

ING. ANDREA MANENTE

SICUREZZA E INGEGNERIA

Via Nicola Palma, 12 - 64100 TERAMO

Tel. e Fax 0861 24 26 45

Mob. 349/3974918

Email: andrea_manente@hotmail.com

C.F. MNN NDR 73P18 L103T - P.I. 01466610670

COMUNE DI TERAMO

Provincia di Teramo

Progetto STRUTTURALE

**INTERVENTI DI RIPARAZIONE E CONSOLIDAMENTO FINALIZZATI AL RIPRISTINO
DELL'AGIBILITÀ DEL CIMITERO FRAZIONALE DI FORCELLA CLASSIFICATO DALLE
SCHEDE AeDES CON ESITO "B" A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI DEL
24.08.2016 E SEGUENTI**

COMMITTENTE:

TE.AM. Teramo Ambiente S.p.A.

GIUGNO 2017

PROGETTISTA E D.L. ING. ANDREA MANENTE

RELAZIONE GEOLOGICA

ELAB. 18

73 FACCIATE



COMUNE DI TERAMO

COMMITTENTE: TE.AM. TERAMO AMBIENTE S.P.A.

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, GEOTECNICO E
SISMICO DELL'AREA DEL CIMITERO FRAZIONALE DI
FORCELLA**

GENNAIO 2017

Dott. Geol. Giuliano Ruoppolo

Via Montauti, 41 – 64100 TE Tel: 0861210016 - 3494427809

INDICE

1.	PREMESSA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2.	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....	3
2.1	SONDAGGIO GEOGNOSTICO.....	3
2.2	ANALISI DI LABORATORIO.....	4
2.3	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT).....	5
2.4	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH).....	6
2.5	INDAGINE SISMICA MASW	8
2.6	PROSPEZIONE GEOFISICA HVSR	9
3.	GEOLOGIA DELL'AREA E STRATIGRAFIA	11
4.	IDROGEOLOGIA DELL'AREA	14
5.	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA	15
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	17
7.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI ED EFFETTI LOCALI.....	20
7.1	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	20
7.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	22
7.3	COEFFICIENTI SISMICI.....	23
7.4	EFFETTI DI SITO E FREQUENZA FONDAMENTALE DI RISONANZA	24
8.	CONCLUSIONI	25

ALLEGATI

- CARTE TOPOGRAFICHE
- CARTA GEOLOGICA
- SEZIONE GEOLOGICA
- CARTA IDROGEOLOGICA
- CARTA GEOMORFOLOGICA
- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI
- STRATIGRAFIE DI SONDAGGIO
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH
- INDAGINE SISMICA MASW
- PROSPEZIONE GEOFISICA HVSR
- CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il presente studio è stato effettuato su incarico della società TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a. (CIG Z241B425B8, n.ord. 1386 del 02/09/2016, Prot.U. 18685 del 22/09/2016) ed intende illustrare le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell'area su cui è fondato il cimitero della frazione di Forcella.

Per portare a termine tale studio in ottemperanza con le normative vigenti ci si è avvalsi di:

- un rilevamento geologico-geomorfologico di superficie;
- una campagna di indagini geognostiche e geofisiche in sito appositamente eseguita, descritta più avanti in dettaglio;
- informazioni ricavabili dalla letteratura geologica della zona e da esperienze maturate in studi effettuati in aree vicine e/o su terreni simili.

L'area in esame, situata nel territorio comunale di Teramo, è ubicata all'interno Quadrante 140-I della Carta Topografica Regionale (in scala 1:25.000) e nella CTR in scala 1:5.000 alla tavola n. 339144, come da stralci planimetrici riportati in allegato.

Le coordinate geografiche del sito di studio sono, invece, Lat. 42,625951° - Long. 13,773845° nel sistema WGS84.

Per l'elaborazione della presente relazione geologica si è fatto principalmente riferimento alle seguenti norme:

- A.G.I. (1977) – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee ON Penetration Testing (1988)
- D.M. n. 47 del 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate ...”.
- Testo unitario sulle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2008.
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti del 02/02/2009 n°617.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Come accennato in premessa, per avere un quadro più preciso e puntuale delle caratteristiche litostratigrafiche, fisico-meccaniche e sismiche dei terreni caratterizzanti il primo sottosuolo dell'area di studio, è stata approntata un'apposita campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche in sito.

La tipologia di indagini effettuate è stata scelta al fine di caratterizzare i terreni sotto diversi aspetti; inoltre, il loro numero e la loro distribuzione sono stati decisi in modo tale da coprire sufficientemente l'intero areale occupato dalle strutture cimiteriali.

Nello specifico, tale campagna d'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo spinto sino al rinvenimento delle litologie associabili al substrato geologico inalterato, per la definizione della stratigrafia dei terreni interessati;
- analisi di laboratorio su n.1 campione indisturbato di terreno (prelevato durante le operazioni di carotaggio), per la determinazione dei principali parametri fisici e meccanici dei terreni superficiali;
- n. 3 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte sino a rifiuto strumentale, per la determinazione delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) spinte sino a rifiuto strumentale, per la determinazione delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni;
- n. 1 prospezione sismica con metodologia MASW, per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) nei primi 30 m di profondità;
- n. 1 misura di microtremori ambientali tramite tromografo digitale, per il rilievo delle frequenze fondamentali di vibrazione dei terreni di fondazione del cimitero.

L'ubicazione delle prove è visibile nella planimetria allegata.

Di seguito si accennano le caratteristiche essenziali delle metodologie usate in fase di prospezione ed i principali risultati che ne scaturiscono.

2.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Al fine di conoscere con sufficiente esattezza la natura litologica dei terreni che costituiscono il sottosuolo del cimitero frazionale di Forcella, è stato realizzato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo.

Il carotaggio, denominato S1, è stato eseguito dalla ditta Abruzzisonda S.a.s. mediante una sonda perforatrice idraulica cingolata "Soil Tek 450", le cui caratteristiche tecniche sono sintetizzate di seguito.

COPPIA MASSIMA	450 (kgm)
CORSA UTILE	1.500 (mm)
SPINTA TESTA ROTAZIONE	3000 (kg)

La perforazione è stata realizzata mediante carotiere semplice con diametro nominale esterno di 101 mm ed è stata spinta sino alla profondità di 20.0 m dal piano campagna.

La stratigrafia dettagliata del sondaggio è riportata in allegato e ad essa si rimanda per ogni particolare e approfondimento, di seguito si riportano le principali risultanze emerse.

Sondaggio S1: al di sotto di 0.60 m di terreno di riporto eterogeneo sono presenti, fino a circa 2.0 m, limi argilloso-sabbiosi di colore marrone con rari clasti millimetrici. Seguono, fino a circa 4.0 m, limi argillosi e limi sabbiosi avana, debolmente ghiaiosi. Da 4.0 a 9.0 m si rinvencono limi argillosi di colore marrone chiaro con livelli argillosi avana, seguiti, fino a circa 14.50 m, da argille limose avana con screziature grigie, intercalate a livelli limosi e sabbiosi. Da 14.50 a 17.70 sono presenti argille limose e/o sabbiose estremamente consistenti, di colore grigiastro, con livelli centimetrici di sabbie limose ocracee. Da 17.70 a 20.0 m, infine, si rinvencono argille marnose estremamente consistenti di colore grigio.

Durante le perforazioni, inoltre, è stato prelevato un campione indisturbato mediante campionatore a pressione a pareti sottili (Shelby), cercando di ridurre al minimo il disturbo del campione stesso.

La quota di prelievo del campione indisturbato è riportata nella relativa scheda stratigrafica.

Infine, non è stata riscontrata la presenza di una falda idriche entro la profondità raggiunta dal carotaggio.

2.2 ANALISI DI LABORATORIO

Sul campione prelevato sono state eseguite prove geotecniche finalizzate alla definizione delle principali caratteristiche fisiche dei terreni (non è stato, invece, possibile determinarne le caratteristiche meccaniche per via della non idoneità del campione prelevato).

Le prove di laboratorio sono state eseguite da TECNOMETER S.a.s., laboratorio tecnologico altamente qualificato con Aut. Min. LL.PP.D.M. 4-06-84 n. 24937 (art. 20 legge 1086/71) e successivi rinnovi.

A tal riguardo sono state effettuate:

- determinazioni del peso di volume e dell'umidità naturale,
- determinazione dei limiti di atterberg e degli indici di consistenza,
- analisi granulometrica,

Per un'analisi di dettaglio delle metodologie applicate e dei dati ottenuti si rimanda direttamente ai certificati prodotti in allegato, nella tabella riportata di seguito si riassumono le principali risultanze emerse.

Forcella - S1 Prof. 2.00 -2.50	
Contenuto d'acqua	11.91%
Peso di Volume	19.55 kN/m ³
Peso specifico	26.17 kN/m ³
Limiti di Atterberg	W_L =25.8% W_P =10.4% I_P =15.4% I_L =0.1 I_C =0.9
Analisi Granulometrica	Ghiaia=1.04% Sabbia=15.84% Limo=48.37% Argilla=34.74%

2.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

Le prove CPT (Cone Penetration Test) sono state eseguite secondo le *Norme ASTM D3441-86*, mediante penetrometro mod. Pagani TG 63, munito di un apparato di spinta di 20 ton.

La Prova Penetrometrica Statica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standard (tipo "Begemann", con area della sezione trasversale di 10 cmq ed area del manicotto laterale di 150 cmq), infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm/sec}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste coassiali alla cui estremità è collegata la punta, previo opportuno ancoraggio al suolo del penetrometro con una coppia di coclee.

Tramite cella di carico elettronica collegata ad un visualizzatore digitale vengono registrate la resistenza di punta (R_p), misurata dalla sonda nella prima porzione dell'infissione nel terreno e il valore totale comprensivo della resistenza di punta più la resistenza laterale R_l (spinta totale della punta e del manicotto di frizione).

I valori di R_p ed R_l sono stati registrati ogni 20 cm di avanzamento della batteria.

Da questa coppia di valori, tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale, vengono ricavati i valori di resistenza specifica alla punta q_c e di attrito laterale specifico (Resistenza Laterale) f_s .

I grafici di q_c e f_s al variare della profondità e le schede dei loro valori analitici sono riportati in allegato.

L'elaborazione, l'interpretazione e la visualizzazione grafica dei risultati delle prove CPT consentono quindi di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati.

Dai valori di resistenza alla punta q_c , infatti, è possibile stimare, tramite opportune correlazioni suggerite da vari Autori, il valore dei principali parametri geomeccanici dei terreni attraversati.

Dal rapporto tra q_c e f_s è inoltre possibile avere una stima della natura litologica e del tipo di comportamento geotecnico (coesivo o attritivo), da utilizzare per scegliere la correlazione più idonea per la parametrizzazione dei terreni indagati.

I risultati delle prove sono visibili nelle schede in allegato, ad esse si rimanda per ogni particolare e approfondimento; di seguito si espongono le principali risultanze emerse.

Prova CPT1: è presente uno strato superficiale di terreno coesivo mediamente consistente, profondo fino a circa 2.80 metri, caratterizzato da una resistenza media alla penetrazione (q_c) di 28.5 kg/cm^2 . Seguono, fino a circa 9.0 m, terreni molto consistenti aventi una q_c media di 45.4 kg/cm^2 . Oltre tale profondità si rinvenivano terreni coesivi estremamente consistenti (q_c media = 118.0 kg/cm^2) fino a 10.0 m, al di sotto dei quali è presente un livello (probabilmente costituito da sabbie addensate o pseudo-cementate) in corrispondenza del quale è stata interrotta la prova (a 10.40 m) per l'eccessiva resistenza riscontrata (q_c media = 229.0 kg/cm^2).

Prova CPT2: si rinvenivano, fino a circa 2.80 metri di profondità, terreni coesivi mediamente consistenti caratterizzati da una q_c media di 23.3 kg/cm^2 ; seguono, fino a 5.0 m di quota, terreni coesivi molto consistenti (q_c media = 56.1 kg/cm^2). Da 5.0 m a 8.40 m (profondità di fine prova) sono presenti terreni coesivi maggiormente consistenti, le cui resistenze medie si attestano intorno ai 72.5 kg/cm^2 .

Prova CPT3: sono presenti, fino a circa 1.40 m di profondità, terreni coesivi caratterizzati da una resistenza media alla penetrazione pari a 19.3 kg/cm^2 . Seguono terreni coesivi più consistenti (q_c media = 37.6 kg/cm^2) fino a circa 5.20 m. Al di sotto di tale quota, e fino alla profondità di termine prova (8.40 m), i terreni mostrano una resistenza media alla penetrazione di 72.5 kg/cm^2 , sintomo di elevata consistenza.

2.4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

La tipologia di prova penetrometrica effettuata è consistita nell'infissione verticale nel terreno, mediante battitura con un maglio di 63,5 Kg che cade con frequenza costante da un'altezza di 75 cm, di una punta conica metallica di dimensioni standardizzate (Penetrometro DPSH superpesante = *Dinamic Probing Super Heavy*, le caratteristiche tecniche strumentali sono riportate nelle schede allegate) e registrando il numero di colpi (N_{dpm}) per l'avanzamento nel terreno delle aste ogni 20 cm.

La resistenza del terreno è quindi direttamente proporzionale al numero di colpi per infissione.

Quest'ultimi (Ndpm) sono poi commutati in valori N_{spt} standard, parametro grazie al quale, tramite opportune correlazioni, è possibile risalire ad una stima dei principali parametri geotecnici dei terreni indagati.

Le prove DPSH effettuate sono state spinte sino alle profondità (variabili da 5.6 m a 11.0 m) alle quali la resistenza del terreno ha superato i limiti strumentali del penetrometro stesso ("rifiuto strumentale").

I risultati della prova sono inoltre restituiti in termini di resistenza dinamica alla penetrazione (Rpd), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente, ricavabile dalla formula Olandese:

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e \cdot (M + P + P_p)} \text{ [kg/cmq]}$$

(con: M = peso del maglio; H = altezza caduta maglio; A = sezione punta conica; e = rifiuto; P = peso delle aste; P_p = peso dell'incudine).

Nelle tabelle allegate sono riportati i tabulati numerici dei valori riscontrati in fase di esecuzione, i grafici da essi derivati e i valori medi delle principali proprietà fisico-meccaniche che scaturiscono dall'elaborazione di ciascuna prova.

Di seguito si espongono le principali risultanze emerse.

Prova DPSH1: è presente uno strato superficiale di terreno consistente (presumibilmente di riporto), spesso circa 1.40 m e caratterizzato da un numero di colpi medio (Ndpm) di 8 colpi; seguono, fino a 6.0 m di profondità, terreni molto consistenti o moderatamente addensati, caratterizzati da un Ndpm di circa 12 colpi. Da 6.0 m a 10.60 si assiste ad un calo della resistenza con un numero di colpi medio paragonabile a quello del primo strato (Ndpm circa 9). Oltre 10.60 m le resistenze tendono ad aumentare con la profondità (Ndpm = 15 fino a 11.80 m e 29.5 fino a 12.0 m, quota di fine prova).

Prova DPSH2: fino a circa 5.0 m di profondità (quota di termine prova) sono sempre presenti terreni moderatamente addensati o molto consistenti, caratterizzati da un Ndpm di circa 15 colpi.

Prova DPSH3: al di sotto di circa 1.0 m di terreno di riporto poco addensato, caratterizzato da un numero di colpi medio (Ndpm) di circa 5,5 colpi, si rinvenivano terreni coesivi moderatamente consistenti, caratterizzati da un Ndpm di circa 3,5 colpi fino a 4.20 m di quota e Ndpm = 5 fino a 5.80 m. Da 5.80 m a 9.0 m i terreni aumentano di consistenza (Ndpm = 5 colpi) e oltre i 9.0 m le resistenze aumentano considerevolmente (Ndpm = 23) fino al termine della prova (avvenuta a 12.0 m di profondità).

2.5 INDAGINE SISMICA MASW

L'indagine geofisica eseguita ha avuto lo scopo di accertare le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione ed in particolare la velocità delle onde di taglio (v_s) dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo del sito in esame.

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali v_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

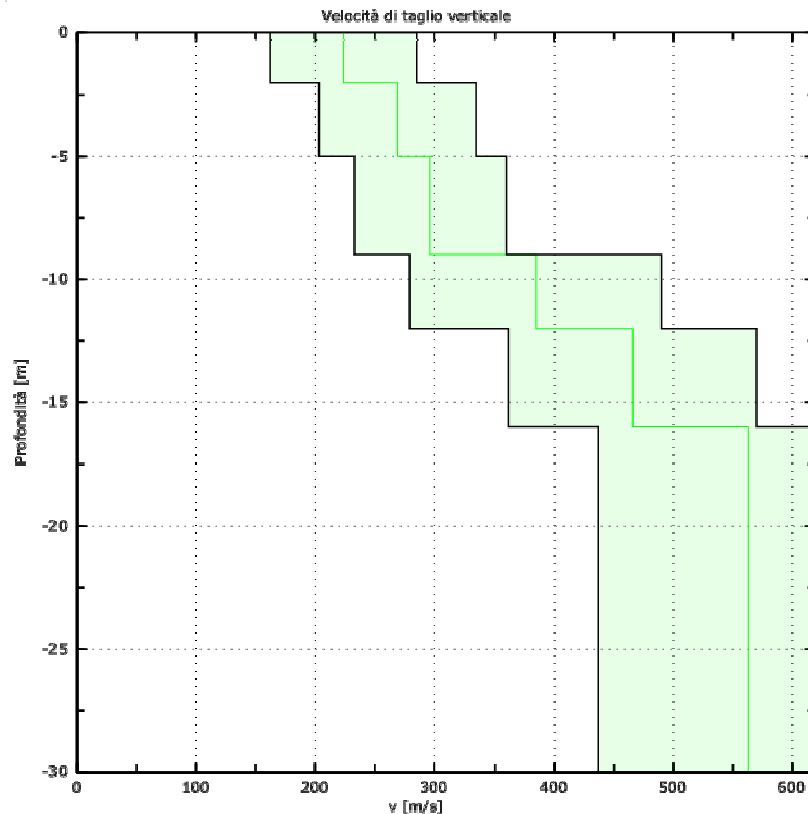
In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;
- individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz);
- calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- modifica della curva teorica fino al raggiungimento di una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

In allegato sono riportati ulteriori particolari circa la strumentazione impiegata e la geometria dello stendimento, nonché le elaborazioni effettuate a partire dai risultati dell'indagine.

Tali elaborazioni hanno consentito di ricostruire il profilo sismo-stratigrafico riportato di seguito.



2.6 PROSPEZIONE GEOFISICA HVSR

L'indagine geofisica proposta si basa sulla tecnica dei rapporti spettrali H/V o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) di Nakamura.

Essa consiste essenzialmente nella registrazione del cosiddetto 'rumore sismico', generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica (detto anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro), poi convertito e restituito in termini di spettri di velocità in funzione della frequenza.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle costruzioni in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza", estremamente pericoloso per la stabilità delle stesse;
- la velocità media delle onde di taglio V_s , calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, rilevamento geologico, ecc.) e riconoscibile nella

curva H/V. È possibile calcolare la Vs30 e la relativa categoria di sottosuolo, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008;

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato una strumentazione di marca M.A.E., composta essenzialmente da un tromometro digitale dotato di tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione, collegati ad un sismografo 24 bit.

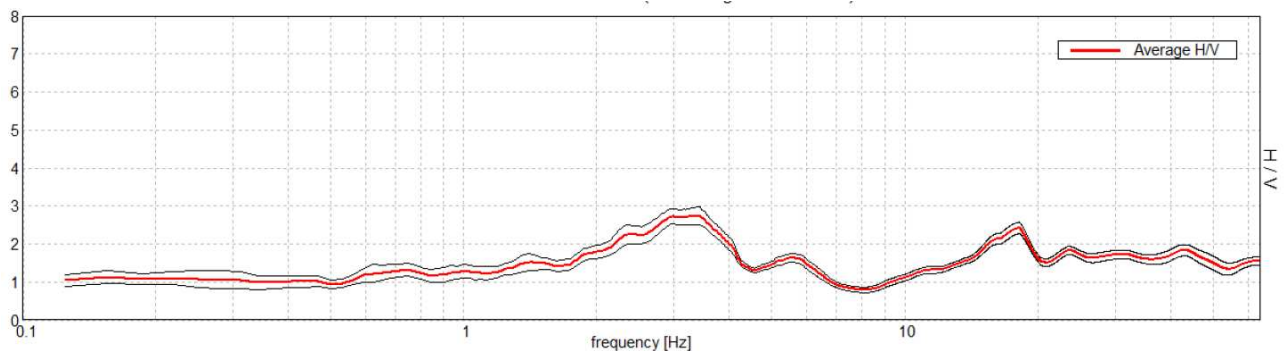
In fase operativa sono state eseguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 30 minuti;
- la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di circa 33 secondi ciascuno;
- per ogni segmento è stata eseguita un'analisi spettrale nelle sue tre componenti e sono stati calcolati i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
- sono stati calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima attendibile è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- rapporti H/V sperimentalmente “stabili”, ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
- effetti di sorgente effettivamente mediati, ovvero senza sorgenti “dominanti”;
- misura non contenente errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

L'indagine eseguita ha permesso di definire la *frequenza fondamentale di risonanza di sito* che è risultata essere pari a $3.41 \text{ Hz} \pm 0.14 \text{ Hz}$ in corrispondenza del picco di massima ampiezza $A_0 = 2.75 \text{ Hz}$, come visibile nel sottostante grafico dei rapporti spettrali H/V.



In allegato sono minuziosamente riportate le varie fasi di elaborazione dei dati e le risultanze della loro interpretazione, ad esse pertanto si rimanda per ulteriori particolari.

3. GEOLOGIA DELL'AREA E STRATIGRAFIA

Nei principali lineamenti strutturali, il quadro geologico della zona è caratterizzato dalla presenza della estesa “*Formazione di Cellino*” (vedasi Carta Geologica in allegato), costituita, nel complesso, da sedimenti natura pelitica (marnosa e/o argillosa) o pelitico-arenacea intercalati a frequenti (talora prevalenti) intervalli a predominante componente arenacea.

Le varie associazioni litologiche (arenacea, arenaceo-pelitica, pelitico-arenacea e pelitica), distinte in base al rapporto arenaria/argilla, consentono di suddividere tale Formazione in diversi membri a seconda della facies di sedimentazione.

In particolare, nell'area oggetto della presente, i termini del substrato geologico risultano appartenere al cosiddetto *Membro arenaceo-pelitico di Poggio delle Rose*, di età Pliocene inferiore, costituito essenzialmente da strati arenacei con intercalati frequenti livelli pelitico-arenacei nella parte basale.

Le indagini hanno evidenziato, nel sito di studio e per le profondità di interesse, la presenza di litotipi prevalentemente marnoso/argillosi, sintomo che nell'area affiora la parte basale del membro appena descritto.

Nel loro insieme, gli strati della formazione costituiscono il fianco occidentale di una piega (sinclinale asimmetrica) con asse orientato approssimativamente nord-sud.

Il disturbo tettonico dell'area, di natura compressiva, è evidenziato altresì dalla presenza, poco ad ovest, di un fronte di sovrascorrimento (*thrust di Forcella-Nepezano*) che ha portato le più antiche litologie del Flysch della Laga ad accavallarsi al di sopra dei termini, più recenti, della Formazione di Cellino.

L'assetto strutturale locale degli strati è rappresentato, in ogni caso, da una direzione generale circa NO-SE, con immersione verso NE e inclinazione di circa 30° (comunque variabile per via delle strutture tettoniche descritte).

Nell'area di indagine il substrato compare a quote relativamente profonde, essendo stato rinvenuto (nel foro di sondaggio) alla profondità di circa 14.50 metri dal piano campagna.

La profondità di rinvenimento può tuttavia variare in funzione dello spessore dei terreni di copertura: essa tendenzialmente aumenta scendendo lungo il pendio e verso est, fino ad un minimo, stimato indirettamente dall'analisi dei risultati delle prove CPT, di 10 o 11 metri.

Il substrato presenta, per almeno 3 o 4 metri di profondità, sintomi di alterazione dovuti essenzialmente a fenomeni di ossidazione e degradazione chimico-fisica ad opera degli agenti atmosferici e, soprattutto, dalle acque di infiltrazione che percolano all'interno delle discontinuità dell'ammasso litoide.

L'alterazione (che avviene in sito, senza trasporto e accumulo di materiale) tende a mantenere più o meno immutate le caratteristiche granulometriche e strutturali della roccia madre ma le modifiche indotte dai

processi chimico-fisici dovuti agli agenti degradanti tendono a peggiorare le sue caratteristiche geotecniche (in particolare la resistenza a compressione per la componente arenacea e la coesione per la componente pelitica).

In ogni caso, l'alterazione diminuisce progressivamente all'aumentare della distanza dalla superficie, fino al passaggio, spesso di tipo graduale e di difficile posizionamento, alla formazione inalterata.

Al di sopra del substrato si impostano i terreni superficiali, rappresentati da coltri di alterazione eluviale e da coltri colluviali di copertura.

Le prime (*coltri eluviali o strato eluviale*) rappresentano il risultato dell'alterazione in sito della porzione più superficiale del substrato, in cui il grado di deterioramento è talmente elevato da rendere difficile il riconoscimento della struttura della roccia madre; inoltre, le sue caratteristiche geotecniche, seppur buone, sono tali da non essere più considerabile come dotato di consistenza litoide.

Lo spessore della coltre eluviale è, in genere, di difficile definizione e può variare in virtù dell'assetto giaciturale degli strati della formazione di base e del loro stato di fratturazione, nonché delle situazioni al contorno (esposizione, circolazione idrica, ecc...); nell'area cimiteriale è stato stimato a partire dai risultati delle indagini effettuate e risulta essere circa compreso tra i 5.0 m e i 6.0 m.

La granulometria dello strato eluviale, in quanto di matrice pelitico-arenacea, è di natura essenzialmente limoso-argillosa e argilloso-limosa, con livelli sabbioso-limosi.

Al di sopra dell'eluvio sono presenti depositi superficiali, costituiti da materiali provenienti dal disfacimento dei retrostanti rilievi collinari e risedimentati lungo il pendio, previo rimaneggiamento ad opera della gravità e delle acque di scorrimento superficiale e forte alterazione ad opera degli agenti atmosferici (*coltri colluviali*).

Tali depositi presentano generalmente spessori crescenti verso la base dei versanti e sono di norma organizzati in lenti e/o strati a costituzione granulometrica e tessiturale disomogenea in senso verticale e laterale, in virtù delle litologie originarie e delle modalità di erosione, trasporto e sedimentazione.

Nell'areale indagato, la granulometria delle coltri rimaneggiate è essenzialmente limosa e argillosa, con livelli e lenti a maggiore contenuto di sabbia e scarsi inclusi ghiaiosi; il suo spessore, variabile, è tendenzialmente crescente verso sud e verso est, da un minimo di circa 5 metri nella parte alta del cimitero (prove CPT2 e CPT3) a circa 9 – 10 metri nella parte bassa (prove CPT1, DPSH1 e DPSH3).

In conclusione, il modello geologico dell'area di studio, ricostruito a partire dai risultati delle indagini e dei rilievi eseguiti, è riassumibile come segue.

Da 0.0 a 5.0/10.0 m	<u>Coltre colluviale.</u> Limi argillosi e limi sabbiosi di colore marrone con scarsi clasti millimetrici, provenienti dall'accumulo di materiali risedimentati lungo il pendio. Lo spessore, eterogeneo, è compreso tra 5.0 e 10.0 metri.
---------------------	--

- Da 5.0/9.0 m a 10.0/14.5 m Strato eluviale: alternanze di limi argillosi, limi sabbiosi e argille limose di colore variabile dal nocciola/avana al grigio e livelli sabbioso-limosi ossidati di colore ocraceo; il suo spessore è estremamente è circa compreso tra i 5.0 e i 6.0 m.
- Da 14.5 a 17.7 m Substrato alterato: argille limose con intercalazioni centimetriche arenitiche e siltitiche, caratterizzate da evidente alterazione, dovuta essenzialmente ad ossidazione dei minerali ad opera delle acque di infiltrazione all'interno delle fratture; lo spessore è di circa 3 metri.
- Da 17.7 m Substrato inalterato: appartiene alla parte basale del *Membro arenaceo-pelitico di Poggio delle Rose* della Formazione di Cellino, è costituito da argille marnose con intercalazioni arenitiche e siltitiche.

Oltre a ciò, possono naturalmente essere presenti, al di sotto dell'area occupata dalle strutture del cimitero, terreni di riporto di origine antropica a granulometria eterogenea (essenzialmente sabbioso-limosa e ghiaiosa) e di spessore variabile (fino a circa 1.5 m nel piazzale antistante).

Quanto detto è altresì schematizzato nella sezione geologica interpretativa riportata in allegato; essa, costruita su una porzione significativa del tratto di versante di stretto interesse, può essere considerata come modello geologico di riferimento per l'area di studio.

4. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista idrogeologico, l'area ricade nell'ambito del “*Complesso idrogeologico delle argille, argille marnose e marne argillose*” (vedasi schema in allegato), ivi rappresentato dalla Formazione di Cellino in facies pelitico-arenacea o arenaceo-pelitica.

Trattandosi di litologie a bassa permeabilità per porosità primaria, il complesso basale costituisce il substrato impermeabile dell'area.

La natura argilloso-marnosa dei litotipi del substrato, infatti, fa sì che la presenza di acqua presente nella formazione di base sia da collegarsi più a fenomeni di imbibizione e saturazione dei terreni, con cessioni e movimenti estremamente lenti, che a vere e proprie falde acquifere (che possono instaurarsi solo laddove c'è una rilevante presenza di discontinuità strutturali che causano alti valori di porosità secondaria).

Anche le coltri colluviali ed eluviali di copertura, per via dell'elevato tenore argilloso dei sedimenti e dello stato di consistenza e/o addensamento, tendono favorire i processi di ruscellamento piuttosto che di infiltrazione; tuttavia, nei livelli a granulometria più grossolana e con spessori maggiori, si possono creare piccole falde transitorie per saturazione dei terreni in occasione delle precipitazioni, con lento drenaggio delle acque di ritenzione verso il basso e lungo il pendio.

La natura dei terreni non favorisce in ogni caso la formazione di una falda idrica permanente a profondità tali da interagire con le strutture di fondazione delle costruzioni cimiteriali, come in effetti non ne è stata riscontrata la presenza sino alle profondità raggiunte in fase di indagine.

5. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area di studio è ubicata ad una quota media di circa 250 m s.l.m. e si inserisce nella parte mediana di un versante esposto a sud-est e degradante verso la sottostante pianura alluvionale del F. Vomano con una pendenza media di 10°.

Il versante rappresenta la propaggine meridionale di una modesta dorsale ad andamento NO-SE, delimitata dalle incisioni dei fossi Sant'Antonio a ovest e Trentamano a est, entrambi tributari di sinistra del F. Vomano, nel cui bacino idrografico è inserita l'area di studio

L'area cimiteriale è ubicata in un settore del versante a morfologia più blanda e presenta una pendenza media di circa 5°, rimodellata da interventi antropici con interventi di gradonatura.

Lungo il versante in oggetto, la stratificazione del substrato (immergente verso NE con inclinazione di circa 30°) presenta, nel complesso, un assetto strutturale a traversopoggio tendente al franapoggio più inclinato del pendio (stratificazioni immergenti nella stessa direzione del versante).

Tale assetto generalmente garantisce discrete condizioni di sicurezza nei confronti di fenomeni franosi con piani di scorrimento nei litotipi del substrato ma, al contrario, favorisce fenomeni di instabilità gravitativa nelle coltri superficiali (essenzialmente colluviali).

Trattasi di lenti movimenti stagionali (pochi mm o cm l'anno) dei terreni più superficiali, dovuti essenzialmente alla saturazione di acqua (che appesantisce e plasticizza i terreni) e assimilabili al movimento fluido di una massa viscosa, senza la creazione di una vera e propria superficie di rottura, e che si manifestano con la comparsa di più o meno blande ondulazioni diffuse lungo il pendio.

Essi agiscono in modo omogeneo su superfici anche molto vaste (presentano cioè carattere areale) anche se possono dare luogo a puntuali mobilitazioni di coltri superficiali con cinematiche roto-traslazionali o di colamento.

Dalla *Carta Geomorfologica* del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - foglio 339 O) si può notare come nell'area cimiteriale in oggetto non vi sia segnalata la presenza di frane che la interessino direttamente.

Tuttavia, è indicato un esteso fenomeno gravitativo di soliflusso attivo lungo il versante a est del cimitero, ad una distanza planimetrica minima di circa 120 m dallo stesso e a partire da una quota altimetricamente inferiore di almeno 25 m.

Al momento, il fenomeno cartografato non sembra interessare il sito cimiteriale, come in effetti risulta anche dai rilievi svolti, a seguito dei quali non sono stati rilevati sul terreno particolari indizi di diffusi movimenti franosi in atto o imminenti che coinvolgano l'area su cui sorge l'intero complesso.

Il lieve ammaloramento mostrato da alcune strutture (come, ad esempio, lo spigolo orientale delle mura perimetrali), **infatti, non sembra tanto ricollegarsi ad un dissesto** geomorfologico gravante nell'area del

cimitero ma, piuttosto, sembra essere connesso a situazioni puntuali connesse, ad esempio, all'azione esercitata dalle radici degli alberi ad alto fusto presenti lungo il perimetro dell'area o a cedimenti differenziali dei terreni al di sotto delle strutture, dovuti a marcate disomogeneità laterali e verticali dei terreni di fondazione in termini di spessore, composizione, caratteristiche fisico-meccaniche e, soprattutto, grado di umidità.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La caratterizzazione prende spunto dalle risultanze delle prove penetrometriche appositamente eseguite e dalle analisi di laboratorio effettuate sui campioni prelevati in fase di sondaggio.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche, in base all'andamento della resistenza alla punta (q_c) che si deduce dall'analisi dei risultati delle prove CPT e in base all'andamento della resistenza alla punta (R_{pd}), evidenziato dal numero di colpi per infissione che si deduce dall'analisi dei risultati delle prove DPSH, è stato possibile suddividere i terreni indagati in differenti *unità litotecniche*, distinte da un q_c medio di riferimento.

Tali unità ricalcano grosso modo le unità stratigrafiche ricostruite nel modello geologico ma non necessariamente coincidono con esse per spessori e geometrie.

Ad esempio, la coltre colluviale può risultare divisa in più unità litotecniche (distinte da differenti parametri geotecnici) oppure una stessa unità può accorpare due litologie differenti, nel caso fossero caratterizzate da valori molto simili di resistenza.

Ciò è inevitabile per via della forte disomogeneità ed anisotropia, laterale e verticale, tipica dei depositi superficiali di natura colluviale (soprattutto) ed eluviale.

Una volta suddivisi i terreni in differenti unità litotecniche, per ciascuna è stato calcolato il valore medio di q_c e di N_{spt} , e da essi, tramite correlazioni suggerite da autori vari (citati negli allegati), si è risaliti alla definizione dei *parametri geotecnici medi* dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo del sito di indagine.

Tutti i parametri sono stati calcolati considerando i terreni presenti, in virtù dell'elevato tenore argilloso, come dotati di comportamento geotecnico di tipo coesivo.

I parametri che così scaturiscono, integrati dai dati provenienti dalle prove di laboratorio, sono riassunti nella tabella riportata nella pagina seguente, valida come modello geotecnico di riferimento per i terreni dell'area cimiteriale in oggetto.

Nella tabella sono riportati i range di variazione dei valori dei parametri geotecnici medi.

In allegato sono invece riportati i valori dei parametri riferiti ad ogni singola prova e ad essi si rimanda per ogni particolare circa le caratteristiche puntuali dei terreni e gli spessori delle unità litotecniche per ciascuna verticale di indagine.

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI								
	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Angolo d'attrito (°)	Coesione efficace C' (Kg/cm ²)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico Eed (Kg/cm ²)	Modulo di deformaz non-drenato Eu (Kg/cm ²)	Modulo di deformaz al taglio G (Kg/cm ²)
UNITÀ 1 Colluvio	1.77 – 2.03	1.88 – 2.11	23 - 24	0.10	0.64 - 0.95	43.5 - 57.0	718 - 1058	170 - 216
UNITÀ 2 Colluvio	1.88 – 2.08	1.90 – 2.16	26	0.10	0.94 - 1.87	75.2 – 112.2	1385 - 2074	256 - 328
UNITÀ 3 Eluvio	2.00 – 2.05	2.20 – 2.25	27	0.2	1.43 – 3.93	114.3 – 236	2666 - 4350	383 - 516
UNITÀ 4 Substrato alterato	2.19 – 2.20	2.27 – 2.30	28	0.3	4.38 - 5.78	350 - 462	5000 - 8000	481 - 920

La variabilità dei range dei parametri geotecnici lascia intendere che i terreni siano dotati di una certa eterogeneità laterale e verticale per quanto riguarda le loro caratteristiche fisiche e meccaniche.

I terreni dotati di minore consistenza, in generale, sono ascrivibili alle coltri colluviali, qui divise in due distinte unità litotecniche, che si differenziano per i valori di resistenza (molto più bassi nell'Unità n.1).

Le coltri superficiali dotate delle caratteristiche peggiori si rinvencono nel settore meridionale dell'area cimiteriale (CPT1, CPT2 e DPSH3) e nella porzione di monte del settore più antico (CPT3).

Nella porzione orientale del cimitero (corrispondente alla parte bassa del settore più antico), invece, le coltri colluviali ed eluviali mostrano caratteristiche geotecniche mediamente migliori (vedasi prove DPSH1 e DPSH2).

La variabilità laterale delle caratteristiche geotecniche medie dei terreni tra una zona e l'altra e la variabilità verticale all'interno di uno stesso livello, possono essere dovute, oltre che a differenze granulometriche e tessiturali dei sedimenti, anche a differenze del tenore di umidità.

Trattandosi di terreni di natura coesiva, infatti, in essi i valori di resistenza interna del materiale mutano in funzione del contenuto di acqua, diminuendo in caso di saturazione e aumentando in caso di essiccamento.

La stessa eterogeneità dei terreni superficiali, quindi, si traduce in una differente attitudine a reagire alle variazioni delle pressioni neutre (acqua di ritenzione) al loro interno, sia in termini di variazione di volume (espansione in caso di saturazione e ritiro per essiccamento), sia in termini di variazione delle caratteristiche di resistenza (che diminuisce, anche drasticamente, in occasione di forti imbibizioni).

I terreni superficiali possono perciò presentare una non trascurabile variabilità delle caratteristiche meccaniche in funzione della loro eterogeneità e del differente grado di umidità, che può mutare anche nel tempo.

Dai risultati delle analisi di laboratorio si evince, inoltre, che i terreni ascrivibili alle coltri eluviali si trovano in uno stato al limite tra il *plastico* ed il *poco plastico*, essendo caratterizzati da un indice di plasticità $I_p = 15.4$ e da un contenuto di acqua superiore (seppur di poco) al Limite di Plasticità (vedasi certificati in allegato).

Eventuali differenze tra le caratteristiche geotecniche dei terreni tra una zona e l'altra e all'interno di uno stesso livello possono essere dovute, oltre che a differenze granulometriche e tessiture dei sedimenti, anche (in alcuni casi soprattutto) al differente contenuto di acqua.

Trattandosi di terreni di natura coesiva prossimi al Limite di Plasticità, infatti, sono sufficienti piccole differenze del grado di umidità a determinare, localmente, il passaggio degli stessi dallo stato solido a quello plastico, con conseguente decremento delle caratteristiche di resistenza interna del materiale.

Un'eventuale variabilità della resistenza nei terreni al di sotto delle fondazioni delle strutture, traducendosi in una differente attitudine a reagire alle sollecitazioni indotte, potrebbe generare locali cedimenti differenziali.

Questi, quindi, possono verificarsi anche laddove si creino concentrazioni e/o ristagni di acqua in settori localizzati, che provocano la saturazione dei terreni con passaggio dallo stato solido allo stato plastico e conseguente abbassamento delle caratteristiche di resistenza e portanza degli stessi.

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI ED EFFETTI LOCALI

7.1 PERICOLOSITÀ SISMICA

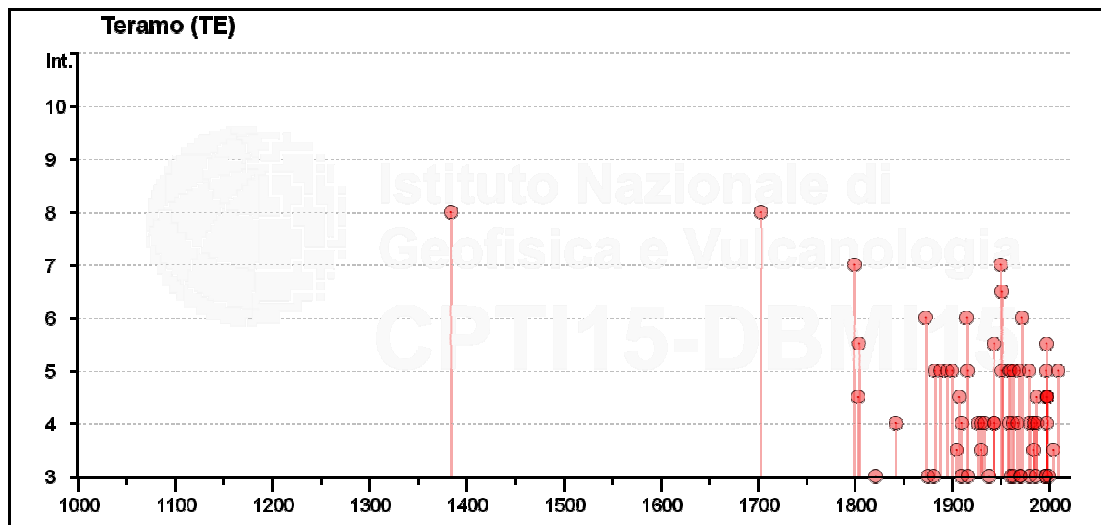
Per quanto riguarda la storia sismica di Teramo, è stata svolta una ricerca interrogando il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (DBMI15, aggiornato al 2015), consultabile sul sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanismo (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>).

Dal suddetto database risulta che il territorio comunale di Teramo è stato interessato da 79 eventi sismici documentati dal 1384 al 2015; per semplicità, nella seguente tabella, si riportano i terremoti aventi le maggiori intensità locali ($I > 5$).

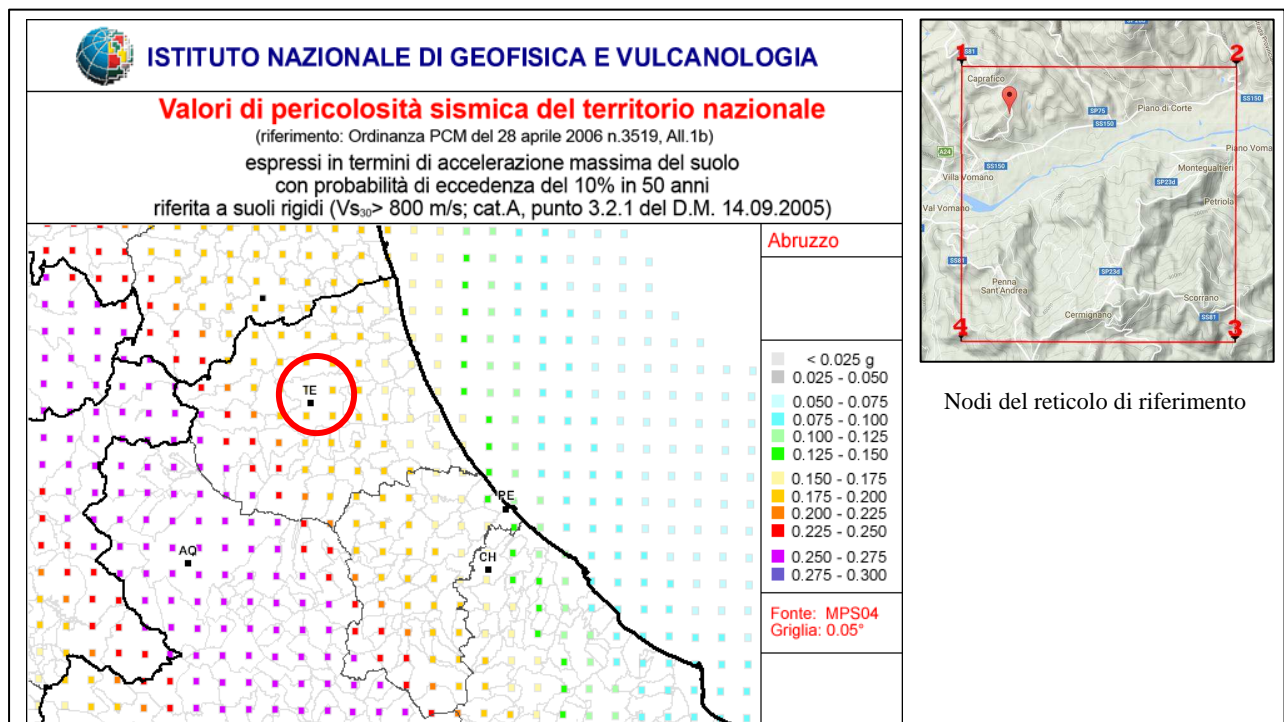
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1384 10 22	Teramo	2	7	5.1
8	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
7	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	70	9	6.18
7	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
6-7	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
6	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
6	1972 11 26 16 03	Marche meridionali	73	8	5.48
5-6	1804 05 22 19 15	Gran Sasso	24	8	5.42
5-6	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5.67
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	1882 08 16	Costa ascolana	13	7	5.15
5	1888 07 08 20 47	Teramo	7	5	4.46
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1900 08 10 04 28 13.00	Teramano	15	5	4.28
5	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.5
5	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
5	1959 01 01 23 58 14.00	Teramano	46	5	4.33
5	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4.44
5	1963 07 21 11 09	Monti della Laga	11	7	4.71
5	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	97	5	4.39
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
5	2009 04 06 01 32 40.40	Aquilano	316	9-10	6.29

Tabella 1 – DBMI15: Osservazioni sismiche disponibili per Teramo($I_s > 5$)

Dallo stesso database è possibile costruire il seguente grafico tempo/intensità.



Per l'area in esame, in relazione alla pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (PGA), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b), è previsto un PGA compreso tra 0,175g e 0,200g (vedi mappa sottostante).



Tale pericolosità sismica di base per l'area in esame è definita ubicando il sito all'interno del reticolo di riferimento dell'INGV, in particolare nella maglia definita dai nodi riportati sulla destra.

7.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il D.M. 14.01.2008 stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo affidamento su di un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Queste sono definite nella Tabella 3.2.II del suddetto D.M in funzione della successione dei terreni e del parametro $V_{s,30}$, il quale rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità e viene calcolata con l'espressione:

$$V_{s,30} = \sum_{i=1,N} h_i / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{s,i})$$

dove:

$V_{s,i}$ = valore di V_s nello strato i -esimo;

h_i = spessore dello strato i -esimo;

N = numero di strati compresi entro i primi 30 m di profondità.

In considerazione della successione sismostratigrafica scaturita dall'elaborazione delle indagini MASW (riportate in allegato), è possibile ottenere una stima della media della velocità onde s nei primi trenta metri, pari a $V_{s,30} = 400 \text{ m/s}$.

Tale media definisce il sito in esame come appartenente alla **categoria B**, ossia "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s*" (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a granagrossa e $cu_{30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).

Per quanto riguarda la Categoria Topografica, dal momento che il sito di progetto si trova in corrispondenza di un versante con un'inclinazione media di circa 10° , esso può essere considerato appartenente alla **categoria T1**, cui corrisponde un fattore di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

7.3 COEFFICIENTI SISMICI

I parametri sismici da adottare per la definizione dell'azione sismica, quantificati per i diversi stati limite, considerando un periodo di riferimento di 50 anni e un coefficiente d'uso $C_u=1.0$, sono riportati nella sottostante tabella.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,058	2,472	0,280
Danno (SLD)	50	0,073	2,443	0,295
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,181	2,479	0,350
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,233	2,519	0,359
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Per quanto riguarda l'Amplificazione Stratigrafica, possono essere presi in considerazione i seguenti coefficienti di amplificazione:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,16
Cc * Coeff. funz categoria	1,42	1,40	1,36	1,35

Per quanto riguarda infine i coefficienti sismici da adottare nei calcoli di stabilità dei pendii e fondazioni, possono essere presi in considerazione quelli riportati nella sottostante tabella:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,018	0,052	0,076
kv	0,007	0,009	0,026	0,038
Amax [m/s ²]	0,681	0,860	2,129	2,653
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

7.4 EFFETTI DI SITO E FREQUENZA FONDAMENTALE DI RISONANZA

Per effetti di sito si intendono le conseguenze dovute al comportamento del terreno in caso di evento sismico, per la presenza di particolari condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche che determinano fenomeni di instabilità del terreno ed amplificazioni locali.

Nell'area cimiteriale non sono noti elementi che possano riattivarsi per effetto di un terremoto, quali frane quiescenti o faglie superficiali.

Si ritiene inoltre che i terreni presenti non siano suscettibili di liquefazione in quanto essa non è analizzabile per la non sussistenza delle condizioni necessarie per il verificarsi di tale fenomeno: principalmente la granulometria dei terreni ed il loro stato di consistenza, nonché l'assenza di una falda idrica a quote superficiali.

In relazione ai litotipi riscontrati ed alle condizioni geostrutturali e geomorfologiche, non si escludono, invece, fenomeni di amplificazione locale dell'input sismico per effetti di natura stratigrafica, dovuti alla presenza di non trascurabili spessori di materiali deformabili (coltri di copertura) sovrapposti a materiali semi-rigidi (substrato litoide), che può comportare locali amplificazioni del moto del suolo per effetto di fenomeni mono e bi-dimensionali tipo *intrappolamento e/o focalizzazione* delle onde sismiche, *generazione di onde superficiali, effetto filtro*, ecc.

In tal caso, l'amplificazione sismica è strettamente dipendente dallo spessore dei terreni di copertura, dal contrasto d'impedenza tra substrato e terreno e dalla geometria della superficie di separazione.

In particolare, l'effetto filtro è legato alla risonanza in corrispondenza delle frequenze caratteristiche dei terreni.

L'analisi dei microtremiti in campo libero eseguita attraverso la tecnica HVSR, ha consentito di mettere in luce eventuali fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato (*frequenza fondamentale di risonanza del terreno f_0*).

Come si rileva dal grafico dei rapporti spettrali H/V riportato in allegato e nel par. 2.6 della presente, il rilievo eseguito evidenzia il picco di massima ampiezza ($A_0 = 2,75$ Hz) alla frequenza $f_0 = 3,41 \pm 0,14$ Hz.

Tale frequenza fondamentale di risonanza del terreno, caratteristica del sito in esame, rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle costruzioni in termini di risposta sismica locale. Si dovranno infatti adottare adeguate precauzioni affinché le strutture non abbiano la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare il fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione (*doppia risonanza*), che rappresenta una delle cause principali dell'amplificazione dei danni attesi in occasione di un terremoto.

8. CONCLUSIONI

Con quanto sinora esposto riteniamo di aver sufficientemente illustrato le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo dell'area su cui è fondato il cimitero della frazione di Forcella nel Comune di Teramo.

Le principali peculiarità dei terreni presenti sono state ricavate dall'analisi dei risultati della campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche appositamente eseguita per tale studio e descritte nel dettaglio in relazione (in particolare, le caratteristiche geotecniche e la modellazione sismica sono riportate rispettivamente nel capitolo 6 e nel capitolo 7); di seguito si riassumono le principali risultanze emerse.

Gli esiti delle indagini hanno consentito di caratterizzare i terreni sotto i diversi aspetti considerati, al fine di poter tarare efficacemente eventuali interventi di risanamento e consolidamento di alcune strutture lesionate (in particolare in corrispondenza dello spigolo orientale del muro di cinta), di generale messa in sicurezza e/o miglioramento sismico dell'esistente, ecc, nonché di nuova edificazione.

La locale stratigrafia prevede la presenza di terreni superficiali di genesi colluviale, di natura essenzialmente limosa e argillosa, moderatamente consistenti e di spessore eterogeneo (circa compreso tra 5 e 10 metri), tendenzialmente crescente lungo il pendio.

Al di sotto si rinvenivano terreni argilloso-limosi, molto consistenti, di natura eluviale e aventi uno spessore di circa 5.5 metri.

L'eluvio sfuma nel sottostante substrato geologico, rappresentato dalla parte basale del *Membro arenaceo-pelitico di Poggio delle Rose* della Formazione di Cellino, ivi costituito da argille marnose con frequenti intercalazioni centimetriche arenitiche e siltitiche.

Il substrato presenta uno spessore di alterazione (di circa 3 metri) causato dall'elevata fratturazione in cui versa per il forte disturbo tettonico subito; l'alterazione si attenua progressivamente con la profondità.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area esaminata non presenta particolari indizi di fenomeni gravitativi e/o erosivi in atto.

Solamente nelle aree a più elevata pendenza e caratterizzate da maggiori spessori di coltre colluviale, nonché dotata delle caratteristiche geotecniche peggiori, non si escludono lenti rifluimenti verso il basso dei terreni più superficiali per effetto di movimenti stagionali tipo soliflusso, imputabili alla plasticizzazione dei sedimenti per saturazione da parte di acque meteoriche.

Tali fenomeni sono più probabili nelle aree esterne al cimitero e coinvolgono verosimilmente uno spessore molto esiguo di terreno ma potrebbero, nel caso in cui le fondazioni delle strutture più periferiche (come ad esempio le mura perimetrali di NE) non fossero sufficientemente profonde, interessare, col tempo, il terreno al di sotto del piano di imposta.

Le lesioni presenti su alcune costruzioni sembrano, tuttavia, essere determinate da cause locali e puntuali, apparentemente connesse a lievi fenomeni di cedimento differenziale dei terreni di fondazione al di sotto delle strutture.

Questi possono essere associati alla eterogeneità ed anisotropia dei terreni superficiali, talora dovuta ad una differenza del grado di umidità interno (essendo i terreni a forte componente argillosa e trovandosi in uno stato di consistenza al limite tra il solido e il plastico).

Locali concentrazioni e ristagni di acqua nei terreni di fondazione delle strutture possono crearsi a causa degli inadeguati sistemi di smaltimento delle acque piovane, che vedono pressochè tutti i discendenti dei pluviali delle strutture del cimitero disperdere le acque a terra in adiacenza alle strutture, andando ad imbibire direttamente i terreni di fondazione.

Ulteriori fattori di disturbo possono essere ricercati nell'azione esercitata sulle strutture di fondazione dagli apparati radicali di alberi ad alto fusto, che causa cedimenti per essiccazione dovuti all'assorbimento dell'umidità da parte delle radici o rottura delle fondazioni stesse per sollevamento parziale.

In un'ottica di intervento di risanamento e di mitigazione del rischio, si consiglia, in ogni caso, la realizzazione di un adeguato sistema regimazione e smaltimento delle acque piovane atto ad evitare locali concentrazioni di deflusso o ristagni, avendo cura, come prima cosa, di evitare la dispersione delle acque provenienti dalle grondaie direttamente al suolo, in adiacenza alle costruzioni.

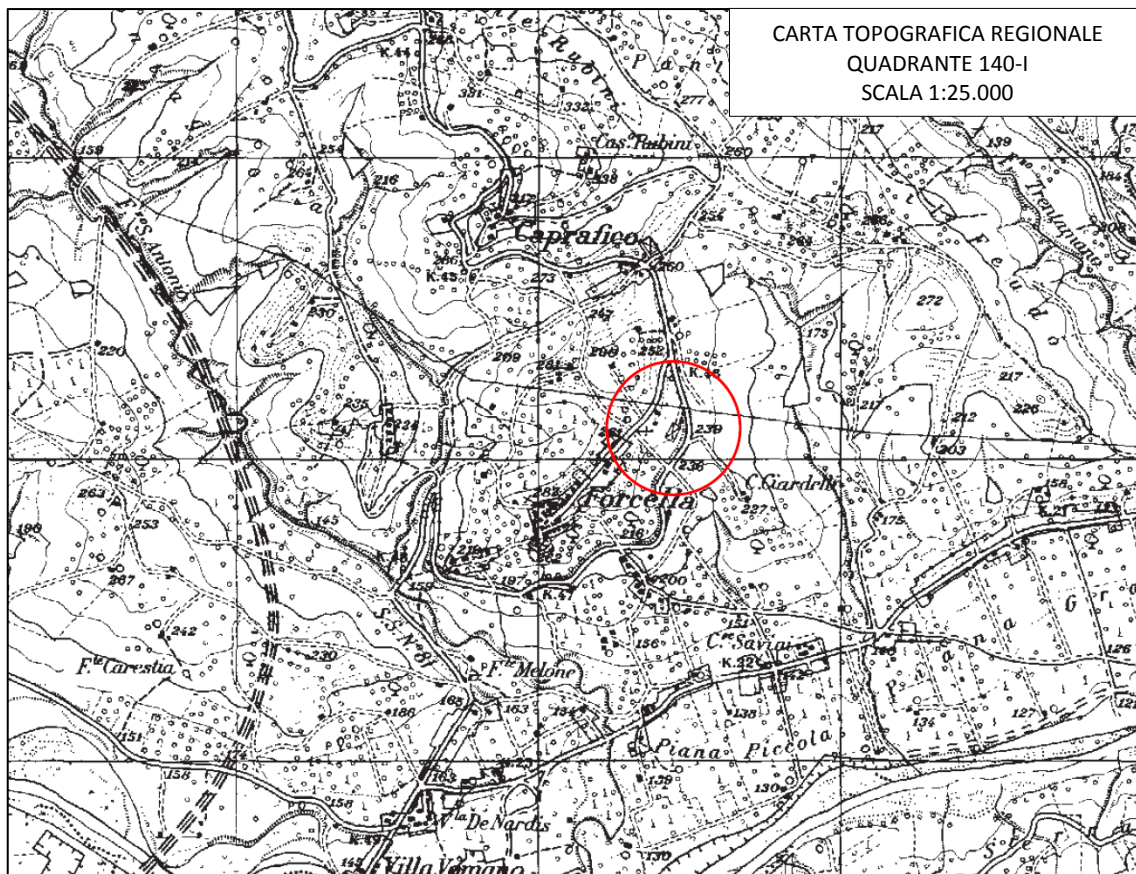
Si consiglia di indagare circa la tipologia e la profondità del piano di posa delle fondazioni delle costruzioni lesionate.

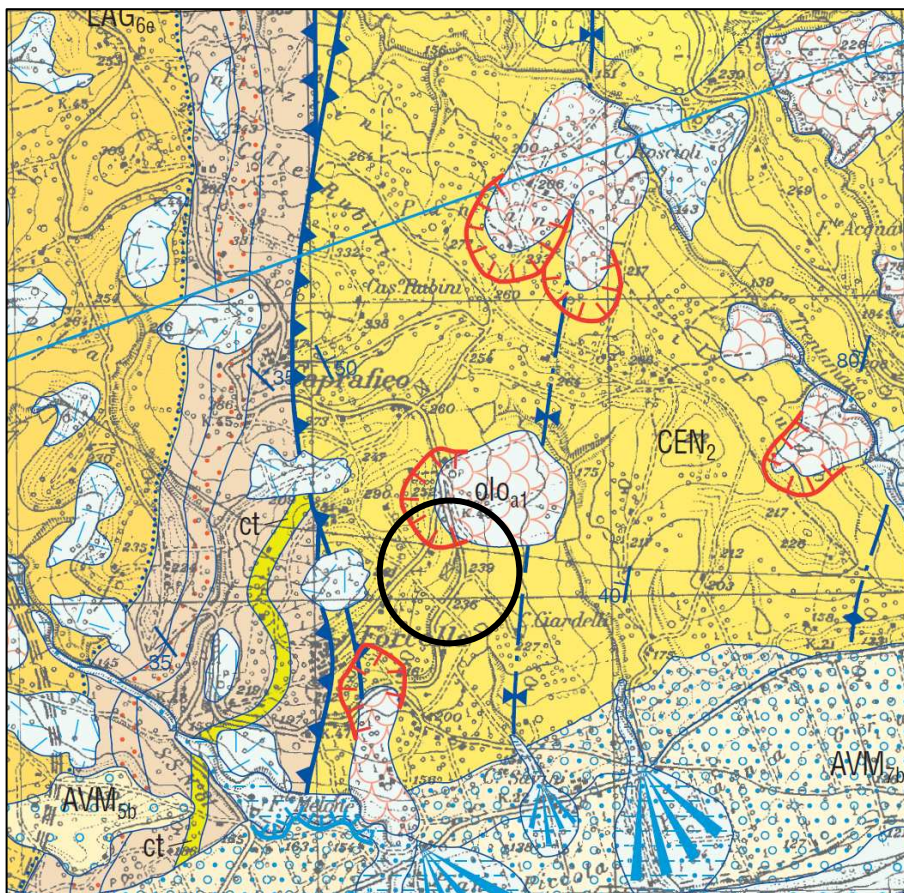
Si resta in ogni caso a disposizione per ogni eventuale chiarimento e/o integrazione che dovesse rendersi necessaria.

Teramo, Gennaio 2017

Il Geologo
Dott. Giuliano Ruoppolo

CARTE TOPOGRAFICHE





Membro arenaceo-pelitico di Poggio delle Rose (CEN₂)

Prevalenti intervalli arenacei, costituiti da strati spessi e molto spessi di arenarie giallastre, frequentemente amalgamati e scarsamente cementati. Nella porzione inferiore del membro a questi si alternano intervalli pelitico-arenacei a TBT che si riducono progressivamente verso l'alto ove prevalgono litofacies arenacee con sottili diaframmi argillosi. Complessivamente si osserva una megasequenza positiva; /P variabile da 2:1 a >>1. Gli intervalli arenacei sono composti da strati spessi ad estremamente spessi (fino a 20 m) a geometria tabulare; gli intervalli pelitico-arenacei variano da spessori metrici alla decina di metri. Spessore molto variabile, da 250 a c.a 800 m c.

PLIOCENE INFERIORE p.p. (zone a *G. margaritae* e *G. punctulata* parte media; zone a nannofossili MNN 12- MNN14-15)

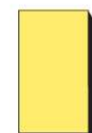
FORMAZIONE DELLA LAGA - MEMBRO DI TERAMO (LAG₆)

In prevalenza marne argillose ed argille marnose alternate ad areniti in strati da sottili a medi con intervalli arenaceo-pelitici o arenacei in strati spessi organizzati in megasequenze positive. Nell'area del Foglio vi vengono distinte 5 associazioni di facies oltre ad alcuni strati guida. Lo spessore complessivo del membro è di circa 1500 m.

MESSINIANO SUPERIORE p.p. (**PLIOCENE INFERIORE** p.p.?: zone a nannofossili MNN11c-MNN12?).

associazione pelitico-arenacea di Fosso Rio (LAG_{6c})

Prevalenti marne argillose grigio plumbee con subordinati letti arenitici, per lo più a granulometria fine e caratterizzati da sequenze di Bouma incomplete. A varie altezze intervalli arenaceo-pelitici spessi da alcuni metri ad oltre 100 m.



CEN₂



LAG_{6c}



coltre eluvio colluviale (b₂)



deposito di frana (a₁)

direzione, immersione e inclinazione degli strati



strati dritti

strati orizzontali

strati verticali

strati rovesciati

strati contorti



contatto stratigrafico



contatto stratigrafico inconforme



faglia



sovrascorrimento principale



traccia di superficie assiale di anticlinale

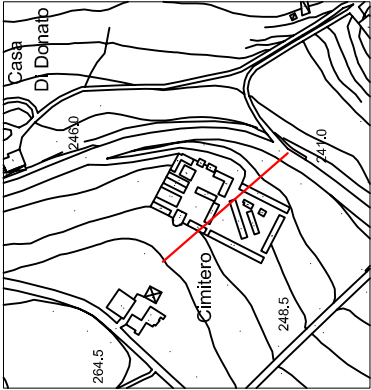


traccia di superficie assiale di sinclinale

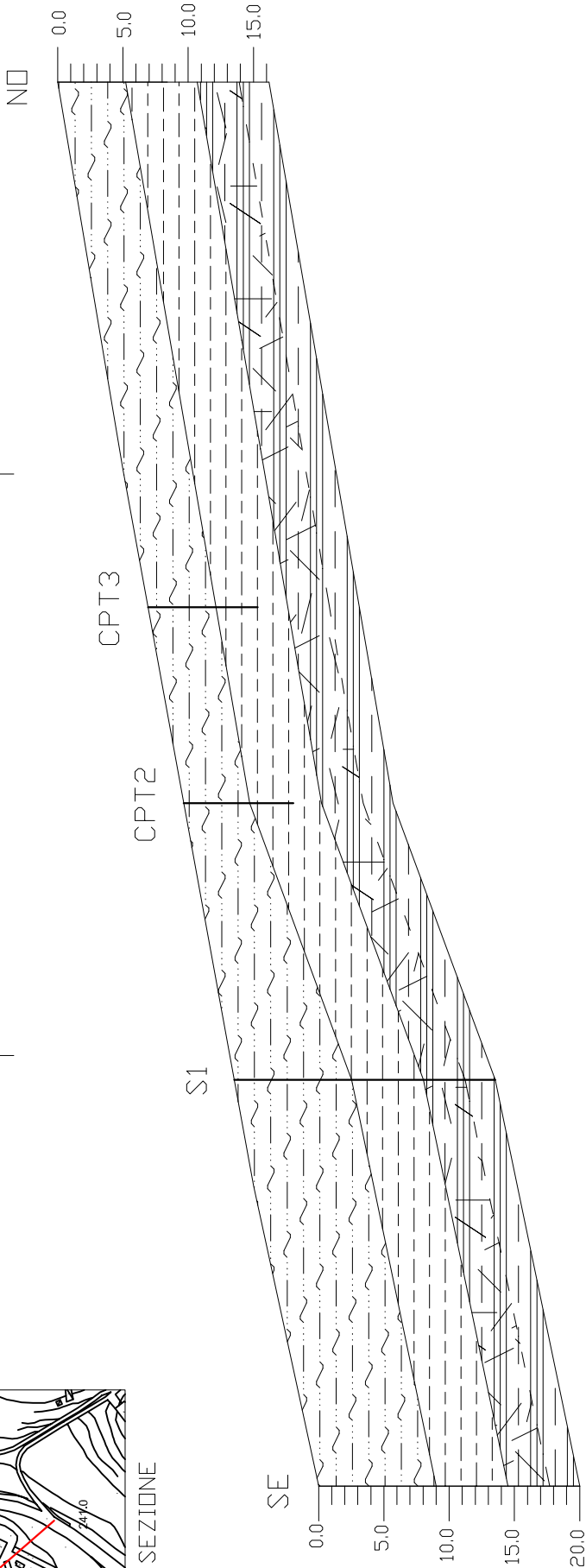


livello guida

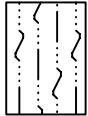
SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA
SCALA 1:500



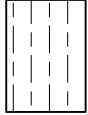
Area cimiteriale



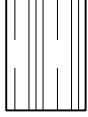
PROGR.	0.00	33.13	77.72	107.54
QUOTA	240.00			260.00



COLTRI COLLUVIALI.
Limi argillosi e sabbiosi di colore nocciola o marrone con clasti millimetrici e concrezioni carbonatiche.



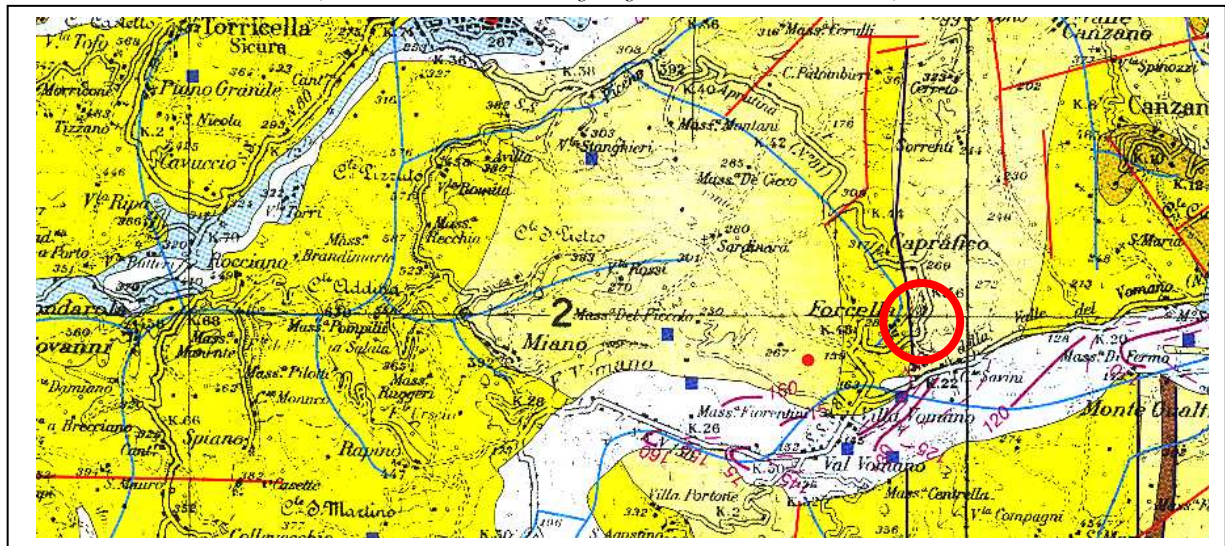
COLTRI ELUVIALI.
Argille limose e limi argillosi molto consistenti, di colore avana con screziature grigie.



SUBSTRATO.
Argille marnose molto consistenti di colore grigio, con livelli centimetrici di natura sabbiosa (talora ossidati e di colore ocraceo nei primi metri).

CARTA IDROGEOLOGICA

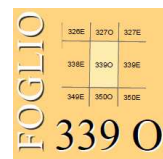
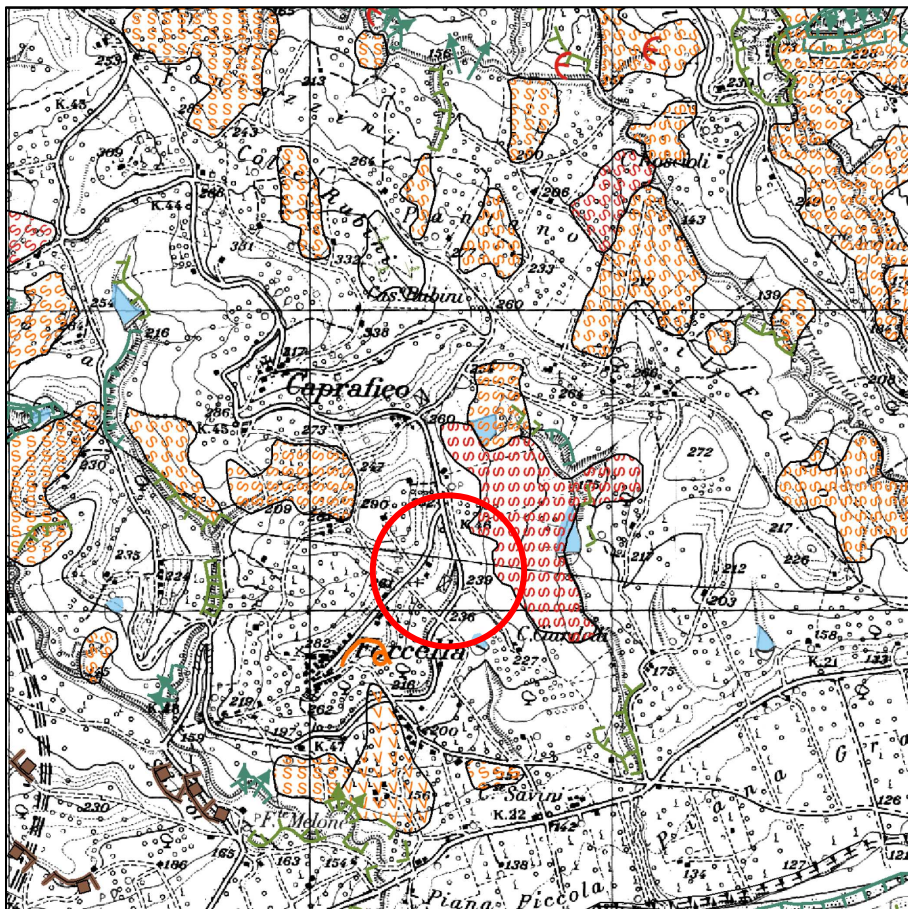
(Desiderio et alii, Schema Idrogeologico della Provincia di Teramo)



Complesso idrogeologico delle argille, argille marnose e marne argillose.

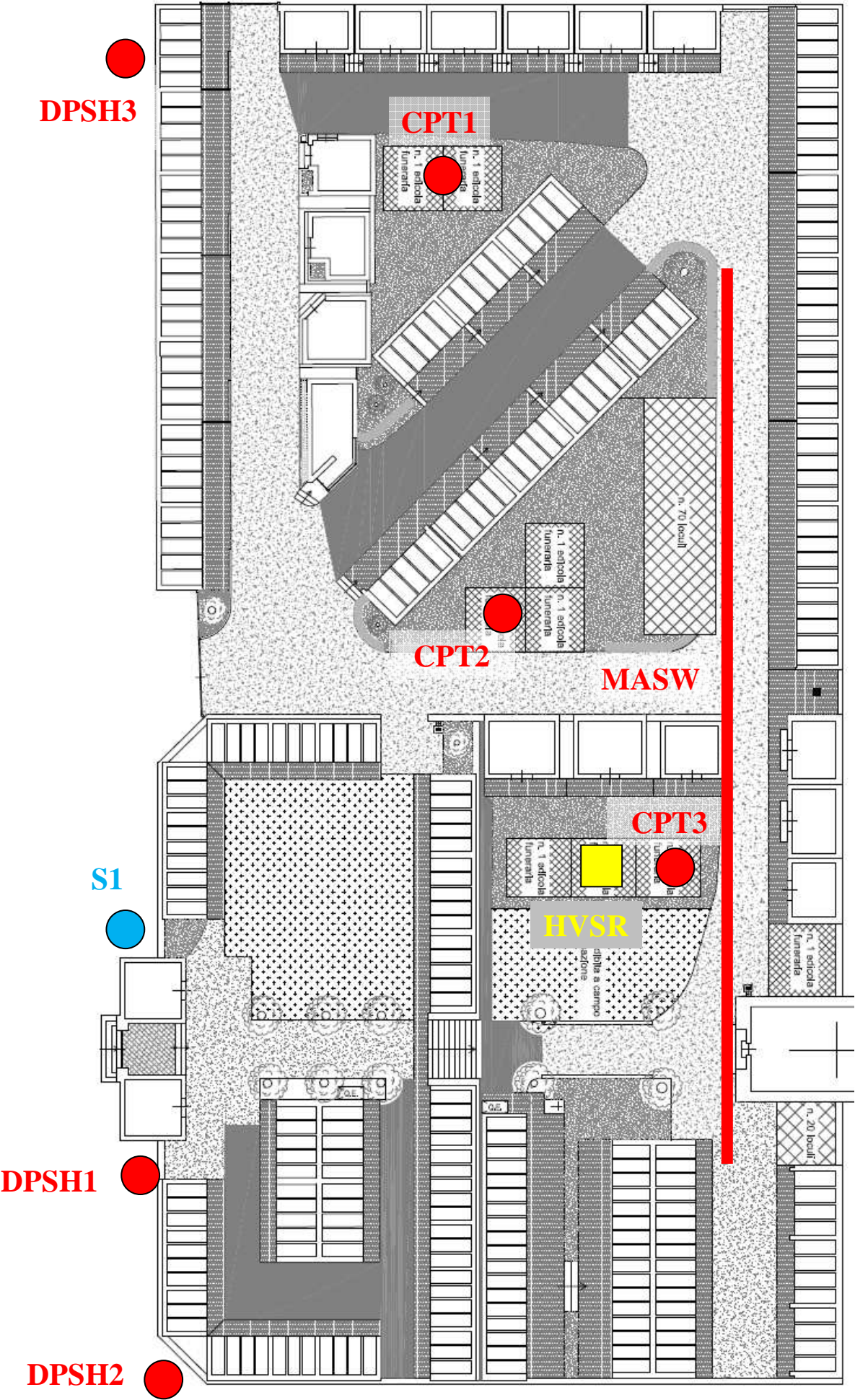
PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO "FENOMENI GRAVITATIVI E PROCESSI EROSIVI" CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:25.000



		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento:			
	(A) Traslativo			
	(B) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)			
FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
	Contropendenza significativa nel corpo di frana			
	Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia			
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione			
	Alveo con tendenza all'approfondimento			
	Solco da ruscellamento concentrato			
	Superficie a calanchi e forme similari			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato			
	Conoide alluvionale			

UBICAZIONE INDAGINI CIMITERO FORCELLA



TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO

LOCALITA':

FORCELLA

TIPO SONDA :

Soil System Mikv 450

DATA ESECUZIONE

06/10/2016

METODO PERFORAZIONE:

Carotaggio continuo

SONDATORE

D'Egidio G.

DIAMETRO CAROTIERE: est/int

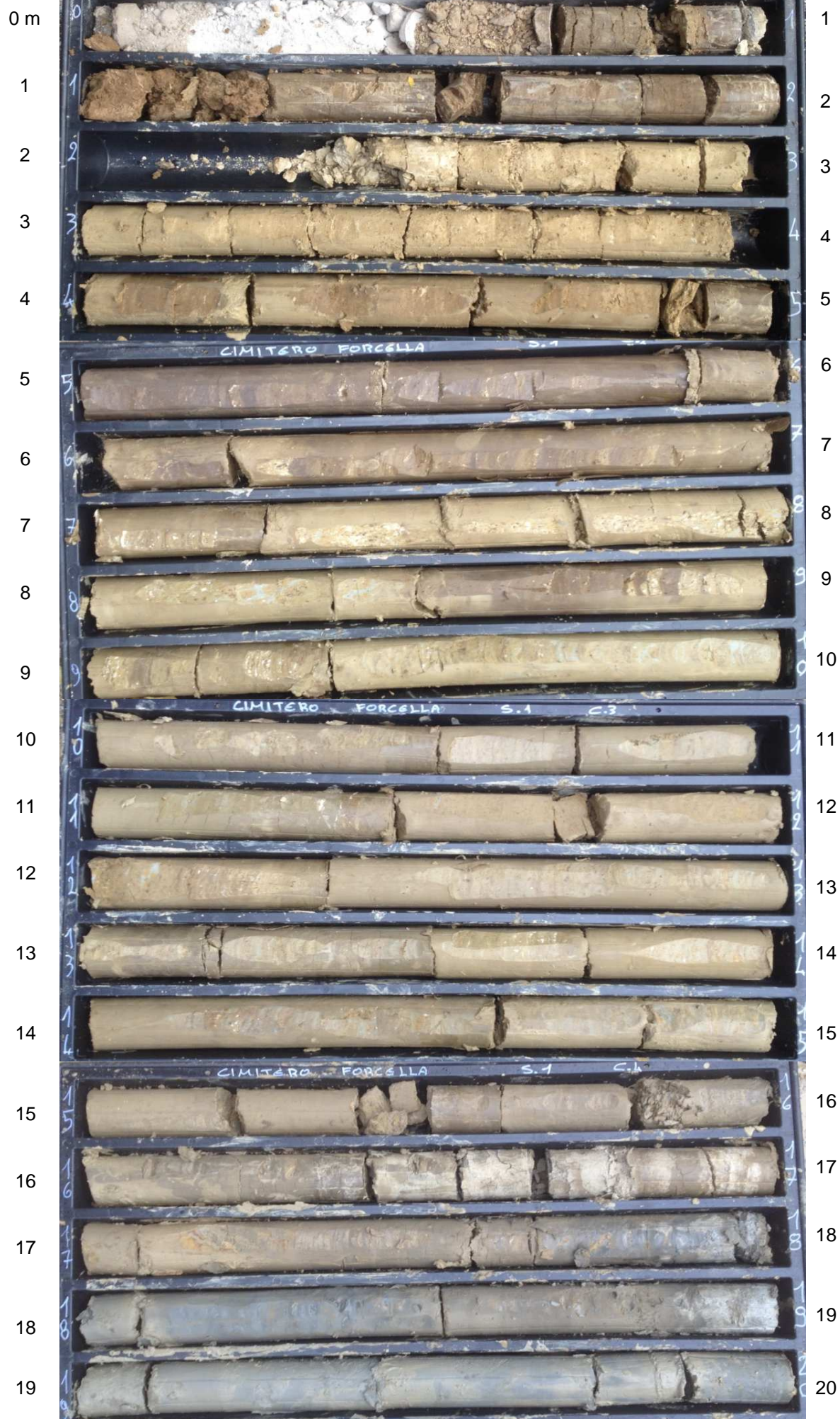
127/101 mm

PROFONDITA'

20.00 ml

carotaggio continuo

note :



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

Cantiere: STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO

Località: FORCELLA

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 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

PROVA ...CPT1

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 06/10/2016

Profondità prova: 10.40 mt

Località: FORCELLA

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	43.0	0.0	43.1	3.4	12.7	7.9
0.40	53.0	104.0	53.1	1.9	27.9	3.6
0.60	25.0	54.0	25.1	2.3	10.9	9.2
0.80	21.0	55.0	21.1	2.3	9.2	10.9
1.00	22.0	57.0	22.1	2.5	8.8	11.3
1.20	26.0	64.0	26.3	2.7	9.7	10.3
1.40	28.0	68.0	28.3	2.7	10.5	9.5
1.60	37.0	78.0	37.3	2.5	14.9	6.7
1.80	42.0	80.0	42.3	3.0	14.1	7.1
2.00	35.0	80.0	35.3	3.3	10.7	9.3
2.20	23.0	72.0	23.4	2.1	11.1	9.0
2.40	21.0	53.0	21.4	1.9	11.3	8.9
2.60	32.0	60.0	32.4	2.5	13.0	7.7
2.80	27.0	64.0	27.4	1.9	14.4	6.9
3.00	35.0	64.0	35.4	2.9	12.2	8.2
3.20	39.0	83.0	39.6	3.1	12.8	7.8
3.40	44.0	91.0	44.6	2.9	15.4	6.5
3.60	49.0	93.0	49.6	3.7	13.4	7.5
3.80	50.0	105.0	50.6	3.7	13.7	7.3
4.00	42.0	98.0	42.6	3.4	12.5	8.0
4.20	48.0	99.0	48.7	3.0	16.2	6.2
4.40	43.0	88.0	43.7	3.9	11.2	8.9
4.60	40.0	98.0	40.7	3.7	11.0	9.1
4.80	47.0	102.0	47.7	3.8	12.6	8.0
5.00	35.0	92.0	35.7	3.4	10.5	9.5
5.20	33.0	84.0	33.8	3.1	10.9	9.2
5.40	42.0	88.0	42.8	3.1	13.8	7.2
5.60	43.0	89.0	43.8	3.4	12.9	7.8
5.80	51.0	102.0	51.8	3.8	13.6	7.3
6.00	53.0	110.0	53.8	3.1	17.4	5.8
6.20	59.0	106.0	60.0	3.9	15.4	6.5
6.40	60.0	119.0	61.0	3.6	16.9	5.9
6.60	56.0	110.0	57.0	3.8	15.0	6.7
6.80	59.0	116.0	60.0	3.3	18.2	5.5
7.00	50.0	100.0	51.0	3.3	15.5	6.5
7.20	49.0	99.0	50.1	3.6	13.9	7.2
7.40	50.0	104.0	51.1	3.5	14.6	6.8
7.60	44.0	97.0	45.1	3.5	12.9	7.8
7.80	36.0	89.0	37.1	2.9	12.8	7.8
8.00	33.0	77.0	34.1	2.7	12.6	7.9
8.20	38.0	78.0	39.2	2.7	14.5	6.9
8.40	42.0	83.0	43.2	2.3	18.8	5.3
8.60	49.0	84.0	50.2	2.7	18.6	5.4
8.80	70.0	110.0	71.2	2.6	27.4	3.7
9.00	67.0	106.0	68.2	3.3	20.7	4.8
9.20	94.0	144.0	95.4	6.2	15.4	6.5
9.40	119.0	212.0	120.4	5.9	20.4	4.9
9.60	128.0	217.0	129.4	8.3	15.6	6.4
9.80	123.0	248.0	124.4	7.5	16.6	6.0
10.00	119.0	232.0	120.4	7.7	15.6	6.4
10.20	195.0	311.0	196.5	7.4	26.6	3.8
10.40	260.0	371.0	261.5	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
2.80	28.5	2.5	2.03	Coesivo	Argilla inorganica
9.00	45.4	3.3	2.1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
10.00	118.0	7.1	2.27	Coesivo	Argille sabbiose e limose
10.40	229.0	3.7	2.18	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	0.95
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		1.51
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		3.93

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Metodo generale del modulo Edometrico	57.0
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		90.8
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		236.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Cancelli 1980	1058.09
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		1656.77
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		4350.6

Modulo di deformazione a taglio

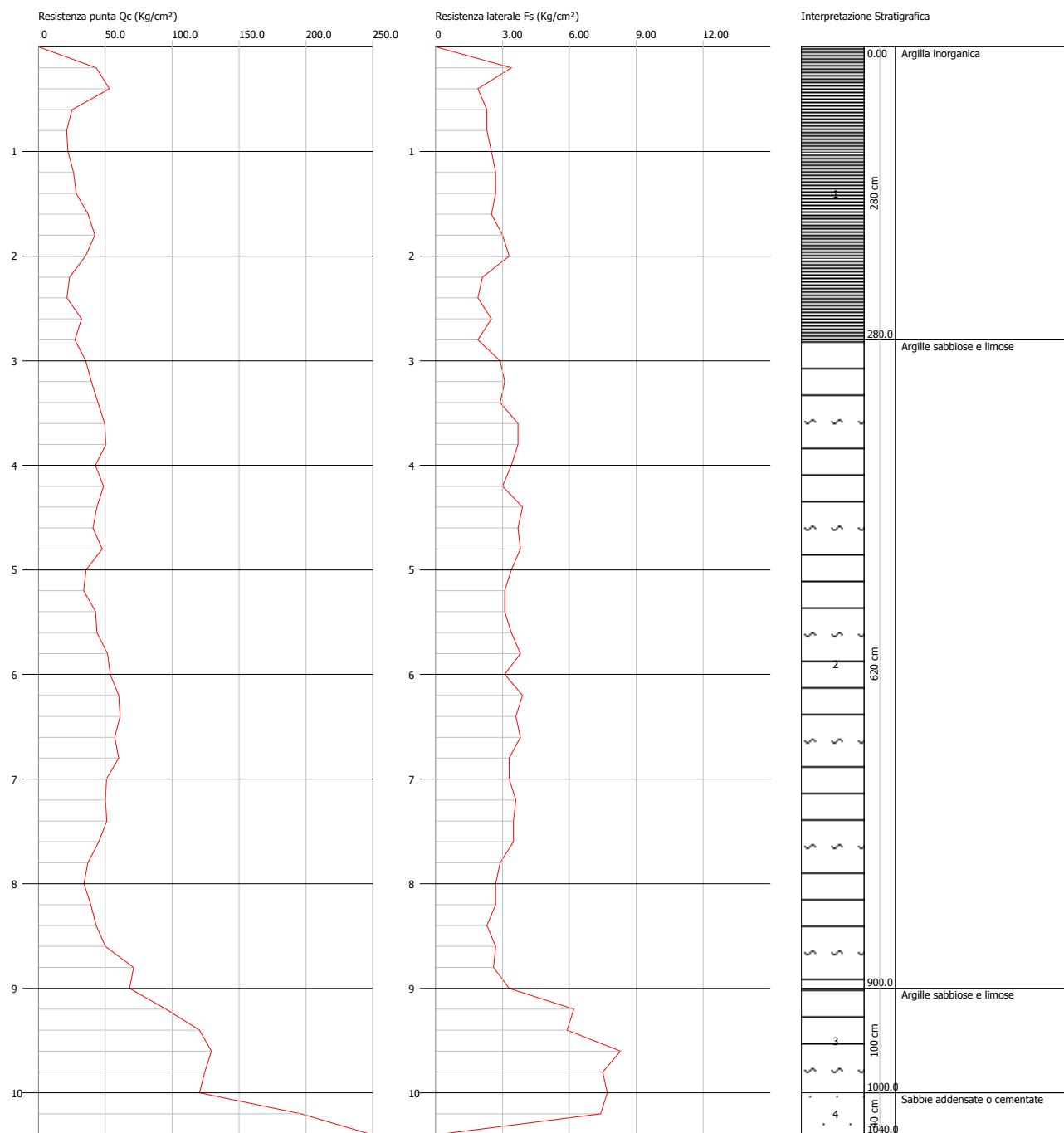
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Imai & Tomauchi	216.8
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		288.15
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		516.51

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Meyerhof	2.03
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		2.11
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		2.27

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.80	28.5	2.5	0.28	0.28	Meyerhof	2.11
Strato 2	9.00	45.4	3.3	1.22	1.22		2.19
Strato 3	10.00	118.0	7.1	1.98	1.98		2.35



PROVA ...CPT2

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 06/10/2016
 Profondità prova: 8.40 mt
 Località: FORCELLA

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	10.0	0.0	10.1	0.7	14.4	6.9
0.40	18.0	28.0	18.1	1.6	11.3	8.8
0.60	21.0	45.0	21.1	1.9	11.1	9.0
0.80	25.0	54.0	25.1	1.9	13.2	7.6
1.00	27.0	56.0	27.1	2.1	12.9	7.7
1.20	32.0	64.0	32.3	2.3	14.0	7.1
1.40	29.0	64.0	29.3	1.5	19.5	5.1
1.60	24.0	46.0	24.3	1.3	18.7	5.3
1.80	23.0	43.0	23.3	0.9	25.9	3.9
2.00	26.0	40.0	26.3	1.5	17.5	5.7
2.20	22.0	44.0	22.4	1.3	17.2	5.8
2.40	21.0	41.0	21.4	1.5	14.3	7.0
2.60	22.0	45.0	22.4	1.7	13.2	7.6
2.80	35.0	60.0	35.4	1.5	23.6	4.2
3.00	49.0	71.0	49.4	3.3	15.0	6.7
3.20	39.0	88.0	39.6	2.7	14.7	6.8
3.40	38.0	78.0	38.6	4.7	8.2	12.2
3.60	62.0	132.0	62.6	2.7	23.2	4.3
3.80	59.0	99.0	59.6	3.4	17.5	5.7
4.00	53.0	104.0	53.6	3.1	17.3	5.8
4.20	59.0	106.0	59.7	3.3	18.1	5.5
4.40	73.0	123.0	73.7	3.1	23.8	4.2
4.60	70.0	116.0	70.7	5.0	14.1	7.1
4.80	53.0	128.0	53.7	5.1	10.5	9.5
5.00	55.0	132.0	55.7	4.8	11.6	8.6
5.20	70.0	142.0	70.8	5.4	13.1	7.6
5.40	77.0	158.0	77.8	6.1	12.8	7.8
5.60	75.0	167.0	75.8	4.3	17.6	5.7
5.80	138.0	202.0	138.8	6.5	21.4	4.7
6.00	57.0	155.0	57.8	5.1	11.3	8.8
6.20	80.0	157.0	81.0	7.9	10.3	9.8
6.40	78.0	196.0	79.0	8.1	9.8	10.3
6.60	85.0	206.0	86.0	7.5	11.5	8.7
6.80	75.0	188.0	76.0	6.7	11.3	8.8
7.00	73.0	173.0	74.0	5.6	13.2	7.6
7.20	74.0	158.0	75.1	5.9	12.7	7.9
7.40	75.0	164.0	76.1	6.9	11.0	9.1
7.60	68.0	172.0	69.1	5.3	13.0	7.7
7.80	82.0	162.0	83.1	4.7	17.7	5.7
8.00	74.0	144.0	75.1	4.3	17.5	5.7
8.20	64.0	128.0	65.2	4.7	13.9	7.2
8.40	63.0	134.0	64.2	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
2.80	23.3	1.6	1.99	Coesivo	Argilla inorganica
5.00	56.1	3.7	2.14	Coesivo	Argilla inorganica
8.40	77.9	5.6	2.18	Coesivo	Argilla inorganica

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	0.78
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		1.87
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		2.6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Metodo generale del modulo Edometrico	46.6
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		112.2
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		155.8

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Cancelli 1980	863.3
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		2074.03
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		2868.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Imai & Tomauchi	191.7
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		327.92
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		400.76

Peso unità di volume

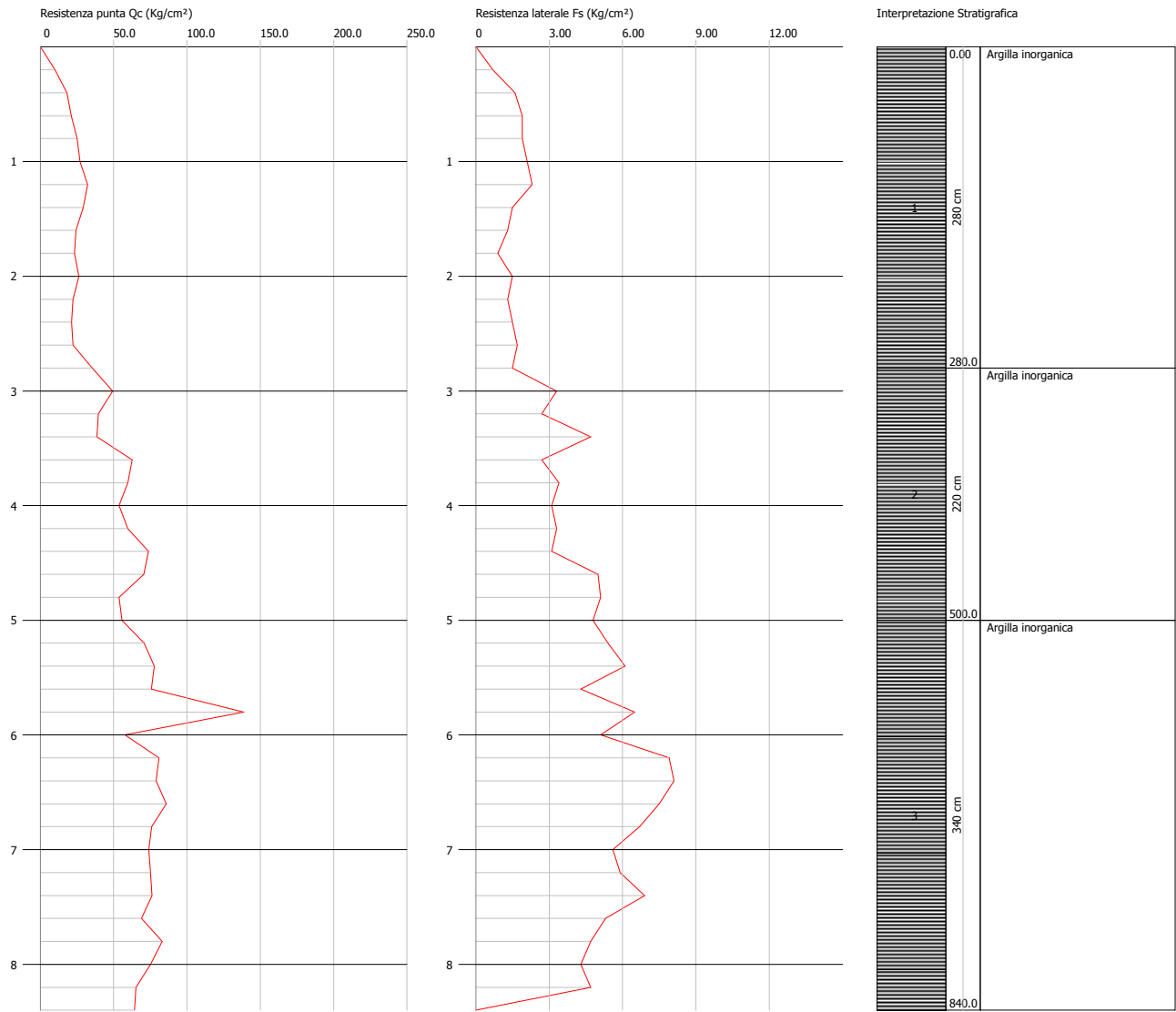
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Meyerhof	2.0
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		2.14
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		2.2

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.80	23.3	1.6	0.28	0.28	Meyerhof	2.08
Strato 2	5.00	56.1	3.7	0.79	0.79		2.22
Strato 3	8.40	77.9	5.6	1.4	1.4		2.28

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.
Cantiere: STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO
Località: FORCELLA

Data: 06/10/2016
Pag. 1 Scala 1:60



PROVA ...CPT3

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 06/10/2016

Profondità prova: 8.40 mt

Località: FORCELLA

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	15.0	0.0	15.1	1.1	13.7	7.3
0.40	19.0	35.0	19.1	1.6	11.9	8.4
0.60	19.0	43.0	19.1	1.3	14.7	6.8
0.80	22.0	42.0	22.1	1.2	18.4	5.4
1.00	23.0	41.0	23.1	1.5	15.4	6.5
1.20	20.0	42.0	20.3	1.3	15.6	6.4
1.40	16.0	36.0	16.3	1.1	14.8	6.7
1.60	27.0	43.0	27.3	1.5	18.2	5.5
1.80	34.0	57.0	34.3	2.2	15.6	6.4
2.00	33.0	66.0	33.3	2.5	13.3	7.5
2.20	37.0	74.0	37.4	2.7	13.9	7.2
2.40	35.0	75.0	35.4	3.2	11.1	9.0
2.60	44.0	92.0	44.4	3.0	14.8	6.8
2.80	50.0	95.0	50.4	3.0	16.8	6.0
3.00	51.0	96.0	51.4	2.3	22.3	4.5
3.20	45.0	80.0	45.6	2.3	19.8	5.0
3.40	41.0	75.0	41.6	1.8	23.1	4.3
3.60	43.0	70.0	43.6	1.7	25.6	3.9
3.80	31.0	57.0	31.6	1.4	22.6	4.4
4.00	25.0	46.0	25.6	1.3	19.7	5.1
4.20	37.0	57.0	37.7	1.3	29.0	3.4
4.40	33.0	53.0	33.7	1.3	25.9	3.9
4.60	35.0	55.0	35.7	1.7	21.0	4.8
4.80	35.0	61.0	35.7	1.5	23.8	4.2
5.00	32.0	54.0	32.7	1.8	18.2	5.5
5.20	36.0	63.0	36.8	1.7	21.6	4.6
5.40	46.0	72.0	46.8	2.1	22.3	4.5
5.60	50.0	82.0	50.8	2.5	20.3	4.9
5.80	50.0	88.0	50.8	3.3	15.4	6.5
6.00	60.0	110.0	60.8	3.3	18.4	5.4
6.20	63.0	113.0	64.0	3.9	16.4	6.1
6.40	63.0	121.0	64.0	3.8	16.8	5.9
6.60	72.0	129.0	73.0	4.3	17.0	5.9
6.80	66.0	131.0	67.0	4.9	13.7	7.3
7.00	71.0	144.0	72.0	3.9	18.5	5.4
7.20	71.0	129.0	72.1	3.5	20.6	4.9
7.40	85.0	138.0	86.1	2.9	29.7	3.4
7.60	95.0	139.0	96.1	5.0	19.2	5.2
7.80	89.0	164.0	90.1	6.2	14.5	6.9
8.00	85.0	178.0	86.1	5.1	16.9	5.9
8.20	90.0	167.0	91.2	5.1	17.9	5.6
8.40	88.0	165.0	89.2	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
1.40	19.3	1.3	1.96	Coesivo	Argilla inorganica
5.20	37.6	2.0	2.07	Coesivo	Argille sabbiose e limose
8.40	72.5	3.7	2.16	Coesivo	Argille sabbiose e limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	0.64
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		1.25
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		2.42

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Metodo generale del modulo Edometrico	43.56
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		75.2
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		145.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Cancelli 1980	718.61
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		1384.96
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		2666.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Imai & Tomauchi	170.86
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		256.8
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		383.55

Peso unità di volume

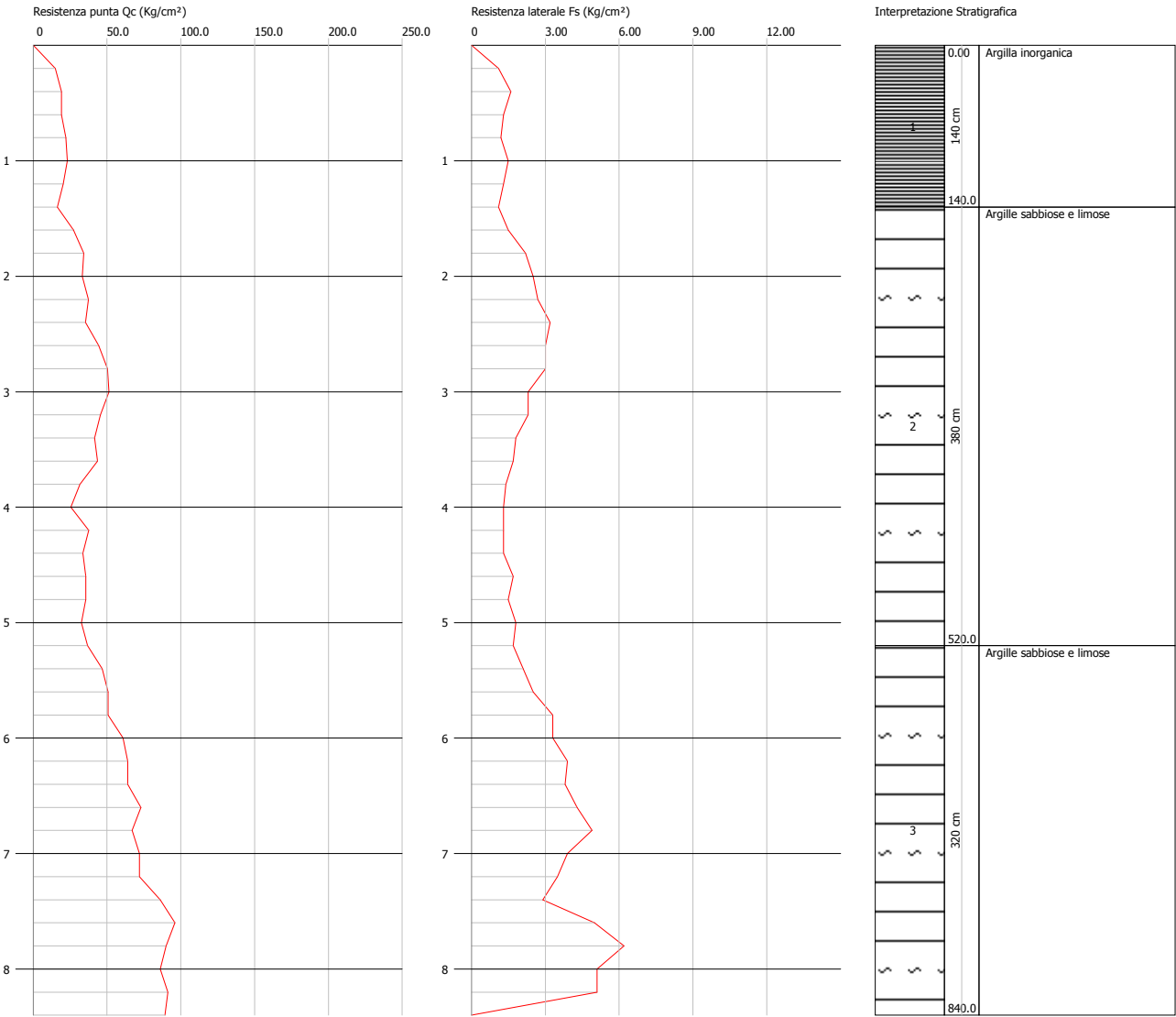
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Meyerhof	1.97
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		2.08
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		2.19

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.40	19.3	1.3	0.14	0.14	Meyerhof	2.05
Strato 2	5.20	37.6	2.0	0.67	0.67		2.16
Strato 3	8.40	72.5	3.7	1.41	1.41		2.27

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.
Cantiere: STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO
Località: FORCELLA

Data: 06/10/2016
Pag. 1 Scala 1:60



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

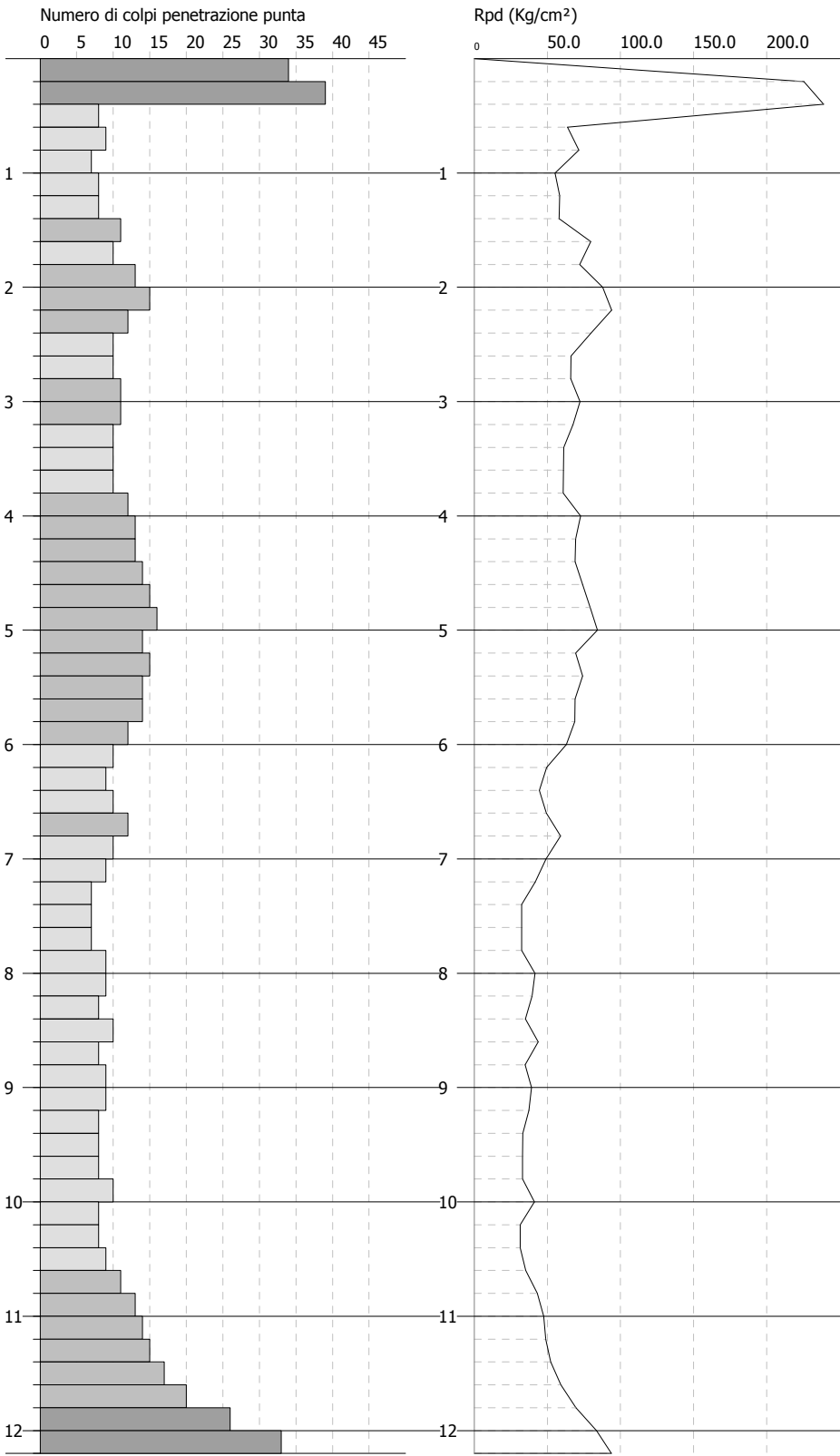
Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

Cantiere: STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO

Località: FORCELLA

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.00 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



Interpretazione Stratigrafica

1	0.00	Strato
2	40.0	Strato
3	100.0	Strato
4	140.0	Strato
5	380.0	Strato
6	600.0	Strato
7	1066.0	Strato
8	1180.0	Strato
9	1220.0	Strato

PROVA ...DPSH1

Strumento utilizzato...

DPSH

Prova eseguita in data

06/10/2016

Profondità prova

12.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	34	0.705	225.57	320.12	11.28	16.01
0.40	39	0.651	238.96	367.20	11.95	18.36
0.60	8	0.847	63.80	75.32	3.19	3.77
0.80	9	0.843	71.46	84.74	3.57	4.24
1.00	7	0.840	55.35	65.91	2.77	3.30
1.20	8	0.836	58.41	69.84	2.92	3.49
1.40	8	0.833	58.17	69.84	2.91	3.49
1.60	11	0.830	79.67	96.03	3.98	4.80
1.80	10	0.826	72.14	87.30	3.61	4.37
2.00	13	0.773	87.75	113.49	4.39	5.67
2.20	15	0.770	94.01	122.07	4.70	6.10
2.40	12	0.817	79.80	97.66	3.99	4.88
2.60	10	0.814	66.27	81.38	3.31	4.07
2.80	10	0.811	66.04	81.38	3.30	4.07
3.00	11	0.809	72.39	89.52	3.62	4.48
3.20	11	0.806	67.57	83.84	3.38	4.19
3.40	10	0.803	61.23	76.21	3.06	3.81
3.60	10	0.801	61.04	76.21	3.05	3.81
3.80	10	0.798	60.85	76.21	3.04	3.81
4.00	12	0.796	72.80	91.46	3.64	4.57
4.20	13	0.744	69.28	93.16	3.46	4.66
4.40	13	0.741	69.07	93.16	3.45	4.66
4.60	14	0.739	74.17	100.33	3.71	5.02
4.80	15	0.737	79.23	107.49	3.96	5.37
5.00	16	0.735	84.28	114.66	4.21	5.73
5.20	14	0.733	69.40	94.67	3.47	4.73
5.40	15	0.731	74.16	101.44	3.71	5.07
5.60	14	0.729	69.03	94.67	3.45	4.73
5.80	14	0.727	68.86	94.67	3.44	4.73
6.00	12	0.775	62.93	81.15	3.15	4.06
6.20	10	0.774	49.53	64.02	2.48	3.20
6.40	9	0.772	44.48	57.62	2.22	2.88
6.60	10	0.770	49.32	64.02	2.47	3.20
6.80	12	0.769	59.06	76.82	2.95	3.84
7.00	10	0.767	49.11	64.02	2.46	3.20
7.20	9	0.766	41.88	54.70	2.09	2.73
7.40	7	0.764	32.51	42.54	1.63	2.13
7.60	7	0.763	32.45	42.54	1.62	2.13
7.80	7	0.761	32.39	42.54	1.62	2.13
8.00	9	0.760	41.57	54.70	2.08	2.73

8.20	9	0.759	39.49	52.06	1.97	2.60
8.40	8	0.757	35.04	46.28	1.75	2.31
8.60	10	0.756	43.73	57.85	2.19	2.89
8.80	8	0.755	34.93	46.28	1.75	2.31
9.00	9	0.753	39.23	52.06	1.96	2.60
9.20	9	0.752	37.36	49.67	1.87	2.48
9.40	8	0.751	33.16	44.15	1.66	2.21
9.60	8	0.750	33.11	44.15	1.66	2.21
9.80	8	0.749	33.06	44.15	1.65	2.21
10.00	10	0.748	41.26	55.19	2.06	2.76
10.20	8	0.747	31.51	42.21	1.58	2.11
10.40	8	0.746	31.47	42.21	1.57	2.11
10.60	9	0.744	35.35	47.48	1.77	2.37
10.80	11	0.743	43.14	58.04	2.16	2.90
11.00	13	0.692	47.49	68.59	2.37	3.43
11.20	14	0.691	48.91	70.75	2.45	3.54
11.40	15	0.690	52.33	75.81	2.62	3.79
11.60	17	0.689	59.22	85.91	2.96	4.30
11.80	20	0.688	69.56	101.08	3.48	5.05
12.00	26	0.637	83.73	131.40	4.19	6.57
12.20	33	0.586	93.81	160.04	4.69	8.00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt
0.4	36.5	343.66		0	0.0	1.49	54.42
1.4	8	73.13	Coesivo	0	0.1	1.49	11.93
3.8	11.08	90.11	Incoerente	0	0.43	1.51	16.78
6	13.82	96.99	Coesivo	0	0.89	1.53	21.16
10.6	8.78	51.62	Coesivo	0	1.6	1.55	13.64
11.8	15	76.7	Coesivo	0	2.19	1.57	23.49
12.2	29.5	145.72	Coesivo	0	2.37	1.57	46.2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[2] - Strato	11.93	1.40	Terzaghi-Peck	0.81
[4] - Strato	21.16	6.00		1.43
[5] - Strato	13.64	10.60		0.92
[6] - Strato	23.49	11.80		1.59
[7] - Strato	46.2	12.20		3.12

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[2] - Strato	11.93	1.40	Buisman-Sanglerat	119.30
[4] - Strato	21.16	6.00		211.60
[5] - Strato	13.64	10.60		136.40
[6] - Strato	23.49	11.80		234.90
[7] - Strato	46.2	12.20		462.00

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[2] - Strato	11.93	1.40	Apollonia	119.30
[4] - Strato	21.16	6.00		211.60
[5] - Strato	13.64	10.60		136.40
[6] - Strato	23.49	11.80		234.90
[7] - Strato	46.2	12.20		462.00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Strato	11.93	1.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Strato	21.16	6.00		MOLTO CONSISTENTE
[5] - Strato	13.64	10.60		CONSISTENTE
[6] - Strato	23.49	11.80		MOLTO CONSISTENTE
[7] - Strato	46.2	12.20		ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] - Strato	11.93	1.40	Meyerhof ed altri	2.02
[4] - Strato	21.16	6.00		2.10
[5] - Strato	13.64	10.60		2.05
[6] - Strato	23.49	11.80		2.11
[7] - Strato	46.2	12.20		2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Strato	11.93	1.40	Meyerhof ed altri	2.22
[4] - Strato	21.16	6.00		2.12
[5] - Strato	13.64	10.60		2.25
[6] - Strato	23.49	11.80		2.18
[7] - Strato	46.2	12.20		2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[3] - Strato	16.78	3.80	Meyerhof 1957	80.84

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[3] - Strato	16.78	3.80	Shioi-Fukuni 1982	30.87

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[3] - Strato	16.78	3.80	Schmertmann (1978)	134.24

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[3] - Strato	16.78	3.80	Menzenbach e Malcev	112.84

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[3] - Strato	16.78	3.80	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[3] - Strato	16.78	3.80	Meyerhof ed altri	1.92

Peso unità di volume saturo

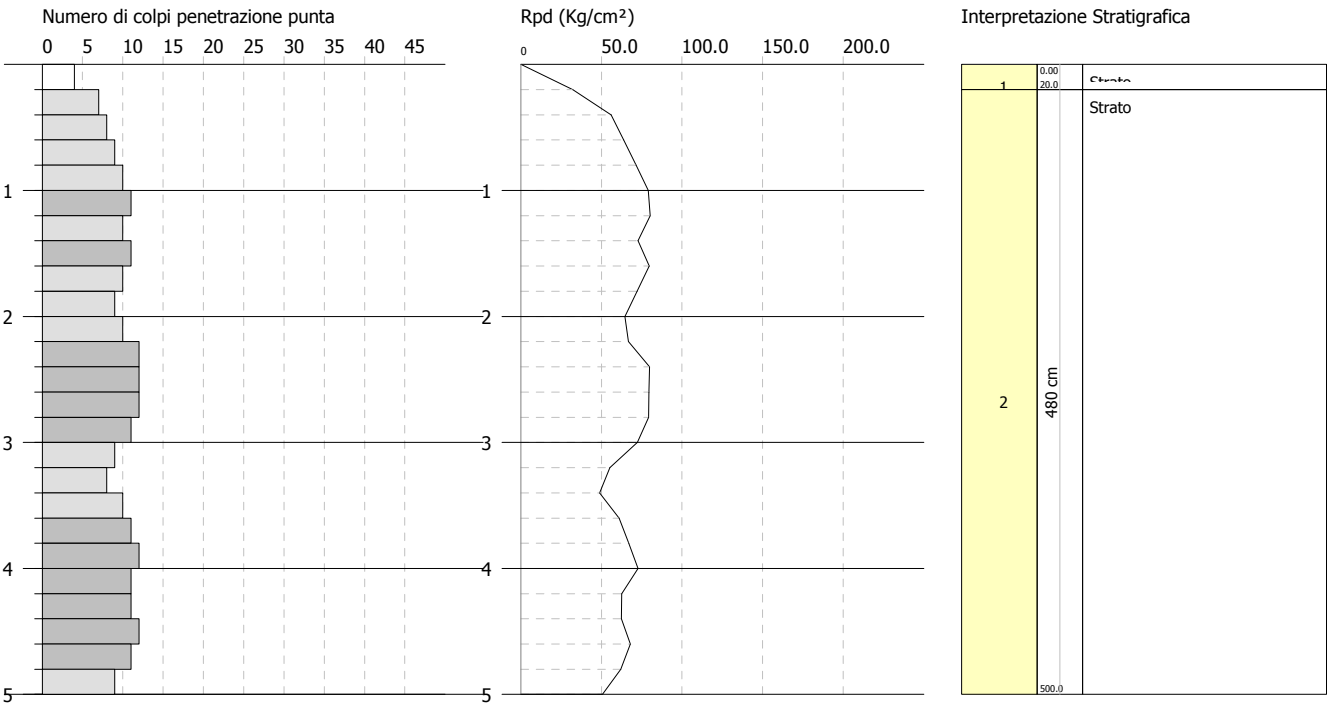
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[3] - Strato	16.78	3.80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm²)
[3] - Strato	16.78	3.80	Ohsaki	920.91

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ko
[3] - Strato	16.78	3.80	Navfac 1971-1982	3.46



PROVA ...DPSH2

Strumento utilizzato...

DPSH

Prova eseguita in data

06/10/2016

Profondità prova

5.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	32.19	37.66	1.61	1.88
0.40	7	0.851	56.07	65.91	2.80	3.30
0.60	8	0.847	63.80	75.32	3.19	3.77
0.80	9	0.843	71.46	84.74	3.57	4.24
1.00	10	0.840	79.07	94.15	3.95	4.71
1.20	11	0.836	80.31	96.03	4.02	4.80
1.40	10	0.833	72.71	87.30	3.64	4.37
1.60	11	0.830	79.67	96.03	3.98	4.80
1.80	10	0.826	72.14	87.30	3.61	4.37
2.00	9	0.823	64.68	78.57	3.23	3.93
2.20	10	0.820	66.74	81.38	3.34	4.07
2.40	12	0.817	79.80	97.66	3.99	4.88
2.60	12	0.814	79.52	97.66	3.98	4.88
2.80	12	0.811	79.24	97.66	3.96	4.88
3.00	11	0.809	72.39	89.52	3.62	4.48
3.20	9	0.806	55.29	68.59	2.76	3.43
3.40	8	0.803	48.98	60.97	2.45	3.05
3.60	10	0.801	61.04	76.21	3.05	3.81
3.80	11	0.798	66.94	83.84	3.35	4.19
4.00	12	0.796	72.80	91.46	3.64	4.57
4.20	11	0.794	62.57	78.83	3.13	3.94
4.40	11	0.791	62.39	78.83	3.12	3.94
4.60	12	0.789	67.87	86.00	3.39	4.30
4.80	11	0.787	62.05	78.83	3.10	3.94
5.00	9	0.785	50.63	64.50	2.53	3.22

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt
0.2	4	37.66		0	0.0	1.5	6.02
5	10.25	83.22	Incoerente - coesivo	0	0.5	1.5	15.42

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Terzaghi-Peck	1.04

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Buisman-Sanglerat	154.20

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Apollonia	154.20

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Strato	15.42	5.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Strato	15.42	5.00	Meyerhof ed altri	2.07

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Strato	15.42	5.00	Meyerhof ed altri	2.28

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Strato	15.42	5.00	Meyerhof 1957	75.38

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Strato	15.42	5.00	Shioi-Fukuni 1982	30.21

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Schmertmann (1978)	123.36

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Menzenbach e Malcev	106.77

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Strato	15.42	5.00	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[2] - Strato	15.42	5.00	Meyerhof ed altri	1.89

Peso unità di volume saturo

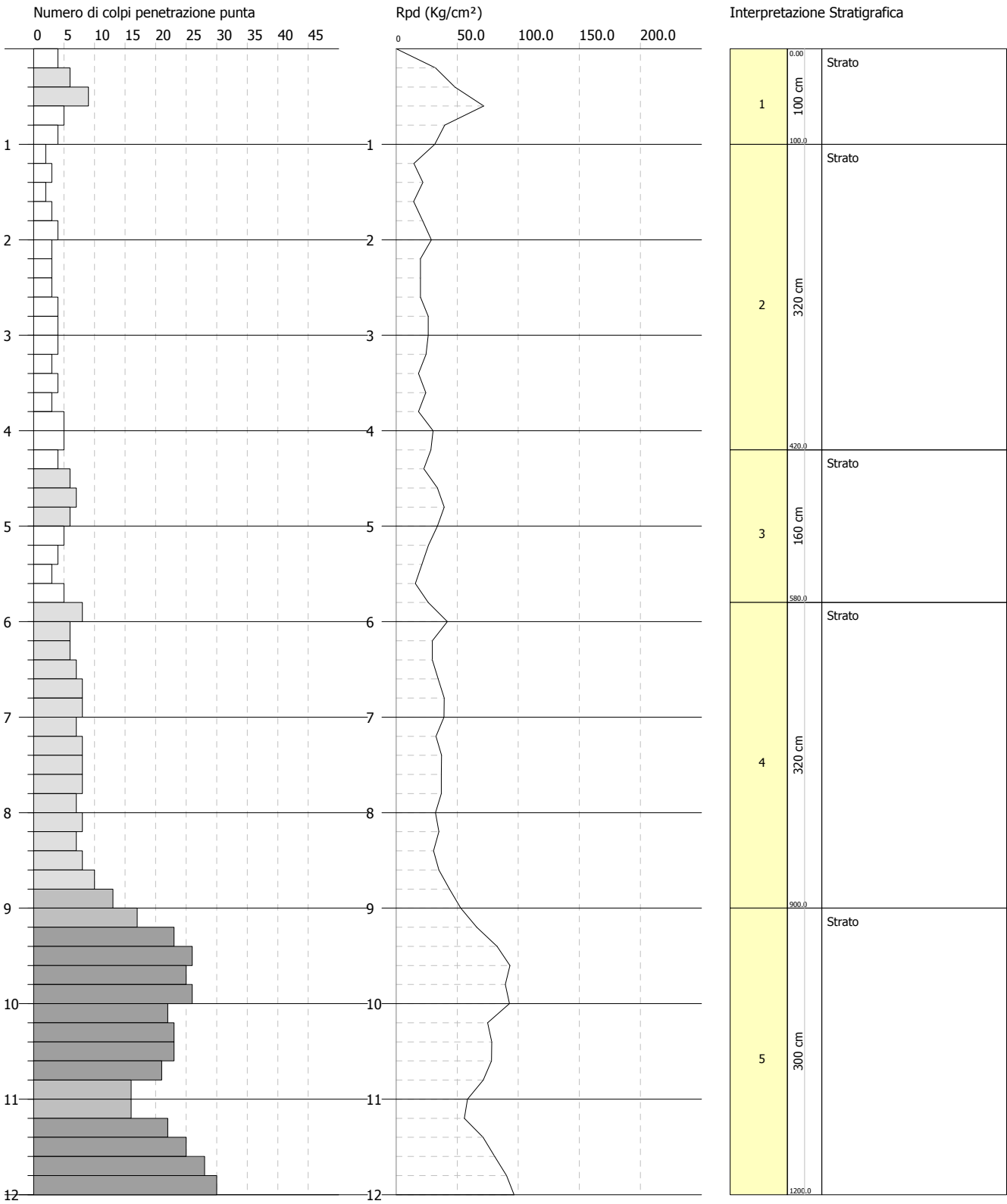
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[2] - Strato	15.42	5.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm²)
[2] - Strato	15.42	5.00	Ohsaki	850.58

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ko
[2] - Strato	15.42	5.00	Navfac 1971-1982	3.21



PROVA ...DPSH3

Strumento utilizzato...

DPSH

Prova eseguita in data

06/10/2016

Profondità prova

12.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	32.19	37.66	1.61	1.88
0.40	6	0.851	48.06	56.49	2.40	2.82
0.60	9	0.847	71.77	84.74	3.59	4.24
0.80	5	0.843	39.70	47.08	1.99	2.35
1.00	4	0.840	31.63	37.66	1.58	1.88
1.20	2	0.836	14.60	17.46	0.73	0.87
1.40	3	0.833	21.81	26.19	1.09	1.31
1.60	2	0.830	14.48	17.46	0.72	0.87
1.80	3	0.826	21.64	26.19	1.08	1.31
2.00	4	0.823	28.75	34.92	1.44	1.75
2.20	3	0.820	20.02	24.41	1.00	1.22
2.40	3	0.817	19.95	24.41	1.00	1.22
2.60	3	0.814	19.88	24.41	0.99	1.22
2.80	4	0.811	26.41	32.55	1.32	1.63
3.00	4	0.809	26.32	32.55	1.32	1.63
3.20	4	0.806	24.57	30.49	1.23	1.52
3.40	3	0.803	18.37	22.86	0.92	1.14
3.60	4	0.801	24.42	30.49	1.22	1.52
3.80	3	0.798	18.26	22.86	0.91	1.14
4.00	5	0.796	30.33	38.11	1.52	1.91
4.20	5	0.794	28.44	35.83	1.42	1.79
4.40	4	0.791	22.69	28.67	1.13	1.43
4.60	6	0.789	33.94	43.00	1.70	2.15
4.80	7	0.787	39.48	50.16	1.97	2.51
5.00	6	0.785	33.75	43.00	1.69	2.15
5.20	5	0.783	26.48	33.81	1.32	1.69
5.40	4	0.781	21.13	27.05	1.06	1.35
5.60	3	0.779	15.81	20.29	0.79	1.01
5.80	5	0.777	26.28	33.81	1.31	1.69
6.00	8	0.775	41.95	54.10	2.10	2.70
6.20	6	0.774	29.72	38.41	1.49	1.92
6.40	6	0.772	29.65	38.41	1.48	1.92
6.60	7	0.770	34.52	44.81	1.73	2.24
6.80	8	0.769	39.37	51.21	1.97	2.56
7.00	8	0.767	39.29	51.21	1.96	2.56
7.20	7	0.766	32.57	42.54	1.63	2.13
7.40	8	0.764	37.15	48.62	1.86	2.43
7.60	8	0.763	37.08	48.62	1.85	2.43
7.80	8	0.761	37.01	48.62	1.85	2.43
8.00	7	0.760	32.33	42.54	1.62	2.13
8.20	8	0.759	35.10	46.28	1.76	2.31
8.40	7	0.757	30.66	40.49	1.53	2.02
8.60	8	0.756	34.98	46.28	1.75	2.31
8.80	10	0.755	43.66	57.85	2.18	2.89
9.00	13	0.703	52.90	75.20	2.65	3.76
9.20	17	0.702	65.89	93.82	3.29	4.69
9.40	23	0.651	82.64	126.93	4.13	6.35

9.60	26	0.650	93.26	143.48	4.66	7.17
9.80	25	0.649	89.51	137.96	4.48	6.90
10.00	26	0.648	92.93	143.48	4.65	7.17
10.20	22	0.647	75.05	116.07	3.75	5.80
10.40	23	0.646	78.33	121.35	3.92	6.07
10.60	23	0.644	78.20	121.35	3.91	6.07
10.80	21	0.643	71.28	110.80	3.56	5.54
11.00	16	0.692	58.44	84.42	2.92	4.22
11.20	16	0.691	55.90	80.86	2.79	4.04
11.40	22	0.640	71.19	111.18	3.56	5.56
11.60	25	0.639	80.77	126.34	4.04	6.32
11.80	28	0.638	90.31	141.51	4.52	7.08
12.00	30	0.637	96.61	151.61	4.83	7.58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt
1	5.6	52.73	Incoerente	0	0.08	1.5	8.42
4.2	3.44	27.58	Coesivo	0	0.45	1.5	5.17
5.8	5	34.97	Coesivo	0	0.88	1.5	7.52
9	7.6	46.67	Coesivo	0	1.35	1.5	11.43
12	23.29	122.67	Coesivo	0	2.02	1.5	35.03

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[2] - Strato	5.17	4.20	Terzaghi-Peck	0.32
[3] - Strato	7.52	5.80		0.47
[4] - Strato	11.43	9.00		0.77
[5] - Strato	35.03	12.00		2.37

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[2] - Strato	5.17	4.20	Buisman-Sanglerat	64.63
[3] - Strato	7.52	5.80		94.00
[4] - Strato	11.43	9.00		114.30
[5] - Strato	35.03	12.00		350.30

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[2] - Strato	5.17	4.20	Apollonia	51.70
[3] - Strato	7.52	5.80		75.20
[4] - Strato	11.43	9.00		114.30
[5] - Strato	35.03	12.00		350.30

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Strato	5.17	4.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	7.52	5.80		MODERAT. CONSISTENTE
[4] - Strato	11.43	9.00		CONSISTENTE
[5] - Strato	35.03	12.00		ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Strato	5.17	4.20	Meyerhof ed altri	1.77
[3] - Strato	7.52	5.80		1.88
[4] - Strato	11.43	9.00		2.00
[5] - Strato	35.03	12.00		2.29

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Strato	5.17	4.20	Meyerhof ed altri	1.88
[3] - Strato	7.52	5.80		1.90
[4] - Strato	11.43	9.00		2.20
[5] - Strato	35.03	12.00		2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	8.42	1.00	Meyerhof 1957	68.84

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	8.42	1.00	Shioi-Fukuni 1982	26.24

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	8.42	1.00	Schmertmann (1978)	67.36

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	8.42	1.00	Menzenbach e Malcev	75.55

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	8.42	1.00	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	8.42	1.00	Meyerhof ed altri	1.67

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	8.42	1.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Strato	8.42	1.00	Ohsaki (Sabbie pulite)	481.62

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ko
[1] - Strato	8.42	1.00	Navfac 1971-1982	1.76

RISULTATI INDAGINE SISMICA MASW

Committente: TE.AM. Teramo Ambiente S.p.a.

Cantiere: STUDIO GEOLOGICO CIMITERI FRAZIONALI TERAMO

Località: FORCELLA

Data esecuzione: 19/10/2016

Strumentazione impiegata

Micromed SoilSpy Rosina 24 bit, 24 + 1 canali

- acquisizione con risoluzione 24 bit, con segnale amplificato e digitalizzato in corrispondenza dei geofoni e inviato attraverso un cavo di trasmissione digitale dei dati
- apparato di ricezione: 24 geofoni a componente verticale di frequenza propria 4,5 Hz, con time break sincrono con la sorgente di energia
- sorgente di energia: mazza battente da 8 kg che impatta su una piastra di battuta in lega di acciaio del diametro di 25 cm.

Geometria stendimento

- lunghezza: 48 m
 - n. geofoni: 24
 - distanza intergeofonica: 2 m
 - n. shots: 2
-

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:2m
Numero di campioni temporali 2048
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a4094ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

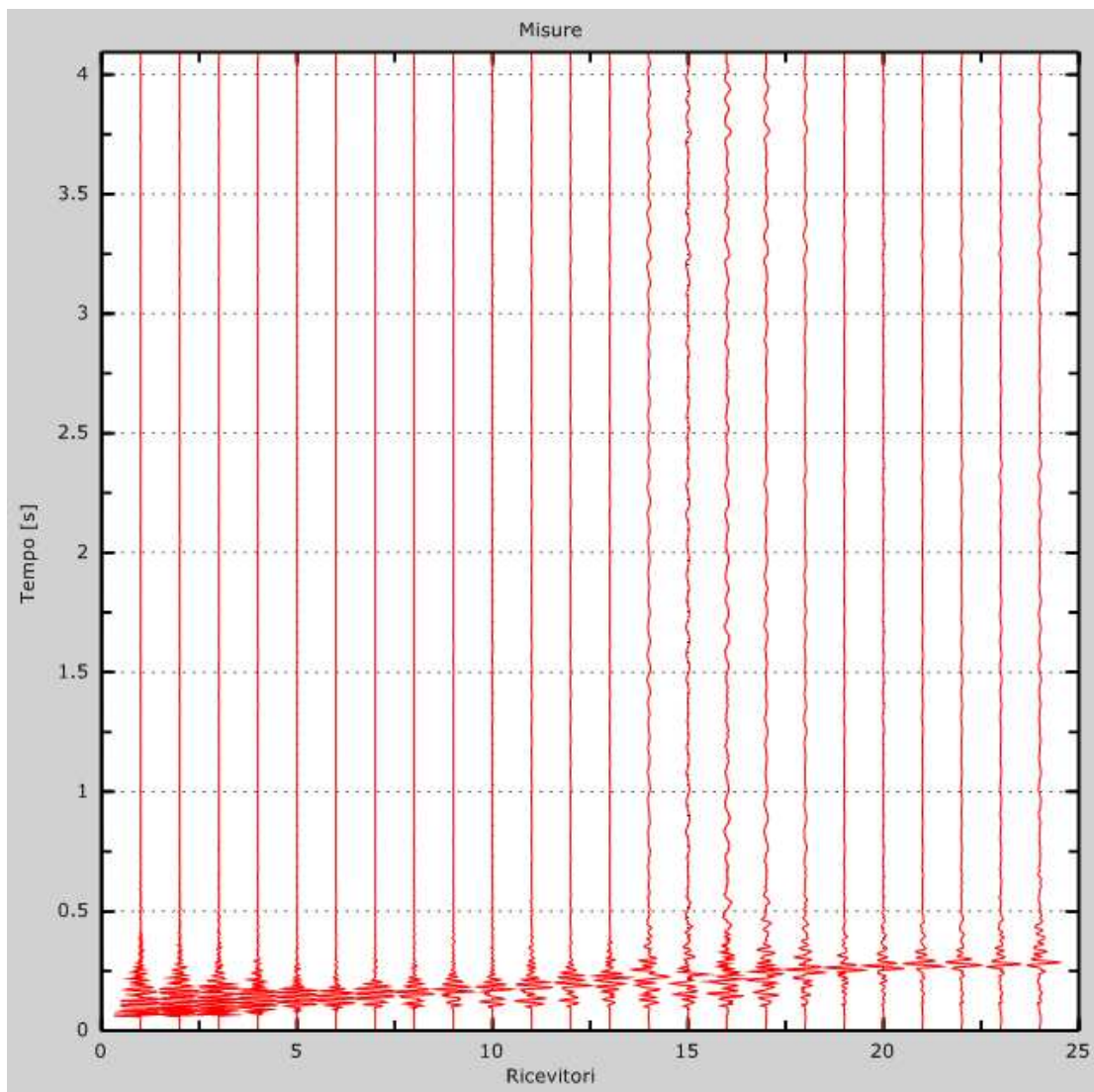


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.97717	506.453	472.3	540.607
6.64626	419.172	366.045	472.3
8.78906	346.154	311.538	380.769
12.0625	286.353	248.405	324.302
15.625	266.667	240	293.333
18.7892	271.174	225.636	316.712
22.4609	255.556	230	281.111
29.2969	241.935	217.742	266.129
32.7148	235.915	212.324	259.507
36.1328	231.25	208.125	254.375
39.5508	227.528	204.775	250.281
42.9688	224.49	202.041	246.939
46.3867	226.19	203.571	248.81
49.8047	223.684	201.316	246.053
53.2227	225.207	202.686	247.727
56.6406	228.346	205.512	251.181

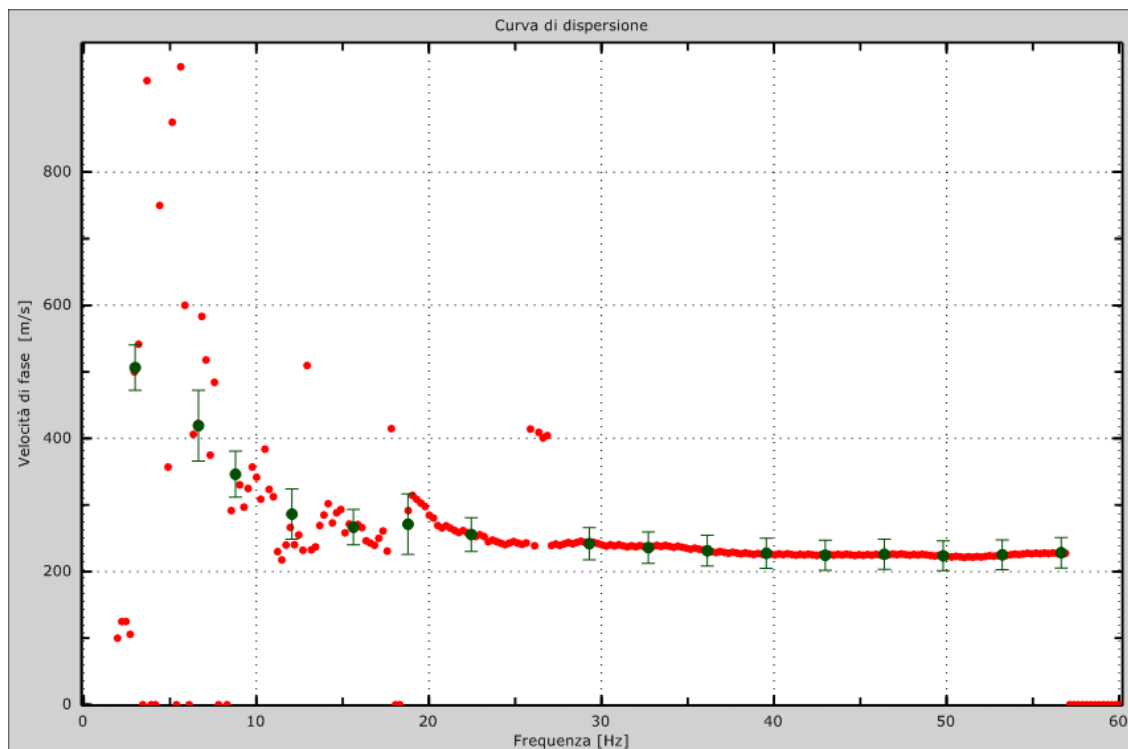


Figura 2: Curva di dispersione

3 - Profilo in sito

Strato 1

h [m]2
z [m] -2
Vs fin.[m/s]..... 223.720

Strato 2

h [m]3
z [m] -5
Vs fin.[m/s]..... 268.820

Strato 3

h [m]4
z [m] -9
Vs fin.[m/s]..... 296.300

Strato 4

h [m]3
z [m] -12
Vs fin.[m/s]..... 384.620

Strato 5

h [m]4
z [m] -16
Vs fin.[m/s]..... 465.750

Strato 6

h [m]0
z [m] -∞
Vs fin.[m/s]..... 562.730

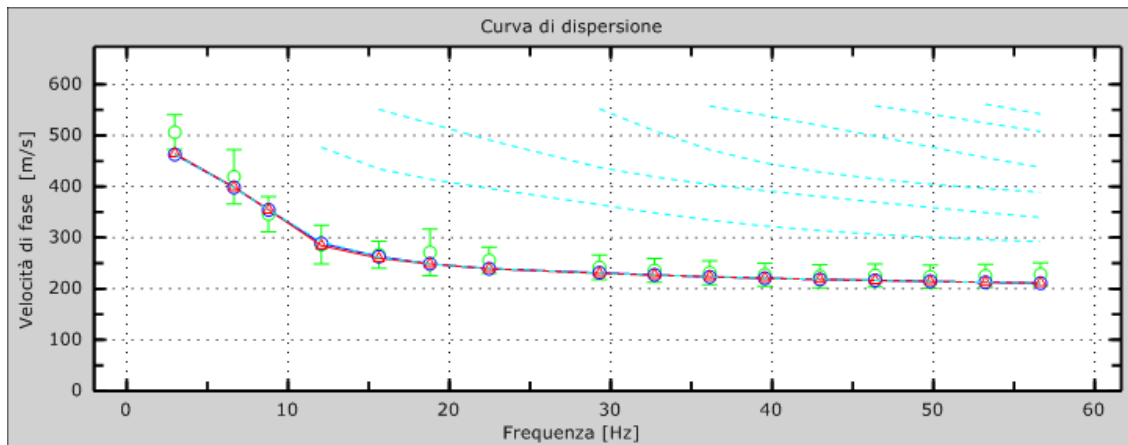


Figura 3: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

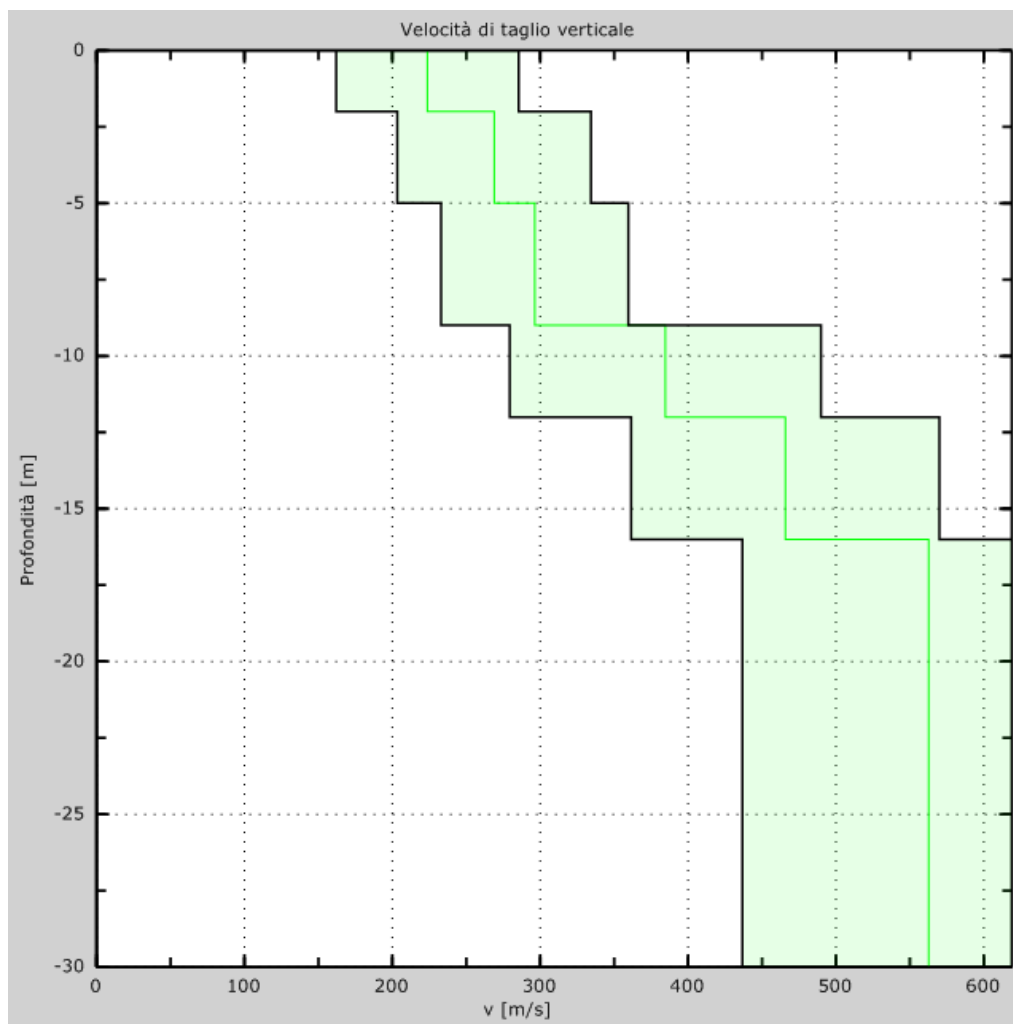


Figura 4: Profilo Vs numerico

4 - Risultati finali

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Piano di riferimento $z=0$ [m] 0

Vs30 [m/s] 400

Tipo di suolo B

REPORT H/V CIMITERO FORCELLA

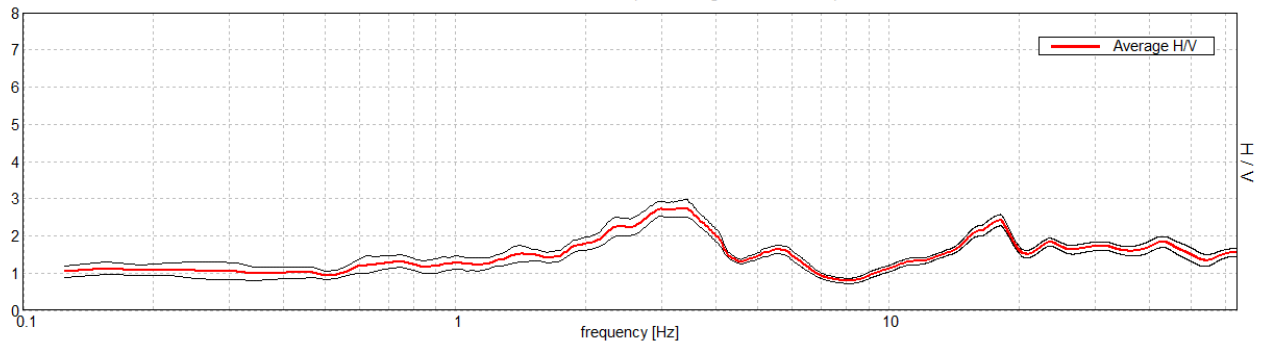
Instrument: TRZ-0109/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

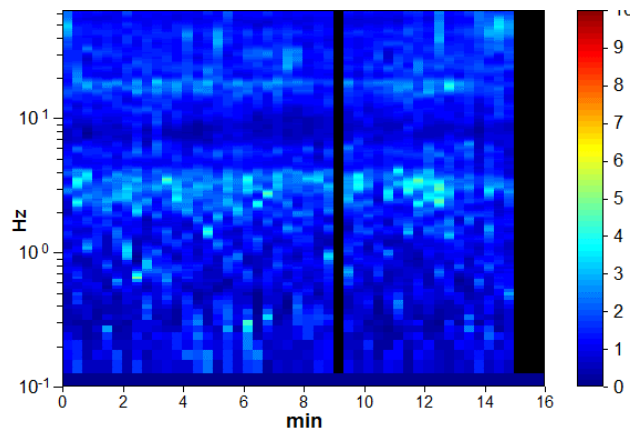
Trace length: 0h16'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

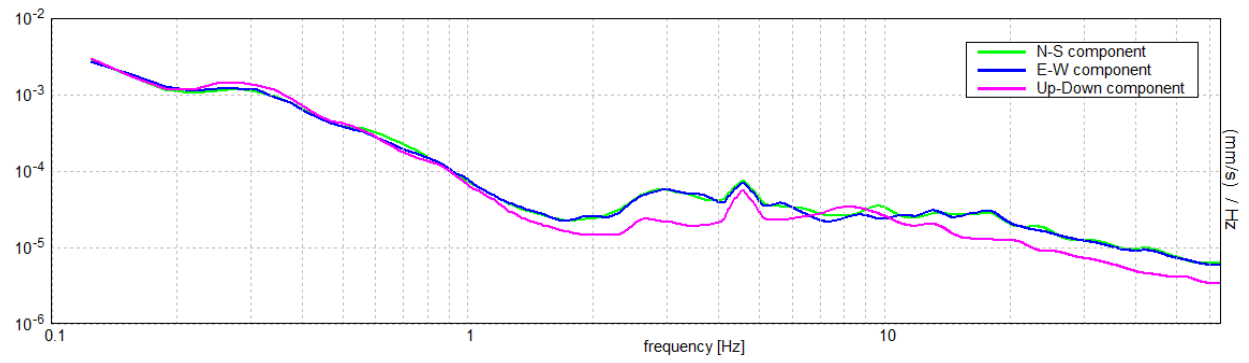
Max. H/V at 3.41 ± 0.14 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

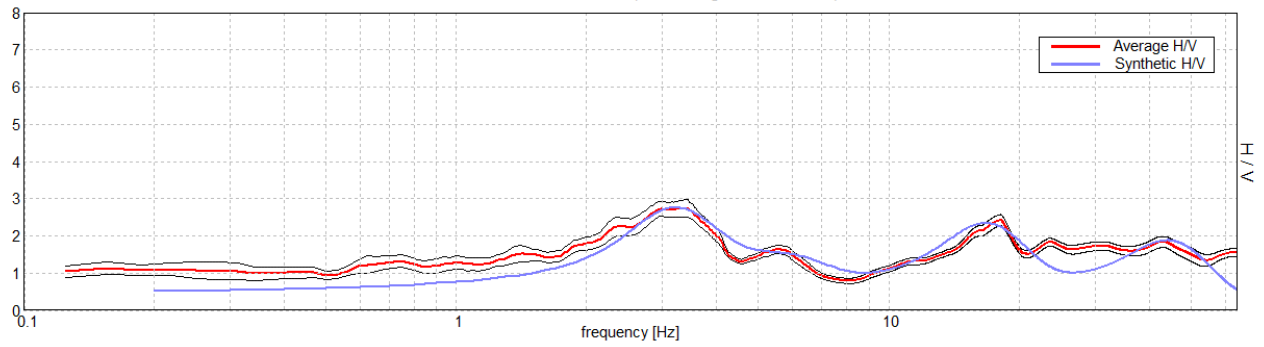


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 3.41 ± 0.14 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



[According to the SESAME, 2005 guidelines]

Max. H/V at 3.41 ± 0.14 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2997.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 164 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04001 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1363 < 0.17031$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2365 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tecnometer s.a.s.
Istituto per la ricerca
e sperimentazione
sui materiali da costruzione

Sede: Zona Industriale
64100 S. Atto - Teramo
Tel. 0861.587383-588244
Fax 0861.588244

email: tecnometer@tecnometer.it - pec: tecnometer@pec.tecnometer.it - web site: www.tecnometer.it

Laboratorio tecnologico
Aut. Min. LL.PP. D.M. 4-06-84
n. 24937 (art. 20 legge 1086/71)
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7617/10)

Laboratorio geotecnico - Sett. A
Aut. Min. Infrastrutture e Trasp.
D.M. 28-01-2011 n. 897
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7618/10)

Albo laboratori di ricerca pubblici
e privati altamente qualificati
Ministero della Ricerca Scientifica
(G.U. n. 50 del 02-03-1987)

C.C.I.A.A. 79998
Iscrizione Registro Società
Tribunale Teramo n. 4260
C. Fisc. - P. I.V.A. 00548830678



UNI EN ISO 9001:2008
Cert. n. SQU 2632 AQ 1874



REPARTO TERRE

Teramo 02/12/2016

Committente:

Ubicazione del prelievo:

Identificazione del campione:

Tipo di contenitore:

Data ricevimento campione:



Geol. GIULIANO RUOPPOLO

Indagini Geologiche - Cimitero di Forcella - TERAMO

Sondaggio S1 (prof. 2,00 - 2,50 mt.)
prelevato dal Committente in data 06/10/16

Fustella metallica tipo Shelby

07/10/2016

CERTIFICATO N. M36T/T3703

Ns. V.A. n. 36 DG 183 del 07/10/16

Foglio 1 di 5



ESTRAZIONE E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE CON PROGRAMMA PROVE

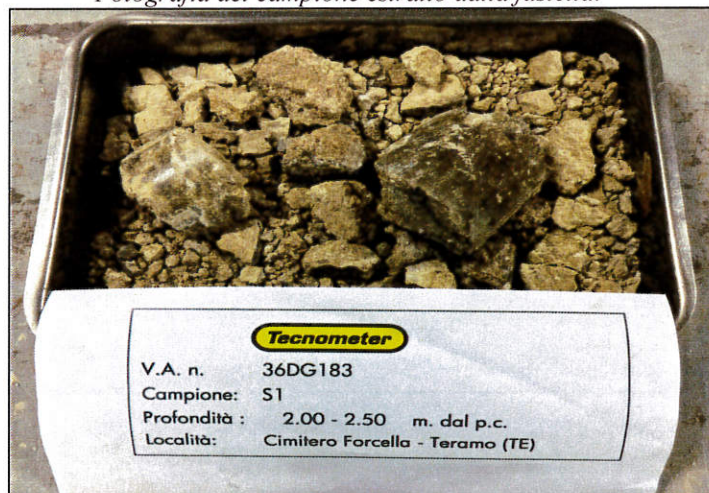
Data di apertura del campione:

10/10/2016

Descrizione del campione:

Limo argilloso con sabbia di colore avana

Fotografia del campione estratto dalla fustella:



Classe di qualità: 1

Eurocodice 7 - 2

Prove speditive Pocket Penetrometer - Vane Test						Prove eseguite
P.P (kPa)	****	****	****	****	****	Contenuto d'acqua
V.T (kPa)	Analisi granulometrica
						Peso di volume
						Limiti di Atterberg
						Peso specifico

NOTE:

Il presente Certificato di Prova non può essere riprodotto totalmente e/o parzialmente

Tecnometer s.a.s.
Istituto per la ricerca
e sperimentazione
sui materiali da costruzione

Sede: Zona Industriale
64100 S. Atto - Teramo
Tel. 0861.587383-588244
Fax 0861.588244

email: tecnometer@tecnometer.it - pec: tecnometer@pec.tecnometer.it - web site: www.tecnometer.it

Laboratorio tecnologico
Aut. Min. LL.PP. D.M. 4-06-84
n. 24937 (art. 20 legge 1086/71)
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7617/10)

Laboratorio geotecnico - Sett. A
Aut. Min. Infrastrutture e Trasp.
D.M. 28-01-2011 n. 897
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7618/10)

Albo laboratori di ricerca pubblici
e privati altamente qualificati
Ministero della Ricerca Scientifica
(G.U. n. 50 del 02-03-1987)

C.C.I.A.A. 79998
Iscrizione Registro Società
Tribunale Teramo n. 4260
C. Fisc. - P. I.V.A. 00548830678



UNI EN ISO 9001:2008
Cert. n. SQU 2632 AQ 1874



REPARTO TERRE

CERTIFICATO N. M36T/T3703

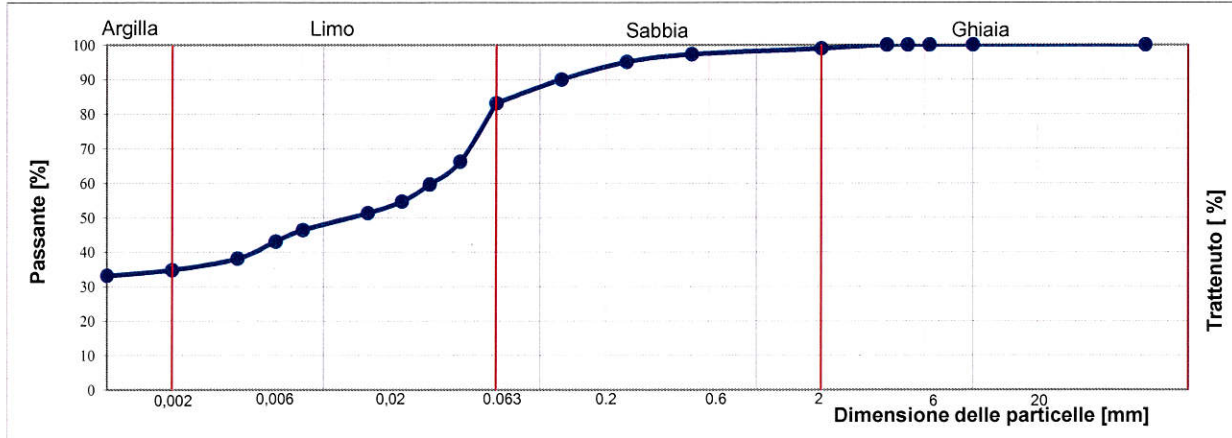
Ns. V.A. n. 36 DG 183 del 07/10/16

Teramo 02/12/2016

Foglio 2 di 5

Committente: Geol. GIULIANO RUOPPOLO
Ubicazione del prelievo: Indagini Geologiche - Cimitero di Forcella - TERAMO
Identificazione del campione: Sondaggio S1 (prof. 2,00 - 2,50 mt.)
prelevato dal Committente in data 06/10/16
Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby
Data ricevimento campione: 07/10/2016
Data inizio prova: 10/10/2016 *Data fine prova:* 11/10/2016
Descrizione del campione: Limo argilloso con sabbia di colore avana
Metodo usato: granulometria per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE			Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 4		Eurocodice 7-2 Classe di qualità: 1	
Massa provino secco (g.) 285,39			Densimetro tipo ASTM - AASHTO N. 151 H			
SETACCIATURA	Setacci ISO (mm)	Trattenuto (g)	Passante (%)	SEDIMENTAZIONE	Diametro equivalente dei grani (mm)	Passante (%)
	63,00	0,00	100,00		0,0632	83,09
	31,50	0,00	100,00		0,0433	66,17
	16,00	0,00	100,00		0,0314	59,55
	10,00	0,00	100,00		0,0226	54,59
	6,30	0,00	100,00		0,0162	51,28
	5,00	0,00	100,00		0,0085	46,32
	4,00	0,00	100,00		0,0061	43,01
	2,00	2,98	98,96		0,0044	38,05
	0,50	4,85	97,26		0,0022	34,74
	0,250	6,35	95,03		0,0013	33,09
	0,125	14,38	89,99			
	0,063	19,63	83,11			
					PESO SPECIFICO DELLE PARTICELLE	
			valore assunto	G _s		
			valore determinato (picnometro kN/m ³)	G _s	26,17	
			Ghiaia	1,04	[%]	
			Sabbia	15,84	[%]	
			Limo	48,37	[%]	
			Argilla	34,74	[%]	
			Nota 1:			



Tecnometer s.a.s.
Istituto per la ricerca
e sperimentazione
sui materiali da costruzione

Sede: Zona Industriale
64100 S. Atto - Teramo
Tel. 0861.587383-588244
Fax 0861.588244

email: tecnometer@tecnometer.it - pec: tecnometer@pec.tecnometer.it - web site: www.tecnometer.it

Laboratorio tecnologico
Aut. Min. LL.PP. D.M. 4-06-84
n. 24937 (art. 20 legge 1086/71)
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7617/10)

Laboratorio geotecnico - Sett. A
Aut. Min. Infrastrutture e Trasp.
D.M. 28-01-2011 n. 897
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7618/10)

Albo laboratori di ricerca pubblici
e privati altamente qualificati
Ministero della Ricerca Scientifica
(G.U. n. 50 del 02-03-1987)

C.C.I.A.A. 79998
Iscrizione Registro Società
Tribunale Teramo n. 4260
C. Fisc. - P. I.V.A. 00548830678



UNI EN ISO 9001:2008
Cert. n. SQU 2632 AQ 1874



REPARTO TERRE

CERTIFICATO N. M36T/T3703

Teramo 02/12/2016

Ns. V.A. n. 36 DG 183 del 07/10/16

Foglio 3 di 5

Committente: Geol. GIULIANO RUOPPOLO

Ubicazione del prelievo: Indagini Geologiche - Cimitero di Forcella - TERAMO

Identificazione del campione: Sondaggio S1 (prof. 2,00 - 2,50 mt.)
prelevato dal Committente in data 06/10/16

Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby

Data ricevimento campione: 07/10/2016

Data inizio prova: 11/10/2016 *Data fine prova:* 11/10/2016

Descrizione del campione: Limo argilloso con sabbia di colore avana

Procedura preparazione provino Provini ricavato da campione indisturbato mediante Trimming

CARATTERISTICHE FISICHE

Eurocodice 7-2
Classe di qualità: 1

PESO DI VOLUME NATURALE: metodo della fustella tarata (UNI CEN ISO/TS 17892 - 2)

DIMENSIONI INIZIALI DEL PROVINO				DETERMINAZIONE		
Provini	n.	1	2	Provini	1	2
altezza (mm)	H ₀	76,20	76,20	peso fustella + provino (g)	****	****
diametro (mm)	D ₀	38,00	38,00	peso fustella (g)	****	****
area (cm ²)	A ₀	11,34	11,34	peso provino (g)	****	****
volume (cm ³)	V ₀	86,41	86,41	peso di volume (kN/m ³)	****	****
peso di volume naturale medio (γ_n - kN/m ³)				****		

PESO DI VOLUME NATURALE: metodo della pesata idrostatica (UNI CEN ISO/TS 17892 - 2)

ELEMENTI DI MISURA PROVINO 1		DETERMINAZIONE PROVINO 1	
massa provino paraffinato (g)	69,65	volume provino (cm3)	34,37
massa idrostatico provino paraffinato (g)	32,56	peso provino (g)	67,21
densità dell'acqua (g/cm³)	1,00	peso di volume (kN/m³)	19,55
densità della paraffina (g/cm³)	0,897		
ELEMENTI DI MISURA PROVINO 2		DETERMINAZIONE PROVINO 2	
massa provino paraffinato (g)		volume provino (cm3)	
massa idrostatico provino paraffinato (g)		peso provino (g)	
densità dell'acqua (g/cm³)		peso di volume (kN/m³)	
densità della paraffina (g/cm³)			
peso di volume (γ _n - kN/m³)		19,55	

Tecnometer s.a.s.
Istituto per la ricerca
e sperimentazione
sui materiali da costruzione

Sede: Zona Industriale
64100 S. Atto - Teramo
Tel. 0861.587383-588244
Fax 0861.588244

email: tecnometer@tecnometer.it - pec: tecnometer@pec.tecnometer.it - web site: www.tecnometer.it

Laboratorio tecnologico
Aut. Min. LL.PP. D.M. 4-06-84
n. 24937 (art. 20 legge 1086/71)
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7617/10)

Laboratorio geotecnico - Sett. A
Aut. Min. Infrastrutture e Trasp.
D.M. 28-01-2011 n. 897
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7618/10)

Albo laboratori di ricerca pubblici
e privati altamente qualificati
Ministero della Ricerca Scientifica
(G.U. n. 50 del 02-03-1987)

C.C.I.A.A. 79998
Iscrizione Registro Società
Tribunale Teramo n. 4260
C. Fisc. - P. I.V.A. 00548830678



UNI EN ISO 9001:2008
Cert. n. SQU 2632 AQ 1874



REPARTO TERRE

CERTIFICATO N. M36T/T3703

Ns. V.A. n. 36 DG 183 del 07/10/16

Teramo 02/12/2016

Foglio 4 di 5

Committente:	Geol. GIULIANO RUOPPOLO		
Ubicazione del prelievo:	Indagini Geologiche - Cimitero di Forcella - TERAMO		
Identificazione del campione:	Sondaggio S1 (prof. 2,00 - 2,50 mt.) prelevato dal Committente in data 06/10/16		
Tipo di contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby		
Data ricevimento campione:	07/10/2016		
Data inizio prova:	10/10/2016	Data fine prova:	11/10/2016
Descrizione del campione:	Limo argilloso con sabbia di colore avana		
Procedura preparazione provino:	-		

CARATTERISTICHE FISICHE	Eurocodice 7-2 Classe di qualità: 1
--------------------------------	--

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892 - 1)			
DETERMINAZIONE 1		DETERMINAZIONE 2	
Provino	1	Provino	2
massa tara (g)	2,49	massa tara (g)	2,37
massa tara + provino naturale (g)	95,87	massa tara + provino naturale (g)	96,32
massa tara + provino secco (g)	85,95	massa tara + provino secco (g)	86,30
contenuto d'acqua (w - %)	11,89	contenuto d'acqua (w - %)	11,94
contenuto d'acqua medio (w _n - %)		11,91	

PESO SPECIFICO: metodo del picnometro (UNI CEN ISO/TS 17892 - 3)		
	DETERMINAZIONE 1	DETERMINAZIONE 2
massa del picnometro pulito e asciutto (g)	387,70	387,70
massa del picnometro riempito con acqua alla temperatura T (g)	1667,10	1667,10
massa del picnometro e del campione secco (g)	585,39	588,19
massa picnometro + acqua e terreno alla temperatura T (g)	1789,22	1790,99
massa del campione secco (g)	197,69	200,49
temperatura misurata al centro del picnometro (C°)	20,00	20,00
densità dell'acqua distillata e disareata alla temperatura di prova T (g/l)	1,000	1,00
peso specifico delle particelle (kN/m ³)	26,16	26,17
peso specifico medio delle particelle (G _s - kN/m ³)	26,17	

Il presente Certificato di Prova non può essere riprodotto totalmente e/o parzialmente

Tecnometer s.a.s.
Istituto per la ricerca
e sperimentazione
sui materiali da costruzione

Sede: Zona Industriale
64100 S. Atto - Teramo
Tel. 0861.587383-588244
Fax 0861.588244

email: tecnometer@tecnometer.it - pec: tecnometer@pec.tecnometer.it - web site: www.tecnometer.it

Laboratorio tecnologico
Aut. Min. LL.PP. D.M. 4-06-84
n. 24937 (art. 20 legge 1086/71)
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7617/10)

Laboratorio geotecnico - Sett. A
Aut. Min. Infrastrutture e Trasp.
D.M. 28-01-2011 n. 897
(D.P.R. 380/01 e Circ. 7618/10)

Albo laboratori di ricerca pubblici
e privati altamente qualificati
Ministero della Ricerca Scientifica
(G.U. n. 50 del 02-03-1987)

C.C.I.A.A. 79998
Iscrizione Registro Società
Tribunale Teramo n. 4260
C. Fisc. - P. I.V.A. 00548830678



UNI EN ISO 9001:2008
Cert. n. SQU 2632 AQ 1874



REPARTO TERRE

CERTIFICATO N. M36T/T3703

Teramo 02/12/2016

Foglio 5 di 5

Committente: Geol. GIULIANO RUOPPOLO

Ubicazione del prelievo: Indagini Geologiche - Cimitero di Forcella - TERAMO

Identificazione del campione: Sondaggio S1 (prof. 2,00 - 2,50 mt.)
prelevato dal Committente in data 06/10/16

Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby

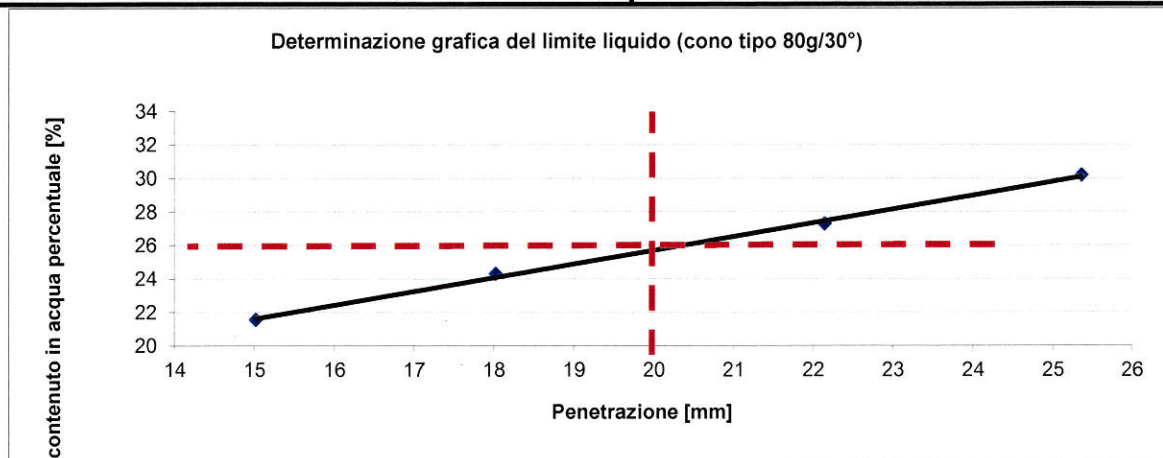
Data ricevimento campione: 07/10/2016

Data inizio prova: 14/10/2016 **Data fine prova:** 14/10/2016

Descrizione del campione: Limo argilloso con sabbia di colore avana

Procedura preparazione provino -

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG		Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 12		Eurocodice 7-2 Classe di qualità: 1		
DATI INIZIALI DEL CAMPIONE		DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO - cono 80g/30°				
contenuto d'acqua (%)	11,89	Penetrazione del cono (mm)	15,02	18,02	22,14	25,36
massa umida (g)	95,87	Massa campione umido (g)	45,69	42,89	40,15	49,57
massa secca (g)	85,95	Massa campione asciutto (g)	38,02	34,96	32,06	38,63
massa contenitore (g)	2,49	Massa contenitore (g)	2,40	2,30	2,40	2,36
passante al setaccio 0,4 (%)	***	Contenuto in acqua (%)	21,5	24,3	27,3	30,2
DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO			RISULTATI FINALI			
utilizzo di carta assorbente	no					
massa campione umido (g)	4,07	3,98	w _L (Limite liquido - %)		25,8	
massa campione asciutto (g)	3,90	3,82	w _P (Limite plastico - %)		10,4	
massa contenitore (g)	2,25	2,29	I _P (Indice plastico - %)		15,4	
contenuto in acqua (%)	10,3	10,5	I _L Indice di liquidità		0,1	
contenuto in acqua medio (%)	10,4		I _C Indice di consistenza		0,9	
LIMITE DI RITIRO (%)			****			



Il Responsabile della sperimentazione:
(Per. Chim. Dario Cipollone)

Il Direttore del laboratorio:
(Dott. Geol. Marcello Catalogna)