

Comune di Pordenone

**Progetto per la costruzione di due
edifici commerciali in via Prasecco**

**RELAZIONE
GEOLOGICA E GEOTECNICA**

Per presa visione

Consulenza



The image shows a handwritten signature in black ink over a blue circular stamp. The stamp contains the following text: "ORDINE DEI GEOLOGI", "REGIONE PIEMONTE", "PINZANI", "Iscr. Albo", "n. 220", and "REG. FRIULI VENEZIA GIULIA".

Indice

1) Premessa	1
2) Normativa ed approccio di calcolo.....	1
3) Inquadramento morfologico, classe di amplificazione topografica e descrizione intervento	2
4) Geologia e litologia	4
5) Idrogeologia.....	5
6) PAIL e PRGC	5
7) Indagini	8
7.1) Prova penetrometrica statica (CPT).....	8
7.2) Indagine geoelettrica tomografica ERT	9
7.2.1) Metodologia.....	9
7.2.2) Acquisizione dati.....	9
7.2.3) Elaborazione e interpretazione dati	10
7.3) Prospezione geofisica Masw.....	11
7.3.1) Metodologia.....	11
7.3.2) Acquisizione dati.....	12
7.4) Elaborazione dati.....	12
7.5) Indagine sismica HVSR.....	13
7.5.1) Aspetti teorici.....	13
7.5.2) Strumentazione utilizzata.....	14
7.5.3) Esiti dell'indagine e classe sismica del suolo.....	15
8) Profilo delle Vs e classe di amplificazione sismica.....	16
9) Modello geologico di comodo.....	18
10) Sismicit� dell'area	20
11) Equilibrio geostatico attuale e di progetto	21
12) Liquefazione dei suoli per azione sismica	21
13) Rischi geologici	21
14) Gestione delle acque piovane e fognarie.....	22
15) Modello geotecnico	23
16) Verifica fondazionale preliminare.....	24
17) Conclusioni e raccomandazioni finali	25

Allegati: tabulati prove CPT e verifiche fondazionali

1) *Premessa*

Nei mesi di giugno e luglio 2016, su incarico della *Sgm Consulting Srl*, è stato eseguito dallo scrivente uno studio geologico e geotecnico di progetto a firma dell'arch. Snidar per la realizzazione di un complesso commerciale in via Prasecco a Pordenone.

Per l'espletamento dell'incarico si è proceduto con le seguenti fasi:

- esame del progetto per tutto quanto riguarda gli aspetti geologici e geotecnici;
- sopralluogo sul sito;
- esame dello studio geologico allegato al P.R.G.C.;
- esecuzione di n°3 prove penetrometriche statiche (CPT);
- esecuzione di una tomografia elettrica (ERT);
- esecuzione di una prova Masw;
- esecuzione di una misura HVSR;
- elaborazione dei dati acquisiti e definizione di un modello geologico, uno sismico ed uno geotecnico;
- definizione della soluzione fondazionale e relative verifiche preliminari;
- redazione del presente documento.

Al presente lavoro ha collaborato il geol. Mattia Casanova.

2) *Normativa ed approccio di calcolo*

Per la redazione del presente documento e delle verifiche in esso contenute si è fatto riferimento alle Norme Geologico-Tecniche previste nel P.R.G. del Comune di Pordenone ed al D.M. 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni e successive integrazioni.

In base alle indicazioni fornite dal Progettista, si è considerata una vita utile di 50 anni ed un coefficiente d'uso di classe III.

L'area ricade in classe di zonizzazione geologica comunale "classe III", In questa zona i sedimenti si presentano con granulometria mista (alternanze di argille, limi, sabbie e ghiaie) e strutture litostratigrafiche discontinue.

3) *Inquadramento morfologico, classe di amplificazione topografica e descrizione intervento*

L'area in esame è situata nella periferia sud orientale del comune di Pordenone ad una quota media di circa 23.5 m s.l.m.m., a circa 1200 m a NW del Fiume Meduna, sull'incrocio tra la S.S. Pontebbana e Via Prasecco (Fig.1).

Dal punto di vista morfologico ad ampio raggio la zona si presenta pianeggiante, in un'area antropizzata con centri commerciali e abitazioni private. Nello specifico l'area si presenta pianeggiante e priva di strutture. Ai fini della definizione della classe di amplificazione topografica, il sito rientra nella classe T1.

Il progetto prevede la costruzione di due edifici monopiano ad uso commerciale. Uno più piccolo nella zona settentrionale di circa 750 mq ed altezza di circa 6 m ed uno principale, a sud, coprente un'area di circa 2100 mq ed altezza di circa 6 m. In questa seconda struttura si prevede la presenza di una rampa per lo scarico delle merci che dovrebbe avere una profondità massima di -1.23 m dal p.c.. All'intorno, l'intervento prevede la costruzione di un ampio parcheggio e relativa viabilità di accesso.

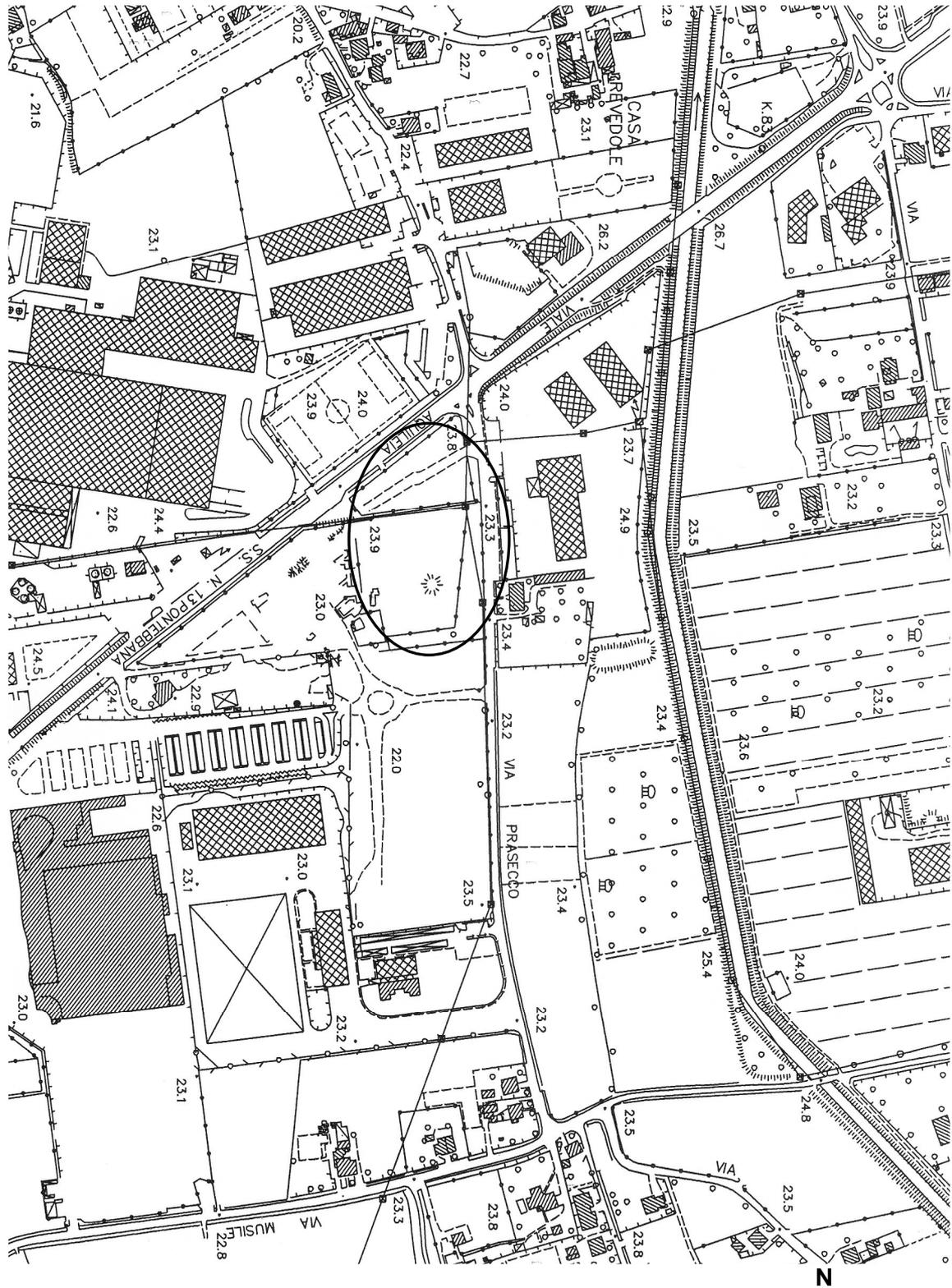
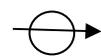
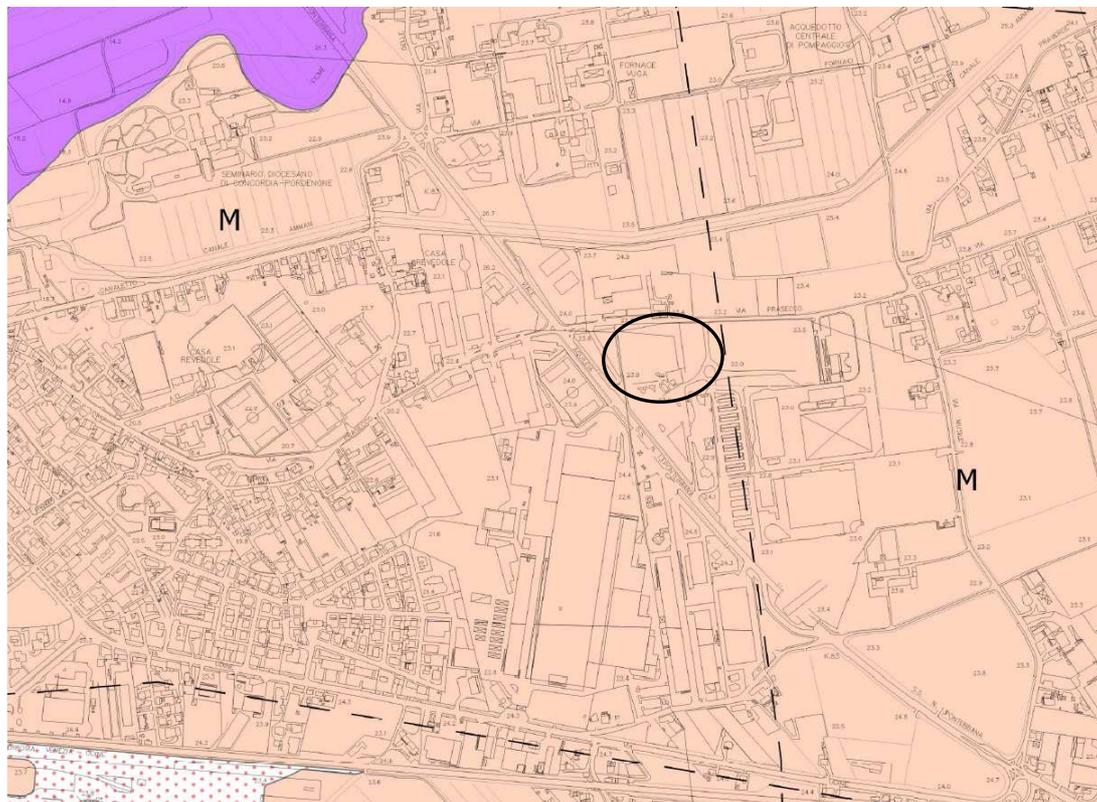


Figura 1 :  ubicazione area d'intervento
Estratto CTRN - scala 1:5000-elementi 085082



4) Geologia e litologia

Il territorio si sviluppa nel settore centro-occidentale della pianura pordenonese ed è costituito da materiali depositatisi a seguito delle correnti pleniglaciali del Tagliamento e successivamente rimaneggiate dalle alluvioni del sistema Meduna-Cellina. I depositi sono caratterizzata a nord della città dal conoide del T. Cellina che arriva fino a lambire la sponda destra del Fiume Noncello. Più a sud i materiali sono generalmente a granulometria più fina e frutto dei depositi dei Fiumi Tagliamento e Meduna. Nel territorio comunale secondo la distinzione fatta nel PRGC si possono incontrare otto litologie: ghiaie- sabbie, ghiaie-sabbie- limi, sabbie-limi-ghiaie, sabbie-limi, limi-sabbie-ghiaie, limi-sabbie, argille limi, e riporti.



LEGENDA

GS	GHIAIE - SABBIE
GSM	GHIAIE - SABBIE - LIMI
SMG	SABBIE - LIMI - GHIAIE
SM	SABBIE - LIMI
MSG	LIMI - SABBIE - GHIAIE
MS	LIMI - SABBIE
M	ARGILLE - LIMI
GSMr	RIPORTI
	CAVE COLMATE

Fig.2: Carta delle geolitologie di superficie estratta dal P.R.G.C. del comune di Pordenone

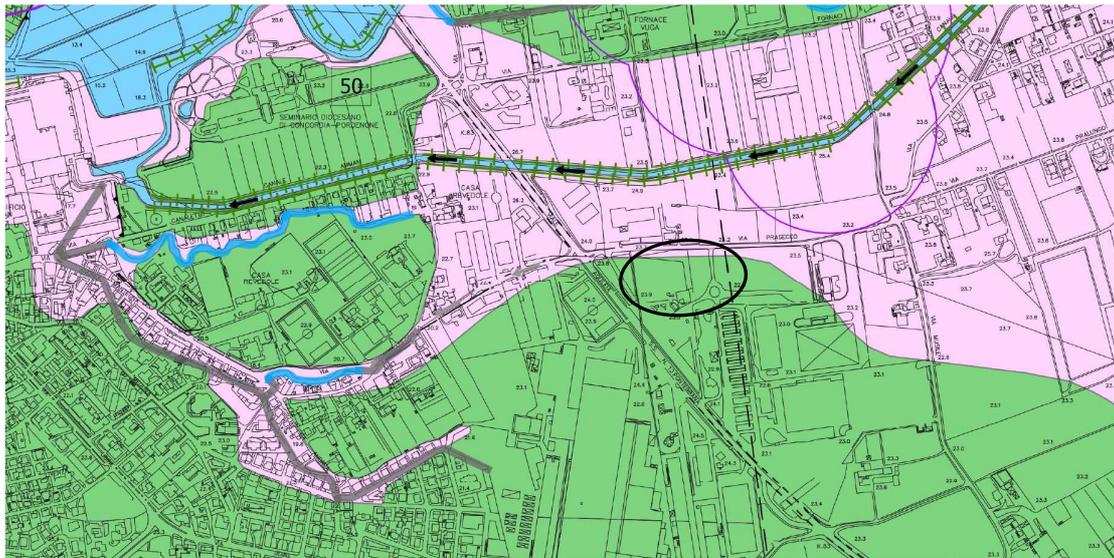
Il sedime di interesse cade nella zona con facies di argille e limi e ricade nella zonizzazione geologico tecnica di classe III con facies litologica C7 (Sedimenti sabbioso-ghiaiosi, limosi, densi (NSPT = 30 – 40) sedimenti sabbiosi grossolani ($Dr = 0.6 - 0.7$)) e C8 (Sedimenti sabbioso-limosi mediamente densi (NSPT = 10 – 25: $Dr = 0.4 - 0.6$) Argille dure (NSPT = 10 –15, $Cu = 0.5-1.0$ Kg/cmq)).

5) *Idrogeologia*

Il territorio comunale è caratterizzato da un sistema idrografico composto dalla linea delle Risorgive, rii secondari alimentati dalle risorgive, dal fiume Noncello e dal Fiume Meduna. Per quanto riguarda l'area d'indagine, da quello che si evince dal PRG comunale, non sono presenti sistemi idrici superficiali che possano influire sull' area. Si osserva la presenza di un canale artificiale che scorre circa duecento metri più a nord. Inoltre l'area viene esclusa dallo stesso piano regolatore dalle zone con pericolo di allagamento a seguito delle piene del Fiume Meduna. Per quanto riguarda l'idrogeologia del sottosuolo il sito è caratterizzato da una falda superficiale principalmente influenzata dagli eventi meteorici, la cui profondità viene indicata tra 0 e -4 m. Tale valore è in sintonia con l'indagine geoelettrica che ha rilevato una fascia di saturazione parziale per no spessore variabile tra 0.5 e 3 m e con le prove CPT che hanno rilevato acqua dalla profondità di -1.5 m dal p.c.. Al di sotto, lo studio del PRGC e dati bibliografici indicano la presenza di falde sospese anche freatiche lungo i livelli granulari e falde profonde che non influenzano l'opera in progetto.

6) *PAI e PRGC*

Come già accennato, l'area oggetto di intervento rientra in perimetrazione PAI con il livello di pericolosità moderato P1. La perimetrazione è stata ripresa anche nello studio idraulico allegata al PRGC.



LEGENDA

	BASSURE, TERRENI SATURI O POTENZIALMENTE SATURI		LIMITO DI RISPETTO ACQUEDOTTO		DIREZIONE PRINCIPALE DEI DEFLUSSI SOTTERRANEI
	TERRENI CON FALDA DA 0 m A 2 m		Zona di protezione dinamica dei pozzi dell'acquedotto di Via San Daniele		ACQUE PUBBLICHE SOGGETTE ALLA LEGGE GALASSO
	TERRENI CON FALDA DA 2 m A 4 m		Roggia		PUNTO DI MISURA CON PROFONDITÀ DELLA FALDA
	TERRENI CON FALDA FREATICA A PROFONDITÀ MAGG. DI 4 m		Roggia (tratto tombinato)		SORGENTE
	CAVA COLMATA		ARGINE ARTIFICIALE		SCATURIGINE
	PROFILI LITOSTRATIGRAFICI		LINEA DELLE RISORGIVE		CANALE ARTIFICIALE
	RILEVATO STRADALE		ISOFREATICA PRESUNTA (EQUIDISTANZA 2 m)		CANALE ARTIFICIALE (TRATTO TOMBINATO)
	RILEVATO FERROVIARIO		ORLO DI SCARPATA > 4 m		
			ORLO DI SCARPATA < 4 m		

Fig.3: Carta idrogeologica con elementi di morfologia del P.R.G.C. del comune di Pordenone



	PERIMETRAZIONE P.A.I.L. AREE FLUVIALI
	PERIMETRAZIONE P.A.I.L. ZONE P1
	PERIMETRAZIONE P.A.I.L. ZONE P2
	PERIMETRAZIONE P.A.I.L. ZONE P3

Fig. 4 : estratto carta di sintesi pericolosità idraulica dello studio idraulico allegato al PRGC di Pordenone

LEGENDA

- T1 indagine HVSR
- CPT1 prova penetrometrica statica
- Masw indagine Masw
- Te01 indagine tomografica elettrica

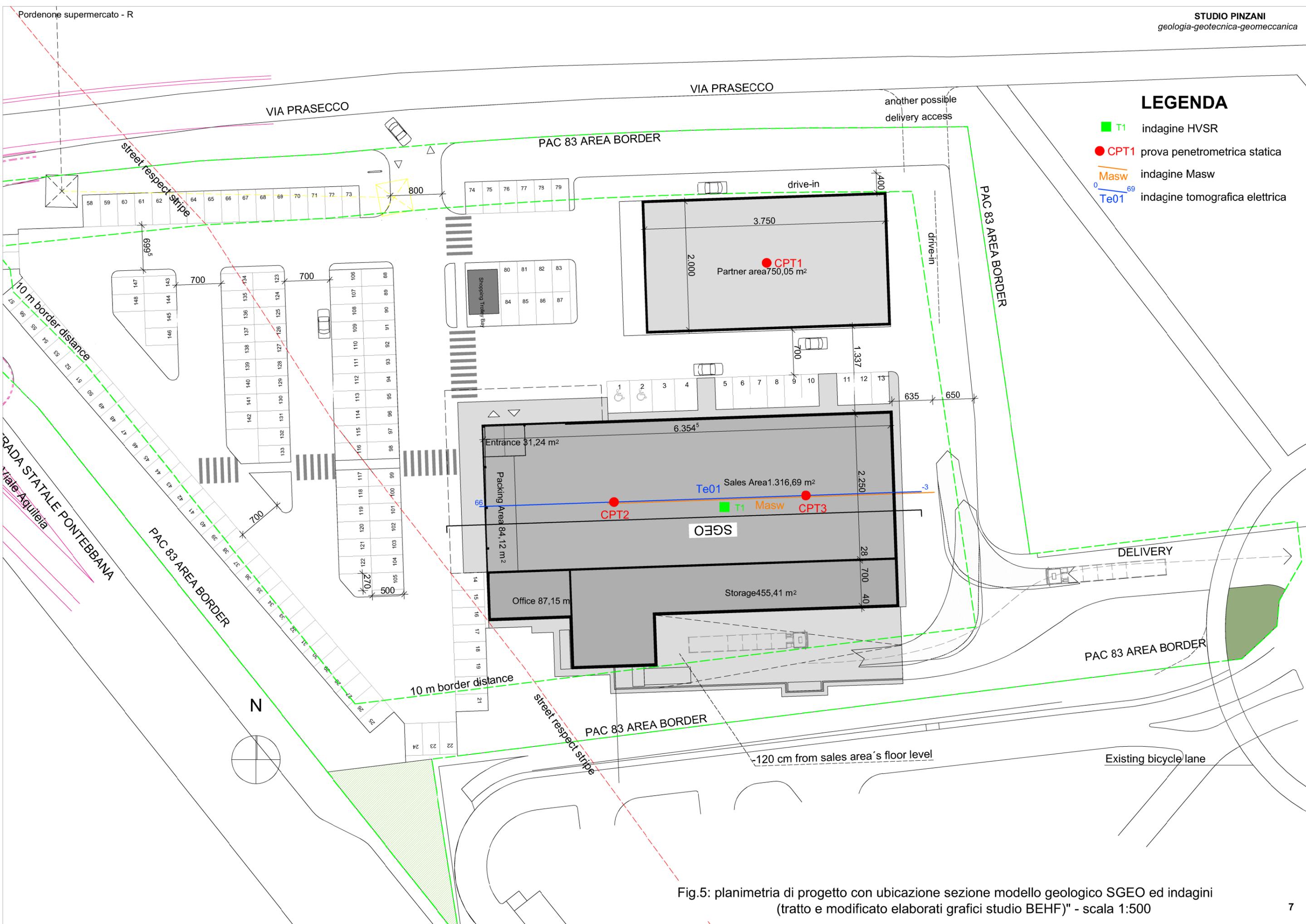


Fig.5: planimetria di progetto con ubicazione sezione modello geologico SGEO ed indagini (tratto e modificato elaborati grafici studio BEHF)" - scala 1:500

7) Indagini

Per definire un modello geologico, geotecnico e sismico sono state eseguite 3 prove penetrometriche statiche, una tomografia sismica, una prova MASW e una HVSR nelle posizioni riportate in fig. 5.

7.1) Prova penetrometrica statica (CPT)

La prova penetrometrica statica consiste nello spingere verticalmente nel terreno una punta conica di dimensioni standard. Durante la spinta si misura lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto sopra la punta. La prova ha lo scopo di misurare la resistenza alla penetrazione della punta (q_c) e l'attrito laterale (f_s). Da tali dati mediante è possibile ricavare una serie di parametri geomeccanici dei terreni investigati.

Le tre prove, sono state eseguite su ns incarico e programmazione dallo Studio Rico Perricone nelle posizioni riportate in Fig. 5 utilizzando un Penetrometro Pagani 100kN. I tabulati dei risultati, utilizzati per il modello geotecnico, vengono riportati in allegato.



Foto 1: esecuzione della prova CPT01

7.2) *Indagine geoelettrica tomografica ERT*

7.2.1) *Metodologia*

Questa metodologia si basa sull'acquisizione di un elevato numero di misure di resistività elettrica utilizzando dei dispositivi multi-elettrodi, che gestiscono un discreto numero di elettrodi posizionati lungo un profilo sul terreno. Tali elettrodi, governati da un georesistivometro, hanno la funzione di immettere nel terreno e misurare la tensione secondo geometrie definite. A seconda delle geometrie scelte si ha una maggiore sensibilità nei confronti di variazioni verticale o laterale della resistività. Le tecniche tomografiche elettriche consentono di ottenere dei profili di resistività dei terreni indagati con una buona risoluzione laterale e verticale. Queste tecniche sono particolarmente adatte all'individuazione di volumi nel sottosuolo caratterizzati da diversa conduttività come ad esempio superfici di falda, ricostruzione morfologiche del substrato, individuazione di cavità o individuazione di corpi metallici o inquinanti.

Il risultato della registrazione è una matrice di valori di resistività la cui inversione, mediante algoritmi matematici, restituisce una sezione del mezzo investigato raffigurante la distribuzione bidimensionale delle caratteristiche elettriche di resistività del terreno. Per eseguire tale processo il software converte i dati di resistività apparente misurati in campagna in un modello di distribuzione della resistività che concordi con i dati rilevati. Per raggiungere questo risultato viene modificato in maniera iterativa il modello di partenza in modo da minimizzare le differenze tra i valori di resistività calcolati e quelli misurati.

7.2.2) *Acquisizione dati*

Per l'acquisizione è stato utilizzato un resistivometro 4point light hp della Lipmann. I profili geoelettrici utilizzati hanno le seguenti caratteristiche:

- Profilo Te01
- stendimento da 24 elettrodi spazati di 3 m;
- sviluppo totale 69 m;
- massima profondità indagata: 13.4 m circa;
- configurazione elettrodica tipo Wenner-Schlumberger;



Foto 2: stendimento geoelettrico

7.2.3) Elaborazione e interpretazione dati

Per l'elaborazione delle registrazioni effettuate è stato utilizzato il software RES2DINV della Geotomo Software. Il risultato è una sezione reale della resistività del terreno, al di sotto dello stendimento, rappresentata da linee che uniscono punti con medesima resistività. La sezione ha in ordinata la profondità scandagliata e in ascissa la progressiva della posizione degli elettrodi.

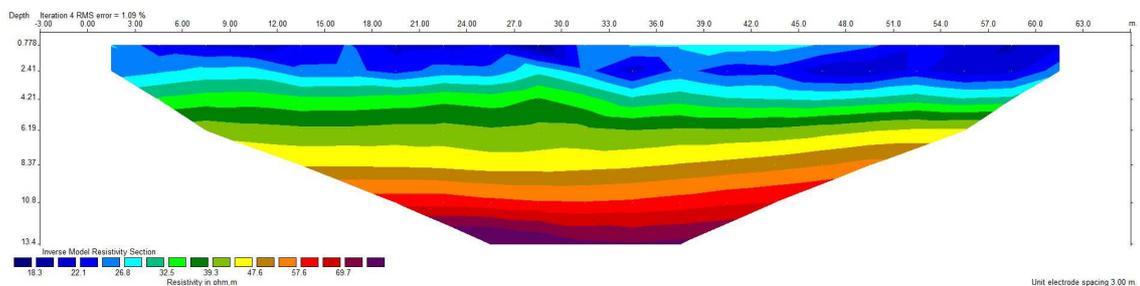


Fig. 6: profilo Te01

L'indagine ha evidenziato la presenza di un livello superficiale saturo o parzialmente saturo per uno spessore tra 0.5 e 3 m, mentre a profondità superiori e sino a 13 m non si osservano altri livelli significativi di acqua ma anzi si rileva un progressivo aumento della resistività.

7.3) *Prospezione geofisica Masw*

7.3.1) *Metodologia*

L'indagine sismica di tipo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) ha lo scopo di ricostruire un profilo di velocità delle onde S sfruttando le onde di superficie e il fenomeno della dispersione delle stesse. Infatti, in un mezzo stratificato, le onde di superficie si propagano a diverse velocità di fase e di gruppo a seconda della loro lunghezza d'onda, quindi abbiamo variazione di velocità di fase al variare della frequenza.

Il metodo, non invasivo, prevede l'energizzazione del terreno, che può essere prodotta tramite un martello percussore, massa battente o tramite esplosione e la misura delle onde di superficie tramite dei sensori (geofoni) disposti sulla superficie lungo una linea retta e con una geometria nota. L'analisi del dato acquisito viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, utilizzando la trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro di velocità del segnale. Da questo dominio è possibile estrarre la curva di dispersione della velocità che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda.



Foto 3: stendimento sismico MASW

7.3.2) *Acquisizione dati*

Per l'acquisizione dei dati è stata utilizzata un sismografo DoReMi multicanale e geofoni verticali a frequenza naturale di 4.5 Hz per la registrazione di onde sismiche di compressione, tipo "P".

Come sorgente è stata utilizzata una mazza da 10Kg e un piattello di battuta in plexiglass.

E' stato eseguito uno stendimento sismico la cui posizione è riportata in Fig.5 con le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 20;
- Spaziatura geofonica: 2 m;
- Punto di energizzazione:-1
- Lunghezza stendimento: 47 m.

7.4) *Elaborazione dati*

Per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato utilizzato il software Grilla della micromed, che elabora i dati acquisiti e fornisce, utilizzando la trasformata di Fourier, lo spettro di velocità (Fig.7).

Da questo dominio è possibile individuare le coppie f-k a cui corrispondono i massimi spettrali di energia (densità spettrale) che ci consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh. E' possibile invertire questi valori congiuntamente alle misure HVSR in modo da ottenere il modello di sottosuolo che ha determinato il dato osservato in campagna; i risultati ottenuti vengono riportati nel capitolo 8.

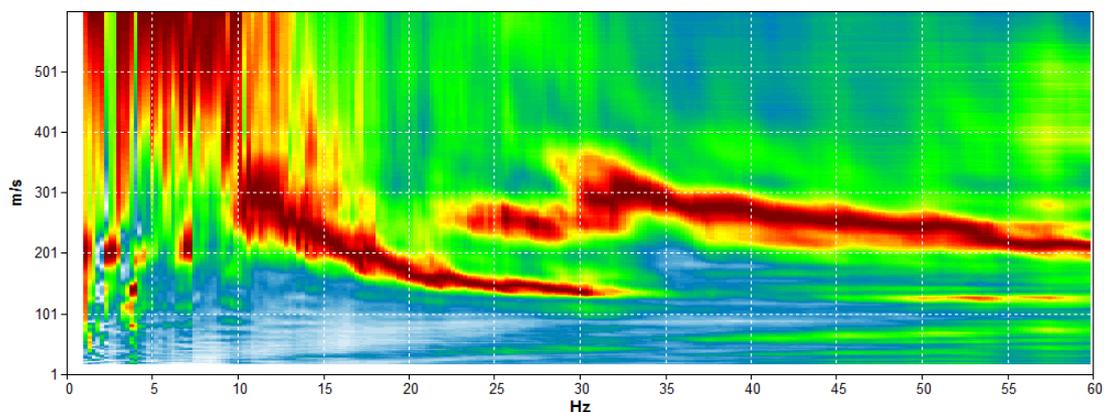


Fig. 7: curva di dispersione misurata

7.5) Indagine sismica HVSR

Per la definizione della categoria sismica del suolo, è stata eseguita un'indagine sismica passiva mediante la misurazione del tremore sismico, comunemente chiamato "rumore sismico" nella posizione riportata in Fig. 5.



Foto 4: misurazione HVSR

7.5.1) Aspetti teorici

La forma che possiede un'onda registrata strumentalmente in un punto di misura PM dipende sostanzialmente dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente S, dal percorso dell'onda dalla sorgente S al sito PM e dalla risposta dello strumento di misura.

Il rumore sismico nel suolo è costituito principalmente da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Le sorgenti principali del rumore sismico ambientale sono il vento, le onde marine e l'attività dinamica della crosta terrestre. Anche le attività antropiche possono generare tremore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz); tali onde però si attenuano rapidamente allontanandosi dalla sorgente. In aree prive di sorgenti locali di tremore, in assenza di vento o su basamenti rocciosi tabulari, lo spettro del tremore assume la forma mostrata in Figura 8, dove le curve indicano rispettivamente le ampiezze 'massima' e 'minima' assunte come standard per il rumore sismico di fondo dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS).

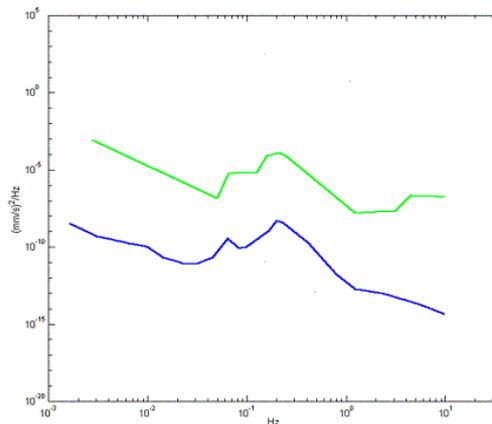


Figura 8: spettro di potenza (in termini di velocità, per la componente verticale del moto) dei valori di riferimento per il rumore sismico di fondo adottato dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (J. Peterson, Observations and modelling of background seismic noise, Open-file report 93-322, USGS, 1993).

Lo spettro del rumore sismico diminuisce in corrispondenza delle alte frequenze e mostra due massimi a 0.14 e 0.07 Hz. Questi massimi sono probabilmente legati al moto ondoso degli oceani i cui effetti si propagano a distanze anche dell'ordine delle migliaia di km dalla costa a causa delle particolari modalità di propagazione delle onde superficiali. Gli effetti locali dovuti a sorgenti locali di natura artificiale o locale si aggiungono a questo andamento generale.

Nel percorso dalla sorgente S al PM, le onde elastiche sono soggette a fenomeni di riflessione, rifrazione, amplificazione e attenuazione in base alle geometrie e caratteristiche meccaniche dei suoli attraversati. Per le elaborazioni è stato adottato il metodo di Nakamura (1989) che consente di definire i valori delle frequenze principali di risonanza dei suoli. Egli infatti ha verificato sperimentalmente che alla base dello strato superficiale, per tutte le frequenze, il rapporto tra l'ampiezza della componente orizzontale e quella verticale può essere considerato pari ad 1. Pertanto il fattore di amplificazione di sito R è dato dal rapporto spettrale $R = H/V$. Mediante una serie di prove per tentativo è possibile poi definire le V_{s30} ai fini di normativa.

7.5.2) Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione delle misure è stato utilizzato il tromografo digitale "Tromino", strumento realizzato per la misurazione del rumore sismico. Le sue ridotte dimensioni (10 x 7 x 14 cm) ed il modesto peso (1 kg) lasciano virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente. I dati acquisiti sono stati poi elaborati mediante il software GRILLA.

7.5.3) Esiti dell'indagine e classe sismica del suolo

Nel presente paragrafo vengono riportati gli esiti dell'indagine eseguita. Il software consente di esaminare i segnali rilevati nel tempo (Fig. 9) e nelle diverse direzioni (Fig. 10). Tali dati consentono di valutare la bontà dei dati misurati ed eventuali selezioni di dato. Nel caso specifico è stata eseguita una pulitura temporale dei segnali registrati causa alcuni disturbi esterni durante la misura. Si può inoltre osservare un disturbo di probabile origine antropica alle basse frequenze, sotto 1 Hz. Tali frequenze non sono state prese in considerazione.

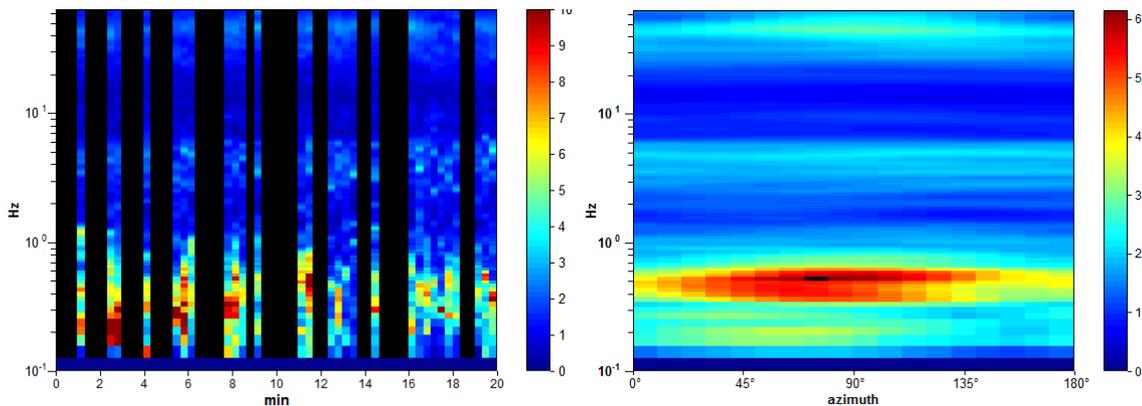


Fig. 9: stabilità del segnale nel tempo con pulitura Fig. 10: esito del segnale nelle diverse direzioni

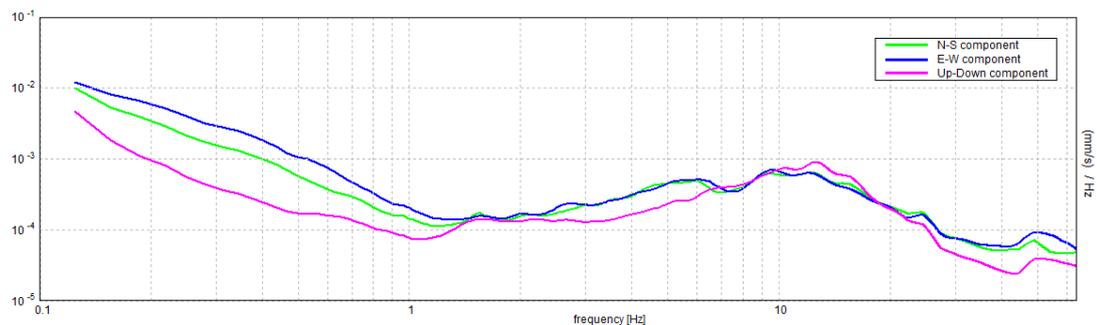


Fig. 11: valore di Hz per le diverse frequenze secondo le tre componenti selezionate

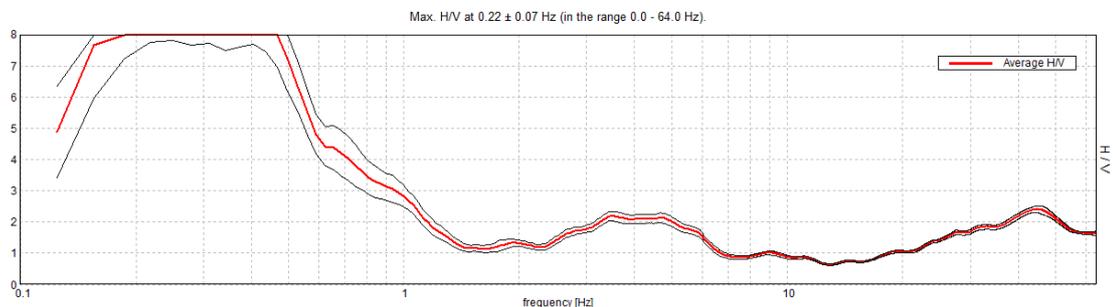


Fig. 12: grafico del rapporto H/V

Si è passati quindi alla interpretazione dei dati acquisiti. Dall'osservazione della figura 12 si osserva che la curva H/V presenta un picco poco evidente centrato tra 2 e 4 Hz.

8) *Profilo delle Vs e classe di amplificazione sismica*

Al fine di valutare le velocità delle onde di taglio è stato creato un modello utilizzando in maniera congiunta i dati acquisiti dalla prova Masw e HVSR (Fig13 e 14).

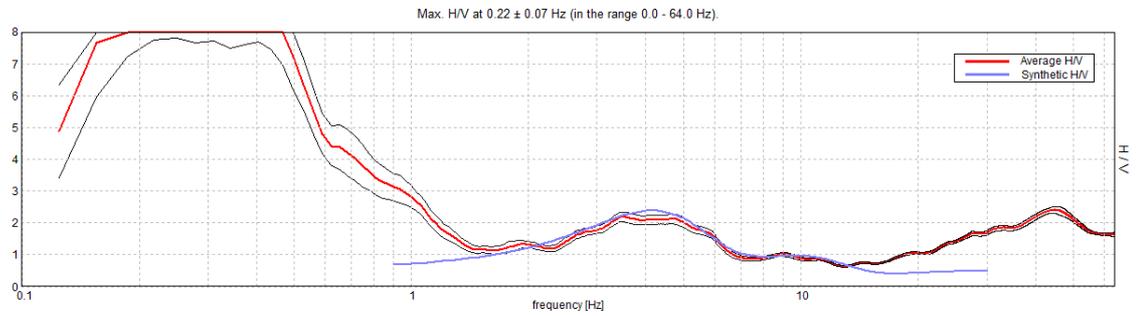


Fig.13: grafico del rapporto H/V e frequenze con curva del modello ipotizzato (blu)

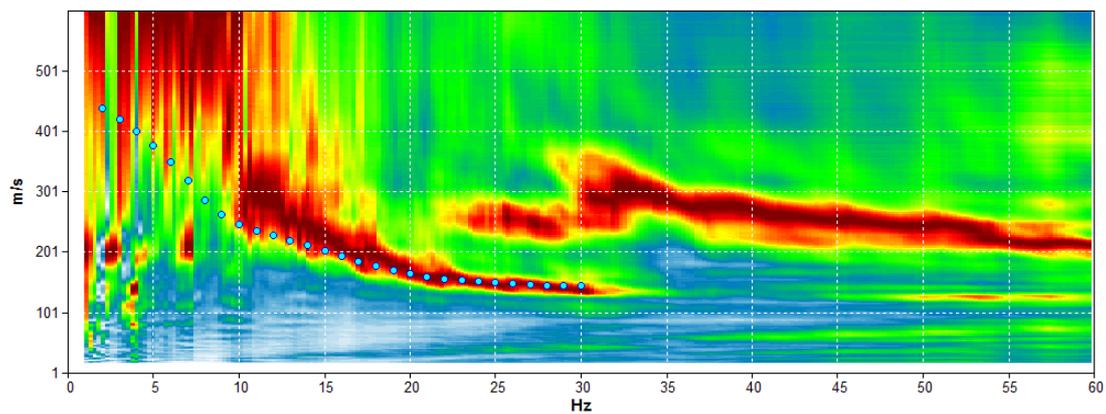


Fig.14: curva di dispersione con curva del modello ipotizzato (pallini ciano)

Il modello elaborato (Fig.15) è un modello a 6 strati:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.20	0.20	135	0.40
3.70	3.50	150	0.40
6.70	3.00	260	0.40
15.20	8.50	270	0.40
40.20	25.00	430	0.38
inf.	inf.	500	0.38

$$Vs(0.0-30.0)=293\text{m/s}$$

Il valore delle Vs_{30} ottenuto è pari a 293 m/s, pertanto il sito rientra in una classe di amplificazione stratigrafica "C" secondo le NTC 2008.

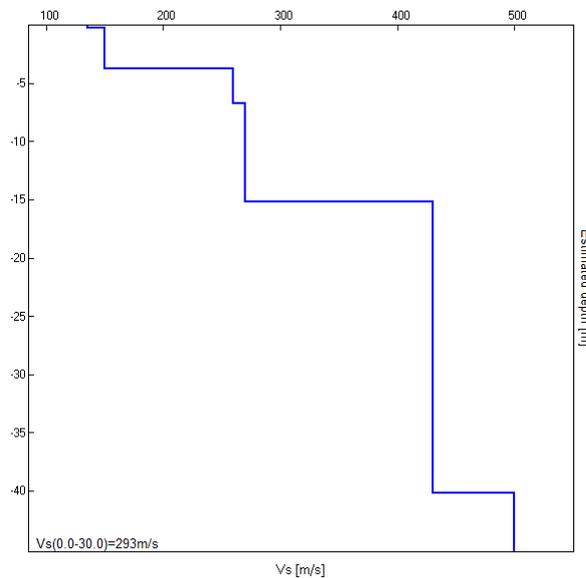


Fig.15: profilo delle velocità Vs

9) *Modello geologico di comodo*

Sulla base delle indagini svolte e della documentazione reperita, è stato redatto il modello geologico di figura 16. Come si evince dalla figura, l'involuppo dei grafici delle CPT ha evidenziato una sostanziale omogeneità degli strati con variazioni tra loro molto limitate. Questo ha reso possibile redigere un modello unico estensibile per le due strutture in progetto.

Il modello considera 6 unità geotecniche UG così distinte:

UG01: argilla sabbioso limosa;

UG02: sabbia debolmente ghiaiosa;

UG03: argilla;

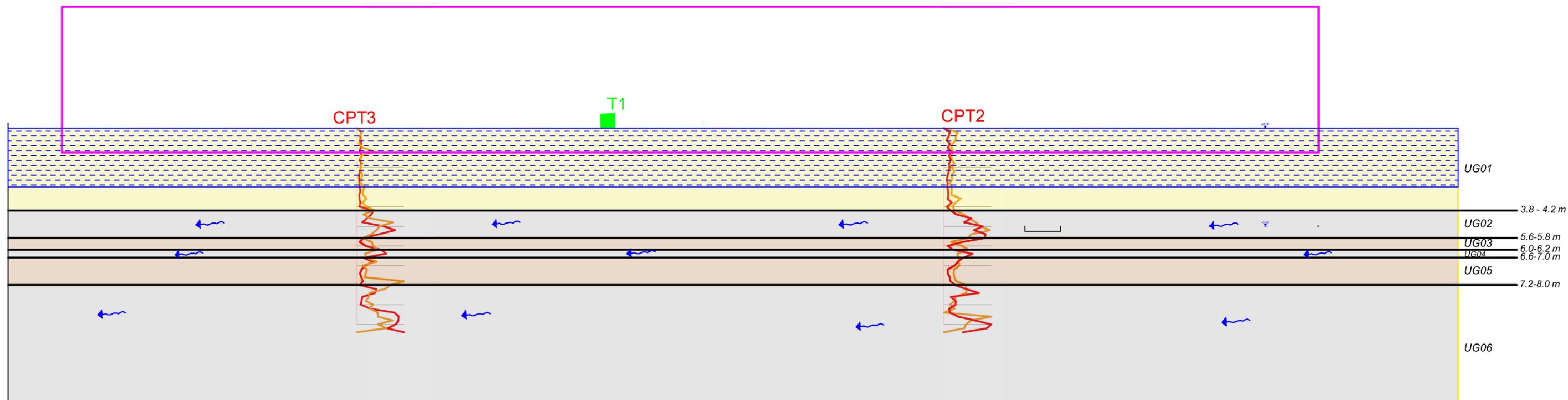
UG04: sabbia debolmente ghiaiosa;

UG05: argilla;

UG06: sabbia debolmente ghiaiosa;

L'unità UG01 presenta una fascia superficiale satura o parzialmente satura che in base all'indagine geoelettrica varia tra 0.5 e 3 m con approfondimento verso W. Il modello omogeneizza tale informazione ponendo una profondità media di 3 m. Tale fascia, essendo fortemente condizionata dalle piovosità, subisce variazioni ed oscillazioni.

I livelli sabbioso/ghiaiosi sottostanti sono anch'essi sede di scorrimento di acqua in falde sospese.



LEGENDA

Terreno soggetto a saturazione anche parziale (falda superficiale)

- UG01 Argilla sabbiosa e limosa
- UG02 Sabbia debolmente ghiaiosa
- UG03 Argilla
- UG04 Sabbia debolmente ghiaiosa
- UG05 Argilla talora organica
- UG06 Sabbia debolmente ghiaiosa

CPT1 | prova penetrometrica statica (diagrafie Qc/Fs)

T1 ■ indagine HVSR

possibili permeazioni (falde sospese)

ingombro edificio principale in progetto

involuppo grafici CPT

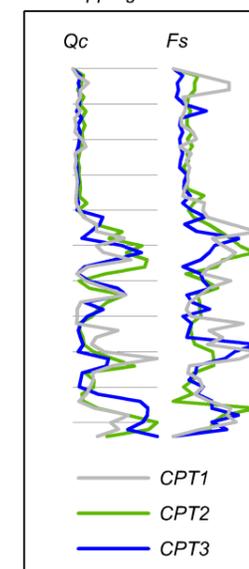


Fig.16: modello geologico su sezione SGEO da verificare in fase esecutiva con ubicazioni indagini (tratto e modificato elaborati grafici arch. Snidar) - scala 1:200

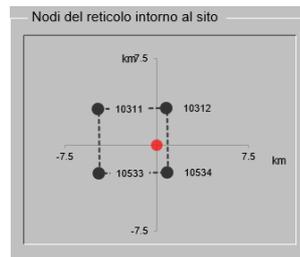
10) Sismicità dell'area

Per la definizione della sismicità dell'area si è fatto riferimento al NTC 2008 seguendo la seguente procedura:

Coordinate Google Earth:	Lat. 45.953162° - Long. 12.687989°
Coordinate Ed 50:	Lat. 45.954052° - Long. 12.688976°
Vita nominale dell'opera:	50 anni
Classe d'uso:	III
Coefficiente d'uso:	1
Categoria topografica:	T1
Categoria stratigrafica:	C

Sulla base dei dati sopra riportati, in base a Spettri NTC 1.0.3 ottengo i seguenti risultati:

Ubicazione sito rispetto i nodi di riferimento

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.222 g
F_o^*	2.477
T_C	0.341 s
S_S	1.370
C_C	1.497
S_T	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.294 g
F_o^*	2.488
T_C	0.357 s
S_S	1.261
C_C	1.475
S_T	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.065 g
F_o^*	2.454
T_C	0.260 s
S_S	1.500
C_C	1.639
S_T	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.084 g
F_o^*	2.446
T_C	0.277 s
S_S	1.500
C_C	1.604
S_T	1.000

11) *Equilibrio geostatico attuale e di progetto*

In base al sopralluogo effettuato all'intorno ed all'interno del sedime di progetto non sono state individuate fessurazioni, abbassamenti o cedimenti indicanti deformazioni di rilievo negli edifici e nelle asfaltature stradali circostanti l'area d'intervento. Per quanto concerne le opere in progetto, si può affermare che queste, una volta correttamente realizzate non modificheranno l'equilibrio idrogeologico dell'area.

12) *Liquefazione dei suoli per azione sismica*

In base alle raccomandazioni geologiche del PRGC è stata eseguita una valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni a componente sabbiosa. La valutazione è stata eseguita mediante il noto metodo proposto da Robertson e Wride da cui si ottiene un fattore di sicurezza alla liquefazione FS.

Se $F_s \geq 1,25$ il rischio è assente, per $F_s=1,0-1,25$ possibile e per $F_s < 1$ molto probabile.

Come si evince nei tabulati in allegato per tutte e tre le prove, i livelli potenzialmente liquefacibili (UG02-UG04-UG06) hanno dato tutti valori marcatamente superiori ad 1,25 escludendo pertanto il rischio liquefazione.

13) *Rischi geologici*

Per il sito di progetto, anche in base allo studio geologico del P.R.G.C. si possono riassumere i seguenti rischi geologici;

- rischio di evento sismico;
- presenza di un primo livello saturo/parzialmente saturo di terreno per uno spessore di 3 m a bassa permeabilità;
- perimetrazione PAIL P1 (rischio idraulico moderato);
- terreni con mediocri caratteristiche geomeccaniche.

In base allo Studio geologico del PRGC ed al PAIL, l'area non è soggetta a rischio esondazione.

14) Gestione delle acque piovane e fognarie

La bassa permeabilità dei terreni superficiali e la loro saturazione anche solo parziale evidenzia che il sito non consente una facile dispersione delle acque piovane. Considerando le superfici delle strutture e quelle del parcheggio, si renderà opportuno eseguire uno specifico studio/progetto che affronti nel dettaglio la gestione delle acque di pioggia sia delle coperture che delle pavimentazioni secondo il concetto di "invarianza idraulica" e secondo normativa.

Rimandando a tale documento le valutazioni specifiche del caso, in questa sede si evidenzia che l'adozione di tecnologie quali i cosiddetti "tetti verdi" per le coperture ed eventuali vasche di laminazione potranno costituire soluzioni idonee a soddisfare le problematiche qui accennate.

Per l'impianto fognario si prevede l'allacciamento al collettore pubblico.

15) Modello geotecnico

In base al modello geologico ed alle prove CPT vengono di seguito riportati i parametri geomeccanici con un intervallo di valori e con quelli adottati nel calcolo fondazionale.

Unità geotecnica	Prof. (m)	parametro	Intervallo valori	valore adottato
UG01 Argilla sabbiosa e limosa	0.0	γ_n	18.5-20.5 kN/mc	20 kN/mc
		γ_s	19-21 kN/mc	20 kN/mc
		ϕ'	25-33°	26°
		c'	5-20 kPa	0 kPa
		c_u	80-160 kPa	100 kPa
		E'	4000-6500 kPa	5000 kPa
		M_{ed}	4800-12000 kPa	6000 kPa
		k	$10^{-6} - 10^{-9}$ cm/s	10^{-8} cm/s
UG02 Sabbia debolmente ghiaiosa	3.8-4.2	γ_n	18-20 kN/mc	19 kN/mc
		γ_s	18-20 kN/mc	19 kN/mc
		ϕ'	29-38°	33°
		c'	0-10 kPa	0 kPa
		E'	15000-30000 kPa	20000 kPa
		M_{ed}	10000-30000 kPa	20000 kPa
		k	$10^{-3} - 10^{-5}$ cm/s	10^{-4} cm/s
		UG03 Argilla	5.6-5.8	γ_n
γ_s	20-21 kN/mc			20 kN/mc
ϕ'	25-28°			26°
c'	10-50 kPa			10 kPa
c_u	130-200 kPa			160 kPa
M_{ed}	5000-10000 kPa			7000 kPa
k	$10^{-7} - 10^{-10}$ cm/s			10^{-9} cm/s
UG04 Sabbia debolmente ghiaiosa	6.0-6.2			γ_n
		γ_s	19-21 kN/mc	20 kN/mc
		ϕ'	28-38°	33°
		c'	0-5 kPa	0 kPa
		E'	18000-27000 kPa	20000 kPa
		M_{ed}	7000-22000 kPa	15000 kPa
		k	$10^{-3} - 10^{-4}$ cm/s	10^{-3} cm/s
		UG05 Argilla talora organica	6.6-7.0	γ_n
γ_s	19-21 kN/mc			20 kN/mc
ϕ'	25-33°			26°
c'	0 kPa			0 kPa
c_u	60-150 kPa			100 kPa
M_{ed}	5000-8000 kPa			7000 kPa
k	$10^{-6} - 10^{-9}$ cm/s			10^{-7} cm/s
UG06 Sabbia debolmente ghiaiosa	7.2-8.0			γ_n
		γ_s	19-21 kN/mc	20 kN/mc
		ϕ'	30-40°	33°
		c'	0-10 kPa	0 kPa
		E'	20000-39000 kPa	25000 kPa
		M_{ed}	7000-35000 kPa	15000 kPa
		k	$10^{-2} - 10^{-4}$ cm/s	10^{-3} cm/s

Tab. 2: parametri geomeccanici

Legenda

sigla	significato	sigla	significato
γ_n	Peso di volume naturale	c_u	Coesione non drenata
γ_s	Peso di volume saturo	E'	Modulo di Young
ϕ'	Angolo di resistenza al taglio	M_{ed}	Modulo edometrico
c'	Coesione efficace	k	Coefficiente di permeabilità

16) Verifica fondazionale preliminare

In attesa della progettazione strutturale esecutiva, in questa fase è stato eseguito un dimensionamento preliminare finalizzato a valutare la soluzione fondazionale più consona. Poiché dalle informazioni acquisite la struttura sarà di tipo prefabbricato, si prevede la realizzazione di un sistema di travi rovesce (sia perimetrali che interne alla pianta) collegate tra loro.

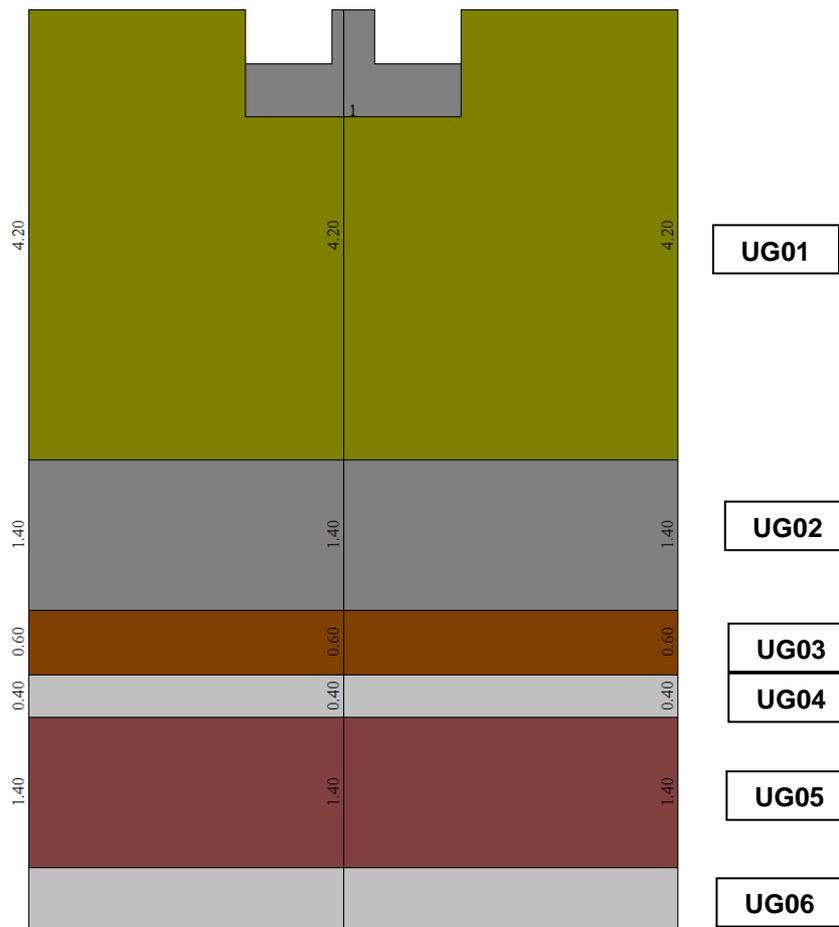


Fig. 17: modello geotecnico

Fondazione a trave rovescia $l = 2.0$ m piano di imposta: -1 m dal p.c.

In attesa delle calcolazioni strutturali, sono state considerate le seguenti condizioni di carico:
SLV

Sforzo Normale 110 kN/ml

Peso fondazione 20 kN

SLE

Sforzo Normale 80 kN/ml

Peso fondazione 20 kN

Definito il modello geotecnico di fig. 17 ed i carichi, sono state eseguite le verifiche geotecniche fondazionali secondo l'approccio 2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni NTC 2008 ed utilizzando il software Carl 12 della Aztec (licenza d'uso n°U17747U-2).

Le verifiche, eseguite secondo la teoria di Brinch Hansen come riportato in dettaglio nei tabulati, hanno dato tutte coefficienti di sicurezza superiori ai minimi di normativa e pertanto soddisfano le condizioni imposte dall'approccio 2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2008. Per quanto concerne i cedimenti teorici questi risultano inferiori ai 2 cm quindi accettabili per la struttura in progetto, prevedendo degli adeguati giunti sulle strutture.

17) Conclusioni e raccomandazioni finali

Sulla base delle osservazioni e delle considerazioni evidenziate nei capitoli precedenti si conclude quanto segue:

- il progetto prevede la costruzione di due strutture commerciali monopiano, un parcheggio a servizio più opere accessorie in via Prasecco a Pordenone;
- i manufatti limitrofi ed all'interno dell'area di progetto non presentano indizi significativi d'instabilità a conferma di una soddisfacente situazione geostatica generale;
- l'area ricade in classe geologica III del PRGC e P1 del PAI;
- in base alle indagini svolte, i terreni superficiali sono costituiti da prevalenza di argille-limi e sabbie con livelli costituiti da sabbie debolmente ghiaiose;
- i terreni superficiali presentano bassa permeabilità ed una condizione di saturazione almeno parziale legata alle piovosità; in profondità sono presenti falde sospese; di tale aspetto si dovrà tenere opportunamente conto nella progettazione dello smaltimento delle acque piovane (cfr. capitolo specifico);
- in base alle indagini sismiche il suolo rientra nella classe stratigrafica C e topografica T1;
- l'area non è soggetta a rischio liquefazione;
- è stata effettuata una verifica fondazionale preliminare considerando un sistema fondazionale a cordolo continuo di larghezza 2.0 m intestato a -1 m dal p.c.; tale soluzione risulta idonea per i carichi qui considerati;

- le opere in progetto, una volta correttamente realizzate, non andranno ad inficiare l'equilibrio idrogeologico e geostatico generale dell'area in esame e dei terreni finitimi;
- si raccomanda in fase pre-esecutiva di interpellare lo scrivente o altro tecnico competente nelle problematiche qui analizzate al fine di confermare il modello geologico e quello geotecnico rappresentati in questa sede.

Per quanto riportato nella presente relazione si dichiara la compatibilità del progetto con le condizioni geologiche e geotecniche del sito.



Trieste, 29 luglio 2016

dott.geol. G.P. PINZANI

Allegati

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: dott. Geol. G. Pinzani Cantiere: Località: Via Prasecco, Pordenone	
---	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Committente: dott. Geol. G. Pinzani
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 22/06/2016
 Profondità prova: 10,40 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	14,00	22,0	14,0	1,133	12,357	8,1
0,40	44,00	61,0	44,0	2,267	19,409	5,2
0,60	22,00	56,0	22,0	2,267	9,704	10,3
0,80	22,00	56,0	22,0	0,4	55,0	1,8
1,00	11,00	17,0	11,0	0,533	20,638	4,8
1,20	22,00	30,0	22,0	0,467	47,109	2,1
1,40	6,00	13,0	6,0	0,333	18,018	5,6
1,60	10,00	15,0	10,0	0,333	30,03	3,3
1,80	7,00	12,0	7,0	0,8	8,75	11,4
2,00	27,00	39,0	27,0	0,933	28,939	3,5
2,20	37,00	51,0	37,0	0,267	138,577	0,7
2,40	7,00	11,0	7,0	0,733	9,55	10,5
2,60	10,00	21,0	10,0	0,533	18,762	5,3
2,80	7,00	15,0	7,0	0,667	10,495	9,5
3,00	11,00	21,0	11,0	0,6	18,333	5,5
3,20	14,00	23,0	14,0	0,6	23,333	4,3
3,40	12,00	21,0	12,0	0,467	25,696	3,9
3,60	10,00	17,0	10,0	0,4	25,0	4,0
3,80	10,00	16,0	10,0	1,267	7,893	12,7
4,00	19,00	38,0	19,0	1,2	15,833	6,3
4,20	32,00	50,0	32,0	1,4	22,857	4,4
4,40	68,00	89,0	68,0	2,333	29,147	3,4
4,60	67,00	102,0	67,0	3,467	19,325	5,2
4,80	148,00	200,0	148,0	1,6	92,5	1,1
5,00	67,00	91,0	67,0	2,0	33,5	3,0
5,20	86,00	116,0	86,0	2,533	33,952	2,9
5,40	167,00	205,0	167,0	2,133	78,293	1,3
5,60	43,00	75,0	43,0	1,467	29,312	3,4
5,80	12,00	34,0	12,0	1,2	10,0	10,0
6,00	38,00	56,0	38,0	2,333	16,288	6,1
6,20	93,00	128,0	93,0	1,467	63,395	1,6
6,40	151,00	173,0	151,0	1,067	141,518	0,7
6,60	24,00	40,0	24,0	0,667	35,982	2,8
6,80	14,00	24,0	14,0	0,533	26,266	3,8
7,00	14,00	22,0	14,0	0,733	19,1	5,2
7,20	11,00	22,0	11,0	2,867	3,837	26,1
7,40	128,00	171,0	128,0	1,467	87,253	1,1
7,60	66,00	88,0	66,0	2,0	33,0	3,0
7,80	54,00	84,0	54,0	1,4	38,571	2,6
8,00	88,00	109,0	88,0	3,467	25,382	3,9
8,20	241,00	293,0	241,0	2,733	88,181	1,1
8,40	115,00	156,0	115,0	0,667	172,414	0,6
8,60	57,00	67,0	57,0	0,6	95,0	1,1
8,80	58,00	67,0	58,0	1,067	54,358	1,8
9,00	49,00	65,0	49,0	1,2	40,833	2,4
9,20	39,00	57,0	39,0	0,867	44,983	2,2
9,40	18,00	31,0	18,0	1,467	12,27	8,2
9,60	63,00	85,0	63,0	2,333	27,004	3,7
9,80	160,00	195,0	160,0	2,2	72,727	1,4
10,00	108,00	141,0	108,0	2,533	42,637	2,3
10,20	129,00	167,0	129,0	1,067	120,9	0,8
10,40	69,00	85,0	69,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,80	15,947	0,789	1,9	Coesivo	argilla sabbiosa e limosa
5,60	77,444	2,015	2,1	Incoerente-Coesivo	sabbia debolmente ghiaiosa
6,00	25,0	1,767	2,0	Coesivo	argilla
6,60	89,333	1,067	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa
7,20	13,0	1,378	1,9	Coesivo	argilla organica
10,40	90,125	1,567	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	3,80	15,947	0,789	0,89	1,08	1,04	0,92	0,82	0,80
Strato 2	5,60	77,444	2,015	4,40	3,24	5,10	4,50	4,03	3,87
Strato 3	6,00	25,0	1,767	1,39	1,51	1,59	1,40	1,26	1,25
Strato 5	7,20	13,0	1,378	0,70	0,83	0,78	0,68	0,61	0,65

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	3,80	15,947	0,789	79,74	48,05	95,68	47,84
Strato 2	5,60	77,444	2,015	193,61	154,89	232,33	116,17
Strato 3	6,00	25,0	1,767	62,50	50,00	75,00	75,00
Strato 5	7,20	13,0	1,378	65,00	47,81	78,00	39,00

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	585,97	24,00
Strato 2	5,60	77,444	2,015	2881,99	116,10
Strato 3	6,00	25,0	1,767	910,88	37,50
Strato 5	7,20	13,0	1,378	456,86	19,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	Imai & Tomauchi	152,05
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Imai & Tomauchi	399,33
Strato 3	6,00	25,0	1,767	Imai & Tomauchi	200,12
Strato 5	7,20	13,0	1,378	Imai & Tomauchi	134,21

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	3,80	15,947	0,789	1,16
Strato 2	5,60	77,444	2,015	3,05
Strato 3	6,00	25,0	1,767	0,82
Strato 5	7,20	13,0	1,378	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	Meyerhof	1,93
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Meyerhof	2,20
Strato 3	6,00	25,0	1,767	Meyerhof	2,01
Strato 5	7,20	13,0	1,378	Meyerhof	1,89

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	Meyerhof	2,01
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Meyerhof	2,28
Strato 3	6,00	25,0	1,767	Meyerhof	2,09
Strato 5	7,20	13,0	1,378	Meyerhof	1,97

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 2	5,60	77,444	2,015	66,1	75,54	75,87	66,93	62,62
Strato 4	6,60	89,333	1,067	66,59	74	74,73	67,42	57,88
Strato 6	10,40	90,125	1,567	62,88	66,84	68,34	63,68	48,52

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunouglu-Caquot Mitchell 1973	Koppejan	De Beer	Schmertm ann	Robertson & Campanella 1983	Herminie r	Meyerhof 1951
Strato 2	5,60	77,444	2,015	37,64	33,98	31,2	29,11	38,58	42,11	29,68
Strato 4	6,60	89,333	1,067	37,2	33,44	30,64	28,59	38,36	41,55	28,91
Strato 6	10,40	90,125	1,567	35,99	32,11	29,23	27,31	37,36	40,13	27,21

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 2	5,60	77,444	2,015	193,61	154,89	537,09
Strato 4	6,60	89,333	1,067	223,33	178,67	636,05
Strato 6	10,40	90,125	1,567	225,31	180,25	719,13

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne- Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 2	5,60	77,444	2,015	68,91	303,79	618,68	131,65	116,17
Strato 4	6,60	89,333	1,067	70,03	350,42	713,31	151,87	134,00
Strato 6	10,40	90,125	1,567	67,25	353,53	714,98	153,21	135,19

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Imai & Tomauchi	399,33
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Imai & Tomauchi	435,74
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Imai & Tomauchi	438,10

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 2	5,60	77,444	2,015	3,05	>9	1,1
Strato 4	6,60	89,333	1,067	2,73	>9	1,17
Strato 6	10,40	90,125	1,567	2,09	>9	1,41

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Kulhawy & Mayne (1990)	0,72
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Kulhawy & Mayne (1990)	0,67
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Kulhawy & Mayne (1990)	0,57

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 2	5,60	77,444	2,015	0,0972	0,01264
Strato 4	6,60	89,333	1,067	0,09546	0,01241
Strato 6	10,40	90,125	1,567	0,09537	0,0124

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Meyerhof	1,80
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Meyerhof	1,90
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Meyerhof	2,10
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Meyerhof	2,20
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Meyerhof	2,10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,304**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Robertson & Wride 1997	8,398
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Robertson & Wride 1997	4,156
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Robertson & Wride 1997	6,09

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	Piacentini-Righi 1988	1,409365E-09
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Piacentini-Righi 1988	2,263813E-05
Strato 3	6,00	25,0	1,767	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Piacentini-Righi 1988	0,001
Strato 5	7,20	13,0	1,378	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Piacentini-Righi 1988	1,074507E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	3,80	15,947	0,789	Piacentini-Righi 1988	6,74254E-05
Strato 2	5,60	77,444	2,015	Piacentini-Righi 1988	5,259562
Strato 3	6,00	25,0	1,767	Piacentini-Righi 1988	7,5E-07
Strato 4	6,60	89,333	1,067	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	7,20	13,0	1,378	Piacentini-Righi 1988	3,9E-07
Strato 6	10,40	90,125	1,567	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ... Nr.2

Committente: dott. Geol. G. Pinzani

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 22/06/2016

Profondità prova: 10,40 mt

Località: Via Prasecco, Pordenone

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	32,00	41,0	32,0	1,267	25,257	4,0
0,40	27,00	46,0	27,0	1,133	23,831	4,2
0,60	15,00	32,0	15,0	1,133	13,239	7,6
0,80	33,00	50,0	33,0	0,8	41,25	2,4
1,00	21,00	33,0	21,0	0,733	28,649	3,5
1,20	40,00	51,0	40,0	0,933	42,872	2,3
1,40	27,00	41,0	27,0	0,733	36,835	2,7
1,60	37,00	48,0	37,0	0,733	50,477	2,0
1,80	28,00	39,0	28,0	1,0	28,0	3,6
2,00	30,00	45,0	30,0	0,733	40,928	2,4
2,20	26,00	37,0	26,0	1,0	26,0	3,8
2,40	21,00	36,0	21,0	0,733	28,649	3,5
2,60	16,00	27,0	16,0	0,8	20,0	5,0
2,80	21,00	33,0	21,0	0,533	39,4	2,5
3,00	18,00	26,0	18,0	0,733	24,557	4,1
3,20	22,00	33,0	22,0	0,733	30,014	3,3
3,40	23,00	34,0	23,0	0,733	31,378	3,2
3,60	21,00	32,0	21,0	1,6	13,125	7,6
3,80	42,00	66,0	42,0	1,067	39,363	2,5
4,00	16,00	32,0	16,0	0,8	20,0	5,0
4,20	37,00	49,0	37,0	1,067	34,677	2,9
4,40	67,00	83,0	67,0	1,867	35,886	2,8
4,60	147,00	175,0	147,0	2,467	59,587	1,7
4,80	108,00	145,0	108,0	3,0	36,0	2,8
5,00	209,00	254,0	209,0	3,467	60,283	1,7
5,20	161,00	213,0	161,0	4,333	37,157	2,7
5,40	224,00	289,0	224,0	2,6	86,154	1,2
5,60	217,00	256,0	217,0	2,267	95,721	1,0
5,80	97,00	131,0	97,0	0,667	145,427	0,7
6,00	20,00	30,0	20,0	1,667	11,998	8,3
6,20	50,00	75,0	50,0	2,333	21,432	4,7
6,40	154,00	189,0	154,0	1,267	121,547	0,8
6,60	102,00	121,0	102,0	1,4	72,857	1,4
6,80	75,00	96,0	75,0	1,4	53,571	1,9
7,00	58,00	79,0	58,0	1,467	39,536	2,5
7,20	21,00	43,0	21,0	0,933	22,508	4,4
7,40	21,00	35,0	21,0	0,933	22,508	4,4
7,60	31,00	45,0	31,0	1,0	31,0	3,2
7,80	35,00	50,0	35,0	1,133	30,891	3,2
8,00	62,00	79,0	62,0	2,067	29,995	3,3
8,20	121,00	152,0	121,0	2,133	56,728	1,8
8,40	187,00	219,0	187,0	2,133	87,67	1,1
8,60	37,00	69,0	37,0	1,067	34,677	2,9
8,80	64,00	80,0	64,0	1,067	59,981	1,7
9,00	63,00	79,0	63,0	0,533	118,199	0,8
9,20	28,00	36,0	28,0	1,0	28,0	3,6
9,40	32,00	47,0	32,0	-2,733	-11,709	-8,5
9,60	75,00	34,0	75,0	4,467	16,79	6,0
9,80	169,00	236,0	169,0	2,6	65,0	1,5
10,00	254,00	293,0	254,0	2,067	122,883	0,8
10,20	229,00	260,0	229,0	1,933	118,469	0,8
10,40	102,00	131,0	102,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
4,20	26,333	0,905	2,0	Incoerente-Coesivo	argilla sabbiosa e limosa
5,80	153,75	2,584	2,1	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa
6,20	35,0	2,0	2,0	Coesivo	argilla
7,00	97,25	1,384	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa
7,80	27,0	1,0	2,0	Incoerente-Coesivo	argilla
10,40	109,462	1,41	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2**TERRENI COESIVI I**Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	4,20	26,333	0,905	1,25	1,62	1,73	1,52	1,36	1,32
Strato 3	6,20	35,0	2,0	1,65	1,96	2,25	1,99	1,78	1,75
Strato 5	7,80	27,0	1,0	1,26	1,59	1,70	1,50	1,34	1,35

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	4,20	26,333	0,905	65,83	52,67	79,00	79,00
Strato 3	6,20	35,0	2,0	87,50	70,00	105,00	105,00
Strato 5	7,80	27,0	1,0	67,50	54,00	81,00	81,00

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	973,99	39,60
Strato 3	6,20	35,0	2,0	1283,78	52,50
Strato 5	7,80	27,0	1,0	978,53	40,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Imai & Tomauchi	206,58
Strato 3	6,20	35,0	2,0	Imai & Tomauchi	245,80
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Imai & Tomauchi	209,76

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	4,20	26,333	0,905	1,7
Strato 3	6,20	35,0	2,0	1,06
Strato 5	7,80	27,0	1,0	0,69

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Meyerhof	2,02
Strato 3	6,20	35,0	2,0	Meyerhof	2,06
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Meyerhof	2,02

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Meyerhof	2,10
Strato 3	6,20	35,0	2,0	Meyerhof	2,14
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Meyerhof	2,10

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	4,20	26,333	0,905	42,48	49,39	50,73	43,12	53,9
Strato 2	5,80	153,75	2,584	84,07	97,75	96,85	85,05	79,38
Strato 4	7,00	97,25	1,384	67,82	74,87	75,64	68,66	58,18
Strato 5	7,80	27,0	1,0	30,08	25,48	29,39	30,6	18,2
Strato 6	10,40	109,462	1,41	67,42	72,09	73,35	68,26	52,46

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunouglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 1	4,20	26,333	0,905	34,7	31,09	28,16	26,33	34,91	39,01	26,03	28,82
Strato 2	5,80	153,75	2,584	40,45	36,85	34,21	31,86	41,69	44,9	35,01	45
Strato 4	7,00	97,25	1,384	37,23	33,45	30,64	28,6	38,48	41,56	28,93	45
Strato 5	7,80	27,0	1,0	30,66	26,64	23,49	22,06	31,57	33,67	23,13	29,12
Strato 6	10,40	109,462	1,41	36,61	32,73	29,88	27,9	38,09	40,8	27,97	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	65,83	52,67	265,26
Strato 2	5,80	153,75	2,584	384,38	307,50	656,51
Strato 4	7,00	97,25	1,384	243,13	194,50	682,27
Strato 5	7,80	27,0	1,0	67,50	54,00	349,44
Strato 6	10,40	109,462	1,41	273,65	218,92	804,46

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	4,20	26,333	0,905	44,02	103,30	204,16	52,67	131,67
Strato 2	5,80	153,75	2,584	89,53	321,55	1247,48	230,62	230,62
Strato 4	7,00	97,25	1,384	71,73	381,48	777,95	165,32	145,88
Strato 5	7,80	27,0	1,0	31,54	105,91	196,79	54,00	135,00
Strato 6	10,40	109,462	1,41	72,82	234,69	873,84	164,19	164,19

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Imai & Tomauchi	206,58
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Imai & Tomauchi	607,16
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Imai & Tomauchi	458,94
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Imai & Tomauchi	209,76
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Imai & Tomauchi	493,34

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	4,20	26,333	0,905	1,7	>9	1,69
Strato 2	5,80	153,75	2,584	5,43	>9	0,73
Strato 4	7,00	97,25	1,384	2,74	>9	1,17
Strato 5	7,80	27,0	1,0	0,69	>9	<0.5
Strato 6	10,40	109,462	1,41	2,37	>9	1,29

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Kulhawy & Mayne (1990)	0,49
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Kulhawy & Mayne (1990)	1,05
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Kulhawy & Mayne (1990)	0,67
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,27
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Kulhawy & Mayne (1990)	0,61

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	4,20	26,333	0,905	0,11751	0,01528
Strato 2	5,80	153,75	2,584	0,09618	0,0125
Strato 4	7,00	97,25	1,384	0,09469	0,01231
Strato 5	7,80	27,0	1,0	0,11626	0,01511
Strato 6	10,40	109,462	1,41	0,09402	0,01222

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Meyerhof	1,80
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Meyerhof	1,80
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Meyerhof	1,90
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Meyerhof	1,80
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Meyerhof	2,10
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Meyerhof	2,10
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Meyerhof	2,20
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Meyerhof	2,10
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Meyerhof	2,20

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,304**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Robertson & Wride 1997	4,656
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Robertson & Wride 1997	17,533
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Robertson & Wride 1997	5,721
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Robertson & Wride 1997	6,647

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Piacentini-Righi 1988	1,028728E-06
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Piacentini-Righi 1988	1,189963E-03
Strato 3	6,20	35,0	2,0	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Piacentini-Righi 1988	3,965728E-03
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Piacentini-Righi 1988	2,927533E-07
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Piacentini-Righi 1988	6,793921E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	4,20	26,333	0,905	Piacentini-Righi 1988	8,126847E-02
Strato 2	5,80	153,75	2,584	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 3	6,20	35,0	2,0	Piacentini-Righi 1988	1,05E-06
Strato 4	7,00	97,25	1,384	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	7,80	27,0	1,0	Piacentini-Righi 1988	2,371302E-02
Strato 6	10,40	109,462	1,41	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ... Nr.3

Committente: dott. Geol. G. Pinzani

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 22/06/2016

Profondità prova: 10,40 mt

Località: Via Prasecco, Pordenone

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	27,00	38,0	27,0	0,6	45,0	2,2
0,40	20,00	29,0	20,0	0,267	74,906	1,3
0,60	25,00	29,0	25,0	0,333	75,075	1,3
0,80	25,00	30,0	25,0	0,2	125,0	0,8
1,00	24,00	27,0	24,0	0,667	35,982	2,8
1,20	14,00	24,0	14,0	2,067	6,773	14,8
1,40	31,00	62,0	31,0	0,467	66,381	1,5
1,60	18,00	25,0	18,0	0,4	45,0	2,2
1,80	26,00	32,0	26,0	0,6	43,333	2,3
2,00	24,00	33,0	24,0	0,4	60,0	1,7
2,20	20,00	26,0	20,0	0,467	42,827	2,3
2,40	12,00	19,0	12,0	0,6	20,0	5,0
2,60	14,00	23,0	14,0	0,467	29,979	3,3
2,80	15,00	22,0	15,0	0,4	37,5	2,7
3,00	16,00	22,0	16,0	0,867	18,454	5,4
3,20	20,00	33,0	20,0	0,667	29,985	3,3
3,40	15,00	25,0	15,0	0,667	22,489	4,4
3,60	16,00	26,0	16,0	1,067	14,995	6,7
3,80	20,00	36,0	20,0	0,6	33,333	3,0
4,00	15,00	24,0	15,0	1,133	13,239	7,6
4,20	103,00	120,0	103,0	2,0	51,5	1,9
4,40	92,00	122,0	92,0	0,733	125,512	0,8
4,60	61,00	72,0	61,0	1,467	41,581	2,4
4,80	31,00	53,0	31,0	4,133	7,501	13,3
5,00	166,00	228,0	166,0	2,6	63,846	1,6
5,20	236,00	275,0	236,0	2,267	104,102	1,0
5,40	145,00	179,0	145,0	1,733	83,67	1,2
5,60	40,00	66,0	40,0	0,6	66,667	1,5
5,80	15,00	24,0	15,0	1,733	8,656	11,6
6,00	55,00	81,0	55,0	1,867	29,459	3,4
6,20	154,00	182,0	154,0	2,333	66,009	1,5
6,40	182,00	217,0	182,0	0,867	209,919	0,5
6,60	41,00	54,0	41,0	1,2	34,167	2,9
6,80	104,00	122,0	104,0	2,267	45,876	2,2
7,00	50,00	84,0	50,0	0,6	83,333	1,2
7,20	28,00	37,0	28,0	1,133	24,713	4,0
7,40	18,00	35,0	18,0	1,0	18,0	5,6
7,60	27,00	42,0	27,0	0,867	31,142	3,2
7,80	36,00	49,0	36,0	5,333	6,75	14,8
8,00	19,00	99,0	19,0	3,867	4,913	20,4
8,20	122,00	180,0	122,0	3,2	38,125	2,6
8,40	114,00	162,0	114,0	1,467	77,71	1,3
8,60	33,00	55,0	33,0	1,4	23,571	4,2
8,80	28,00	49,0	28,0	1,0	28,0	3,6
9,00	23,00	38,0	23,0	1,867	12,319	8,1
9,20	87,00	115,0	87,0	1,467	59,305	1,7
9,40	233,00	255,0	233,0	2,4	97,083	1,0
9,60	258,00	294,0	258,0	2,4	107,5	0,9
9,80	256,00	292,0	256,0	4,067	62,946	1,6
10,00	241,00	302,0	241,0	2,4	100,417	1,0
10,20	189,00	225,0	189,0	3,333	56,706	1,8
10,40	290,00	340,0	290,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
4,00	19,85	0,647	1,9	Incoerente-Coesivo	argilla sabbiosa e limosa
5,60	109,25	1,942	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa
6,00	35,0	1,8	2,0	Coesivo	argilla
7,00	106,2	1,453	2,0	Incoerente	sabbia debolmenteghiaiosa
8,00	25,6	2,44	2,0	Coesivo	argilla
10,40	156,167	2,083	2,0	Incoerente	sabbia debolmente ghiaiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.3**TERRENI COESIVI**Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	4,00	19,85	0,647	0,94	1,30	1,30	1,15	1,02	0,99
Strato 3	6,00	35,0	1,8	1,66	1,96	2,26	1,99	1,78	1,75
Strato 5	8,00	25,6	2,44	1,20	1,52	1,61	1,42	1,27	1,28

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	4,00	19,85	0,647	99,25	42,33	119,10	59,55
Strato 3	6,00	35,0	1,8	87,50	70,00	105,00	105,00
Strato 5	8,00	25,6	2,44	64,00	51,20	76,80	76,80

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	732,00	29,70
Strato 3	6,00	35,0	1,8	1286,63	52,50
Strato 5	8,00	25,6	2,44	927,75	38,40

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Imai & Tomauchi	173,82
Strato 3	6,00	35,0	1,8	Imai & Tomauchi	245,80
Strato 5	8,00	25,6	2,44	Imai & Tomauchi	203,05

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	4,00	19,85	0,647	1,4
Strato 3	6,00	35,0	1,8	1,18
Strato 5	8,00	25,6	2,44	0,69

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Meyerhof	1,97
Strato 3	6,00	35,0	1,8	Meyerhof	2,06
Strato 5	8,00	25,6	2,44	Meyerhof	2,01

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Meyerhof	2,05
Strato 3	6,00	35,0	1,8	Meyerhof	2,14
Strato 5	8,00	25,6	2,44	Meyerhof	2,09

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	4,00	19,85	0,647	35,69	41,39	43,11	36,26	48,67
Strato 2	5,60	109,25	1,942	75,9	88,18	87,73	76,82	72,21
Strato 4	7,00	106,2	1,453	71,5	80,33	80,67	72,38	62,38
Strato 6	10,40	156,167	2,083	78,14	86,27	86,61	79,07	63,21

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunouglu- Mitchell 1973	Caquot Kopp ejan	De Beer	Schmertm ann	Robertson & Campanella 1983	Hermin ier	Meyerhof 1951
Strato 1	4,00	19,85	0,647	33,73	30,12 27,14	25,4	33,79	37,91	25,14	25,91
Strato 2	5,60	109,25	1,942	39,3	35,7 33	30,75	40,35	43,81	32,66	45
Strato 4	7,00	106,2	1,453	38,03	34,3 31,54	29,41	39,25	42,43	30,21	45
Strato 6	10,40	156,167	2,083	38,51	34,71 31,96	29,8	40,08	42,84	30,91	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	49,63	39,70	219,01
Strato 2	5,60	109,25	1,942	273,13	218,50	591,96
Strato 4	7,00	106,2	1,453	265,50	212,40	675,47
Strato 6	10,40	156,167	2,083	390,42	312,33	881,97

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne- Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	4,00	19,85	0,647	37,15	77,86	151,13	39,70	99,25
Strato 2	5,60	109,25	1,942	79,84	234,28	880,86	163,88	163,88
Strato 4	7,00	106,2	1,453	75,54	228,29	852,08	159,30	159,30
Strato 6	10,40	156,167	2,083	84,89	326,30	1259,11	234,25	234,25

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Imai & Tomauchi	173,82
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Imai & Tomauchi	492,76
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Imai & Tomauchi	484,31
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Imai & Tomauchi	612,97

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	4,00	19,85	0,647	1,4	>9	2,15	>9
Strato 2	5,60	109,25	1,942	4,31	>9	0,87	>9
Strato 4	7,00	106,2	1,453	3,25	>9	1,05	>9
Strato 6	10,40	156,167	2,083	3,53	>9	0,99	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Kulhawy & Mayne (1990)	0,44
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Kulhawy & Mayne (1990)	0,90
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Kulhawy & Mayne (1990)	0,75
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Kulhawy & Mayne (1990)	0,79

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	4,00	19,85	0,647	0,134	0,01742
Strato 2	5,60	109,25	1,942	0,09402	0,01222
Strato 4	7,00	106,2	1,453	0,09414	0,01224
Strato 6	10,40	156,167	2,083	0,09654	0,01255

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Meyerhof	1,80
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Meyerhof	1,80
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Meyerhof	1,90
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Meyerhof	2,10
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Meyerhof	2,10
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Meyerhof	2,20
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Meyerhof	2,20

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,304**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Robertson & Wride 1997	2,139
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Robertson & Wride 1997	9,006
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Robertson & Wride 1997	6,377
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Robertson & Wride 1997	14,345

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Piacentini-Righi 1988	2,650684E-06
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Piacentini-Righi 1988	8,631822E-04
Strato 3	6,00	35,0	1,8	Piacentini-Righi 1988	6,121294E-11
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Piacentini-Righi 1988	4,915997E-03
Strato 5	8,00	25,6	2,44	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Piacentini-Righi 1988	5,379028E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	4,00	19,85	0,647	Piacentini-Righi 1988	0,1578482
Strato 2	5,60	109,25	1,942	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 3	6,00	35,0	1,8	Piacentini-Righi 1988	6,427359E-06
Strato 4	7,00	106,2	1,453	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	8,00	25,6	2,44	Piacentini-Righi 1988	7,68E-07
Strato 6	10,40	156,167	2,083	Piacentini-Righi 1988	0

Progetto: Supermarket via Prasecco
 Comune: Pordenone
 Progettista: Arch. Snidar

Normative di riferimento

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
 - Circolare 617 del 02/02/2009
 Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Dati

Geometria della fondazione

Simbologia adottata

Descrizione Descrizione della fondazione
Forma Forma della fondazione (N=Nastriforme, R= Rettangolare, C=Circolare)
X Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]
Y Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]
B Base/Diametro della fondazione espressa in [m]
L Lunghezza della fondazione espressa in [m]
D Profondità del piano di posa in [m]
 α Inclinazione del piano di posa espressa in [°]
 ω Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
Fondazione	(N)	0,00	--	2,00	--	1,00	0,00	0,00

Descrizione terreni e falda

Caratteristiche fisico-meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
 δ Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c Coesione del terreno espressa in [kPa]
ca Adesione del terreno espressa in [kPa]

Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]
UG01	20,000	20,000	0.00	0.00	100,0	100,0
UG02	19,000	19,000	33.00	33.00	0,0	0,0
UG03	20,000	20,000	0.00	0.00	160,0	160,0
UG04	19,000	20,000	33.00	33.00	0,0	0,0
UG05	20,000	20,000	0.00	0.00	100,0	100,0
UG06	20,000	20,000	33.00	33.00	0,0	0,0

Caratteristiche di deformabilità

Simbologia adottata

Descr Descrizione terreno
E_{ed} Modulo edometrico espresso in [kPa]
RR Rapporto di ricomprensione
CR Rapporto di compressione
OCR Grado di sovraconsolidazione
E Modulo di Young espresso in [kPa]
A Parametro di Skempton
E_u Modulo elastico non drenato espresso in [kPa]
E_{ed} Modulo edometrico espresso in [kPa]

Descrizione	Modulo edometrico	Curva edometrica			Modulo elastico	Skempton		
	E _{ed}	RR	CR	OCR	E	A	E _u	E _{ed}
	[kPa]				[kPa]		[kPa]	[kPa]
UG01	6000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	6000
UG02	20000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	20000
UG03	7000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	7000
UG04	15000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	15000
UG05	7000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	7000
UG06	15000	0,0000	0,0000	0,00	0	0,000	0	15000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° Identificativo strato
Z1 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno Terreno dello strato

Punto di sondaggio n° 1: X = 0,0 [m] Y = 0,0 [m]
 Punto di sondaggio n° 2: X = 3,0 [m] Y = 0,0 [m]
 Punto di sondaggio n° 3: X = 0,0 [m] Y = 3,0 [m]

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	[m]	[m]	
1	-4,2	-4,2	-4,2	UG01
2	-5,6	-5,6	-5,6	UG02
3	-6,2	-6,2	-6,2	UG03
4	-6,6	-6,6	-6,6	UG04
5	-8,0	-8,0	-8,0	UG05
6	-15,0	-15,0	-15,0	UG06

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

- γ_{Gsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
- γ_{Gfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
- γ_{Qsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
- γ_{Qfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
- $\gamma'_{tan\phi}$ Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
- γ'_c Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
- γ'_{cu} Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
- γ'_{qu} Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
- γ'_f Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaassiale delle rocce

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma'_{tan\phi}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ'_c	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ'_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniaassiale	γ'_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ'_f	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche geotecniche:

		R1	R2	R3
Capacità portante	γ'_r	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	γ'_r	1.00	1.10	1.10

Condizioni di carico

Le condizioni di carico definite rappresentano le combinazioni di calcolo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

- Carichi verticali positivi verso il basso.
- Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
- Momento positivo senso antiorario.

- Fondazione Nome identificativo della fondazione
- N Sforzo normale totale espressa in [kN]
- Mx Momento in direzione X espressa in [kNm]
- My Momento in direzione Y espresso in [kNm]
- ex Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
- ey Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
- β Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
- T Forza di taglio espressa in [kN]

Condizione n° 1 - Condizione n° 1 - STR - A1-M1-R3

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]		[kN]
Fondazione	130,000	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	0,000

Condizione n° 2 - Condizione n° 2 - SLEQ - Sismica

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]		[kN]
Fondazione	100,000	0,000	0,000	0,0	0,0	90,0	0,000

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 STR - A1-M1-R3

Nome	γ	Ψ
Condizione n° 1	1.00	1.00

Combinazione n° 2 SLEQ

Nome	γ	Ψ
Condizione n° 2	1.00	1.00

Opzioni di calcolo

Analisi in condizioni non drenate

Verifica al carico limite

Metodo di calcolo della portanza: Brinch-Hansen

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

Criterio per il calcolo del macrostrato equivalente: MEDIA ARITMETICA

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: SANO [7,00(%)]

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Verifica allo scorrimento

Partecipazione spinta passiva terreno di rinfiacco: 0.00 (%)

Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con i seguenti metodi:

- **metodo Edometrico** utilizzando il modulo edometrico

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è:

0,05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Risultati

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kPa]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kPa]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kN]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kN]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kN]
<i>η</i>	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q _u [kPa]	q _d [kPa]	P _u [kN]	P _d [kN]	V [kN]	η
1	1	NO	637	277	1273,60	553,74	130,00	4.26

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kPa]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kPa]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidezza
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidezza critico

Cmb	Fnd	H [m]	γ [kN/mc]	ϕ [°]	c [kPa]	G [kPa]	B' [m]	L' [m]	R _{ex}	R _{ey}	I _c	I _{RC}
1	1	0,99	20,0000	0.00	100	0	2,00	1,00	--	--	1.00	13.56

Fattori correttivi verifica capacità portante

Combinazione n° 1

Fondazione n° 1

Fattori di capacità portante	N _c = 5.14	N _q = 1.00	N _γ = 0.00
Fattori di forma	S _c = 1.00	S _q = 1.00	S _γ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.20	D _q = 1.00	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

Verifica allo scorrimento

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Identificativo della combinazione
R_{ult1}	Resistenza offerta dal piano di posa per attrito ed adesione espressa in [kN]
R_{ult2}	Resistenza passiva offerta dall'affondamento del piano di posa espressa in [kN]
<i>R</i>	Somma di R_{ult1} e R_{ult2}
R_d	Resistenza di progetto allo scorrimento espressa in [kN]
<i>H</i>	Forza di taglio agente al piano di posa espresso in [kN]
η	Coeff. di sicurezza allo scorrimento ($\eta=R_d/H$)

Cmb	Fnd	R_{ult1} [kN]	R_{ult2} [kN]	R [kN]	R_{amm} [kN]	H [kN]	η
1	1	200,00	0,00	200,00	181,82	0,00	100,00

Cedimenti

Cedimento complessivo

Simbologia adottata

<i>cmb</i>	Identificativo della combinazione
<i>w_f</i>	cedimento finale espresso in [cm]
<i>H</i>	spessore strato compressibile espresso in [m]
<i>X</i>	coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]
<i>Y</i>	coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Fondazione

cmb	w_f [cm]	H [m]	X [m]	Y [m]
2	1,21	6,70	0,00	0,00
2	0,81	6,50	-1,00	0,00
2	0,81	6,50	1,00	0,00

Cedimento dei singoli strati

Simbologia adottata

<i>Strato</i>	Identificativo dello strato
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato
ΔH	Spessore dello strato espresso in [m]
Δw	Cedimento dello strato espresso in [cm]

Combinazione n° 2 (Fondazione n° 1)

Strato	Terreno	ΔH [m]	Δw [cm]
1	UG01	3,20	1,0489
2	UG02	1,40	0,0663
3	UG03	0,60	0,0651
4	UG04	0,40	0,0185
5	UG05	0,10	0,0095
		5,70	1,2083