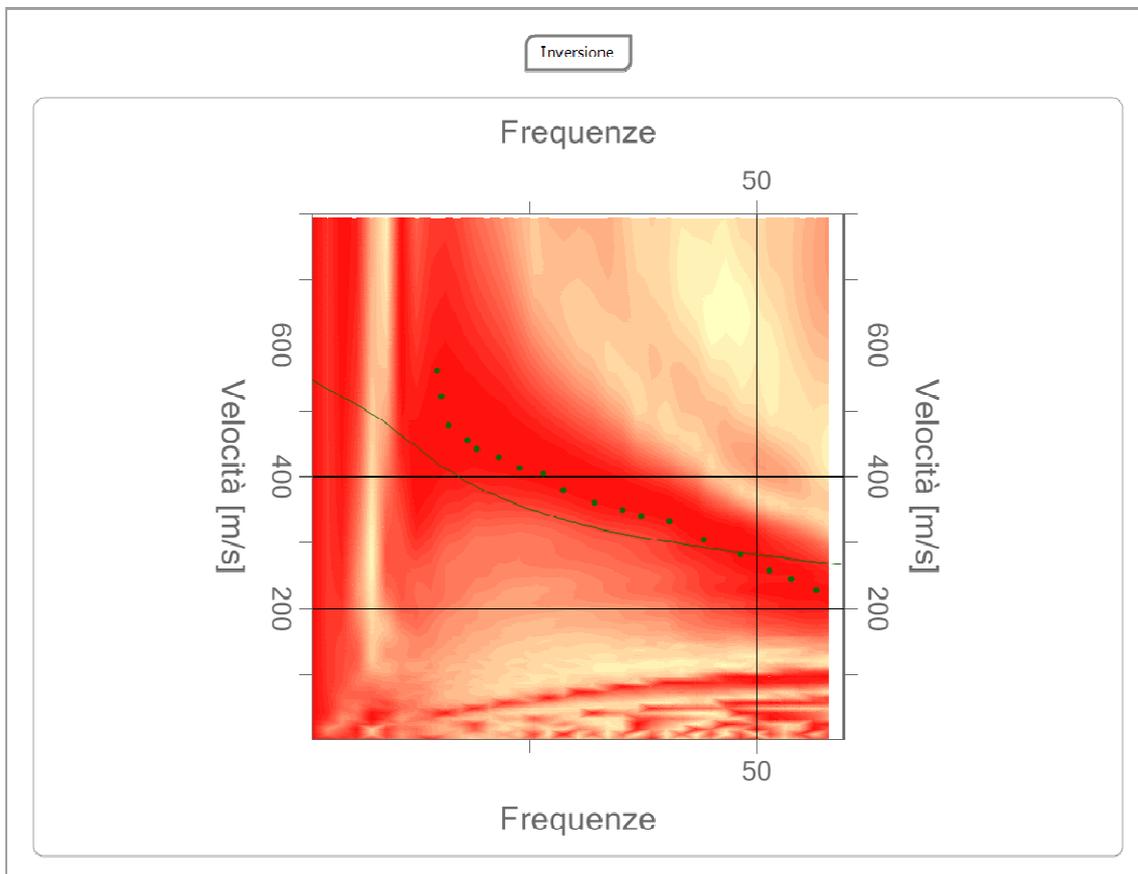


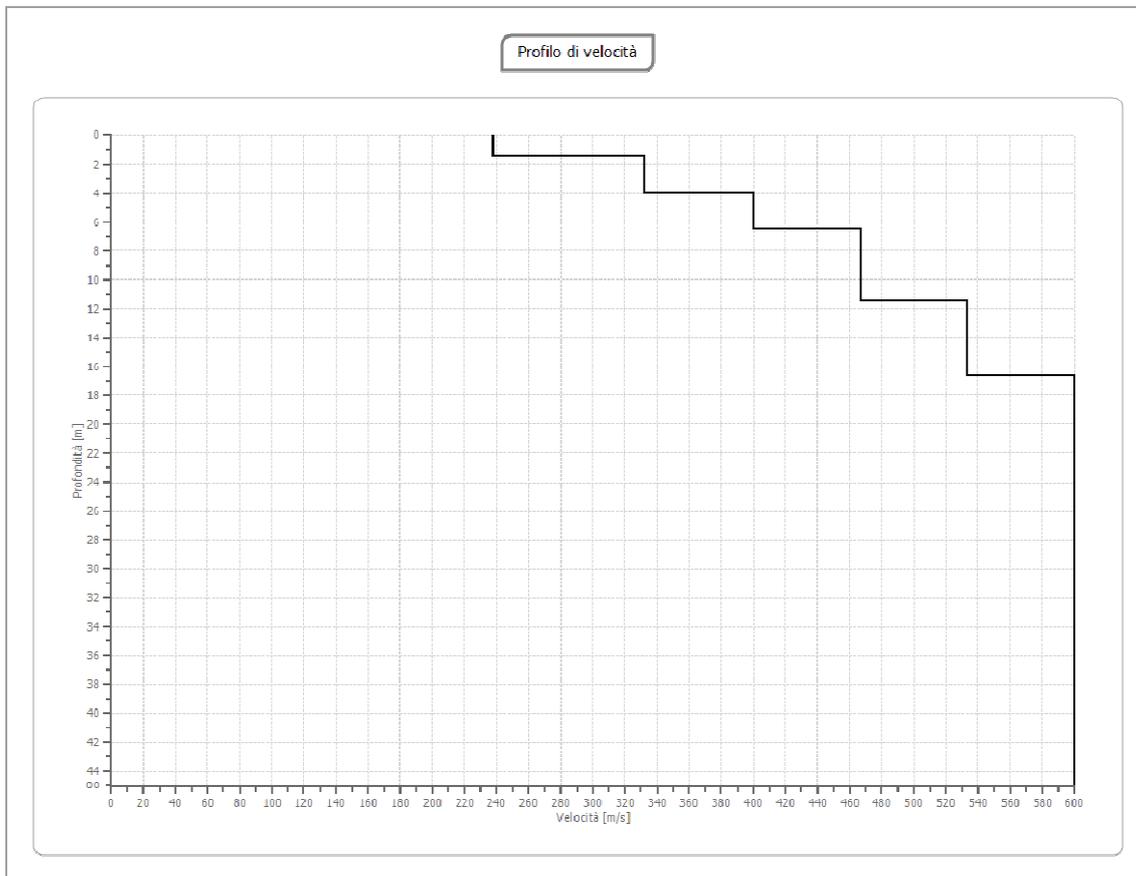
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.50	1.50	1800.0	0.30	Si	445.3	238.0
2		4.00	2.50	2000.0	0.30	Si	620.9	331.9
3		6.51	2.50	2000.0	0.30	Si	748.3	400.0
4		11.51	5.00	2000.0	0.30	Si	873.1	466.7
5		16.61	5.10	2000.0	0.30	Si	997.5	533.2
6		oo	oo	2000.0	0.30	Si	1122.5	600.0

Percentuale di errore 2.351 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.137





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	478.40
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.50	1.50	238.00	445.25	1800.00	0.30	101.96	356.85	220.91	265.09
2	4.00	2.50	331.90	620.92	2100.00	0.30	231.33	809.65	501.21	601.45
3	6.51	2.50	399.99	748.32	2100.00	0.30	335.99	1175.95	727.97	873.56
4	11.51	5.00	466.67	873.05	2100.00	0.30	457.33	1600.67	990.89	1189.07
5	16.61	5.10	533.16	997.45	2100.00	0.30	596.94	2089.31	1293.38	1552.06
6	oo	oo	600.00	1122.50	2100.00	0.30	756.00	2646.00	1638.00	1965.60

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE E CARICO ULTIMO

Il D.M. 17.01.18 prevede che siano verificati dal progettista gli stati limite ultimi (SLU) e gli stati limite di esercizio (SLE), secondo le modalità descritte al par. 6.4.2 del predetto D.M.. La verifica di stabilità globale delle opere in progetto viene effettuata seguendo l'Approccio 1, mentre tutte le rimanenti verifiche sono sviluppate seguendo l'Approccio 2.

Il fabbricato oggetto di intervento rientra nei seguenti ambiti:

- Il Comune di Valperga è classificato in zona 3 di sismicità ai sensi della DGR140 30 dicembre 2019, n. 6-887 - *Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla DGR 21 maggio 2014, n. 65-7656*. All'atto della stesura del presente documento non è stato ancora emanato alcun aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico conseguente alla nuova classificazione sismica adottata.
- Opera di tipo 2: opere ordinarie;
- Classe d'uso II: costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente;

Sono stati verificati gli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni (GEO - stabilità globale), considerando lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni. L'analisi è stata condotta attraverso la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e 6.8.I per le resistenze globali (le tabelle sono riferite alle NTC 2018)

Tutte le altre verifiche sono state svolte utilizzando l'Approccio 2 (A1+M1+R3), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (A1) sono indicati in tabella 6.2.I e la resistenza globale del sistema (R3) è ridotta tramite i coefficienti γ_R di tab. 6.4.I NTC 2018.

In relazione alle nuove opere di fondazione che saranno realizzate, la verifica si riferisce ad un plinto di forma quadrata con lato $l = 2.3$ m.

I carichi massimi sono stati desunti dai valori forniti dalla specifica analisi sul Plinto tipo A , pilastro n. 2

La verifica di stabilità presuppone la conoscenza di alcuni parametri meccanici :

c = *coesione*

φ = *angolo di attrito interno*

γ = *peso di volume del terreno*

ipotizzando la tipologia e le dimensioni degli elementi fondazionali.

Mediante le espressioni presentate da *Terzaghi* , *Meyerhof* e *Vesic* si determina il carico di rottura (Q_{lim}) , che è il risultato più strettamente geotecnico del calcolo di capacità portante delle fondazioni superficiali e che rappresenta la massima tensione in assoluto , superando la quale si ha la rottura del terreno dovuta agli sforzi di taglio.

In altre parole , il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di *Frolich*), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di *Prandtl* e successivi) .

Nel caso in oggetto , pur non disponendo di specifiche prove in sito sui depositi naturali superficiali , si possono utilizzare i parametri di resistenza derivanti dalla recente letteratura geologica per i depositi ghiaioso-sabbiosi , desunti da prove specifiche eseguite sugli stessi materiali in un contorno significativo .

Sono dunque stati assegnati ai parametri meccanici del terreno valori comunque cautelativi che rientrano normalmente nell'ambito dei materiali ghiaioso-sabbiosi , assumendo le più sfavorevoli condizioni che si possano ragionevolmente prevedere in riferimento al contesto geologico nel quale si interviene .

DATI GENERALI

Larghezza fondazione	2.3 m
Lunghezza fondazione	2.3 m
Profondità piano di posa	1.8 m
Altezza di incastro	0.4 m
Profondità falda	9.0

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.025
Suolo tipo	B
Effetto sismico secondo	NTC 2018

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]
0.8	17.0	18.0	25.0	0.0	5000.0
0.8	18.0	19.0	28.0	0.0	10000.0
4.0	20.0	21.0	35.0	0.0	70000.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]
1	A1+M1+R3	1685.00	412.00	154.00	12.00	43.00
2	SISMA	1685.00	412.00	154.00	12.00	43.00
3	S.L.E.	1685.00	412.00	154.00	12.00	43.00
4	S.L.D.	1685.00	412.00	154.00	12.00	43.00
5	A(2)+M(2)+R(2)	1685.00	412.00	154.00	12.00	43.00

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	1	1	1	1	1	2.3	1
4	1	1	1	1	1	2.3	1
5	1.25	1	1.25	1	1	1.8	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE PIU' CAUTELATIVA ...A2+M2+R2

Autore: MEYERHOF (1963)

Carico limite [Qult]	874.67 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	485.93 kN/m ²
Tensione [Ed]	439.46 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	1.99
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 34986.8 kN/m³

A1+M1+R3Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Carico limite	1849.45 kN/m ²
Resistenza di progetto	804.11 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Carico limite	2106.86 kN/m ²
Resistenza di progetto	916.02 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Carico limite	1976.18 kN/m ²
Resistenza di progetto	859.21 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Carico limite	2178.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	947.05 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m ³
Angolo di attrito	35.0 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Carico limite	2510.47 kN/m ²
Resistenza di progetto	1091.51 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3)

Adesione terreno fondazione	0 kN/m ²
Angolo di attrito terreno fondazione	0 °
Frazione spinta passiva	0 %
Resistenza di progetto	714.3 kN
Sollecitazione di progetto	44.64 kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	35.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	1849.45	kN/m ²
Resistenza di progetto	804.11	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	35.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	2106.86	kN/m ²
Resistenza di progetto	916.02	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	35.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	1976.18	kN/m ²
Resistenza di progetto	859.21	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³	
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³	
Angolo di attrito	35.0	°	
Coesione	0.0	kN/m ²	

Carico limite	2178.22	kN/m ²	
Resistenza di progetto	947.05	kN/m ²	

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³	
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³	
Angolo di attrito	35.0	°	
Coesione	0.0	kN/m ²	

Carico limite	2510.47	kN/m ²	
Resistenza di progetto	1091.51	kN/m ²	

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

VERIFICA A SCORRIMENTO (SISMA)

Adesione terreno fondazione	0	kN/m ²	
Angolo di attrito terreno fondazione	0	°	
Frazione spinta passiva	0	%	
Resistenza di progetto	714.3	kN	
Sollecitazione di progetto	44.64	kN	

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	29.2561	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	880.59	kN/m ²
Resistenza di progetto	489.22	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	29.2561	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	988.48	kN/m ²
Resistenza di progetto	549.16	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	29.2561	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	874.67	kN/m ²
Resistenza di progetto	485.93	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	29.2561 °	
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	1036.78	kN/m ²
Resistenza di progetto	575.99	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	20.0	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	21.0	kN/m ³
Angolo di attrito	29.2561 °	
Coesione	0.0	kN/m ²

Carico limite	1179.95	kN/m ²
Resistenza di progetto	655.53	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

VERIFICA A SCORRIMENTO (A2+M2+R2)

Adesione terreno fondazione	0	kN/m ²
Angolo di attrito terreno fondazione	0	°
Frazione spinta passiva	0	%
Resistenza di progetto	628.58	kN
Sollecitazione di progetto	44.64	kN

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	328.0	kN/m ²
Spessore strato	1.8	m
Profondità substrato roccioso	0.0	m
Modulo Elastico	70000.0	kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0.25	

Cedimento al centro della fondazione	3.65	mm
Cedimento al bordo	1.01	mm

CONCLUSIONI

L'indagine geotecnica sui terreni di fondazione delle opere interagenti con il terreno relative al completamento di opere private PEC in area PI 2 - PE 17A - PE 17B nel territorio del Comune di Valperga , svolta in osservanza ai punti 6.2.1 e 6.2.2 del D.M. LL.PP. 17.01.2018 , consente di formulare le seguenti indicazioni di natura progettuale :

- scavo dei plinti in sezione obbligata fino alla profondità minima di circa 2.0 m dal p.c. attuale . In ogni caso dovrà essere superato il livello di materiali coesivi , consentendo l'appoggio sui livelli ghiaioso-sabbiosi sottostanti ;
- livellamento e regolarizzazione del piano di posa degli elementi strutturali di fondazione con adozione di un'eventuale sottofondazione debolmente armata ;
- adozione di fondazioni dirette superficiali mediante strutture isolate dalle quali si eleveranno i pilastri portanti . La fondazione dei pilastri maggiormente caricati dovrà possedere una pianta quadrata con lato non inferiore a 2.3 m e i relativi carichi gravanti sui terreni non dovranno superare i valori indicati nella tabella dei carichi di progetto agenti sulla fondazione .

In caso di opere che trasmettano al terreno carichi superiori rispetto a quelli ipotizzati , i calcoli di verifica dovranno essere rivisti adeguando la dimensione dei singoli elementi .

Pertanto , ogni modificazione rispetto alle condizioni sulle quali sono state operate le verifiche dovrà essere preventivamente comunicata allo scrivente per valutarne la compatibilità con l'insieme opera-terreno .

In appendice si allegano le analisi sismiche

Rimanendo a Vs. completa disposizione per ogni ulteriore chiarimento , si formulano i migliori saluti .

Castellamonte , 4 giugno 2021

APPENDICE

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde

P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.