

COMUNE DI NETTUNO

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

SCALA ESTERNA EDIFICIO EX OSTELLO VIA DELLA VITTORIA

Via della Vittoria Nettuno (Rm)

C.I.G.: Z4B2D6E9A7

Committente	Verb. Determ. N.	Comm.	Rev.		
	DD 711 del 02/07/2020	C_04_020	00		
Redazione				Documento	Data
Dott. Geol Pier Francesco Grangiè				RG	Roma luglio 2020



SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA.....	4
3.	UBICAZIONE CARTOGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DEL SITO.....	4
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
5.	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE – INTERAZIONE CON FALDA ACQUIFERA	6
6.	SISMICITA'	6
7.	RISCHIO GEOLOGICO E VULNERABILITA'	7
8.	INDAGINI GEOLOGICHE.....	8
8.1.	PROVA PENETROMETRICA PESANTE (DPSH).....	9
8.2.	CAMPIONI DI TERRENO	12
9.	MODELLO GEOLOGICO	14
10.	PROVE SISMICHE	14
10.1.	METODOLOGIA OPERATIVA	16
10.2.	MOTO DEL SEGNALE SISMICO.....	16
10.3.	ANALISI DEL SEGNALE CON TECNICA MASW	16
10.4.	MODELLIZZAZIONE.....	17
10.5.	MODI DI VIBRAZIONE	17
10.6.	PROFONDITÀ DI INDAGINE	17
10.7.	ELABORAZIONE DATI.....	17
10.8.	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE	22
10.9.	CATEGORIA DELL'AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	23
11.	ZONAZIONE SISMICA E PARAMETRI SISMICI SITO SPECIFICI.....	24
12.	CONCLUSIONI	26

ALLEGATI

All. n. 1 Carta litologica scala 1:4.000

All. n. 2 Prove DPSH

All. n. 3 Certificati di laboratorio geotecnico

All. n. 4 Profilo geologico interpretativo

1. PREMESSA

Il Comune di Nettuno, con Determina Dirigenziale della AREA TECNICA - ASSETTO DEL TERRITORIO NR. 711 DEL 02/07/2020, ha conferito l'incarico alla Geotiber srl la redazione della relazione geologica finalizzata alla caratterizzazione geologica geotecnica e sismica dei terreni posti presso EDIFICIO EX OSTELLO sito in Via delle Vittoria, 2 attualmente sede degli uffici della polizia locale.

I dati sono ricavati da una campagna geognostica e geofisica eseguita dalla Società Geotiber S.r.l..

Il fine è di fornire un esauriente inquadramento idrogeologico, sismico e geotecnico del sito interessato dal progetto di recupero edilizio del manufatto in oggetto.

La campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH). La finalità dell'indagine è stata la verifica della stratigrafia locale e la determinazione dello stato di addensamento dei terreni di sedime.

L'aspetto geofisico è stato analizzato tramite l'esecuzione di n. 2 stendimenti geofisico tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Per la ricostruzione geologico geotecnica e sismica sono stati inoltre utilizzati i dati scaturiti da una precedente campagna geognostica e sismica, effettuata a cura della Geotiber srl a seguito di incarico conferito dal Comune di Nettuno eseguita nell'area di sedime della sede comunale situata a circa m 400 a sud del sito in esame. La campagna geognostica e geofisica eseguita presso la sede del Comune di Nettuno è consistita nell'esecuzione di n. 1 perforazione a carotaggio continuo, prelievo di campioni di terreno, avviati successivamente in laboratorio geotecnico, n 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH). L'aspetto geofisico è stato analizzato tramite l'esecuzione di n. 1 stendimento geofisico tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La relazione è stata redatta in conformità con quanto previsto dalle seguenti normative:

- D.M. del 11/03 /1988 e dalla legge n°64 del 1974, "Norme Tecniche Riguardanti le Indagini sui Terreni e sulle Rocce, la Stabilità dei Pendii Naturali e delle scarpate, i Criteri Generali e Prescrizioni per la Progettazione, l'esecuzione e il Collaudo delle Opere di Sostegno delle Terre e delle Opere di Fondazione";
- R.D. n° 326/23 e successive modificazioni ed integrazioni e R.D. n° 1126/26. "Vincolo idrogeologico";
- Deliberazione della Giunta Regionale n°2649 del 18 maggio 1999 "Linee guida e documentazione per l'indagine geologica e per l'indagine vegetazionale;
- della legge 02 febbraio 1974 n° 64";
- D.M. 14/01/2008 6.2.1 - DPR 328/01 - art. 41"
- D.M. 14/01/2008 6.2.1. – circ. 617/09 10.1 - DPR 328/01 - art. 41" - D.M. 14/01/2008 3.2 – Circ. 617/09 – 10.1 Circolare 769 del 2 novembre 1982 Dell'Assessorato ai LLPP modifiche alla Circolare 3317 del 29 ottobre 1980.

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Deliberazione della Giunta Regionale n°766 del 01 agosto 2003 “Nuova classificazione sismica della Regione Lazio”.
- Norme tecniche per le costruzioni. NTC 18 gennaio 2018 DM 17 gennaio 2018

2. LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

Secondo quanto disposto dalla DGR 375 05/07/2016 All C, per indicare il livello di vulnerabilità dell'opera si riassume quanto segue:

Intervento proposto – adeguamento sismico costruzione con funzione pubblica;

Classe D'uso IV

Zona Sismica 3A

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA: MEDIO

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

3. UBICAZIONE CARTOGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DEL SITO

Il settore di interesse si pone nella zona portuale della città di Nettuno presso via della Vittoria 2 ed è compresa nel Foglio 399120 della Carta Regionale Tecnica (CTR) scala 1:10.000 e nel Foglio 399122 della Carta Tecnica Regionale (CTR), foglio geologico F 158 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000. Il sito in esame è posto a circa 15 m. s.l.m.



Ubicazione area indagine

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del comune di Nettuno si colloca lungo la fascia litoranea della pianura pontina chiusa verso Nord-Ovest dai rilievi vulcanici de Monti Albani e verso Nord-Est dai rilievi calcarei dei monti Lepini, presentando una morfologia sostanzialmente piatta. In alcuni punti del territorio del Comune di Anzio la costa si presenta a falesia ed è formata da una arenaria calcarea fossilifera chiamata "MACCO", che va gradatamente appiattendosi avvicinandosi a Nettuno.

La storia geologica del territorio di Nettuno inizia quando si hanno le prime avvisaglie di emersione da un mare "pliocenico" che ricopriva tutta la regione.

Alla fine del periodo Pliocene, circa un milione e 800 mila anni fa, si verificarono importanti cambiamenti: il clima si era andato raffreddando.

I depositi del Pliocene inferiore (5-6 milioni di anni) costituiti da argille passanti in alcuni punti a marne sabbiose con una variazione di facies, affiorano a Nettuno in una culminazione anticlinale in località tra Lavinio e Tor Caldara, a Tor Caldara, tra Tor Caldara ed Anzio. Esse costituiscono anche il basamento impermeabile che si trova a qualche centinaio di metri non solo nella zona di Nettuno ma anche di quasi tutta la costa tirrenica fino alle pendici degli Appennini.

Queste argille a marne a Nettuno sono poco ricche di fossili macroscopici, mentre più numerosi sono i microfossili con predominanza di resti planctonici.

Il Pliocene medio e superiore è caratterizzato da una arenaria calcarea fossilifera chiamata "MACCO".

Il contatto tra argille (Pliocene inferiore) e "MACCO" (Pliocene medio e superiore) è continuo, mentre in alcuni punti, tra Tor Caldara e Anzio le argille vengono a contatto netto con le marne, nate in una situazione batimetrica diversa delle argille. Il "MACCO" quindi si è formato quando il mare pliocenico andava assottigliandosi presentandosi ricco in fossili (Echinidi, Pecten e frantumi di molte altre conchiglie) e foraminiferi bentonici e sede anche della falda idrica più importante della zona.

L'Era quaternaria inizia con una trasgressione marina, causa dell'emersione dell'area in studio, iniziando anche un'attività vulcanica che porta alla deposizione dei tufi grigi, ricchi di inclusi calcarei del substrato, di leucite, di biotite, di augite e di fossili marini e terrestri.

Per centinaia di migliaia di anni continuò l'attività vulcanica con la deposizione di ceneri, lave, pozzolane, e la formazione di tufi.

A seguito della regressione post TIRRENIANA emerge tutta la pianura costiera che fu ricoperta da sabbie dunari dove, in particolare, nella zona in studio sovrastano la formazione del Macco.

Per i dettagli si rimanda allo stralcio di carta geologica in allegato (Allegato 2).

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE – INTERAZIONE CON FALDA ACQUIFERA

Per quanto concerne i caratteri idrogeologici, nella zona si individuano litologie caratterizzate da un grado di permeabilità variabile passando da termini da mediamente a permeabili per porosità a permeabili (sabbie). La formazione del Macco nell'area in studio presenta una permeabilità per porosità variabile con il grado di cementazione: ha buona a elevata permeabilità dove sono presenti spaccature; è semipermeabile o impermeabile quando è preponderante la parte limoso-argillosa.

Nei pressi d'area sono stati effettuati dei sondaggi geognostici attrezzati con piezometri al fine di verificare la presenza di falda idraulica. Le misure indicano che la falda più prossima al piano campagna si attesta a circa 4.80 mt p.c.

6. SISMICITA'

In base alla zonizzazione sismica, definita dalla Deliberazione di Giunta Regionale n° 387 del 22 maggio 2009, il territorio del comune di Nettuno è stato riclassificato sulla base dei criteri nazionali stabiliti dall'OPCM 3519/06.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	CORRELAZIONE CON Ag CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI
1		0,25 < _Ag < 0,278 (val Max per il Lazio)
2	A	0,20 < _Ag < 0,25
	B	0,15 < _Ag < 0,25
3	A	0,10 < _Ag < 0,15
	B	(val. min.) 0,062 < _Ag < 0,10

La riclassificazione presenta sottozone sismiche che permettono di definire aree intermedie di pericolosità.

I criteri alla base della riclassificazione permettono di esprimere la pericolosità sismica in valori di accelerazione di picco su suolo rigido (ag), non più come classe unica, ma suddivisa in sottoclassi. per ogni zona sismica, con intervalli di 0,025 g. La nuova riclassificazione regionale si basa su 3 zone sismiche a differenza delle 4 della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4.

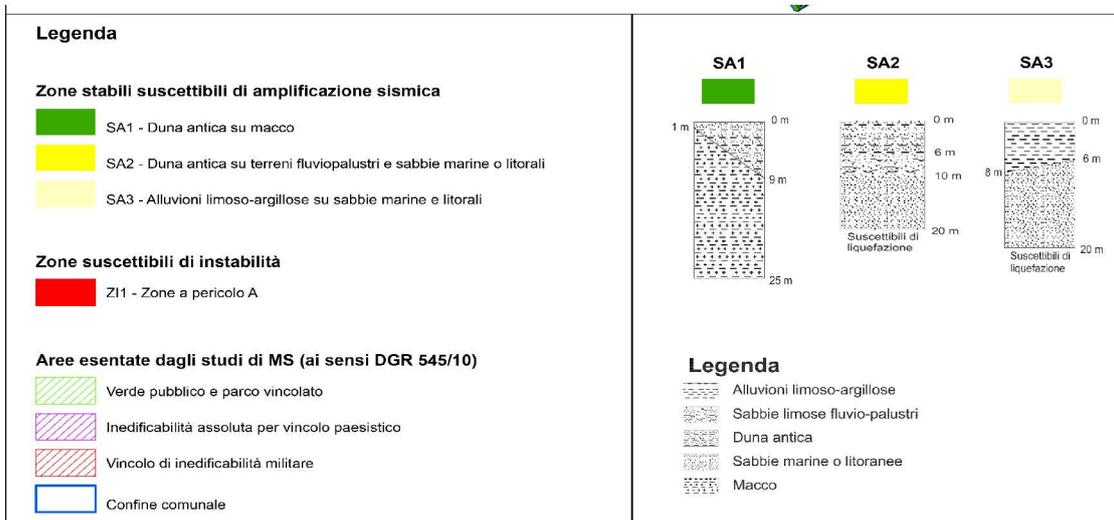
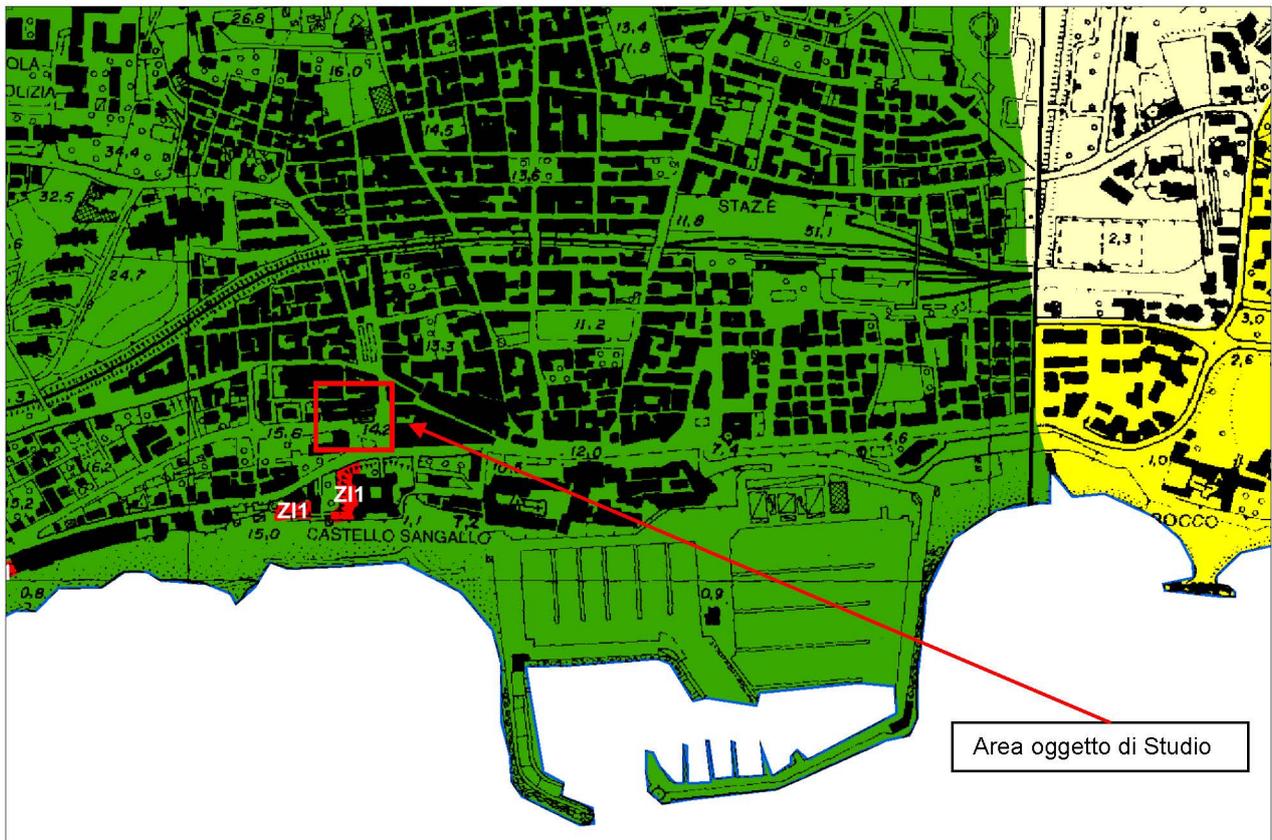
La zona sismica 1, con massima pericolosità sismica, non presenta sottozone pertanto la sottozonazione ha interessato le rimanenti due classi (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona 3B corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3).

Con riferimento alla zonazione sismica dei comuni Italiani il Comune di Nettuno è classificato come zona sismica **3A**.

7. RISCHIO GEOLOGICO E VULNERABILITA'

Per il rischio geologico e la vulnerabilità del sito vengono presi in considerazione sia le risultanze di carattere geomorfologico derivanti dal rilevamento geologico speditivo di superficie che i dati bibliografici derivanti dalla cartografia edita dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere - P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) adottato con modifiche ed integrazione dal Comitato Istituzionale con Delibera n.114 del 05 aprile 2006, DPCM deliberato dal Consiglio dei Ministri nella seduta n. 22 del 10 novembre 2006 e le risultanze dello Studio di Livello 1 di Microzonazione Sismica dell'Unità Amministrativa Sismica del comune di Nettuno Validato ai sensi della DGR Lazio n 545 del 26 novembre 2010 con Determinazione Regione Lazio n. A0587617/07/2013

Dalla verifica della cartografia del PAI non sono presenti elementi di geomorfologia attiva, potenziali o quiescenti.



Stralcio carta microzonazione sismica 1 livello

8. INDAGINI GEOLOGICHE

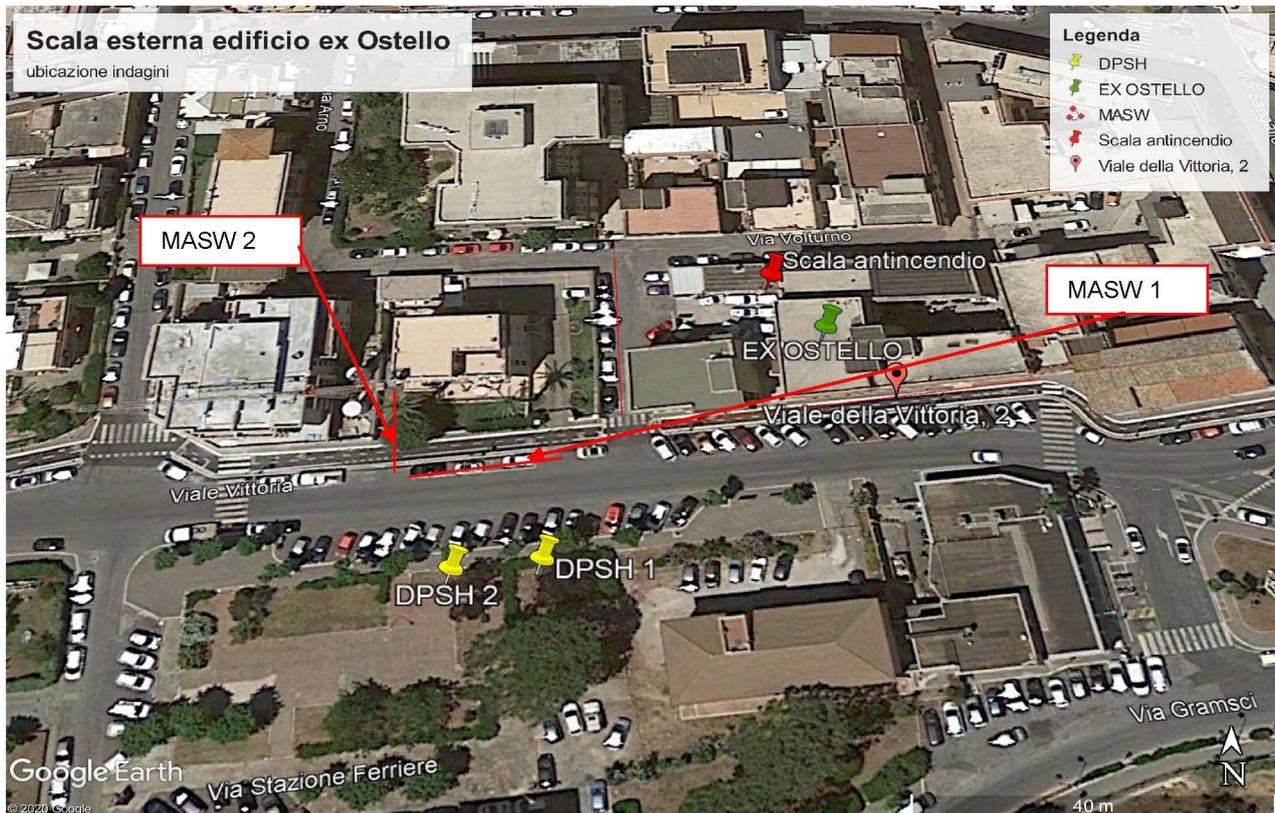
A seguito di quanto riportato in premessa ed in relazione al contesto geologico del sito l'indagine si è articolata attraverso le seguenti fasi:

Indagine preliminare

- analisi dei dati bibliografici

- rilevamento geologico speditivo di campagna;
Indagine geotecnica
- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche pesanti (DPSH)
Indagine Geofisica
- esecuzione di n.1 prova geofisica tipo MASW

Le posizioni delle indagini effettuate sono indicate nella figura successiva.



Ubicazione indagini

8.1. PROVA PENETROMETRICA PESANTE (DPSH)

Sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche pesanti (DPSH) tramite penetrometro dinamico DPSH 63M della Geo Deep Drill di seguito denominate **DPSH 1** e **DPSH 2**. La prova penetrometrica dinamica (DPSH) consiste nell'infingere nel terreno, utilizzando una massa battente, una punta conica (per tratti consecutivi) misurandone il numero di colpi N necessari all'avanzamento. In relazione al N registrato è possibile evidenziare livelli a diverso stato di addensamento/consistenza.

L'utilizzo di correlazioni empiriche permette una sommaria parametrizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M

- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici)

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente)

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa battente M (kg)	prof.max indagine (m)
Leggero	DPL (Light)	M < 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M > 60	25

Correlazione con NSPT

Si correla il valore del numero di colpi di una prova dinamica (N) con NSPT secondo la seguente relazione

$$NSPT = \beta_t N$$

con:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ / N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N 1)60

(N1)60 è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

(N1)60 = CN × N60 con $CN = \sqrt{(Pa / \sigma'_{vo})}$ $CN < 1.7$ $Pa = 101.32 \text{ kPa}$ (Liao e Whitman 1986)

$N60 = NSPT \times (ER/60) \times C_s \times C_r \times C_d$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico (Prova penetrometrica dinamica) della Soc. Sgeo.

Dettaglio della prova DPSH.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche e la tipologia dello strumento utilizzato:

Penetrometro tipo DPSH, (Dynamic Penetration Super Heavy) Meardi A.G.I. (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE);

Caratteristiche Tecniche

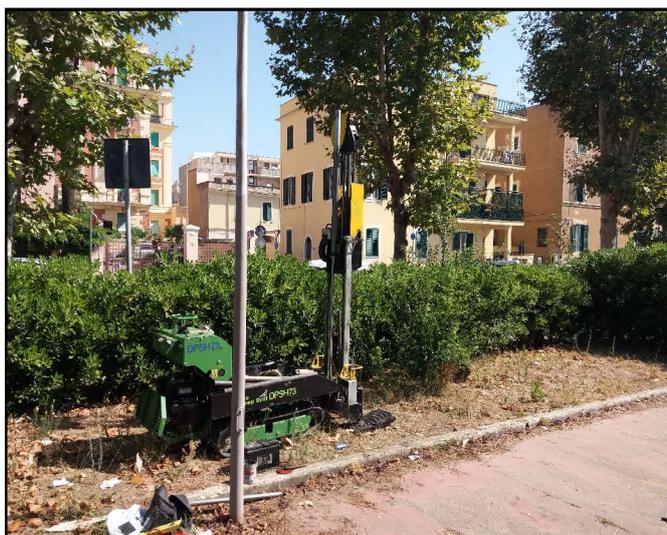
Rif. Norme DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5 kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	6 kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²

Lunghezza delle aste	0,90 m
Peso aste a metro	5,50 kg/m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,00
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°

Le prove eseguita sono terminate alla profondità di circa 4,80 mt. per la DPSH 1 E 4.20 mt. per la DPSH 2 dal p.c..

I terreni attraversati sono per il primo metro circa costituiti da terreni di riporto probabilmente a granulometria limo sabbiosi poco addensati e da limi sabbiosi e sabbie da addensati a molto addensanti, vedi allegato 2.

DPSH 1



DPSH2



8.2. CAMPIONI DI TERRENO

L'area è intensamente antropizzata e pertanto non stato possibile prelevare un campione di terreno da avviare in laboratorio geotecnico. Per la parametrizzazione geotecnica sono stati utilizzati i campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione di sondaggi geognostici eseguiti dalla Geotiber srl per la progettazione dell'adeguamento sismico del Palazzo Comunale sito in Via Giacomo Matteotti situata a circa 400 m a sud del sito in esame. I due siti hanno le stesse caratteristiche litostratigrafiche e pertanto posso essere messi in relazione.

I campioni sono stati prelevati utilizzando un campionatore semplice a pareti sottili Shelby diam est. 88.9 mm. Sui campioni prelevati vengono operate le manovre di normalizzazione delle superfici esterne e sigillatura con paraffina delle estremità. Le tabelle successive indicano le prove geotecniche eseguite, oltre le normali caratterizzazioni fisiche di dettaglio. Per i risultati si rimanda l'All. n. 3 che contempla i certificati di laboratorio geotecnico.

Tabella riassuntiva campioni

ID Sondaggio	ID Campione	Prof m da p.c.
S1	S1C1	7.00-7.40
	S1C2	9.20-9.50

Tabella riassuntiva campioni e prove di laboratorio

ID Sondaggio	ID Campione	Prof. m da p.c.	Prove laboratorio	Parametri geotecnici determinati
S1	S1C1	7.00-7.40	Caratt, Gran, Sc, prova edometrica	gn, Wn,, LL, LP, CU
	S1C2	9.20-9.50	Peso volume, prova compressione uniassiale	γ_n , res compress



9. MODELLO GEOLOGICO

Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geologico schematico:

Nell'area in oggetto affiorano al top terreno di riporto limo sabbioso al di sotto di esso sono presenti sabbie di origine eolica a granulometria medio fine al di sopra della calcarenite organogena a tratti semilitoide appartenente alla formazione del "Macco".

Viene inoltre proposto un profilo geologico interpretativo per la cui consultazione si rimanda all' Allegato n. 4

10. PROVE SISMICHE

Per la definizione dei parametri sismici dell'area in studio è stata utilizzata la seguente indagine geofisica: nr. 2 stendimenti geofisico con tecnica MASW.

La tecnica MASW si concentra sull'analisi delle onde di Rayleigh eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato.

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.

La determinazione delle Vs30 (velocità delle onde s nei primi 30 m di profondità) e quindi la categoria del terreno di fondazione in relazione alle NTC2008 viene ottenuta eseguendo una prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nel caso specifico vengono eseguiti n. 2 profili MASW, ubicati secondo quanto riportato nella figura ubicazione indagini.

Di seguito le caratteristiche geometriche delle linee MASW

ID MASW	Nr. Geofoni	Off set (m)	Interdistanza dx (m)
Masw 1	24	2 - 4	2.0
Masw 2	12	2 - 4	2.0

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo MAE – A 6000s a 24 bit con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV

- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Sistema Operativo: Windows Embedded Standard 2009
- Cavo sismico 12 take out, spaziatura 5 m
- Geofoni verticali 4 Hz
- Geofono starter 10Hz
- Alimentazione Power box 12V 22Ah
- Energizzazione Mazza 10Kg



sismografo M.A.E mod. A6000S - 24 bit

Per l'elaborazione delle tracce sismiche si è utilizzato il software Win Masw. L'interpretazione delle tracce sismiche viene eseguita attraverso la modellazione della curva di dispersione teorica nel campo Frequenze (Hz) Velocità (m/sec).

Dalle risultanze della prospezione geofisica sono stati riscontrati sismostrati a diverse velocità dalla quale si evince lo spessore e la relativa velocità delle onde di taglio. La verifica della categoria di sottosuolo considera soltanto i primi 30 metri di profondità che per le fondazioni superficiali è riferita al piano di imposta delle stesse. In considerazione di quanto sopra si procede alla valutazione della velocità delle onde di taglio $V_{s,30}$ definita dalla media armonica ponderata di cui all'espressione 3.2.1 del D.M. del 14/01/2008:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

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

10.1. METODOLOGIA OPERATIVA

L'acquisizione di set di dati per l'indagine MASW comporta il posizionamento lungo una linea con una determinata spaziatura intergeofonica di nr prestabilito secondo lo schema riportato nella figura sottostante

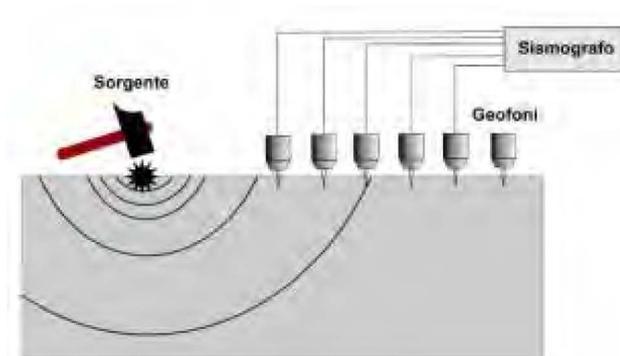


Figura Schema acquisizione segnali sismici

I dettagli della geometria della linea sismica sono stati riportati nei paragrafi precedenti.

All'estremità dell'allineamento ad una distanza (off set), in genere multipla (nX) della distanza intergeofonica, dal primo geofono si esegue l'energizzazione per la creazione di onde meccaniche. La propagazione delle onde prodotte viene quindi rilevata ad ogni singolo geofono e registrata dal sismografo.

10.2. 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.

10.3. ANALISI DEL SEGNALE CON TECNICA MASW

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.

10.4. 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.

10.5. 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.

10.6. 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.

Di seguito vengono rappresentati i dati ricavati dall'indagine geofisica in oggetto.

10.7. ELABORAZIONE DATI

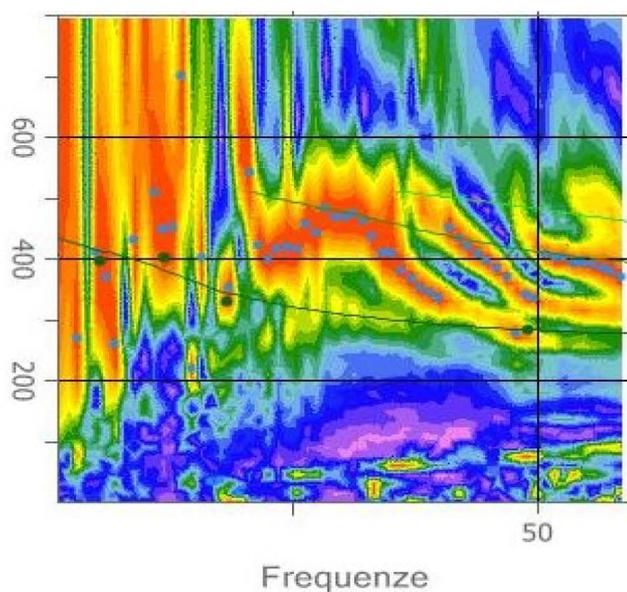
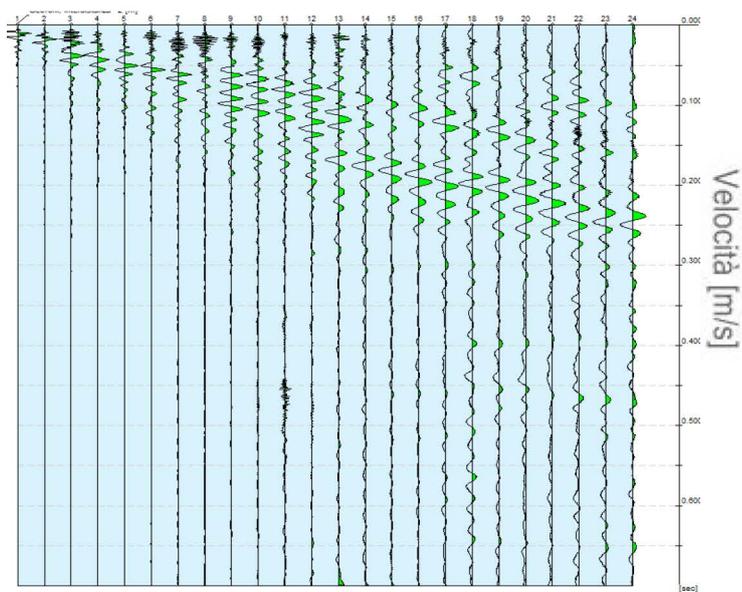
Per l'elaborazione delle tracce sismiche si è utilizzato il software Easy Masw. L'interpretazione delle tracce sismiche viene eseguita attraverso la curva di dispersione teorica nel campo Frequenze (Hz) Velocità (m/sec) con modellazione 1D. I punti della curva di dispersione sono stati individuati automaticamente e poi manualmente per visualizzare e selezionare le curve di inversione più vicine al modello scelto. A fatto quindi seguito la determinazione delle VSeq, il tipo di suolo, il profilo di velocità e i parametri geotecnici del terreno.

Di seguito si riportano le elaborazioni delle singole prove di cui se ne riassume in riassume in forma tabellare il valore della VS30 per ogni singolo profilo sismico.

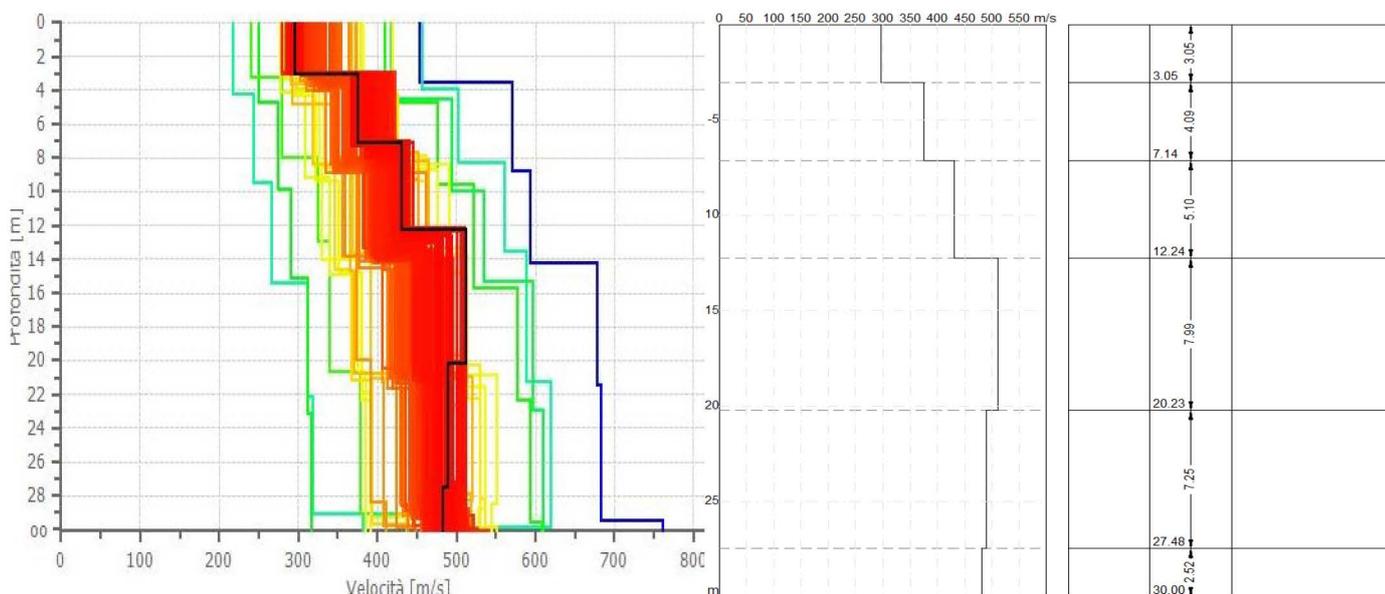
ID PROVA	Vs eq/Vs30 [m/sec]
MASW 1	436,87
MASW 2	437,91

MASW 1_Via Della Vittoria – Nettuno

N. tracce | 24
 Durata acquisizione [msec] | 700.0
 Interdistanza geofoni [m] | 2.0
 Periodo di campionamento [msec] | 0.50



n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.3	396.1	0
2	11.9	402.0	0
3	18.4	328.8	0
4	49.1	282.0	0



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.05	3.05	1800.0	0.20	No	483.3	295.9
2		7.14	4.09	1800.0	0.20	No	613.3	375.5
3		12.24	5.10	1800.0	0.20	No	703.5	430.8
4		20.23	7.99	1800.0	0.20	No	835.7	511.8
5		27.48	7.25	1800.0	0.20	No	800.0	489.9
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	787.9	482.5

Percentuale di errore

0.193 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.041

Risultati

Profondità piano di posa [m] | 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 436.87
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

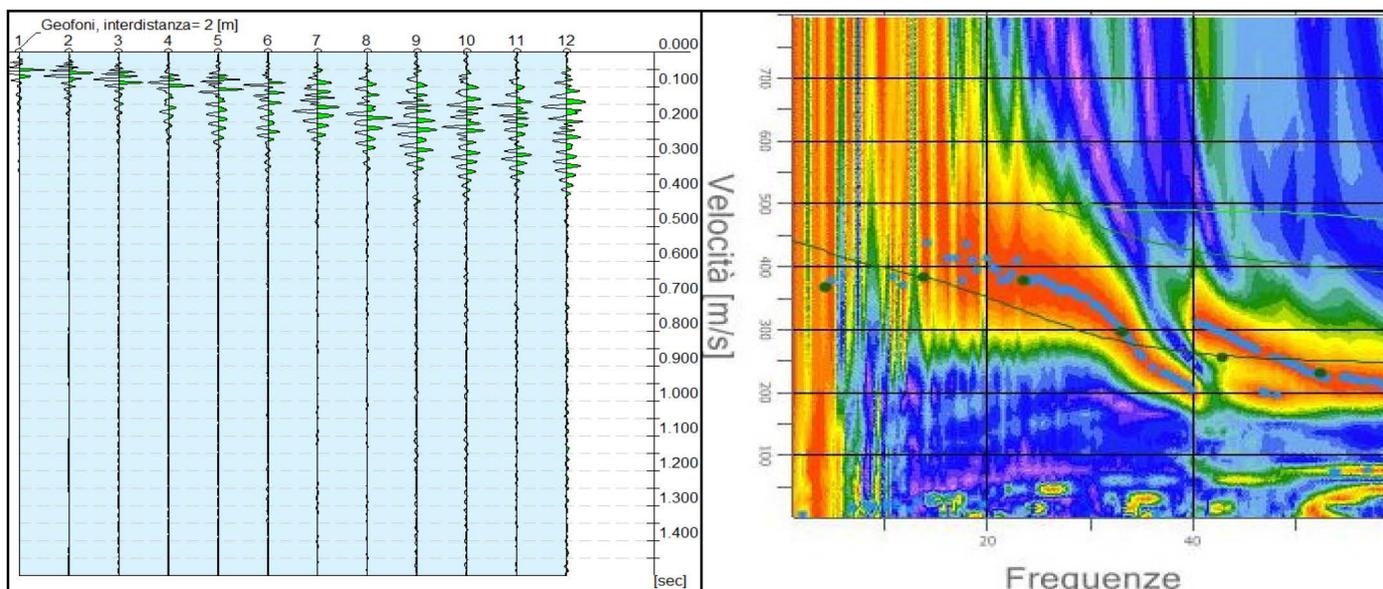
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.05	3.05	295.95	483.28	1800.00	0.20	157.65	420.40	210.20	378.36	N/A	N/A
2	7.14	4.09	375.54	613.26	1800.00	0.20	253.86	676.95	338.48	609.26	N/A	N/A

3	12.24	5.10	430.79	703.48	1800.00	0.20	334.05	890.79	445.40	801.71	N/A	N/A
4	20.23	7.99	511.77	835.72	1800.00	0.20	471.44	1257.18	628.59	1131.46	N/A	N/A
5	27.48	7.25	489.91	800.01	1800.00	0.20	432.01	1152.04	576.02	1036.83	N/A	N/A
6	oo	oo	482.51	787.94	1800.00	0.20	419.07	1117.53	558.76	1005.78	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

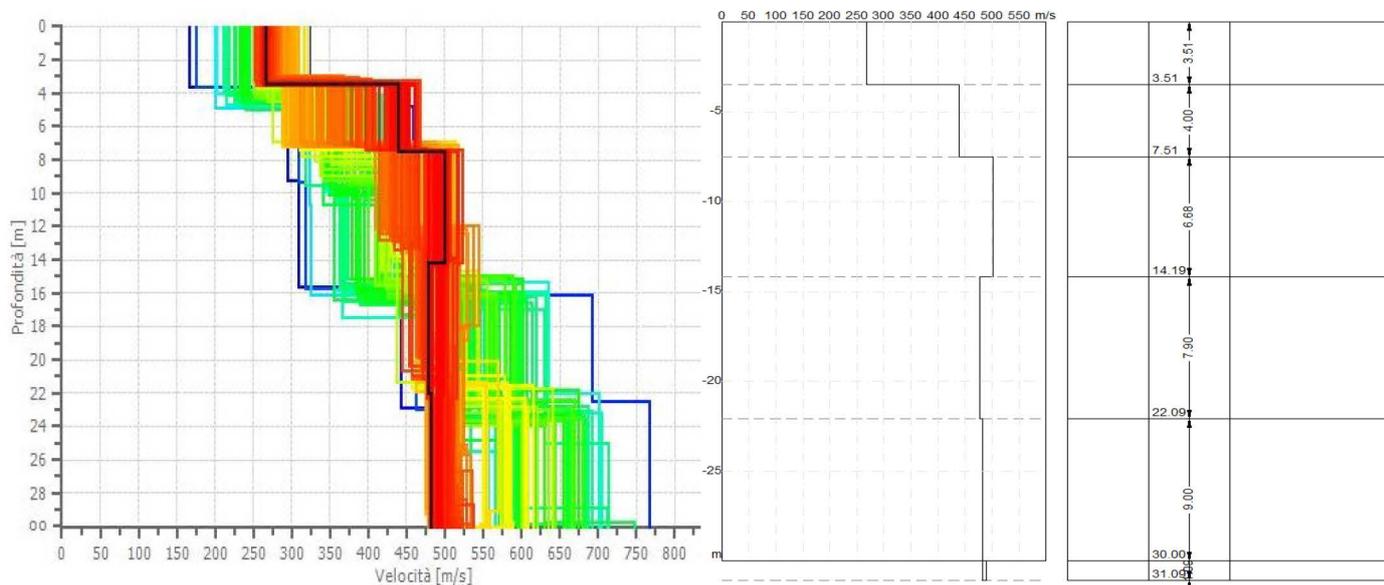
MASW 2_Via Della Vittoria – Nettuno

N. tracce | 12
 Durata acquisizione [msec] | 2048.0
 Interdistanza geofoni [m] | 2.0
 Periodo di campionamento [msec] | 0.50



n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.2	366.9	0
2	13.9	381.5	0
3	23.6	376.3	0
4	33.3	295.6	0

5	43.0	254.9	0
6	52.6	229.9	0



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.51	3.51	1800.0	0.20	No	436.2	267.1
2		7.51	4.00	1800.0	0.20	No	717.1	439.1
3		14.19	6.68	1800.0	0.20	No	818.0	500.9
4		22.09	7.90	1800.0	0.20	No	780.5	478.0
5		31.09	9.00	1800.0	0.20	No	788.1	482.6
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	799.6	489.7

Percentuale di errore

0.971 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.091

Risultati

Profondità piano di posa [m] | 0.00
 Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 437.91
 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]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.51	3.51	267.14	436.24	1800.00	0.20	128.46	342.55	171.28	308.30	N/A	3256.97
2	7.51	4.00	439.12	717.08	1800.00	0.20	347.08	925.56	462.78	833.00	N/A	N/A
3	14.19	6.68	500.91	817.99	1800.00	0.20	451.65	1204.39	602.19	1083.95	N/A	N/A
4	22.09	7.90	477.98	780.54	1800.00	0.20	411.24	1096.65	548.32	986.98	N/A	N/A
5	31.09	9.00	482.63	788.13	1800.00	0.20	419.28	1118.08	559.04	1006.27	N/A	N/A
6	oo	oo	489.67	799.62	1800.00	0.20	431.59	1150.91	575.46	1035.82	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

10.8. DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Dalla elaborazione delle MASW sono scaturiti i valori di Vs elencati nella seguente tabella:

ID MASW	Vs30 (m/sec)
MASW1	436.87
MASW2	437.91

La seguente tabella permette di determinare, con approccio semplificato, la categoria di sottosuolo individuata a seguito della determinazione dei valori delle Vs30 (m/sec).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,</i> 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,</i> con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categorie di sottosuolo

La categoria scaturita è riassunta nella seguente tabella:

ID MASW	Vs30 (m/sec)	Categorie di sottosuolo
MASW1	436.87	B

MASW2	437.91	B
-------	--------	---

10.9. CATEGORIA DELL'AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Tra i parametri che determinano la valutazione dell'azione sismica rientra l'amplificazione topografica del sito.

Per amplificazione topografica si intendono quei fenomeni legati ad aspetti morfologici di sito sulla risposta sismica locale.

A seguito della recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categorie topografiche

Le categorie topografiche precedentemente riportate fanno riferimento a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

In assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale la determinazione del coefficiente topografico S_T in funzione delle categorie topografiche può essere fatta con l'utilizzo della seguente tabella

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2

T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4
----	---	-----

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Nel caso in esame in relazione ai dati cartografici analizzati indicativamente il sito si pone in zona pianeggiante e rientra nella categoria topografica T1.

11. ZONAZIONE SISMICA E PARAMETRI SISMICI SITO SPECIFICI

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 e smi, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

I parametri di sito specifici sono scaricabili collegandosi a siti dedicati.

Nello specifico è stato utilizzato il sito <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

Attraverso l'utilizzo della geo app fornita dalla Geo Stru vengono determinati i valori dei parametri dell'azione sismica sito specifica in funzione della classe dell'edificio, della categoria di terreno per una vita nominale di 50 anni.

La figura successiva indica l'ubicazione del sito in esame all'interno della maglia di calcolo

The screenshot displays the GeoStru PS Advanced web application interface. On the left, a map shows the location of the site in Nettuno, Italy, with a red square indicating the calculation grid. The main panel is divided into several sections:

- Stati limite:** A table showing seismic limits for different states.
- Coefficienti sismici:** A table showing seismic coefficients for various categories.

Stato Limite	Tr [anni]	α_g [g]	F ₀	T ₀ [s]
Operatività (SLO)	60	0.044	2.539	0.273
Danno (SLD)	101	0.053	2.557	0.288
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.107	2.717	0.333
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.130	2.736	0.343
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.20	1.20	1.20	1.20
CC Coeff funz categoria	1.43	1.41	1.37	1.36
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00
Acc. max attesa al sito [m/s²]	0.5			
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
III	0.011	0.013	0.031	0.038
IV	0.005	0.006	0.015	0.019
Ampl [m/s²]	0.517	0.629	1.259	1.533
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 41,458312
longitudine: 12,656894
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 30290	Lat: 41,4816	Lon: 12,6228	Distanza: 3842,189
Sito 2	ID: 30291	Lat: 41,4821	Lon: 12,6895	Distanza: 3787,574
Sito 3	ID: 30513	Lat: 41,4321	Lon: 12,6901	Distanza: 4019,857
Sito 4	ID: 30512	Lat: 41,4316	Lon: 12,6234	Distanza: 4077,348

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 100anni
Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 60 [anni]
ag: 0,044 g
Fo: 2,539
Tc*: 0,273 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 101 [anni]
ag: 0,053 g
Fo: 2,557
Tc*: 0,288 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 949 [anni]
ag: 0,107 g
Fo: 2,717
Tc*: 0,333 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,130 g
Fo: 2,736
Tc*: 0,343 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,430
St: 1,000
Kh: 0,011
Kv: 0,005
Amax: 0,517
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,006
Amax: 0,629

SLV:	Beta:	0,200
	Ss:	1,200
	Cc:	1,370
	St:	1,000
	Kh:	0,031
	Kv:	0,015
	Amax:	1,259
	Beta:	0,240
SLC:	Ss:	1,200
	Cc:	1,360
	St:	1,000
	Kh:	0,038
	Kv:	0,019
	Amax:	1,533
	Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 41.457313

longitudine: 12.655978

12. CONCLUSIONI

Il Comune di Nettuno, con Determina Dirigenziale della AREA TECNICA - ASSETTO DEL TERRITORIO NR. 711 DEL 02/07/2020, ha conferito l'incarico alla Geotiber srl la redazione della relazione geologica finalizzata alla caratterizzazione geologica geotecnica e sismica dei terreni posti presso EDIFICIO EX OSTELLO sito in Via delle Vittoria, 2 attualmente sede degli uffici della Polizia Locale .

I dati sono ricavati da una campagna geognostica e geofisica eseguita dalla Società Geotiber S.r.l.. Il fine è di fornire un esauriente inquadramento idrogeologico, sismico e geotecnico del sito interessato dal progetto di recupero edilizio del manufatto in oggetto.

La campagna geognostica e geofisica è consistita nell'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche pesanti (DPSH) tramite penetrometro dinamico DPSH 63M della Geo Deep Drill **DPSH 1** e **DPSH 2**. La finalità dell'indagine è stata la verifica della stratigrafia locale e la determinazione dello stato di addensamento dei terreni di sedime.

Per la parametrizzazione geotecnica sono stati utilizzati i campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione di sondaggi geognostici eseguiti dalla Geotiber srl per la progettazione dell'adeguamento sismico del Palazzo Comunale sito in Via Giacomo Matteotti situata a circa 400 m a sud del sito in esame. I due siti hanno le stesse caratteristiche litostratigrafiche e pertanto posso essere messi in relazione.

L'aspetto geofisico è stato analizzato tramite l'esecuzione di n. 2 prove geofisiche tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La campagna geognostica risponde alle disposizioni contenute nella DGR 375 05/07/2016 All C; e alle NTC 2018.

A seguito della campagna geognostica e geofisica, è stato ricavato il modello geologico schematico in cui nell' area in oggetto affiorano al top, terreno di riporto limo sabbioso al di sotto di esso sono presenti sabbie di origine eolica a granulometria medio fine al di sopra della calcarenite organogena a tratti semilitoide appartenente alla formazione del "Macco".

Dal rilevamento geomorfologico effettuato e dalla consultazione della cartografia edita dall' Autorità di Bacino del Fiume Tevere - P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) adottato con modifiche ed integrazione dal Comitato Istituzionale con Delibera n.114 del 05 aprile 2006, DPCM deliberato dal Consiglio dei Ministri nella seduta n. 22 del 10 novembre 2006 non è stata rilevata la presenza di elementi di geomorfologia attiva, potenziali o quiescenti.

Con riferimento alla zonazione sismica dei comuni Italiani il Comune di Nettuno è classificato come zona sismica **3A**

Per quanto riguarda la sismicità dell'area in studio e per la definizione dell'azione sismica (Ord. P.C.M. 20/03/2003 n.3274) definita sulla base dei dati acquisiti, attraverso l'esecuzione della prova Masw, è possibile ricondurre classificare i terreni di fondazione

Dalle prove MASW vengono determinate le seguenti Vs30

ID PROVA	Vs eq/Vs30 [m/sec]	Categoria del suolo
MASW 1	436,87	B
MASW 2	437,91	B

Sulla base dei valori di Vs determinati in accordo a quanto previsto dalle NTC 2018 con l'approccio semplificato si identifica la seguente categoria di suolo:

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.

Per il sito in esame viene assunto un coefficiente ST = 1

Attualmente risulta eseguito e convalidato il 1 LIVELLO DI MS (microzonazione sismica) quale ulteriore documento per la valutazione di rischio e vulnerabilità geologica.

In relazione a quanto riportato considerata la topografia generale dell'area, la tipologia litologica e le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, non appare preclusa la fattibilità dell'opera

Dott geol
Pier Francesco Grangìe



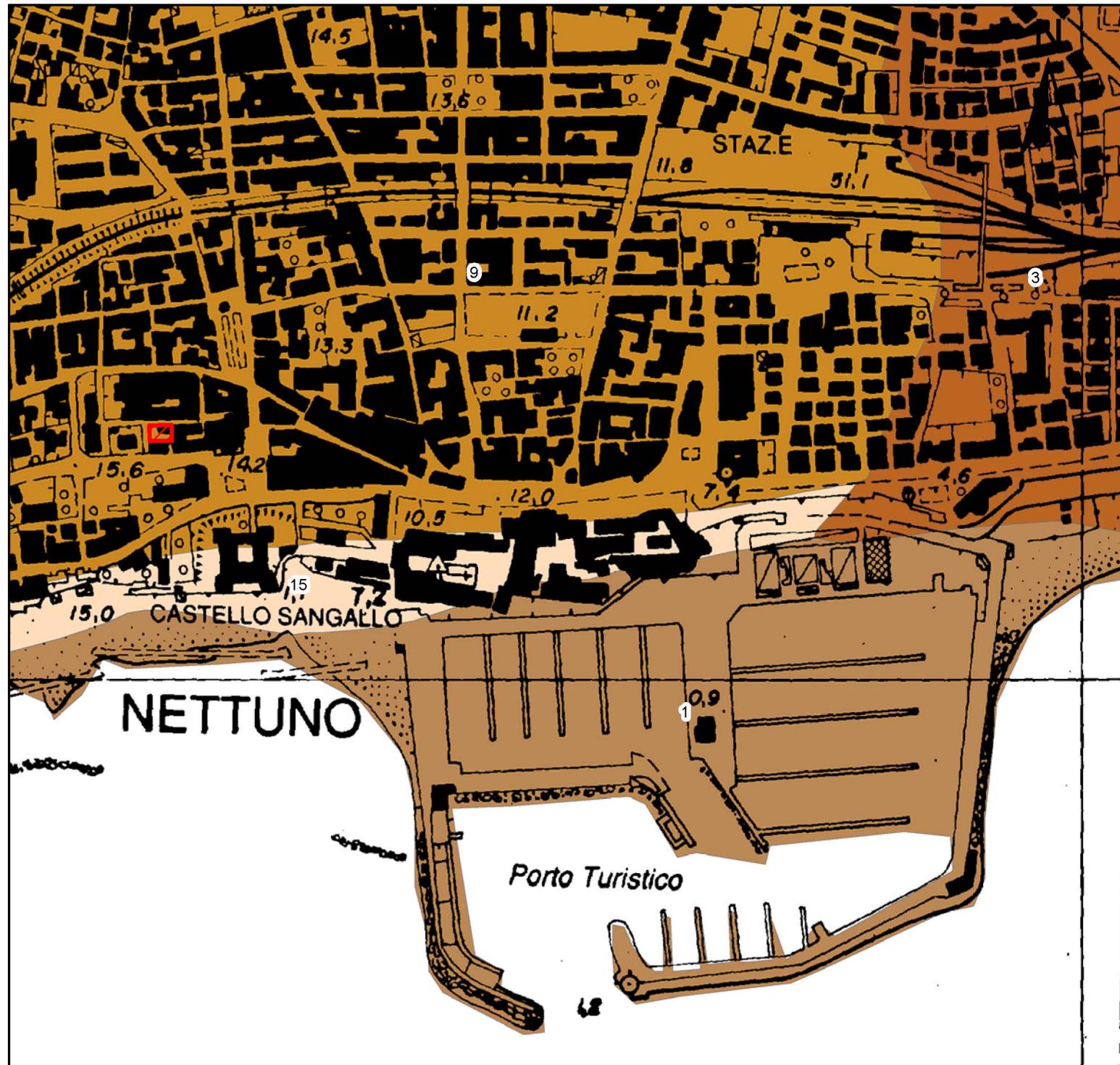
All. n. 1
Carta litologica

COMUNE DI NETTUNO

1:5.000

SCALA ESTERNA EDIFICIO EX OSTELLO
 VIA DELLA VITTORIA
 Via della Vittoria Nettuno (Rm)
 C.I.G.: Z4B2D6E9A7

Carta litologica



Legenda

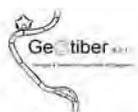
 area intervento

DESCRIZION

-  1) Detriti antropici (Olocene)
-  15) Sabbie litoranee e palustri e dune recenti (Olocene)
-  3) Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche ter
-  9) Depositi preval. sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione



All. n. 2
Prove DPSH

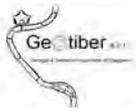


Committente: Comune Nettuno	Prova n°: DPSH 1
Riferimento: Via della Vittoria, 2	Data prova: 31/07/2020
Località: Nettuno	Quota:
Attrezzatura: Penetrometro pesante Geo Deep Drill	Coord.:

PROVA PENETROMETRICA - DPSH 1

Pagina 2/2

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kg/cm ²	Carico ammiss. kg/cm ²	Colpi rivestimento	Angolo a.i. °	Dens. relativa %	Modulo edom. kg/cm ²	Coesione n.d. kg/cm ²
1	0,30	3	3	19,511	19,511	---	---	---	21	0,201
2	0,60	3	3	19,511	19,511	---	---	---	21	0,201
3	0,90	2	2	13,007	13,007	---	---	---	14	0,134
4	1,20	11	11	65,614	65,614	---	---	---	78	0,737
5	1,50	10	10	59,649	59,649	---	---	---	71	0,670
6	1,80	10	10	59,649	59,649	---	---	---	71	0,670
7	2,10	11	11	60,594	60,594	---	---	---	78	0,737
8	2,40	12	12	66,102	66,102	---	---	---	85	0,804
9	2,70	13	13	71,611	71,611	---	---	---	92	0,871
10	3,00	25	25	127,927	127,927	---	---	---	177	1,675
11	3,30	28	28	143,278	143,278	---	---	---	199	1,876
12	3,60	30	30	153,512	153,512	---	---	---	213	2,010
13	3,90	27	27	128,994	128,994	---	---	---	192	1,809
14	4,20	25	25	119,439	119,439	---	---	---	177	1,675
15	4,50	35	35	167,214	167,214	---	---	---	248	2,345
16	4,80	50	50	224,014	224,014	---	---	---	355	3,350



Committente: Comune Nettuno	Prova n°: DPSH 1
Riferimento: Via della Vittoria, 2	Data prova: 31/07/2020
Località: Nettuno	Quota:
Attrezzatura: Penetrometro pesante Geo Deep Drill	Coord.:

PARAMETRI CARATTERISTICI - ANALISI STATISTICA

Allegato

UNITA' LITOLOGICA 1 Profondità da m 0,00 a m 0,90 - Spessore m 0,90							
Limo sabbioso							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	3	3	2	3	0,47	1,84	1,43
Nspt	3	2,67	2,00	3,00	0,47	1,84	1,43
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	3	18,67	14,00	21,00	3,30	12,89	10,00
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	3	0,18	0,13	0,20	0,03	0,12	0,10

Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

UNITA' LITOLOGICA 2 Profondità da m 0,90 a m 2,70 - Spessore m 1,80							
Sabbia limosa							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	6	11	10	13	1,07	10,31	9,23
Nspt	6	11,17	10,00	13,00	1,07	10,31	9,23
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	6	79,17	71,00	92,00	7,47	73,18	65,59
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	6	0,75	0,67	0,87	0,07	0,69	0,62

Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

UNITA' LITOLOGICA 3 Profondità da m 2,70 a m 4,80 - Spessore m 2,10							
Sabbia							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	7	31	25	50	8,23	25,55	16,88
Nspt	7	31,43	25,00	50,00	8,23	25,55	16,88
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	7	223,00	177,00	355,00	58,45	181,23	119,62
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	7	2,11	1,68	3,35	0,55	1,71	1,13

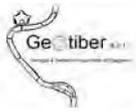
Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

Committente: Comune Nettuno	Prova n°: DPSH 2
Riferimento: Via della Vittoria, 2	Data prova:
Località: Nettuno	Quota:
Attrezzatura: Penetrometro pesante Geo Deep Drill	Coord.:

PROVA PENETROMETRICA - DPSH 2

Pagina 2/2

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kg/cm ²	Carico ammiss. kg/cm ²	Colpi rivestimento	Angolo a.i. °	Dens. relativa %	Modulo edom. kg/cm ²	Coesione n.d. kg/cm ²
1	0,30	3	3	18,109	18,109	---	---	---	21	0,201
2	0,60	2	2	12,073	12,073	---	---	---	14	0,134
3	0,90	5	5	30,182	30,182	---	---	---	35	0,335
4	1,20	7	7	37,735	37,735	---	---	---	50	0,469
5	1,50	10	10	53,907	53,907	---	---	---	71	0,670
6	1,80	10	10	53,907	53,907	---	---	---	71	0,670
7	2,10	12	12	58,438	58,438	---	---	---	85	0,804
8	2,40	10	10	48,699	48,699	---	---	---	71	0,670
9	2,70	20	20	97,397	97,397	---	---	---	142	1,340
10	3,00	23	23	102,139	102,139	---	---	---	163	1,541
11	3,30	27	27	119,902	119,902	---	---	---	192	1,809
12	3,60	31	31	137,665	137,665	---	---	---	220	2,077
13	3,90	35	35	142,843	142,843	---	---	---	248	2,345
14	4,20	50	50	204,061	204,061	---	---	---	355	3,350



Committente: Comune Nettuno	Prova n°: DPSH 2
Riferimento: Via della Vittoria, 2	Data prova:
Località: Nettuno	Quota:
Attrezzatura: Penetrometro pesante Geo Deep Drill	Coord.:

PARAMETRI CARATTERISTICI - ANALISI STATISTICA

Allegato

UNITA' LITOLOGICA 1 Profondità da m 0,00 a m 0,60 - Spessore m 0,60							
Limo sabbioso							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	2	3	2	3	0,50	0,27	-0,07
Nspt	2	2,50	2,00	3,00	0,50	0,27	-0,07
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	2	17,50	14,00	21,00	3,50	1,92	-0,49
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	2	0,17	0,13	0,20	0,03	0,02	0,00

Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

UNITA' LITOLOGICA 2 Profondità da m 0,60 a m 2,40 - Spessore m 1,80							
Sabbia limosa							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	6	9	5	12	2,31	7,15	4,80
Nspt	6	9,00	5,00	12,00	2,31	7,15	4,80
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	6	63,83	35,00	85,00	16,46	50,65	33,93
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	6	0,60	0,34	0,80	0,15	0,48	0,32

Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

UNITA' LITOLOGICA 3 Profondità da m 2,40 a m 4,20 - Spessore m 1,80							
Sabbia							
Materiale a comportamento prevalentemente granulare				Peso di volume (g/cm ³): 0,00			
	Dati	Media	Minimo	Massimo	Deviazione standard	Valore caratt. Grandi volumi	Valore caratt. Piccoli volumi
Colpi	6	31	20	50	9,81	23,14	13,17
Nspt	6	31,00	20,00	50,00	9,81	23,14	13,17
[1] Angolo attrito interno (°)							
[2] Densità relativa (%)							
[3] Modulo edometrico (kg/cm ²)	6	220,00	142,00	355,00	69,67	164,17	93,40
[4] Coesione non dren. (kg/cm ²)	6	2,08	1,34	3,35	0,66	1,55	0,88

Formule utilizzate: [1] De Mello - [2] Gibbs e Holtz (Terzaghi) - [3] Farrent - [4] Terzaghi e Peck

All. n. 3

Certificati laboratorio geotecnico

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.

RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 7.0-7.4

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,8	%
Peso di volume	20,4	kN/m ³
Peso di volume secco	17,0	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,5	kN/m ³
Peso specifico	2,69	
Indice dei vuoti	0,550	
Porosità	35,5	%
Grado di saturazione	96,8	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	19,9	%
Limo	43,6	%
Argilla	36,5	%
D 10		mm
D 50	0,014154	mm
D 60	0,026679	mm
D 90	0,131238	mm
Passante set. 10	99,8	%
Passante set. 42	98,3	%
Passante set. 200	80,1	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'_{Res}	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
6,3 ÷ 12,5	3801	---	---
12,5 ÷ 25,0	2726	0,001406	5,06E-08
25,0 ÷ 50,0	2756	0,000778	2,77E-08
50,0 ÷ 100,0	4233	0,000611	1,42E-08
100,0 ÷ 200,0	7377	---	---
200,0 ÷ 400,0	13513	---	---
400,0 ÷ 800,0	26756	---	---
800,0 ÷ 1600,0	50802	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	95841	---	---

Limo argilloso sabbioso di colore avana grigiastro ($R_p = 60$ kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03135	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/10/19	Inizio analisi: 10/10/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 09/10/19		Apertura campione: 09/10/19	Fine analisi: 11/10/19

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.			
RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	7.0-7.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 19,8 %

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo argilloso sabbioso di colore avana grigiastro (R_p = 60 kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03134	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/10/19	Inizio analisi: 10/10/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 09/10/19		Apertura campione: 09/10/19	Fine analisi: 10/10/19

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.			
RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	7.0-7.4

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,4 kN/m³

Limo argilloso sabbioso di colore avana grigiastro (Rp = 60 kPa).

1
33595

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03133	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/10/19	Inizio analisi: 21/10/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 09/10/19		Apertura campione: 09/10/19	Fine analisi: 21/10/19

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.		
RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 7.0-7.4

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,69

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,69

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,4 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo argilloso sabbioso di colore avana grigiastro (Rp = 60 kPa).

1
33595

CERTIFICATO DI PROVA N°: 03131 Pagina 1/2
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 09/10/19

DATA DI EMISSIONE: 21/10/19 Inizio analisi: 10/10/19
Apertura campione: 09/10/19 Fine analisi: 21/10/19

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.

RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 7.0-7.4

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m ³)	20,41
Umidità (%)	19,8
Peso specifico	2,69
Altezza provino (cm)	2,01
Diametro provino (cm)	5,04
Sezione provino (cm ²)	19,96
Volume provino (cm ³)	40,06
Volume dei vuoti (cm ³)	14,21
Indice dei vuoti	0,55
Porosità (%)	35,47
Saturazione (%)	96,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

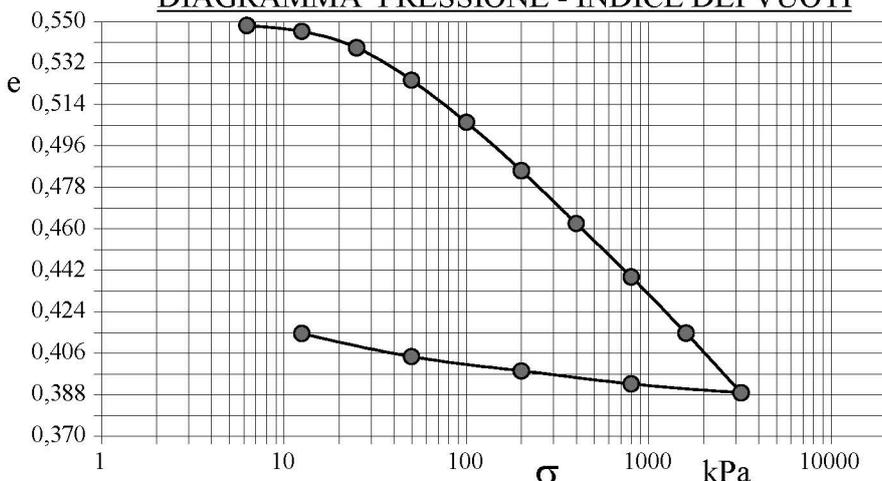
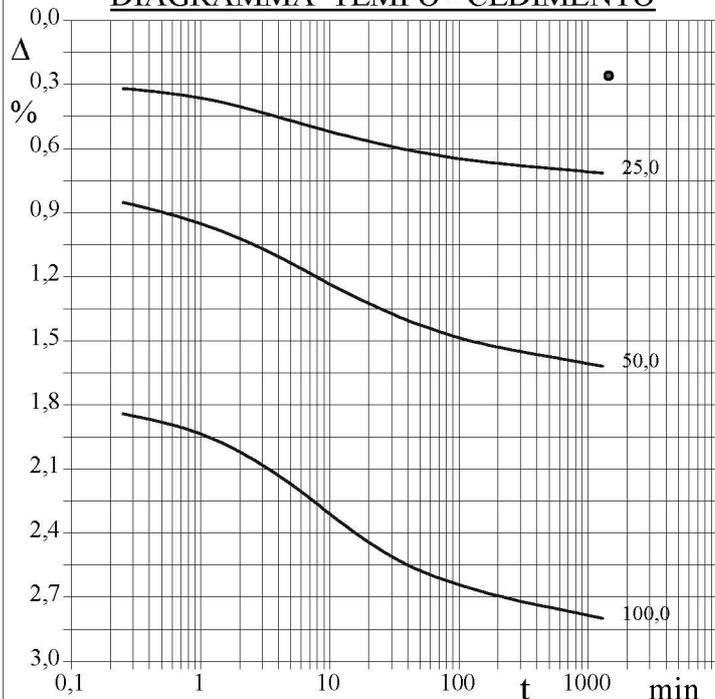


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
6,3	1,9	0,548	
12,5	5,2	0,546	0,008
25,0	14,4	0,539	0,024
50,0	32,6	0,525	0,047
100,0	56,3	0,506	0,061
200,0	83,5	0,485	0,070
400,0	113,2	0,462	0,076
800,0	143,2	0,439	0,077
1600,0	174,8	0,415	0,081
3200,0	208,3	0,389	0,086
800,0	203,3	0,393	
200,0	196,0	0,398	
50,0	188,0	0,405	
12,5	175,0	0,415	

Limo argilloso sabbioso di colore avana grigiastro (Rp = 60 kPa).

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.		
RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 9.2-9.5

MODULO RIASSUNTIVO

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Peso di volume (kN/m³): 24,2

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Resistenza a compressione (MPa): 5,58

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Calcarenite di colore nocciola biancastro.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00139R	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/10/19	Inizio analisi: 14/10/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 243 del 09/10/19		Apertura campione: 14/10/19	Fine analisi: 14/10/19

COMMITTENTE: GEOTIBER S.r.l.			
RIFERIMENTO: Nettuno - Palazzo Comunale			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	9.2-9.5

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 7012 C-D

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	0,20
Altezza (cm):	9,80
Diametro (cm):	7,80
Sezione (cm ²):	47,78
Peso di volume (kN/m ³):	24,2
Resistenza a compressione (MPa):	5,58

Calcarenite di colore nocciola biancastro.

All. n. 4

Profilo geologico interpretativo



COMMITTENTE:

Comune Nettuno

CANTIERE:

Via della Vittoria, 3_ Nettuno

OPERA:

scala antincendio

ALLEGATO: 4

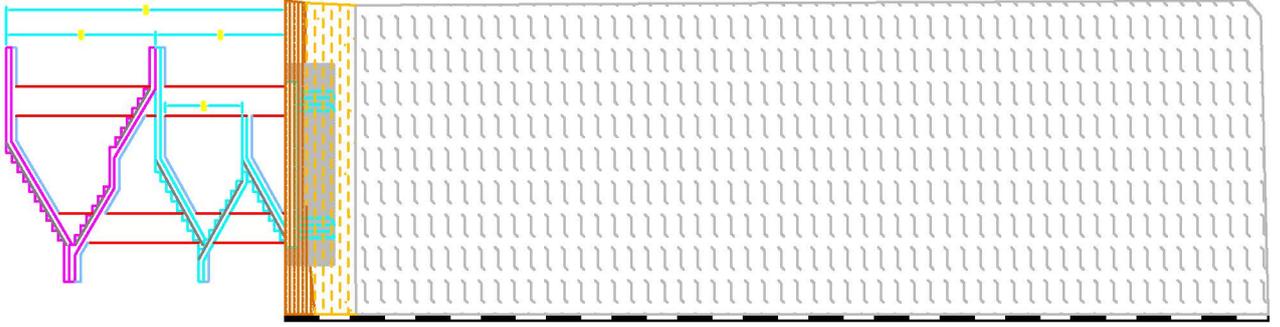
Sezione geologica interpretativa

REV. N. DATA

Luglio 2020

im. rif.:

04_020



0.00 mt.

5.00 mt.

10.00 mt.

15.00 mt.

20.00 mt.

25.00 mt.

30.00 mt.

Legenda



Limo sabbioso



Sabbia



Calcarenite