



COMUNE DI NETTUNO

Provincia di ROMA



American Battle Monuments Commission
Overseas Operations
Garches, France

TITOLO:

RECUPERO E POTENZIAMENTO
DELL'ATTRAVERSAMENTO DI VIA SANTA MARIA SUL
FOSSO DEI TINOZZI

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA E
DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

ELABORATO:

RLT-ES-004

SCALA:

DATA:

MARZO 2018

PROGETTISTI:
A.T.P.:

Ing. Claudio MACCARONI
Via Ponerico, 28 - 00048 Nettuno (RM)

dott. Paolo CACCAVALE
Via L. Pirandello, 19 - 00042 Anzio (RM)

geom. Giulio BERNARDI
Corso Italia, 15 - 00042 Anzio (RM)

DIRIGENTE AREA LL.PP. :

ing. Benedetto SAJEVA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Jr. Stefano BERNICCHIA

REV.	DATA	Descrizione oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
A	MAR. 2018	EMISSIONE	M.C.	G.B.	P.C.

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

1. PREMESSA

Il giorno 13 Ottobre 2017, per incarico del COMUNE DI NETTUNO, è stata svolta una indagine geognostica in prossimità dell'attuale attraversamento di Via S. Maria sul Fosso dei Tinozzi, attraversamento per il quale è previsto un intervento di recupero e potenziamento.

L'indagine geognostica ha avuto, quindi, lo scopo di definire le caratteristiche stratigrafiche, fisico-meccaniche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento al fine di fornire i dati necessari alla progettazione della nuova struttura.

2. INDAGINI

Essendo l'area di intervento compresa tra le zone a **rischio sismico 3°** ed essendo l'opera classificabile in **classe d'uso II**, in accordo con quanto indicato nel D.G.R. 375/16 il **livello di vulnerabilità dell'opera risulta basso**.

Al fine di ottenere una precisa ricostruzione della stratigrafia del terreno lungo l'asse dell'opera sono stati eseguiti n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, ubicati alle estremità dell'attraversamento (vedi Allegato delle Indagini) che hanno raggiunto entrambi la profondità di 10 metri dal piano di campagna; le perforazioni sono state eseguite con una sonda cingolata Beretta T41 munita di attrezzatura composta da aste e carotiere semplice e sono state condotte senza circolazione di fluidi per consentire un preciso riconoscimento dei litotipi presenti nel sottosuolo.

Per accertare i parametri fisici e meccanici dei terreni sono state eseguite n° 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) con attrezzatura conforme alle Norme Tecniche emanate dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana).

Per la caratterizzazione sismica del sito tramite il parametro Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno) si è provveduto ad eseguire una prova MASW la cui ubicazione è indicata nell'Allegato delle Indagini.

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in esame è situata a circa 800 metri dalla linea di costa, in una zona che risulta, dal punto di vista morfologico, perfettamente pianeggiante con quote assolute attorno ad 13 m s.l.m.; si allega inoltre uno stralcio del P.A.I. relativo alla zona di interesse nel quale si nota che tale zona non è soggetta a tutela per rischio di inondazione e/o di frana.

Come si nota nell'ingrandimento del Foglio N. 158 "Latina" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 allegato alla presente relazione, nella zona affiorano prevalentemente terreni appartenenti alla formazione pleistocenica della "Duna antica", indicata con la sigla "qd", costituiti prevalentemente da sabbie argillose di colore rosso o marrone, a stratificazione incrociata; nell'area dell'intervento i depositi dunari sono in contatto superficialmente con le alluvioni deposte principalmente dal Fosso Loricina, nel quale il Fosso dei Tinozzi confluisce alcune centinaia di metri più a valle.

I depositi della "Duna Antica" ricoprono, nella porzione di territorio ad Ovest del Fosso Loricina, una formazione calcarenitica di età alto-pliocenica (PI²⁻³), ampiamente diffusa in tutto il comprensorio di Anzio-Nettuno e conosciuta con il nome "Macco".

4. STRATIGRAFIA DEI TERRENI

I sondaggi geognostici hanno consentito di accertare che nell'area interessata dall'intervento è presente superficialmente una potente coltre di terreno di riporto, di natura eterogenea nel S1, prevalentemente sabbioso-limoso nel S2, che si estende fino alla profondità di 3.90 m nel S1 e 3.10 m nel S2.

Al di sotto del riporto sono stati incontrati in entrambi i sondaggi terreni alluvionali che si estendono fino alla massima profondità raggiunta dalle perforazioni e sono costituiti nel caso del S1 da sabbie fini debolmente limose di colore variabile dal nocciola al giallastro, mentre nel S2 sono di colore prevalentemente nocciola.

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

A causa della presenza di una falda acquifera il cui livello piezometrico si è stabilizzato in entrambi i fori alla profondità di circa 2.10 metri dal p.c., il grado di addensamento e/o di consistenza dei terreni alluvionali risulta molto basso, ma in corrispondenza del S1 tali terreni presentano uno stato di consistenza che può essere definito “plastico”, mentre nel S2 il loro stato di consistenza è decisamente “fluido-plastico”.

Le colonne stratigrafiche dei sondaggi con i risultati delle prove SPT sono riportate nell’Allegato delle Indagini unitamente alla documentazione fotografica delle cassette catalogatrici.

5. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

Come già accennato nel Par. 2, per l’accertamento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti nell’area dell’intervento si è fatto ricorso all’esecuzione di n° 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) che hanno interessato in un caso (S1 -3.00 m) il terreno di riporto e negli altri casi i depositi alluvionali: mentre nel S1 le prove hanno fornito risultati che consentono di estrapolare parametri geotecnici attendibili, nel S2 l’affondamento immediato e completo della punta sotto il peso delle aste e del maglio, non ha consentito di ottenere valori significativi .

I risultati delle prove eseguite nel S1 (N_{SPT} = numero di colpi necessario per l’infissione di 30 cm. della punta), normalizzati tramite la formula di *BALDI et al. (1989)* ad una tensione verticale efficace di 100 kPa (*NI*)60, come richiesto nelle NTC, hanno consentito di estrapolare, essendo il terreno a comportamento prevalentemente incoerente, il valore della densità relativa "Dr" (*GIBBS e HOLTZ, 1957*), il valore dell'angolo di attrito interno in condizioni non drenate " ϕ " (*ROAD BRIDGE SPECIFICATION, 1982*) e quello del modulo di YOUNG (E; *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN - BOWLES, 1988*).

Vengono di seguito riassunti i parametri fisico-meccanici ottenuti dalle suddette prove.

Terreno di riporto

00042 ANZIO (RM) – Via Saturno 3/a – Tel/Fax 06/9865410 sotecsr11@virgilio.it

Partita IVA 04295961009 – C.C.I.A.A. 753279 – Iscrizione Tribunale di Velletri 10860

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 –
Settore C (prove in sito)

Sond. N.	Prof. m	NSPT	(N1)60	Dr %	cu Kg/cm ²	φ (°)	E Kg/cm ²
1	3.00	7	9	32	-	27	46

Sabbia fine deb. limosa

Sond. N.	Prof. m	NSPT	(N1)60	Dr %	cu Kg/cm ²	φ (°)	E Kg/cm ²
1	5.00	11	14	41	-	30	61

Tali risultati indicano che in corrispondenza del S1 il terreno di riporto presenta un basso grado di addensamento e parametri meccanici scadenti, mentre le sabbie alluvionali sono caratterizzate da parametri geotecnici che possono essere definiti discreti.

6. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SPONTANEA

In considerazione della modesta profondità del livello di falda dal piano di campagna (-2.10 metri) e della granulometria prevalentemente sabbioso-limosa dei depositi alluvionali incontrati nelle perforazioni, sono stati prelevati n° 4 campioni rimaneggiati a diverse profondità per verificarne il potenziale di liquefazione spontanea in caso di sisma.

Nei certificati delle prove di riconoscimento e classificazione eseguite in laboratorio ed allegati alla relazione si può notare che tutte le curve granulometriche dei campioni rientrano o nel fuso granulometrico di possibile liquefazione indicato nelle NTC per terreni con coefficiente di uniformità (U_c) < 3.5 (S1 CR1) o, negli altri casi, in quello per terreni con coefficiente di uniformità (U_c) > 3.5; poiché, inoltre, le Norme prevedono che la verifica del potenziale di liquefazione può essere omessa solo per i terreni nei quali la resistenza penetrometrica normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa (N1)60 risulta > 30 colpi, si è reso necessario procedere alla suddetta verifica.

La verifica è stata eseguita con il Metodo Semplificato di *SEED e IDRIS (1981)* che, utilizzando la resistenza penetrometrica, la profondità della falda, i parametri fisici e granulometrici del terreno e la massima accelerazione sismica prevista nel sito (in questo caso pari a 0.15 g),

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 –
Settore C (prove in sito)

giunge a definire il rapporto $R/T = F_s$ ove R = resistenza di taglio mobilizzata e T = sforzo di taglio indotto dal sisma; se $F_s > 1.3$ il terreno non è soggetto a rischio di liquefazione, in caso contrario è a rischio di liquefazione a causa degli sforzi di taglio indotti dal sisma.

Come si nota dagli schemi di calcolo allegati, nel caso dei campioni prelevati nel S1, ove i terreni alluvionali presentano un discreto grado di addensamento, è risultato $F_s > 1.3$, mentre in corrispondenza del S2, ove tali terreni si trovano già naturalmente in uno stato fluido-plastico, le verifiche hanno fornito un valore di $F_s < 1.3$.

7. PROVA MASW

Per la caratterizzazione sismica del sito di indagine è stata eseguita una prova sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Scopo della prova è stato quello di calcolare, per l'area in oggetto, il parametro V_{s30} tramite il quale classificare sismicamente il suolo ai fini della normativa (O.P.C.M. 3274 e successive modificazioni; D.M. 14.01.2008) volta a garantire un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni, desumendolo dall'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Le prove MASW permettono di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità, attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh e sono state messe a punto negli ultimi decenni.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh hanno una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità come avviene nel metodo a rifrazione.

La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione soprattutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

Dall'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh (variazione della loro velocità di fase in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza) è possibile, tramite il

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

processo d’inversione, determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità.

Il metodo di indagine sismico MASW è caratterizzato da un tipo di acquisizione “attivo”, le onde superficiali vengono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da geofoni posti a distanze regolari l’uno dall’altro (distanza intergeofonica).

L’acquisizione in tecnica MASW consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenze maggiori di 4,5 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino la cui profondità è in funzione della rigidità degli strati.

Per la ricezione delle onde superficiali durante la prospezione sismica sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz con distanza intergeofonica pari a 1.5 m.

Si è acquisito il dato MASW ponendo il tempo di campionamento del segnale pari 1.0 ms ed il tempo di registrazione pari a 1.0 s.

I dati MASW sono stati processati separatamente mediante un software specifico, il SeisImager/SW; la curva di dispersione così ottenuta è stata utilizzata per generare un modello iniziale delle Vs da sottoporre ad inversione per ottenere il valore del Vs30 ai fini dell’ O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008.

I dati finali, evidenziati ne grafico allegato alla relazione, sono stati ottenuti sottoponendo il modello iniziale a 10 iterazioni di calcolo per la ricerca della migliore aderenza alla curva di dispersione dei dati ed hanno fornito il seguente valore: **Vs30 = 193 m/s**.

8. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Nelle NTC i valori dei parametri di pericolosità sismica “ a_g ”, “ F_0 ” e “ T_C ” sono associati ai nodi di un reticolo di riferimento che comprende l’intero territorio nazionale e sono indicati nell’**Allegato “B”** alle NTC; si rimanda quindi a tale allegato per la definizione dei suddetti parametri.

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

Le Norme prevedono, inoltre, un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque tipologie di suoli (A – B – C – D – E) più altre due speciali (S1 ed S2), da individuare, nel nostro caso, in relazione al valore di Vs30 ed un sistema di caratterizzazione topografica mediante quattro categorie (T1 – T2 – T3 – T4) distinte in funzione della inclinazione della superficie topografica.

Utilizzando quindi la tabella relativa alle categorie di suolo di cui al Par. 3.2.2. delle NTC, essendo nel nostro caso $Vs30 = 193 \text{ m/s}$, è possibile collocare il sito in esame, ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto nella categoria di suolo di fondazione, definita secondo la norma, con “C” – **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti**, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, il sito in esame appartiene alla categoria “T1” – **Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i < 15^\circ$** .

Come richiesto ne D.G.R. 375/16 si allega lo stralcio della Carta delle MOPS tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Nettuno: si nota che l'area di intervento ricade nella Zona suscettibile di amplificazione sismica SA1.

9. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Dall'analisi della situazione geologica, idrogeologica e geotecnica del sito di intervento emerge che l'elemento di attenzione nel caso in esame è rappresentato dal basso grado di addensamento del terreno di fondazione, costituito dal terreno di riporto, e dalla concomitante presenza della falda acquifera il cui livello piezometrico risulta più elevato di 40 – 50 cm rispetto alla quota del piano di fondazione dell'attraversamento (circa -2,50 m dal piano stradale).

Dagli elaborati progettuali si rileva che l'intervento di recupero e potenziamento sarà realizzato tramite la posa in opera di elementi scatolari a sezione rettangolare che richiederà uno scavo a sezione obbligata fino al raggiungimento della quota di fondazione.

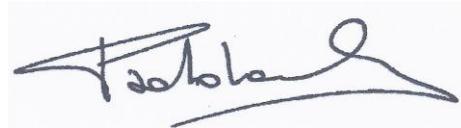
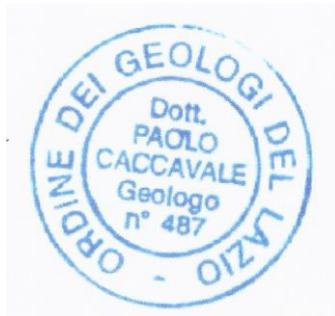
Assumendo per il terreno di riporto un peso di volume di 1.4 T/m^3 , lo scavo produrrà sul piano di fondazione una diminuzione della pressione pari circa a 3.1 T/m^2 ; appare quindi

00042 ANZIO (RM) – Via Saturno 3/a – Tel/Fax 06/9865410 sotecsrl1@virgilio.it

Partita IVA 04295961009 – C.C.I.A.A. 753279 – Iscrizione Tribunale di Velletri 10860

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 –
Settore C (prove in sito)

consigliabile dimensionare l'intervento in modo da applicare sul suddetto piano una pressione all'incirca corrispondente, evitando così di alterare in modo sensibile lo stato tensionale del terreno di fondazione con il conseguente innesco di cedimenti che potrebbero influire negativamente sulla funzionalità dell'opera e sulla viabilità sovrastante.





Certificato ISO 9001:2008 n°775/A/2011

Società Autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Servizio Tecnico Centrale – Decreto n° 4890 – Settore C (prove in sito)

ALLEGATI

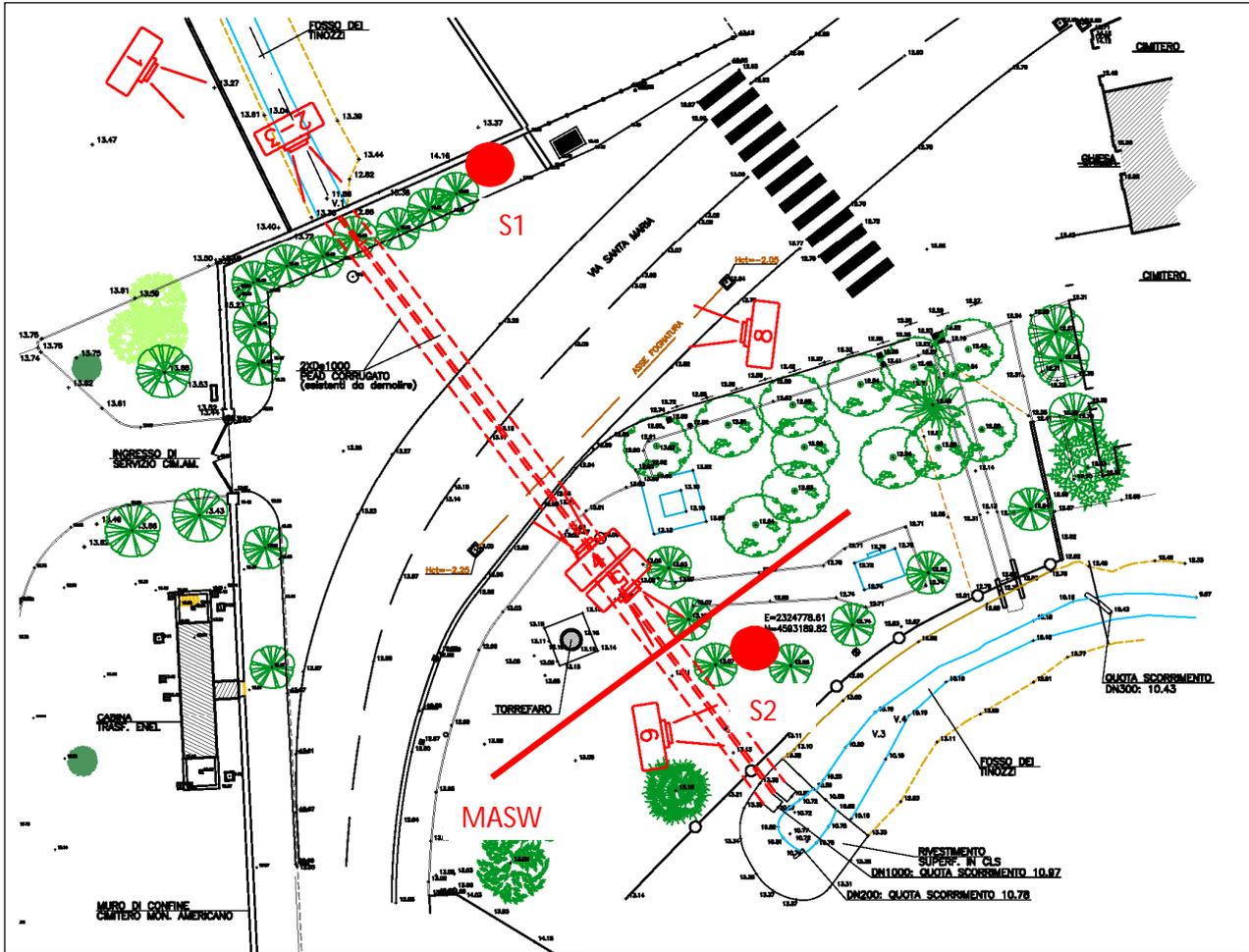
STRALCIO DEL PAI (TAV. 2.07 SUD) CON UBICAZIONE DEL SITO



**CARTA GEOLOGICA (F. 158) CON UBICAZIONE
DELL'AREA DI INDAGINE**



UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Committente COMUNE DI NETTUNO		Profondità raggiunta 10.00 m			Quota Ass. P.C. 13.40 m s.l.m.			Certificato n°		Pagina				
Operatore Mauro Balzani		Indagine Indagine geognostica			Cantiere F. dei Tinozzi - Att. Via S. Maria - Nettuno (RM)					Inizio/Fine Esecuzione 13/10/2017				
Responsabile Dott. Paolo Caccavale		Sondaggio S1			Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo			Tipo Sonda Beretta T41		Coordinate X Y				
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Terreno di riporto di natura eterogenea	3.90	%C=70	4-4-3							2.10		
3					3.00 PA									
4		Sabbia fine debolmente limosa di colore variabile dal nocciola al giallastro, poco addensata, in falda	10.00	%C=90	6-8-3									
5					5.00 PA									
6														
7														
8														
9														
10														
11														

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua

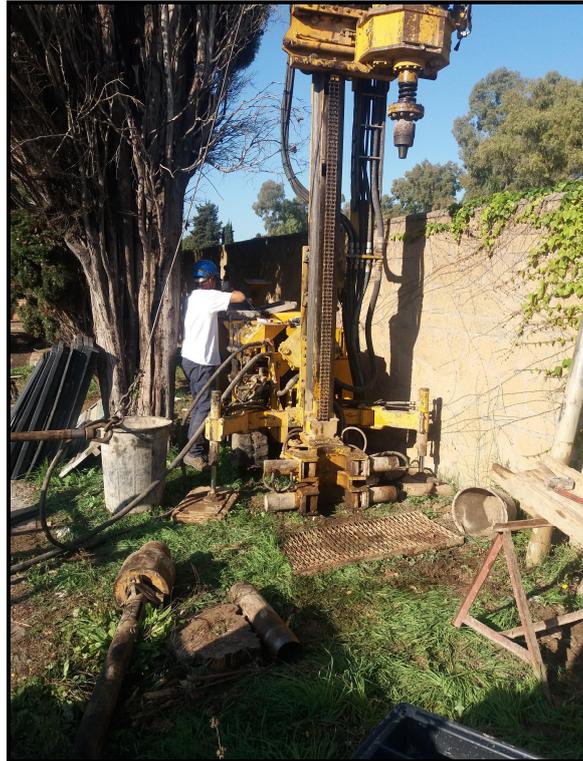
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio:Carotaggio Continuo

Sonda:Beretta T41

FOTO N. 1



Sondaggio N. 1 – Posizione

FOTO N. 2



Sondaggio N. 1 – da 0.00 m a 6.00 m

FOTO N. 3



Sondaggio N. 1 – da 6.00 m a 10.00 m

Committente COMUNE DI NETTUNO		Profondità raggiunta 10.00 m			Quota Ass. P.C. 13.10 m s.l.m.			Certificato n°		Pagina								
Operatore Mauro Balzani		Indagine Indagine geognostica			Cantiere F. dei Tinozzi - Att. Via S. Maria - Nettuno (RM)					Inizio/Fine Esecuzione 13/10/2017								
Responsabile Dott. Paolo Caccavale		Sondaggio S2			Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo				Tipo Sonda Beretta T41		Coordinate X Y							
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Altre prove			
1		Terreno di riporto di natura eterogenea	3.10	%C=70	1							2.10						
2																		
3		Sabbia fine debolmente limosa di colore nocciola, poco addensata, in falda	10.00	%C=90	3.50 PA													
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
 Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio:Carotaggio Continuo

Sonda:Beretta T41

FOTO N. 1



Sondaggio N. 2 – Posizione

FOTO N. 2



Sondaggio N. 2 – da 0.00 m a 6.00 m

FOTO N. 3

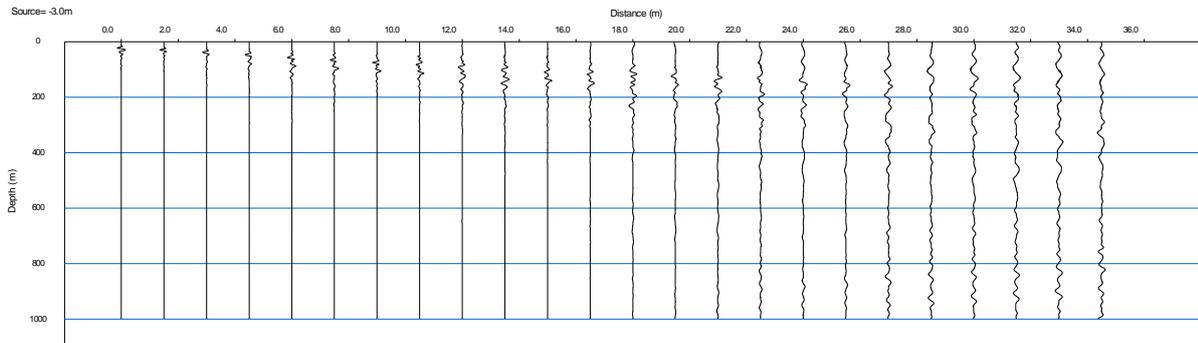


Sondaggio N. 2 – da 6.00 m a 10.00 m

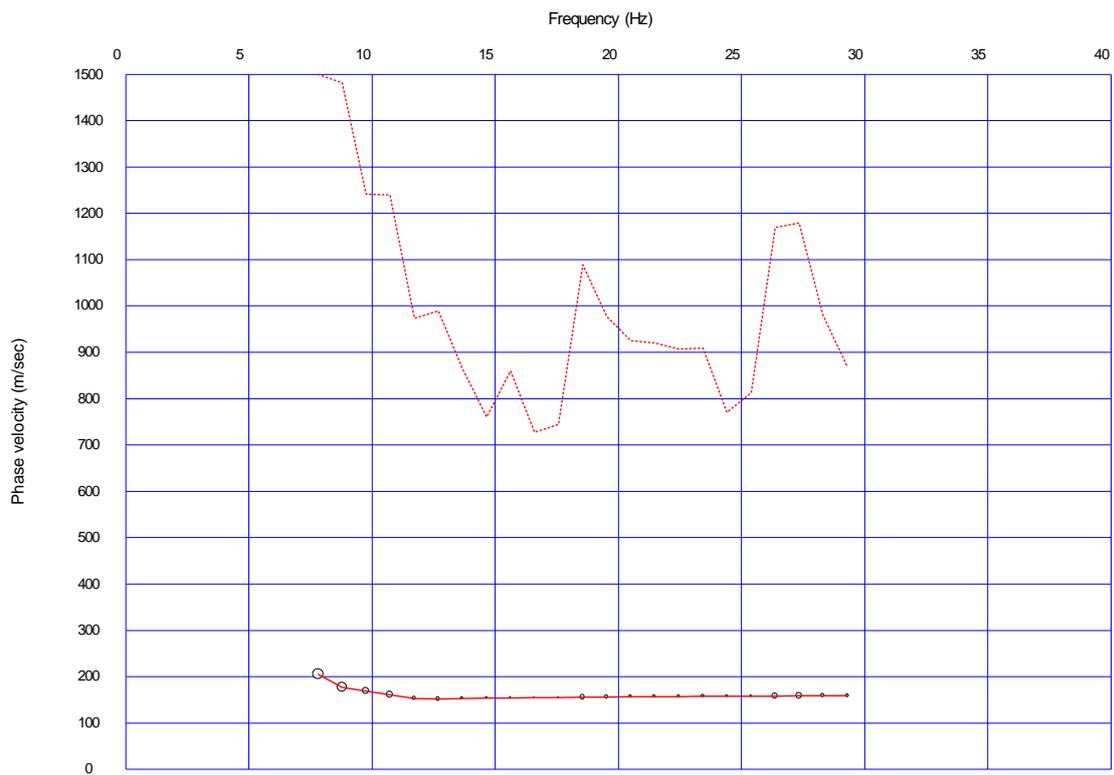
PROVA MASW

Grafici

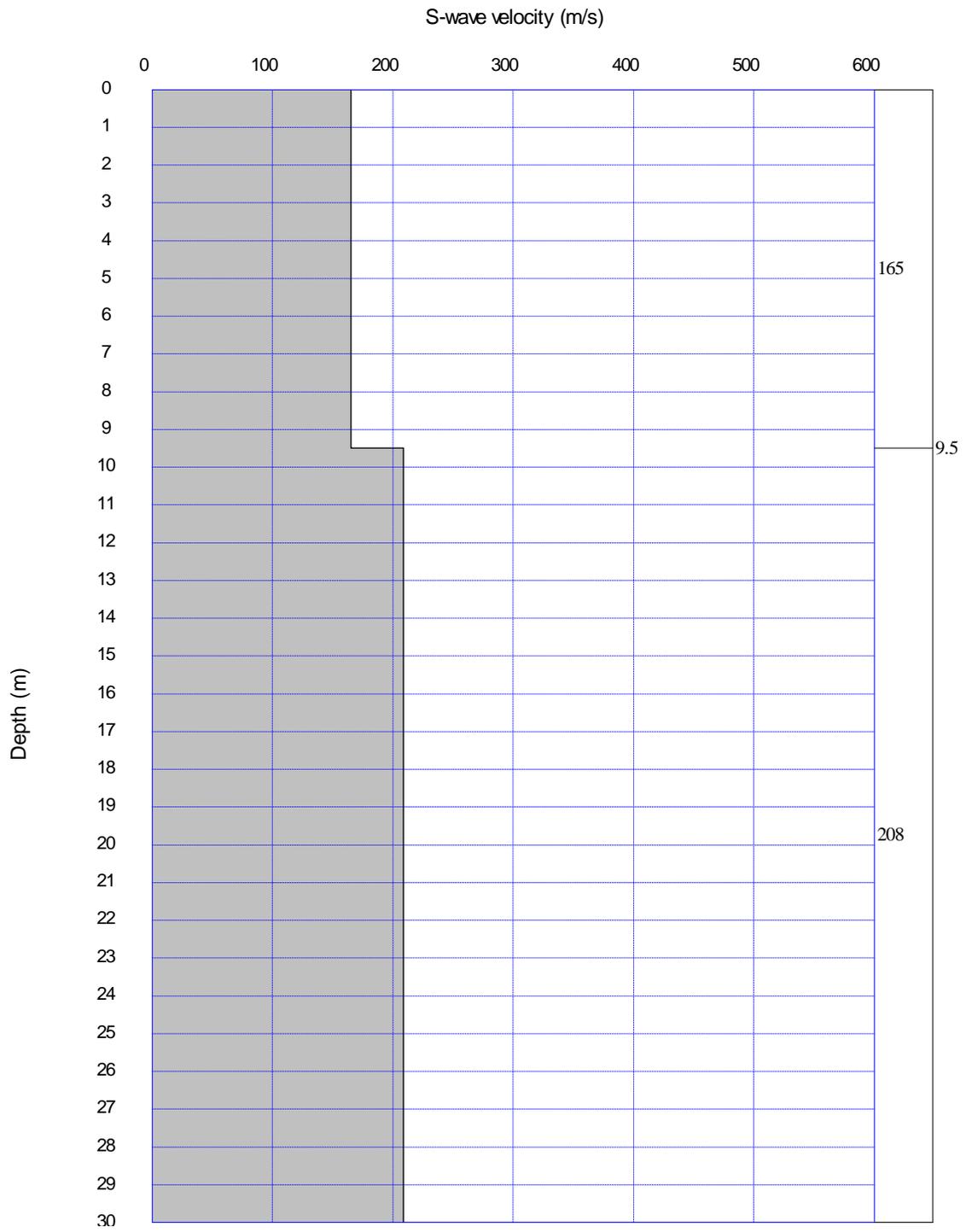
ACQUISIZIONE MASW 1



CURVA DI DISPERSIONE MASW 1



VARIAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO VS CON LA PROFONDITÀ MASW 1



Documentazione fotografica



Acquisizione Masw 1



Acquisizione Masw 1

MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1
STRALCIO DELLA CARTA DELLE MOPS CON INDICAZIONE
DELL'AREA DI INTERVENTO

