

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com



**SAM S.r.l. Unipersonale**  
**Via Corvese, 40**  
**63821 Porto Sant'Elpidio (FM)**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

**VARIANTE IN CORSO D'OPERA *al progetto approvato con Det. Dir n. 342 e RS n. 42 del 07.05.2018 della Provincia di Fermo per realizzazione impianto di trattamento anaerobico-aerobico della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (Forsu) per la produzione di biometano ed ammendante compostato misto presso località San Pietro Comune torre S. Patrizio (FM)***

## **Relazione geologica, geotecnica e sismica**

**STUDIO TECNICO-GEOLOGICO**

Dott. Geol. Alberto Conti  
Via IV Novembre 4 Porto S. Elpidio

**ELAB. GEO. 01**

<i>Revis.</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Redatto</i>	<i>Data</i>
			DICEMBRE 2020

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

**Indice**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERI LITOLOGICI E GEOTECNICI .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>SISMICITA'.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>INDICAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITA' DE VERSANTE ' .....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>FATTIBILITA' GEOLOGICA COLLETORE FOGNARIO.....</b>	<b>24</b>

*La presente relazione è composta da n° 32 pagine.*

*Allegati nel testo:*

*Tav. 1 - Planimetria indagini*

*Tav. 2 - Sezioni litologiche*

*- Tabelle e grafici prove penetrometriche statiche E-CPT*

*- Relazione indagine sismica*

*- n° 6 stratigrafie*

*Certificati delle prove di laboratorio*

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

## 1 - PREMESSA

La Soc. SAM Unipersonale s.r.l. è venuta nella determinazione di presentare un progetto di variante in corso d'opera all'impianto di compostaggio la cui ultima variante è stata autorizzata con Det. Dir. Provincia di Fermo Det. n. 342 e RS n. 42 del 07.05.2018. La variante proposta se da una parte rappresenta una importante modifica a quanto autorizzato come entità e importanza delle strutture da realizzare, dall'altra in termini di occupazione di suolo ricalca, grossomodo, l'impronta organizzata e approvata nella prima ipotesi (2007).

Allo stato attuale sono state realizzate le opere in terra rinforzata e i rispettivi rilevati per le strutture I1 e I3 (*ex 4 e 6*) che, alla luce della presente variante, non subiranno sostanziali modifiche. Le nuove opere in variante verranno realizzate, quasi esclusivamente, nella porzione monte tra i rilevati e la strada comunale.

La presente relazione è stata svolta sulla base dei rilievi e indagini effettuate sia nel corso dell'attuale studio che nelle varie fasi sviluppate nelle diverse articolazioni della più generale progettazione. In sostanza si è fatto riferimento alle seguenti campagne geognostiche

- a) Aprile 1994, Giugno 1995 - sondaggi geognostici a carotaggio e prove di laboratorio su campioni indisturbati (*Doc. reperita - Consorzio Smaltimento Rifiuti*)
- b) Novembre 1996 - sondaggi geognostici a carotaggio (*SAM s.r.l.*)
- c) Luglio 2018 – n° 5 prove penetrometriche statiche E-CPT e indagine sismica (*SAM Unipersonale s.r.l.*)
- d) Febbraio 2020 – n° 2 prove penetrometriche statiche E-CPT

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

Il presente studio ha come finalità la verifica di fattibilità, sotto i vari aspetti geologici, dell'impianto alla luce della nuova variante. Nella fase esecutiva, per il calcolo strutturale delle varie opere (*in particolare quelle in variante*), verrà valutato se effettuate indagini integrative puntuali e specifiche per le singole strutture. Alla luce di tali considerazioni si ritiene del tutto esaustivo il quadro delle indagini e conoscenze ad oggi maturate.

Dai risultati di campagna acquisiti sono stati estrapolati gli spessori dei vari litotipi, la loro geometria e le loro caratteristiche fisico-meccaniche in termini di parametri medi. Nella presente relazione vengono esposti i criteri di fattibilità relativi al nuovo intervento in progetto.

L'area oggetto di studio riguardante le strutture del compostaggio, posta alle quote comprese tra 110 e 170 m circa s.l.m., ad est del centro storico di Torre San Patrizio, è situata lungo il versante destro della vallata del fosso San Pietro.

. Il tracciato del collettore fognario, salvo piccoli tratti, corre quasi sempre in cresta a dorsali morfologiche con altimetrie comprese tra quota 160 e 208 m. s.l.m. e si estende dall'area San Pietro fino al caseggiato di Monte Urano dove è posto il punto di allaccio alla pubblica fognatura.

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

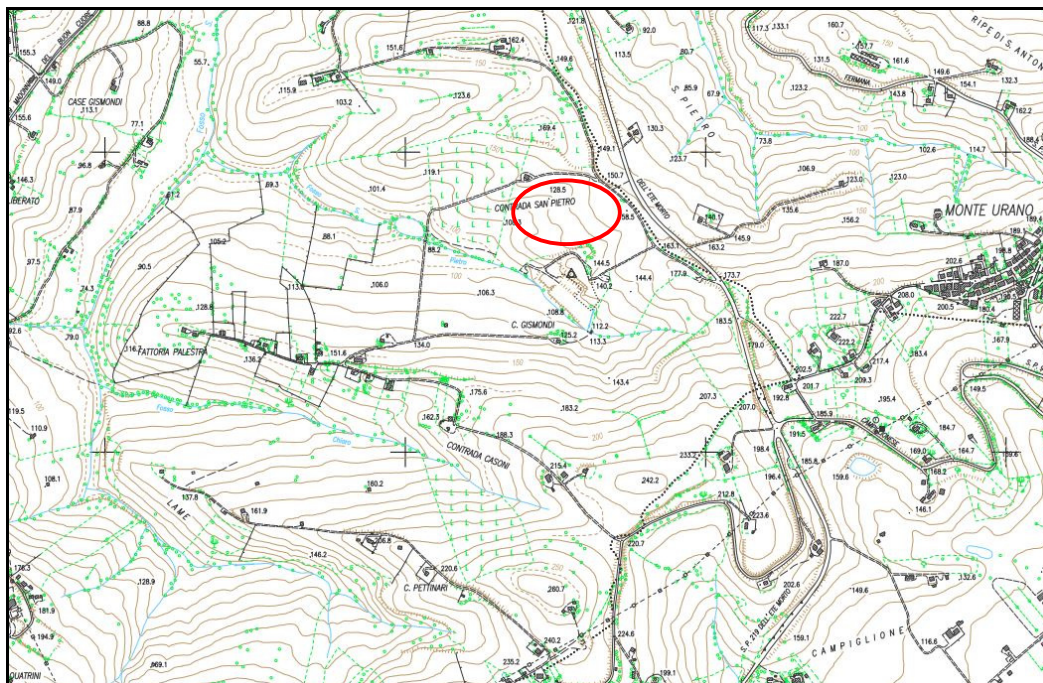


Fig. 1- Carta Tecnica Regione Marche - Sez. 314040 Torre San Patrizio

## 2 - LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

L'area in oggetto è posta nella parte apicale del fosso S. Pietro, lungo il versante orientale, e circonda la discarica comprensoriale per rifiuti non pericolosi. I principali aspetti geologici e geomorfologici dell'area, sono stati dedotti sia dagli studi condotti nel tempo per la realizzazione dell'impianto di discarica sia attraverso le varie campagne di indagini eseguite nel tempo per la realizzazione dell'impianto di compostaggio.

La zona oggetto di studio fa parte del settore sud-orientale del bacino marchigiano Esterno, colmato dai sedimenti terrigeni del ciclo marino Plio-Pleistocenico. In generale la sequenza plio-pleistocenica inizia con depositi trasgressivi sabbioso - conglomeratici di facies litoranea cui fa seguito una potente successione argillosa spessa circa 2000 m nella quale sono intercalati corpi clastici a granulometria grossolana e fine.

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

Nell'area in oggetto affiorano prevalentemente i sedimenti più fini caratterizzati da un cospicuo corpo pelitico con intercalati livelli pelitico-arenacei. I rilievi di campagna e le indagini geognostiche effettuate hanno permesso di evidenziare due diverse associazioni litologiche.

– Depositi marini del substrato

a) Associazione pelitica

Costituita in prevalenza da argille siltose grigie, spesso laminate, intercalate generalmente da sottili e sottilissimi livelli siltoso – sabbiosi giallastri lenticolari.

b) Associazioni pelitico – arenacea e arenaceo-pelitica

Costituita da argille grigie intercalate da livelli sabbiosi decimetrici. Il rapporto sabbia–argilla è generalmente < di 1. In limitati orizzonti prevale la componente sabbioso-arenacea (*arenaceo-pelitica*). Nell'area in oggetto sono stati riconosciuti alcuni orizzonti di tali associazioni intercalati al cospicuo corpo pelitico. Lo spessore di ogni singolo livello è pari a 3–5 ml.

La giacitura degli strati è a reggipoggio.

– **Depositi continentali** – (*coltre colluviale*)

Sono legati prevalentemente all'azione delle acque di ruscellamento superficiale e della gravità.

Essi sono costituiti prevalentemente da limi e limi–argillosi e subordinatamente da limi–sabbiosi di colore giallo–marrone con concrezioni calcitiche e frustoli torbosi. Tali depositi sono stati rinvenuti prevalentemente nella porzione ovest dell'area interessata dalle vasche in oggetto ed in prossimità del Fosso San Pietro.

L'area interessata dall'impianto di compostaggio presenta una morfologia piuttosto regolare e, nel corso dei rilievi di superficie, non sono state accertate forme, indizi e strutture geomorfologiche legati a processi gravitativi in atto o avvenuti in recente passato. L'analisi del P.A.I. predisposto dall'autorità di bacino, ha ulteriormente confermato le buone condizioni di

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

stabilità dell'area in questione, la quale non risulta inserita all'interno di aree coinvolte da fenomeni di dissesto di tipo gravitativo in atto o potenziale.

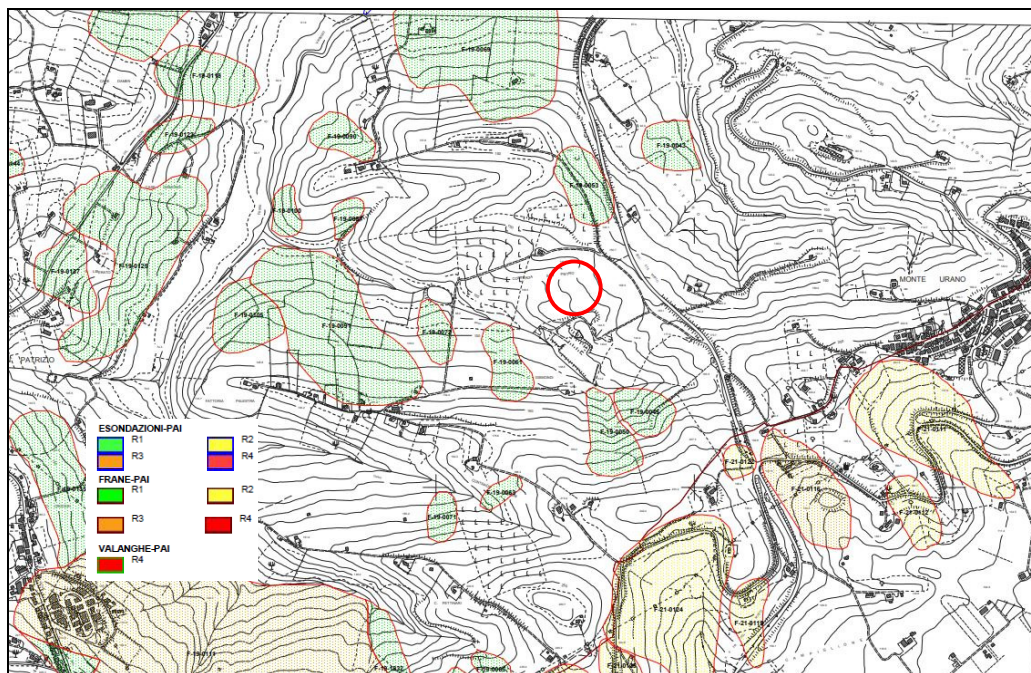


Fig. 2 — Stralcio PAI-AdB Regione Marche-Cartografia PAI aggiornata al Decreto del Segretario Generale n.49/SABN del 27/07/2016

### 3 - CARATTERI LITOLOGICI E GEOTECNICI

Le indagini effettuate hanno permesso di verificare lo spessore della coltre colluviale e le caratteristiche litologico-tessiturali dei litotipi marini presenti.

Il litotipo principale riscontrato nell'area è rappresentato dalle *argille siltose grigio-nocciola* e grigio-azzurre, molto consistenti e spesso laminate. In prossimità di alcuni orizzonti, si intercalano livelli sabbioso-siltosi giallo-ocra di spessore massimo pari a 10 – 30 cm. Tali livelli, come evidenziato nelle stratigrafie, possono presentare delle diffuse infiltrazioni idriche legate alla differente permeabilità tra i vari litotipi. La parte più superficiale di tale litotipo argilloso,

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

limitatamente ad uno spessore variabile da 2,00 a 6,00 ml circa, si presenta alterata e leggermente fratturata (eluvioni).

La **coltre colluviale** è caratterizzata da un aggregato costituito da limi argillosi nocciola. Il grado di consistenza è variabile.

In gran parte dell'area esaminata la coltre presenta generalmente spessori ridotti pari a 1,00-2,00 ml. L'unica eccezione è il Sondaggio n°4, realizzato lungo un impluvio, che ha evidenziato uno spessore della coltre pari a 9,50 ml. Nel sondaggio n°5 la coltre è assente in quanto il substrato, alterato e fratturato, è pressoché affiorante.

Per la classificazione geotecnica dei litotipi presenti nell'area si è fatto ricorso a delle prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati durante la campagna geognostica per la realizzazione dell'impianto di discarica. Inoltre sugli stessi campioni, sempre mediante analisi di laboratorio, sono stati determinati i valori medi del coefficiente di permeabilità.

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
 Dott. Geol Alberto Conti  
 Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
 REALIZZAZIONE  
 IMPIANTI ENERGIA  
 E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
 Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
 Tel. 0549 904547  
 Fax 0549 953530  
 tecnico@smea-srl.com  
 www.smea-srl.com

**Parametri geotecnici medi attribuibili ai litotipi presenti.**

Litotipo	Peso di volume (t/mc) $\gamma$	Coesione non Drenata (t/mq) Cu	Coesione Drenata (t/mq) c'	Angolo di attrito (gradi) $\phi$	Coefficiente di permeabilità (cm/sec) K
Coltre colluviale	1.9	6 ÷ 11	0.2 ÷ 1	22 ÷ 24	1E -0.6 ÷ 5.4E- 0.9
Ass. Pelitica	2.0	18 <sup>(1)</sup> ÷ 33	2 ÷ 5	25	9.6E-0.9
Ass. Pelitico – sabbiosa	2.0		0.5 ÷ 1	30 ÷ 32*	1E-0.4 ÷ 1E-0.5

<sup>(1)</sup> – parte alterata e fratturata

\* livelli sabbiosi deb. cementati

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

## 4 - IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Considerando la natura prevalentemente argillosa dei litotipi presenti appare chiaro come sia pressoché impossibile rinvenire, nell'area in esame, falde acquifere. Difatti nell'area non si rinvencono pozzi per l'approvvigionamento idrico. Gli unici accumuli d'acqua, peraltro superficiali, si rinvencono, in prossimità del Fosso San Pietro, all'interno della coltre colluviale al contatto con le sottostanti argille marine e lungo le vallecicole dove la coltre colluviale presenta spessori apprezzabili (*Rif. S4 e Sr10*). Nel corso degli studi effettuati alcuni sondaggi hanno evidenziato, all'interno di qualche livelletto sabbioso intercalato al corpo poltico marino, limitate infiltrazioni idriche. Inoltre dal controllo periodico dei piezometri posti a monte delle vasche di stoccaggio della discarica comprensoriale sono state evidenziate modeste falde acquifere alimentate dalle infiltrazioni presenti nei livelli sabbiosi posti all'interno delle argille marine.

## 5\_SISMICITA'

Con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003, l'intero territorio nazionale è stato oggetto di un aggiornamento e revisione della classificazione sismica. Esso è stato suddiviso in quattro zone a livello decrescente di pericolosità sismica di base. Il territorio del comune di Torre San Patrizio è interamente incluso nella zona 2.

### 5.1\_Categoria di sottosuolo

Facendo riferimento al Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018 – § 7.11.3), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . La

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

classificazione del sottosuolo *[categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II)]* si effettua sulla base delle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

$h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30 m.

Nel presente lavoro per la determinazione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento ad un'indagine sismica, effettuata nell'area in oggetto, caratterizzata da una prova MASW comparata con acquisizioni HVSR. L'analisi multicanale delle onde superficiali MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una metodologia sismica che consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $S$  nel sottosuolo. Tale metodo consiste nell'analisi delle onde di superficie Rayleigh, registrate da un geofono con varie energizzazioni lungo uno stendimento di lunghezza complessiva pari a circa 60 m. Le usuali e consolidate tecniche di elaborazione delle onde sismiche utilizzano unicamente i tempi di primo arrivo delle onde sismiche di volume indagate ( $P$  e  $S$ ), considerando come "disturbo" la restante parte del segnale caratterizzato dalla presenza delle onde di superficie (*Rayleigh e Love*). Nuovi studi hanno dimostrato la possibilità di elaborare un modello matematico dall'analisi ed interpretazione di tale "disturbo". L'analisi delle onde di superficie di Rayleigh risulta essere un ottimo strumento per la caratterizzazione sismica del sito tramite la ricostruzione del profilo di  $V_s$ , come previsto dalla normativa vigente. La tecnica HVSR

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

(Horizontal to Vertical Spazial Ratio), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970) e poi da Nakamura (1989), è quella maggiormente utilizzata. Essa consiste nello studio dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. È ormai ampiamente riconosciuto in letteratura che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli (*relazione indagine sismica allegata*).

Nel nostro caso la  $V_{S30}$  è risultata pari a **274,6 m/sec** e quindi secondo la tab. 3.2.II della normativa, il sottosuolo appartiene alla categoria **C**.

<b>CATEGORIA C</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 ml, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
--------------------	---

### 5.2- Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato determinato tenendo conto delle indicazioni contenute nel D.M. del 17.01.2018 (punto 3.2.3. – Tab. 3.2.III e 3.2.V). Essendo l'opera da realizzare ubicata su un versante dall'inclinazione pari a circa 8° si ricava una Categoria Topografica T1 (Tab. 3.2.III). A tale categoria corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica **S<sub>T</sub>** pari a **1,0** (Tab. 3.2.V).

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
 Dott. Geol Alberto Conti  
 Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
 REALIZZAZIONE  
 IMPIANTI ENERGIA  
 E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
 Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
 Tel. 0549 904547  
 Fax 0549 953530  
 tecnico@smea-srl.com  
 www.smea-srl.com

### 5.3-Determinazione parametri sismici dell'area

La definizione dei principali parametri che caratterizzano lo spettro per la località investigata, ed eventualmente i periodi di ritorno non coincidenti con i parametri contenuti nell'allegato A delle norme, è stata utilizzata un'applicazione software on line messa a disposizione dalla Geostru software® denominata "GeoStru PS®" (link: <http://www.geostru.com/geoapp/ParametriSismici.aspx>).

La definizione dei parametri sismici dei siti in esame avviene utilizzando i dati provenienti da quattro siti di riferimento (nodi della rete INGV) mediante alcuni processi di interpolazione. Le coordinate geografiche utilizzate per il posizionamento del sito all'interno della griglia elaborata dalla INGV sono state ricavate direttamente dalla mappa geografica presente sul sito e sono:

Coordinate geografiche (WGS84)	
Latitudine $\phi$	Longitudine $\lambda$
43,189550°	13,641007°

Le principali caratteristiche delle opere da realizzare sono:

1	<b>Tipo di costruzione (1 – 2 – 3)</b>	2
2	<b>Vita Nominale <math>V_N</math> (<math>\leq 10</math> - <math>\geq 50</math> - <math>\geq 100</math>)</b>	50 anni
3	<b>Classi d'uso in presenza di azioni sismiche (I – II – III – IV)</b>	III
4	<b>Coefficiente d'uso <math>C_u</math> (0.7 – 1.0 – 1.5 – 2.0)</b>	1,5
5	<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica <math>V_R = V_N \cdot C_u</math></b>	75 anni
6	<b>Categoria sottosuolo</b>	C
7	<b>Categoria topografica</b>	T1 [ $\beta < 15^\circ$ ]

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
 Dott. Geol. Alberto Conti  
 Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
 REALIZZAZIONE  
 IMPIANTI ENERGIA  
 E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
 Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
 Tel. 0549 904547  
 Fax 0549 953530  
 tecnico@smea-srl.com  
 www.smea-srl.com

Le elaborazioni effettuate hanno fornito i seguenti parametri sismici (*stabilità dei pendii e fondazioni – paratie*):

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$	$S_s$	$C_c$	$S_T$	$a_{max}$
SLO	45	0.062	2.435	0.289	1.50	1.580	1.0	0.912
SLD	75	0.079	2.467	0.298	1.50	1.570	1.0	1.155
SLV	712	0.212	2.481	0.324	1.38	1.520	1.0	2.867
SLC	1462	0.277	2.480	0.332	1.29	1.510	1.0	3.504
	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[m/s <sup>2</sup> ]

***Stabilità dei pendii e fondazioni***

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$ (g)	$a_{max}$	$\beta_s$	$K_h$	$K_v$
SLO	45	0.062	0.912	0.200	0.019	0.009
SLD	75	0.079	1.155	0.200	0.024	0.012
SLV	712	0.212	2.867	0.280	0.082	0.041
SLC	1462	0.277	3.504	0.280	0.100	0.050
	[anni]	[g]	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]

***Paratie***

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$ (g)	$a_{max}$	$\beta_s$	$K_h$	$K_v$
SLO	45	0.062	0.912	0.850	0.079	0.000
SLD	75	0.079	1.155	0.850	0.100	0.000
SLV	712	0.212	2.867	0.850	0.248	0.000
SLC	1462	0.277	3.504	0.850	0.304	0.000
	[anni]	[g]	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

## 6 – INDICAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Le indagini svolte consentono di definire fattibili gli interventi in progetto.

L'area presenta una buona vocazionalità ai fini edificatori in quanto non sono stati rinvenuti processi di dissesto in atto o potenziali e le unità marine del substrato si presentano pressoché affioranti. Le strutture da realizzare sono generalmente costituite da edifici industriali in prefabbricato, silos, piazzole in c.a. e tettoie per lo stoccaggio del materiale da lavorare.

### 6.1. – *Indicazioni di carattere generale per la fattibilità degli interventi in variante*

#### *Interventi finalizzati al generale miglioramento del deflusso delle acque superficiali*

L'impatto degli interventi edilizi sull'area è importante e al di fuori da quanto previsto nell'apposito studio per l'Invarianza Idraulica [ *Elab. GEO 03 (L.R. 22/2011 – Art. 10, comma 4)* ] occorre provvedere ad una opportuna regimazione delle acque piovane provenienti dal versante. Lungo il perimetro delle strutture vanno realizzati degli adeguati canali di scolo in grado di raccogliere ed allontanare, in maniera adeguata, le acque di scorrimento superficiale.

#### *- Opere di sostegno preventive agli scavi*

Allo stato attuale sono stati realizzati i due ripiani principali alle quote di 143 m. s.l.m. (I1) e 128-130 m. s.l.m. (I3) con relative opere in terra armata a sostegno dei rilevati. La variante prevede la realizzazione delle principali opere su ripiani contigui a quote 147, 152, e 156 m. s.l.m. E' consigliabile procedere nella realizzazione dei ripiani e relative opere con il seguente programma:

- a) realizzazione del muro di contenimento di raccordo tra i ripiani delle strutture I1 e I2
- b) realizzazione del ripiano alla quota 156 m. s.l.m. (*strutture D e A5*)
- c) opera di contenimento della scarpata tra i ripiani 156 e 152 m. s.l.m. da realizzare preventivamente al prosieguo delle opere di scavo. L'opera sarà definita da una paratia costituita da pali trivellati del diametro e lunghezza ottimali

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

- d) realizzazione del ripiano alla quota 152 m. s.l.m. (*struttura V*)
- e) opera di contenimento della scarpata tra i ripiani 152 e 147 m. s.l.m. da realizzare preventivamente al prosieguo delle opere di scavo. Anche in questo caso l'opera sarà definita da una paratia costituita da pali trivellati del diametro e lunghezza ottimali
- f) realizzazione del ripiano alla quota 147 m. s.l.m. (*struttura I2*)
  
- g) La definizione del ripiano alla quota di progetto 130 della struttura I3, comporta in prossimità del lato N-NE la creazione di scarpate di altezza fino a 4,00 ml circa. **E' assolutamente indispensabile, anche in questo caso, realizzare, prima degli scavi, un'opera di contenimento preventivo costituita da paratia di pali trivellati del diametro e lunghezza ottimali. In caso contrario si creerebbero notevoli rischi per la stabilità dell'opera in terra armata, a sostegno del corpo I1, posta subito a monte.**

## 6.2. – Fondazioni strutture

### 6.2.1. Capannone Struttura **I1**

Rappresenta una struttura in prefabbricato il cui piano di imposta insiste parte su una superficie di scavo e parte su rilevato. La porzione dell'area interessata dal fabbricato è caratterizzata dalla seguente successione litostratigrafica (*Tav. 2 – Sezioni litologiche A e D*):

- a) **Terreno di riporto** Spessore massimo **5,40 – 5,50** ml (*dal piano 143,00 m s.l.m.*)
- b) **Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri . Il grado di consistenza è variabile Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica Spessore massimo stimato **2,50** ml
- c) **Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi Spessore massimo **6,00** (*porzione in assenza di rilevato*)
- c1) **Argille del substrato integre** con livelli sabbiosi Spessore pari ad alcune decine di ml.

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

Per tale struttura è necessario adottare una fondazione profonda su pali trivellati. Sulla base delle correlazioni geolitologiche è possibile prevedere, una **profondità minima stratigrafica dei pali variabile da 8,00 (parte monte) a 12,00 ml (parte valle)** rispetto al piano di imposta del fabbricato posto alla **quota 143 m. s.l.m.**. I pali, interamente armati, dovranno essere ben intestati all'interno del litotipo argilloso integro (lit."C1").

### 6.2.2. Strutture area I3

Il piano di imposta dei manufatti da realizzare in tale area insiste in gran parte su una superficie in rilevato e in minima parte su un'area di scavo. L'area interessata dalle strutture è caratterizzata dalla seguente successione litostratigrafica (*Tav. 2 – Sezioni litologiche A ed E*):

- a) **Terreno di riporto** Spessore massimo **9,00 ml** (*tale spessore è stato definito rispetto al piano di progetto ad oggi pressoché ultimato*)
- b) **Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri . Il grado di consistenza è variabile Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica Spessore massimo **8,00 ml** (*area di ingombro fabbricato*)
- c) **Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi. Spessore massimo ipotizzato **2,00** (*porzione in assenza di rilevato lato NE*)
- c1) **Argille del substrato integre** con livelli sabbiosi. Spessore pari ad alcune decine di ml.

Per le strutture in questione si ipotizzano fondazioni profonde su pali trivellati. Sulla base delle correlazioni geolitologiche è possibile prevedere una **profondità minima stratigrafica dei pali variabile da 9,00 (parte monte in scavo) a 15,00 ml (alcuni punti parte valle piazzale)** sempre rispetto al piano di imposta della struttura (**quota 130 m. s.l.m.**). I pali, interamente armati, dovranno essere ben intestati all'interno del litotipo argilloso integro (lit."C1").

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

### 6.2.3. Strutture **I2**

Sono caratterizzate da diversi silos per la digestione anaerobica.

La porzione dell'area interessata da tali strutture è caratterizzata dalla seguente successione litostratigrafica (*Rif. Sondaggio 3 – E-CPT6*):

- a) **Terreno vegetale** costituito da limi argillosi marroni con resti organici. Lo spessore è pari a circa **0,50 ml**
- b) **Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri. Il grado di consistenza è variabile. Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica. Spessore massimo **1,20 ml**
- c) **Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi. Spessore massimo ipotizzato **5,00**
- c1) **Argille del substrato integre** con livelli sabbiosi Spessore pari ad alcune decine di ml.

Anche per tali strutture è consigliabile, in questa fase di studio, ipotizzare fondazioni su pali trivellati. Sulla base delle correlazioni geolitologiche è possibile stimare, in questa prima fase di studio, una **profondità minima stratigrafica variabile da 8,0 a 10,0 ml** rispetto al piano di imposta stimato alla **quota 147,0 m. s.l.m.** I pali, interamente armati, dovranno essere intestati all'interno del litotipo argilloso integro (lit."C1").

### 6.2.4. Strutture **A5, D, M e N**

Sono caratterizzate da manufatti prevalentemente leggeri posizionati su aree pressoché pianeggianti, in assenza di previsioni di radicali movimenti terra.

Per la porzione dell'area interessata da tali strutture è possibile ricostruire la seguente successione litostratigrafica (*Tav. 2 – Sezione litologica A*):

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

- a) **Terreno vegetale** costituito da limi argillosi marroni con resti organici. Lo spessore è pari a circa **0,50 ml**
- b) **Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri . Il grado di consistenza è variabile Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica. Spessore massimo **3,20 ml**
- c) **Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi. Spessore massimo ipotizzato **4,00**
- c1) **Argille del substrato integre** con livelli sabbiosi. Spessore pari ad alcune decine di ml.

Per tali strutture possono essere previste sia fondazioni superficiali (platea di fondazione), sia pali corti.

**6.2.5. Strutture A1-A2**

Sono caratterizzate dalla palazzina uffici e servizi e impianto pesatura.

La porzione dell'area interessata da tali strutture è caratterizzata dalla seguente successione litostratigrafica (Rif. Sondaggio 2 – E-CPT7):

- a) **Terreno vegetale** costituito da limi argillosi marroni con resti organici. Lo spessore è pari a circa **0,60 ml**
- b) **Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri . Il grado di consistenza è variabile Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica. Spessore massimo **3,10 ml**
- c) **Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi. Spessore massimo ipotizzato **4,50**
- c1) **Argille del substrato integre** con livelli sabbiosi Spessore pari ad alcune decine di ml.

Per tali strutture è consigliabile, in questa fase di studio, ipotizzare fondazioni su pali trivellati. Sulla base delle correlazioni geolitologiche è possibile stimare, in questa prima fase di studio, una **profondità minima stratigrafica variabile da 8,0 a 10,0 ml** rispetto al piano di imposta stimato

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

alla **quota 156,0 m. s.l.m.** I pali, interamente armati, dovranno essere intestati all'interno del litotipo argilloso integro (lit. "b").

***Resta sottinteso che nella fase esecutiva della progettazione va verificata la necessità di effettuare indagini geognostiche integrative nell'area di sedime delle varie strutture al fine di verificare, compiutamente, l'esatta tipologia e la geometria delle fondazioni ipotizzate.***

#### 6.2.6. Opere in rilevato

In relazione alla conformazione morfologica dell'area interessata dalle opere in progetto alcuni manufatti (Biofiltro I4) sono posti, in parte o totalmente, su rilevati. In tal caso il rilevato dovrà essere necessariamente realizzato con idoneo materiale (miscela limo-sabbia-argilla), rullato in strati con spessore non superiore a 30 cm e raggiungere una densità pari al 95% della massima proctor. L'imposta dovrà necessariamente prevedere la scarifica del terreno vegetale e la realizzazione di "piazze" di appoggio in contropendenza rispetto al versante.

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

## 7 - VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE

Le verifiche di stabilità del versante sono state eseguite lungo una direttrice che rappresenta, allo stato di progetto, le condizioni litostrutturali meno ottimali rispetto al resto dell'area presa in esame. Le condizioni geometriche legate al profilo di progetto, riportate nei calcoli, sono desunte dagli elaborati progettuali e sono legate alla realtà geologica e morfologica dell'area. Nelle verifiche sono state introdotte simulazioni di intervento sulle scarpate di scavo (*paratie*) secondo le indicazioni descritte al paragrafo precedente e concordate con i Tecnici Progettisti. E' stata considerata la sezione **A**.

I calcoli necessari per le verifiche sono stati effettuati utilizzando il software SSAP 2010 (Slope Stability Analysis Program) versione 4.9.9 (2019) elaborato dal Dr. Lorenzo Boselli.

### *a) metodologia di calcolo*

Le verifiche sono state effettuate ricorrendo a metodi di calcolo pseudo-statici e tenendo conto delle indicazioni riportate nelle NTC 2018. In particolare, sono state effettuate analisi sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

Nelle **analisi di stabilità in condizioni sismiche**, l'azione sismica è rappresentata da una componente d'inerzia aggiuntiva, valutata sulla base delle accelerazioni attese al suolo stimate con la procedura proposta nelle NTC 2018. Nel nostro caso sono stati considerati i parametri sismici allo SLV  $K_h=0,082$  e  $K_v=0,041$ ; è importante specificare che in base alle NTC 2018 le verifiche in condizioni sismiche devono essere effettuate ponendo i fattori riduttivi dei parametri geotecnici e delle resistenze pari a 1,0 (NTC 2018 - Cap. 7.11) e quindi più alti di quelli previsti ed adottati nelle condizioni statiche.

Con tale approccio è stato ricavato un coefficiente di sicurezza  **$F_s = 1,4236$**

Le analisi ed i calcoli necessari per le verifiche in condizioni statiche sono stati effettuati secondo ***l'Approccio 1 Combinazione 2 [A2+M2+R2]*** adottando, per la determinazione dei

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

parametri di progetto ridotti, i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno riportati nelle tabelle 6.2.II.

Con tali condizioni di calcolo è stato ricavato un coefficiente di sicurezza  **$F_s = 1,3285$**

Ne deriva che per il nostro sistema le **analisi in condizioni statiche**, utilizzando parametri di progetto ridotti NTC 2018, offrono un coefficiente di sicurezza più cautelativo.

In tutti i calcoli effettuati è stato utilizzato il metodo di calcolo **Morgenstein e Price** ritenuto tra i più affidabili. Per la ricerca delle superfici di scivolamento critiche, quelle cioè caratterizzate dal  $F_s$  più basso, è stato utilizzato un motore di ricerca e generazione che utilizza la tecnica random che consente la definizione di superfici di forma composita la cui distribuzione nel terreno è 'condizionata' dalla presenza di livelli e/o limitata entro intervalli prestabiliti (Siegel et al 1981; inoltre il motore di ricerca è stato ottimizzato utilizzando algoritmi specifici del software che consentono di tenere conto dell'effetto *tension crack* in testa, lo smussamento delle superfici e la ricerca con attrattore dinamico.

**Per i calcoli effettuati è stato generato un numero di 5.000 superfici.**

Nella definizione del modello utilizzato sono stati opportunamente posizionate ed ubicate le opere di sostegno [*palificate (previste) e terre armate (esistenti)*] contenute nel progetto sottoposto a verifica.

**I dettagli numerici riguardanti le verifiche eseguite si possono osservare nella specifica relazione con le schede allegate (Elab. GEO 02).**

***b) Scelta dei parametri geotecnici inseriti nei calcoli***

I parametri caratteristici legati alle proprietà indici e i rispettivi parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate dei litotipi interessati dalle verifiche sono stati estrapolati sia da prove di laboratorio, effettuate su campioni di terreno indisturbati prelevati durante le varie campagne

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

geognostiche nel sito. Come sopra specificato, *i parametri sono stati ridotti applicando i coefficienti M2 (tab.6.2.II - NTC 2018).*

**c) Risultati ottenuti**

Le verifiche effettuate hanno prodotto i seguenti risultati:

*(Riferimento Sez A)*

<i>Metodo di calcolo: Morgenstern &amp; Price</i>	Coefficiente di sicurezza minimo ottenuto <b>F<sub>s</sub></b>
Condizioni statiche NTC 2018 – <i>Parametri di progetto ridotti</i>	<b>1,3285</b>
Condizioni sismiche NTC 2018 – <i>Parametri caratteristici</i> <b>Kh: 0,082 - Kv: 0,041</b>	<b>1,4236</b>

Sulla base di quanto sopra riportato, considerando l'attendibilità dei dati geometrici e geomeccanici utilizzati nelle verifiche, in virtù delle normative vigenti in materia di stabilità dei pendii naturali, si ritengono del tutto soddisfacenti i valori ottenuti attraverso le verifiche di stabilità effettuate.

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

## 8 – FATTIBILITA' GEOLOGICA COLLETTORE FOGNARIO

I liquami trattati nell'impianto di depurazione compreso nel complesso impiantistico verranno inviati in fognatura attraverso un collettore dedicato. Il punto di allaccio alla pubblica fognatura [Gestore Tennacola Spa] è posto all'ingresso del centro abitato di Monte Urano.

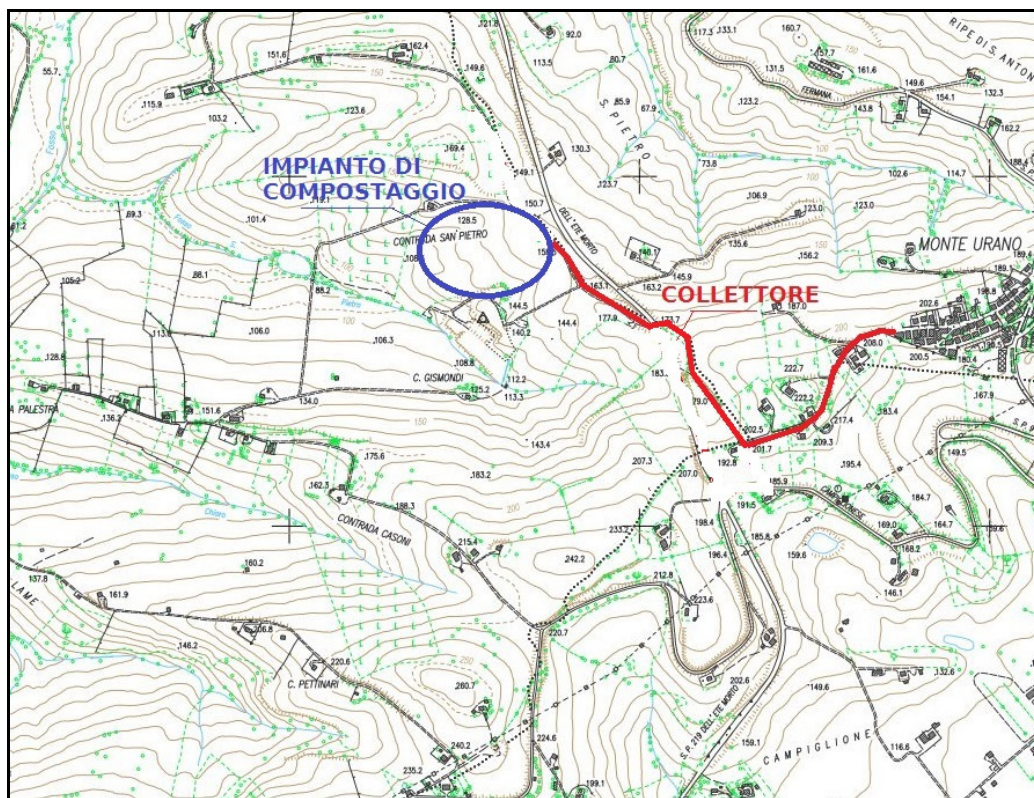


Fig. 3- Carta Tecnica Regione Marche - Sez. 314040 Torre San Patrizio

La fognatura da realizzare, come si può notare dalla fig. 3, parte dal complesso impiantistico, corre lungo la strada comunale San Pietro, attraversa la S. P. Mezzina e corre a monte della stessa e risale lungo la collina percorrendo una strada comunale fino ad arrivare al caseggiato di Monte Urano dove è posto il punto di allaccio alla pubblica fognatura. Il tracciato,

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

salvo piccoli tratti, corre quasi sempre in cresta a dorsali morfologiche con altimetrie comprese tra quota 160 e 208 m. s.l.m. Sotto il profilo geologico i terreni interessati sono gli stessi descritti per l'impianto di compostaggio. Litotipi della coltre colluviale con spessori crescenti verso il punto di allaccio che mascherano i terreni della formazione marina argillosa del substrato.

Come già accennato il collettore da realizzare corre in gran parte lungo la dorsale che fa da spartiacque tra le vallate del Fiume Chienti e del Tenna. Ad eccezione di un piccolo tratto a monte della Mezzina e l'inizio della strada comunale per Monte Urano; tale zona rientra nella parte alta del versante settentrionale del Tenna. Nel corso dei rilievi di superficie non sono state accertate forme, indizi e strutture geomorfologiche legati a processi gravitativi in atto o avvenuti in recente passato. L'analisi del P.A.I. predisposto dall'Autorità di Bacino ha evidenziato, invece, che tale tratto lambisce un'area cartografata a rischio frana [R3-rischio elevato P2 media pericolosità] con sigla **F-21-0116**.

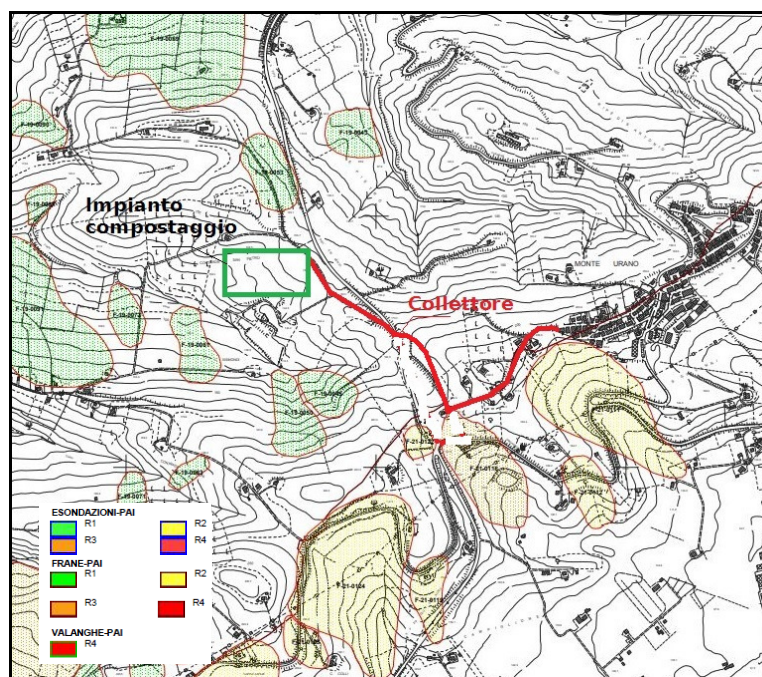


Fig. 4 — Stralcio PAI-AdB Regione Marche-Cartografia PAI aggiornata al Decreto del Segretario Generale n.49/SABN del 27/07/2016

Il collettore è costituito da una tubazione del diametro di circa 250 mm incassata nel sottosuolo per almeno 1,50 – 2,00 ml. Alla luce delle notizie ricavate sia da indagini reperite, sia

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

da conoscenze dirette della zona è possibile individuare lungo due sezioni significative lo schema litostratigrafico che interesserà il collettore.

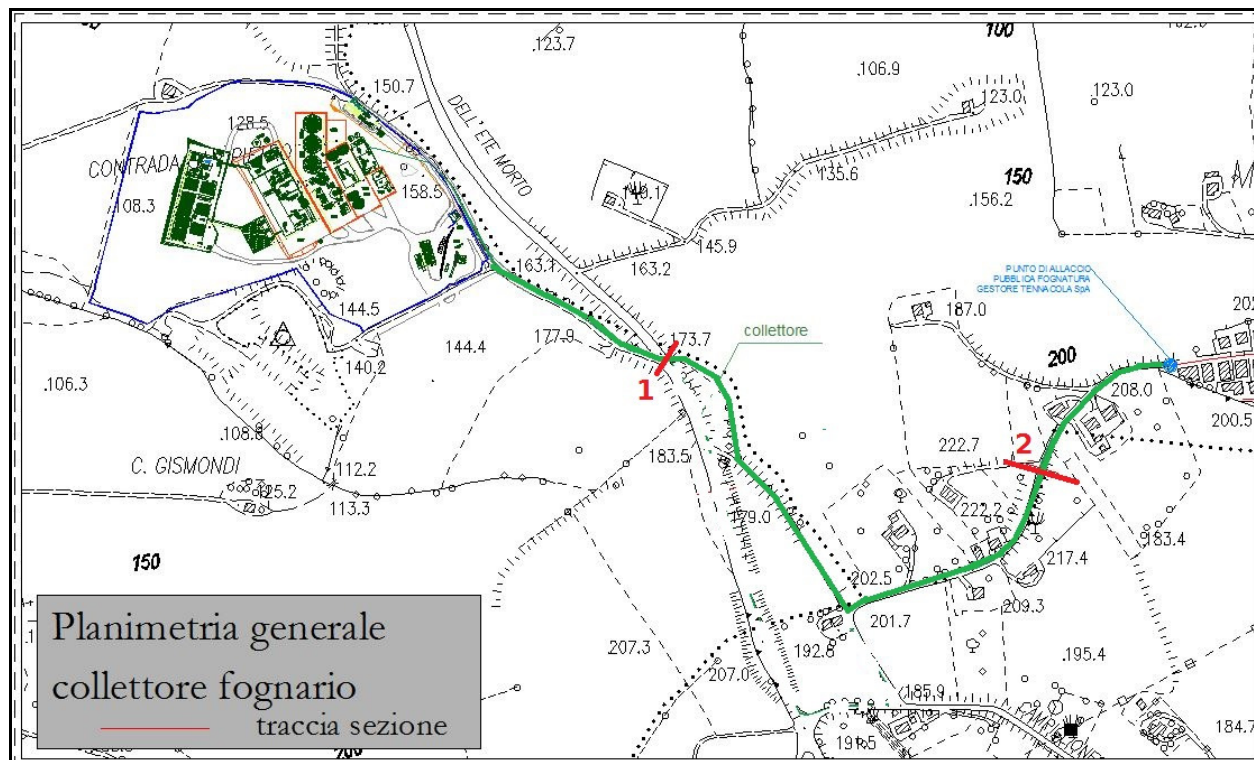


Fig. 5 — Planimetria collettore

Per entrambe le sezioni di fig. 6, il quadro litostratigrafico è così costituito:

- Materiale di riporto.** Costituito essenzialmente da un sottile livello di asfalto e il sottostante materiale tout-venant (*struttura stradale*)
- Depositi colluviali** costituiti da limi-argillosi brunastri. Il grado di consistenza è variabile. Si rinvencono noduli di concrezione carbonatica. Spessore massimo variabile da 2-3 ml (Sez. 1) a 10-12 ml (sez. 2)
- Argille del substrato alterate e fratturate** con livelli sabbiosi. Spessore ipotizzato 3,00 – 5,00 ml

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

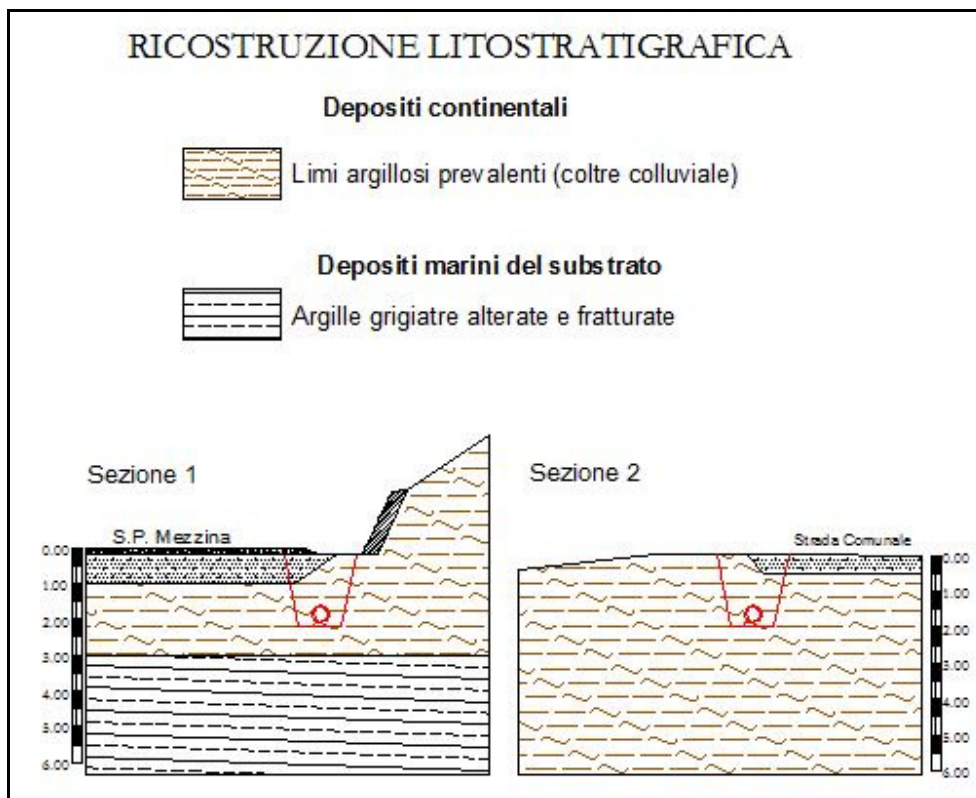


Fig. 6 — Ricostruzione litostratigrafica

### 8.1 - Verifica di compatibilità idrogeologica dell'opera in esame in merito al Piano d'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche.

Così come riportato nel capitolo riguardante i caratteri geologici e geomorfologici dell'area, dalla trasposizione delle aree dissesti gravitativi individuati dal PAI (Fig. 4) si evidenzia che il tracciato della condotta da realizzare lambisce un'area in dissesto (PAI: 2-R3 sigla F-21-0116) come definita nelle N.T.A. del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo Regionale. L'area presenta un grado di pericolosità medio (P2), attribuibile a zone interessate da movimenti gravitativi con un grado di attività quiescente e/o da processi superficiali (soliflusso). In considerazione di quanto sopra esposto, alla luce della tipologia di intervento in oggetto e del limitato tratto di interesse si esprime parere favorevole circa la compatibilità geologico tecnica del progetto in esame, così come previsto dalla normativa in materia -*Norme di*

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

*Attuazione del PAI artt. 12 commi 2 e 5.* Chiaramente nella fase esecutiva, nel tratto dove la condotta intercetta l'area PAI, vanno presi tutti gli accorgimenti del caso al fine di non compromettere la stabilità dell'area a monte (scavo previo realizzazione di opere provvisorie a sostegno della scarpata, ecc) nonché individuare le eventuali misure compensative per garantire l'integrità dell'opera nel tempo.

### – 8.2 Verifiche e indicazioni sulle condizioni di scavo

Di seguito vengono fornite le indicazioni generali, secondo quanto previsto dalla nuova normativa vigente (NTC 2018) circa gli scavi da effettuare

Il progetto prevede scavi di altezza massima pari a 2,00 ml dal p.c. .

In generale la stabilità delle pareti di sbancamento create durante l'esecuzione degli scavi dipende dalle caratteristiche litologiche dei diversi litotipi presenti localmente nel sottosuolo intercettati nel corso delle operazioni di scavo. Alla luce delle risultanze delle indagini effettuate e considerando l'altezza massima degli scavi da effettuare è possibile affermare che gli stessi interessino quasi esclusivamente i depositi della coltre colluviale.

Vista la temporaneità delle aperture (*tempo necessario per la posa della condotta*) è stata fatta una analisi di stabilità delle pareti adottando parametri geotecnici non drenati minimi (*verifica a breve termine*) legati ai terreni della coltre colluviale presenti nel sottosuolo che verranno interessati dagli scavi “a cielo aperto”.

Secondo la normativa vigente le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione (6.2.1) delle NTC risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso. Bisogna quindi ricercare la condizione di minimo per il rapporto **Rd/Ed**. Le verifiche di sicurezza dei fronti di scavo devono essere effettuate utilizzando la combinazione dei coefficienti parziali di cui al § 6.8.2 delle NTC: **(A2+M2+R2)**, in cui i coefficienti **A2** (Tabella 6.2.I) sono moltiplicativi delle azioni e i coefficienti **M2** (Tabella 6.2.II) ed **R2** (Tabella 6.8.I) sono rispettivamente riduttivi dei parametri di resistenza e della resistenza globale del sistema.

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
 Dott. Geol Alberto Conti  
 Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
 REALIZZAZIONE  
 IMPIANTI ENERGIA  
 E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
 Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta -RSM  
 Tel. 0549 904547  
 Fax 0549 953530  
 tecnico@smea-srl.com  
 www.smea-srl.com

È bene precisare che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile va applicato il coefficiente A2 riportato nella colonna GEO della Tabella 6.2.I delle NTC ( $\gamma_{G1} = 1.0$ ).

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti G1	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti G2	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

**Tabella 6.2.II - Coef. parziali per parametri geotecnici del terreno.**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente angolo resistenza a taglio	$\tan \phi' k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c' k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$C_u k$	$\gamma_{C_u}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma$	1.0	1.0

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
 Dott. Geol. Alberto Conti  
 Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
 REALIZZAZIONE  
 IMPIANTI ENERGIA  
 E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
 Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereta - RSM  
 Tel. 0549 904547  
 Fax 0549 953530  
 tecnico@smea-srl.com  
 www.smea-srl.com

**Tabella 6.8.1** - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

Il Testo unitario DM18 richiede di verificare la sicurezza dei fronti di scavo utilizzando l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2).

Per le analisi di sicurezza svolte nelle condizioni di breve termine in tensioni totali, è stata presa in considerazione la soluzione di Taylor (1948) basata sul metodo dell'equilibrio limite globale. In particolare per il calcolo delle rispettive altezze ammissibili degli scavi può essere adottata, per ogni singolo litotipo, la seguente relazione:

$$H = \frac{N * C_u}{\gamma * F}$$

dove:

$N$  = fattore di stabilità definito da Taylor (1948) dipendente da  $n_d$  e  $\beta$  (inclinazione scarpata)

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno

$F$  = fattore di sicurezza

$\gamma$  = peso di volume del terreno

$C_u$  = coesione non drenata

$H$  = altezza dello scavo

Applicando, alla formula proposta da Taylor, i coefficienti parziali previsti al punto 6.8, dalle **Nuove Norme Tecniche delle costruzioni (DM2018)**, utilizzando l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), si ottiene che il margine di sicurezza può essere inteso come rapporto tra la resistenza e l'azione di progetto da cui:

$$R_d/E_d = (1/\gamma_R) * ((C_u/\gamma_{Cu}) * (N/\gamma * H))$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'azione;

### Gruppo di Progettazione:

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$\gamma_R$  = coefficiente parziale della resistenza

$\gamma_{cu}$  = coefficiente parziale della resistenza non drenata

$\gamma$  = peso di volume del terreno

$C_u$  = coesione non drenata

$H$  = altezza critica

$N$  = fattore di stabilità definito da Taylor (1948) dipendente da  $n_d$  e  $\beta$  (inclinazione scarpata)

La verifica è da ritenersi soddisfatta se è  **$R_d \geq E_d$** .

Adottando la relazione suesposta considerando l'altezza di scavo pari a 2,00 m e una inclinazione delle scarpate di scavo provvisorie pari a  $\beta = 70^\circ$ , adottando parametri minimi di sicurezza della coltre colluviale che verrà intercettata nel corso degli scavi, ossia una  **$C_u$  pari a 4,0 t/mq** e un peso di volume di 1.90 t/mc, prendendo in considerazione i coefficienti parziali si ottiene un valore del fattore di sicurezza  **$F > 2$**  e, quindi, maggiore di **1,3** indicato come fattore minimo di garanzia.

Tenuto conto delle caratteristiche geotecniche dei litotipi più superficiali (*prossimi alla superficie*) è consigliabile l'esecuzione degli scavi nei periodi di scarse precipitazioni (stagione secca) e una scavo allargato rispetto allo scavo almeno per i primi 40-60 cm interessati da materiale di riporto. Inoltre, occorrerà evitare qualsiasi sovraccarico sul bordo degli sbancamenti (*soste di macchine operatrici e/o deposito di materiali di risulta*), la viabilità dovrà essere preclusa per almeno un franco di 5 m dal bordo scavo e **soprattutto le scarpate dovranno essere lasciate "a cielo aperto" il minor tempo possibile**, condizione questa che risulta fondamentale per la salvaguardia della stabilità complessiva dei fronti di scavo soprattutto in relazione alla presenza di alcuni manufatti (muro contro terra S. P. Mezzina) e la rete viaria. Infatti, una prolungata esposizione agli agenti esogeni può determinare l'attivazione di processi di alterazione e decompressione dei terreni lungo la scarpata fino a provocare l'arretramento e talora il crollo delle pareti di scavo stesse.

Alla luce delle locali condizioni al contorno appare quasi indispensabile, nel tratto interessato dallo scavo in prossimità del muro contro terra sulla S. P. Mezzina (*Rif. Sez. 1*)

**Gruppo di Progettazione:**

Dott.ssa Graziella Pagliaretta  
Dott. Geol. Alberto Conti  
Ing. Simone Barbizzi



PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE  
IMPIANTI ENERGIA  
E AMBIENTE

SMEA s.r.l.  
Via Lorenzo Tabellione 1, 47891 Rovereto - RSM  
Tel. 0549 904547  
Fax 0549 953530  
tecnico@smea-srl.com  
www.smea-srl.com

procedere ai lavori di scavo con un procedimento a campioni di lunghezza ridotta. In sostanza i lavori in oggetto dovranno seguire il seguente protocollo:

- a) apertura di uno scavo
- b) posa di un primo tratto di tubazione
- c) rinterro della cavità con materiale idoneo

solo dopo il rinterro del primo scavo si potrà procedere con lo scavo del successivo e così via fino al termine di tutto il tratto interessato dal muro contro terra.

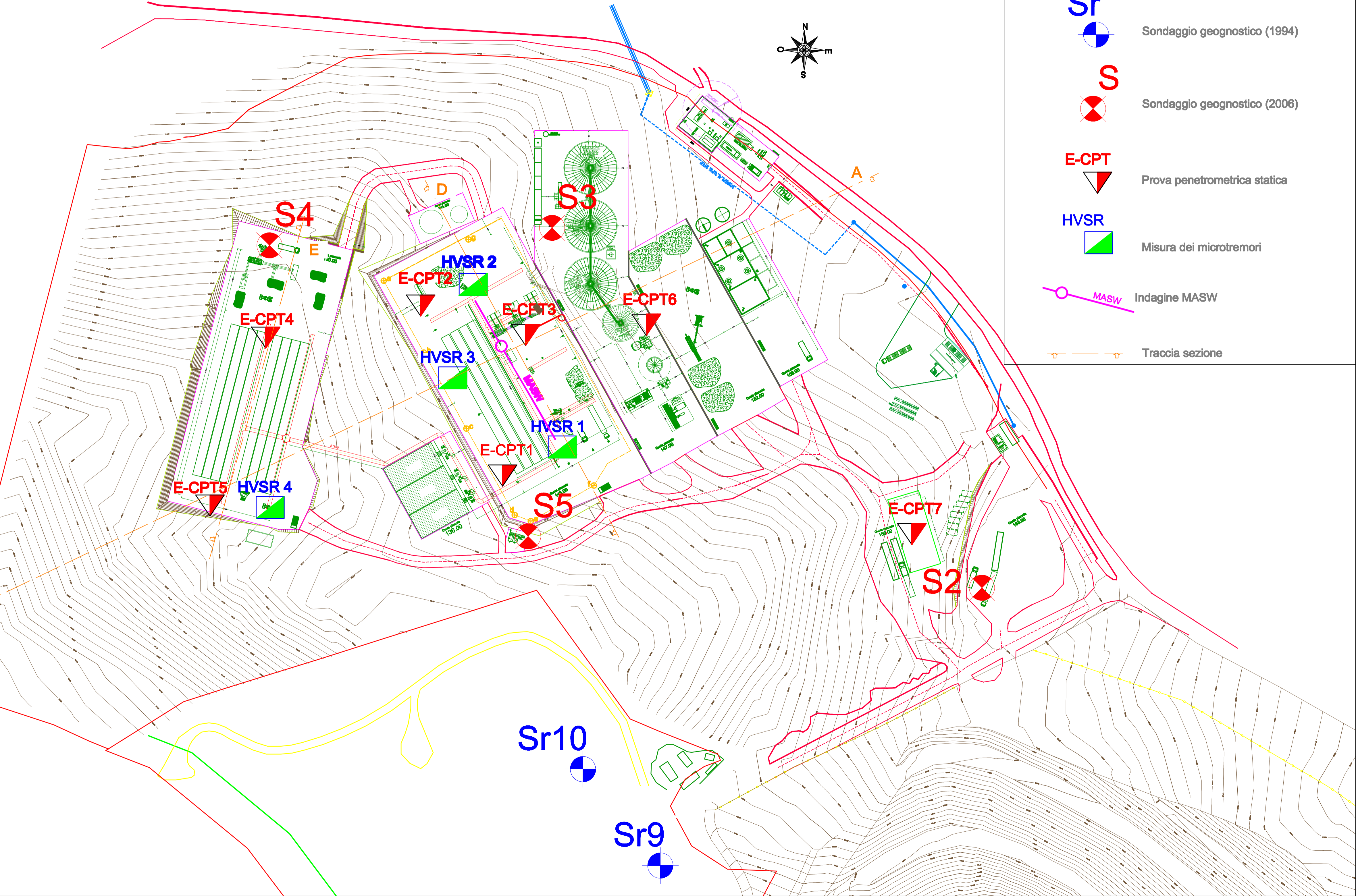
Nel caso si avesse la necessità di mantenere aperto l'intero scavo per tutto il tratto interessato dal muro sarà necessario provvedere ad una protezione dei fronti di scavo attraverso la messa in posto di strutture in grado di sostenere temporaneamente i fronti di scavo stessi (*tavolame opportunamente contrastato, palancolate ecc.*).

Porto S. Elpidio, Dicembre 2020

Dr. Geol. Alberto Conti

PLANIMETRIA INDAGINI Tav. 1

scala 1:1000



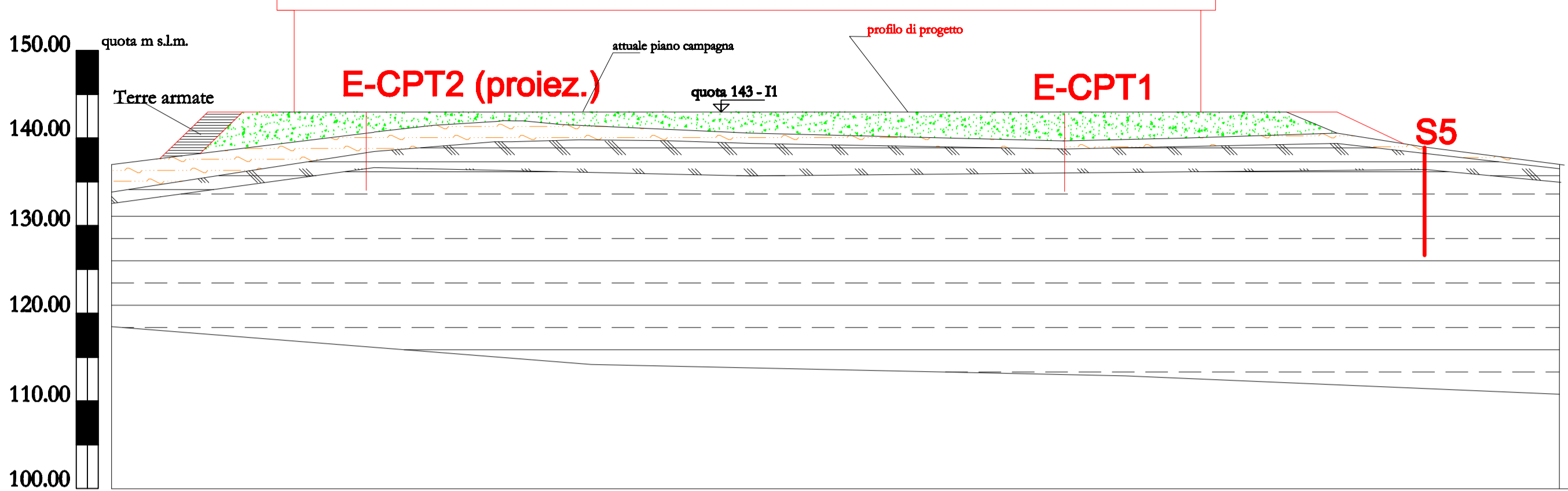
SEZIONI LITOLOGICHE

scala 1:500

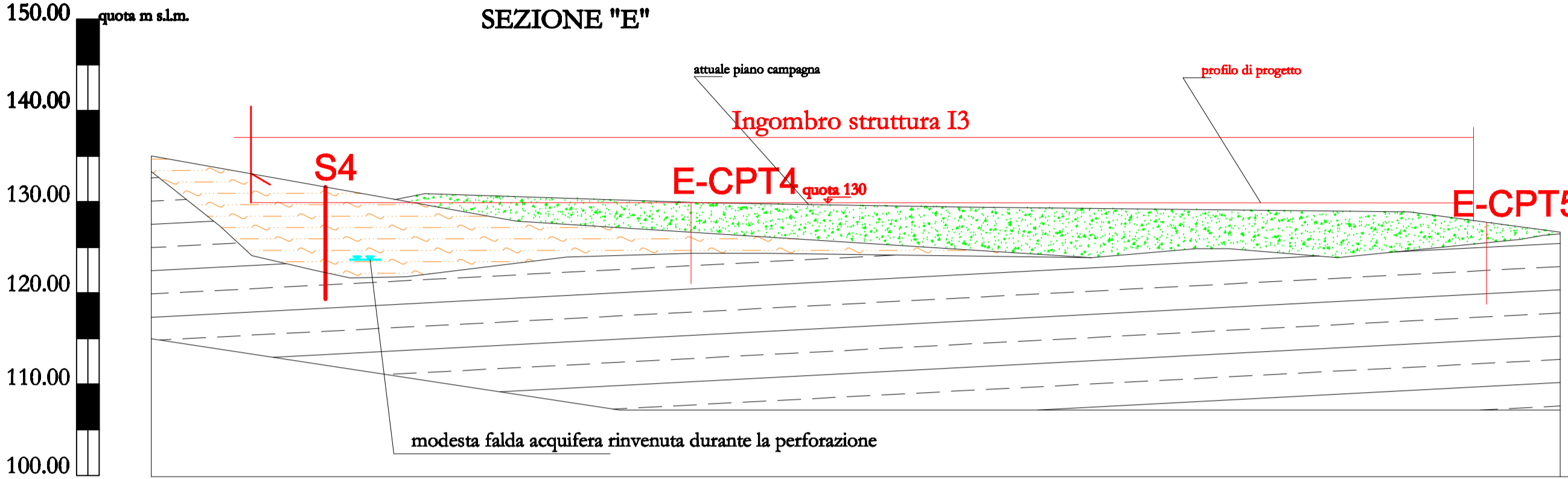
Tav. 2

- Terreno di riporto
- Limi argillosi (depositi colluviali)
- Argille grigio-nocciola alterate e fratturate con livelli sabbiosi (depositi marini del substrato)
- Argille grigie integre con livelli sabbiosi (depositi marini del substrato)

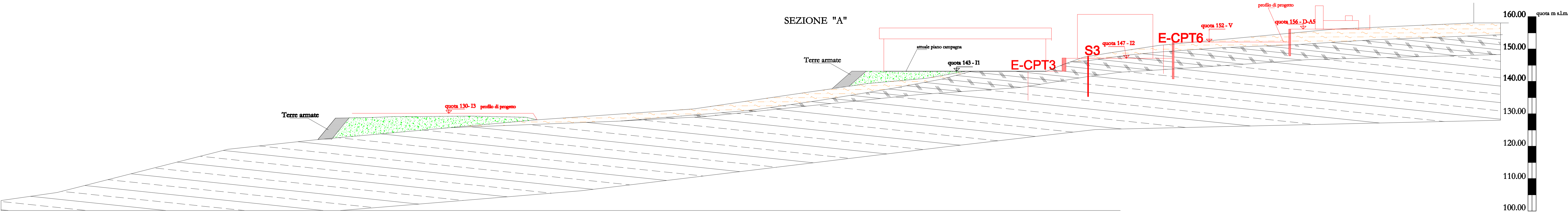
SEZIONE "D"



SEZIONE "E"



SEZIONE "A"





**Geodrill** s.a.s.  
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel.0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi(AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 29 febbraio 2020

COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

## PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

### caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

### Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta ( $q_c$ )	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq.10
Attrito laterale ( $f_s$ )	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,80
		Area manicotto di attrito	cmq.150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0
		Diametro	mm.36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg.2,1
		Lunghezza totale	mm.413

### legenda per la rappresentazione grafica

$f_s$  = resistenza specifica locale al manicotto  
 $q_c$  = resistenza specifica al cono statico  
 $R_f$  = rapporto della resistenza ( $f_s/q_c$ )  
Tilt = inclinazione

### legenda per la caratterizzazione geomeccanica

$q_c$  = resistenza specifica al cono statico  
 $q_{cm}$  = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato  
 $\sigma_{v\text{ eff}}$  = pressione verticale efficace (stima)  
 $D_r$  = densità relativa (Lancellotta, 1983)  
 $\phi$  = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)  
 $E$  = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)  
 $C_u$  = coesione non drenata (Terzaghi,  $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$ ; Lunne, Robertson, Powell 1977)  
 $M$  = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)  
 $V_s$  = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)  
 $G$  = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)  
 $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 29 febbraio 2020

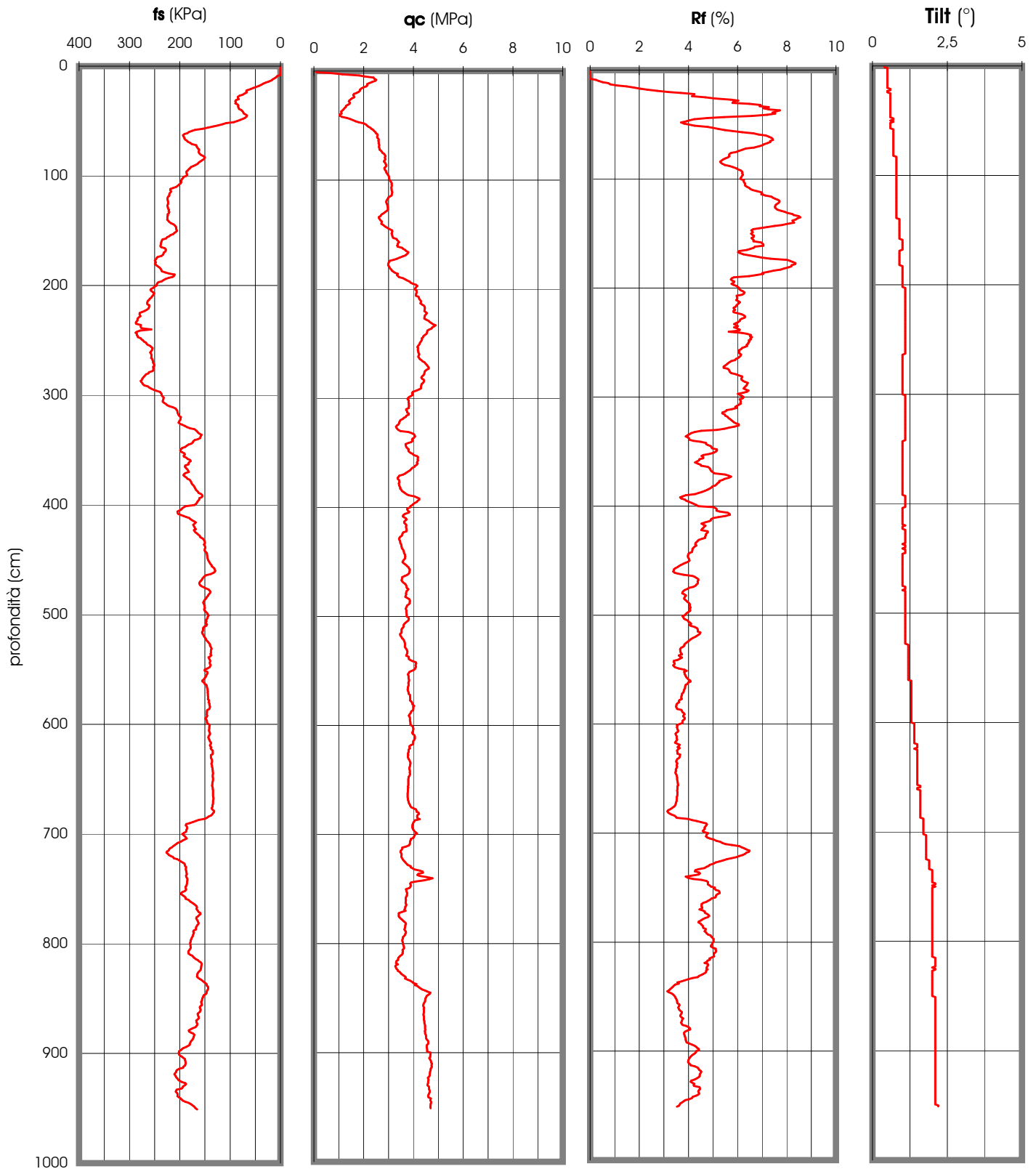
COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

PROVA P6 del 26/02/2020

PROF.: 9,51 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 9,51 m

[illegible]



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 29 febbraio 2020

COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 29 febbraio 2020

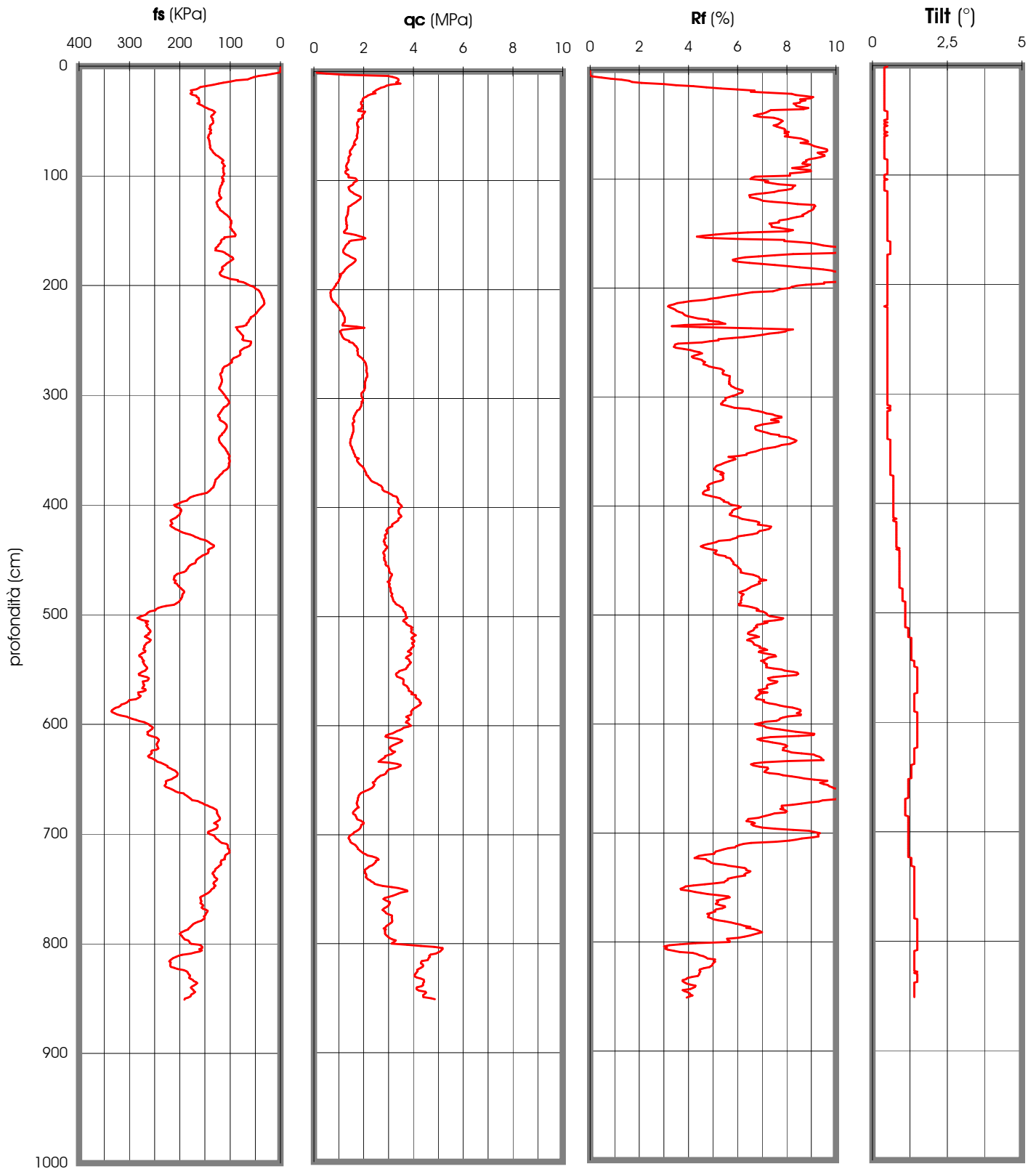
COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

PROVA P7 del 26/02/2020

PROF.: 8,51 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 8,51 m

[illegible]



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 29 febbraio 2020

COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

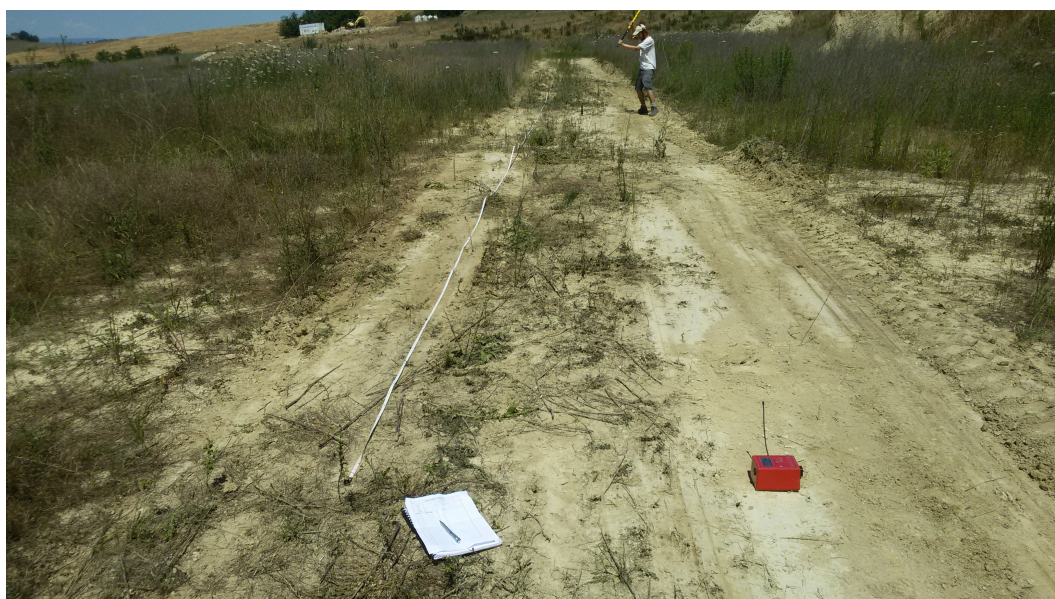
## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**COMUNE DI TORRE S. PATRIZIO (FM)**

REALIZZAZIONE IN LOC. S. PIETRO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO AI SENSI DELL'ART. 208  
DEL D.Lgs. 152/06 E IMPIANTI TECNOLOGICI A SERVIZIO DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA  
COSTRUZIONE DI DUE FABBRICATI ADIBITI AL PROCESSO  
*Strutture 4 e 6*

**RELAZIONE INDAGINI SISMICHE**



# COMUNE DI TORRE SAN PATRIZIO

PROVINCIA DI FERMO

REALIZZAZIONE IN LOC. S. PIETRO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO AI SENSI  
DELL'ART. 208 DEL D.Lgs. 152/06 E IMPIANTI TECNOLOGICI A SERVIZIO DELLA  
RACCOLTA DIFFERENZIATA

COSTRUZIONE DI DUE FABBRICATI ADIBITI AL PROCESSO  
*Strutture 4 e 6*

## **RELAZIONE INDAGINE SISMICA**

*Committente: Soc. S.A.M. s.r.l. Unipersonale*

### **1. PREMESSA**

Il presente studio ha come obiettivo la stima dei principali parametri sismici di sito attraverso una modellazione numerica della propagazione del moto sismico. A tale scopo è stata realizzata un'analisi del microtremore sismico ambientale con tecnica passiva a stazione singola (HVSr) e prove MASW, utilizzando un tromografo digitale portatile TROMINO® ENGY® con trigger wi-fi ed analizzando i dati raccolti con il software Grilla® fornito dalla casa produttrice insieme allo strumento. Le indagini hanno la finalità di caratterizzare l'area dal punto di vista sismostratigrafico e di ricostruire il profilo di velocità delle onde S.

Le acquisizioni sono state effettuate nell'area di sedime delle strutture da realizzare .



Fig. 1: Inquadramento generale.

## 2. PROVA MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una metodologia di sismica attiva che consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio S nel sottosuolo. Tale metodo consiste nell'analisi delle onde di superficie Rayleigh generate da energizzazioni applicate al terreno da parte dell'operatore all'interno di una lunghezza (stendimento), stabilita a priori, in cui si posizionano geofoni a distanze note. Ogni geofono rappresenta un punto in cui si vuole ricevere il segnale generato da due energizzazioni, una all'inizio e una alla fine dello stendimento. Come risultato si avranno tante tracce da analizzare per quanti geofoni sono stati utilizzati. Nel presente studio è stato utilizzato un metodo opposto: muovere la sorgente all'interno dello stendimento. Nello specifico è stato utilizzato lo strumento Tromino® come unico geofono e sono state progressivamente distanziate le energizzazioni. Le usuali e consolidate tecniche di elaborazione delle onde sismiche utilizzano unicamente i tempi di primo arrivo delle onde sismiche di volume indagate (P e S), considerando come "disturbo" la restante parte del segnale caratterizzato dalla presenza delle onde di superficie (Rayleigh e Love). Nuovi studi hanno dimostrato la possibilità di elaborare un modello matematico dall'analisi ed interpretazione di tale "disturbo". L'analisi delle onde di superficie di Rayleigh risulta essere un ottimo strumento per la caratterizzazione sismica del sito tramite la ricostruzione del profilo di Vs, come previsto dalla normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

### 2.1 TEORIA DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Le onde di Rayleigh sono onde polarizzate su di un piano verticale (Fig. 1) generate in corrispondenza della superficie libera del mezzo dall'interazione delle onde di volume P e S. Come tutte le onde di superficie la loro ampiezza tende a diminuire in maniera esponenziale con la profondità per cui la loro propagazione interessa solo gli strati superficiali del terreno; tuttavia ogni componente (frequenza) dell'onda superficiale è condizionata dalle proprietà del mezzo attraversato, dalla superficie fino ad una profondità proporzionale alla frequenza. Il movimento delle particelle mobilizzate dalle onde di Rayleigh è di tipo ellittico con ampiezza dello spostamento che decresce con la distanza dalla superficie libera.

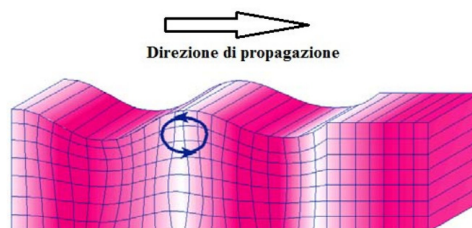


Fig. 2: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh, caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento retrogrado delle particelle rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La relazione fondamentale che regola la propagazione nello spazio dell'onda con le caratteristiche del mezzo attraversato:

$$\lambda = v / f$$

Dove:  $\lambda$  = lunghezza d'onda misurata in m;  
 $v$  = velocità di propagazione dell'onda in m/s  
 $f$  = frequenza in Hz

In un mezzo omogeneo le onde di superficie non si presentano disperse e la loro velocità è pari a  $0,92 V_s$  mentre in un mezzo stratificato esse sono dispersive ossia onde con diversa lunghezza si

propagano con diverse velocità di fase, la quale varia in funzione della lunghezza d'onda tra 0 e 0,92 Vs (fenomeno della dispersione geometrica, Achenbach, J.D.,1999, Aki, K.Richards, P.G.1980, Ewing et.al 1957).

Tramite l'analisi e l'elaborazione numerica del segnale è possibile costruire **la curva di dispersione**, ovvero la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza, **dalla quale è possibile determinare il profilo di velocità delle onde S tramite il processo di inversione.**

## 2.2 STRATIGRAFIA SISMICA

La tecnica MASW è applicata in campo geologico per fornire una prospezione del sottosuolo. La definizione di un modello che consenta di descrivere il profilo sismico del sito, prevede la costruzione di una curva sintetica di dispersione che riesca a riprodurre la curva sperimentale.

Sono però presenti alcune limitazioni dovute a:

- dimensioni dello stendimento;
- tipo di energizzazione;
- limiti di conoscenze del mezzo geologico;
- limitazioni intrinseche della misura.

È fondamentale, ai fini di una corretta interpretazione, la determinazione della profondità minima e massima di indagine raggiunta dalla misura.

Per determinare la profondità minima si valuta la  $\lambda_{\max}$  e la  $v_{\min}$  dalla curva di dispersione

Per fare ciò si individua la frequenza minima che la curva di dispersione ha raggiunto e si applica la formula elaborata da Stokoe et al. (1994):

$$h_{\max} \approx 0,5\lambda_{\max}$$

dove:

- $h_{\max}$  indica la massima profondità di indagine;
- $\lambda_{\max}$  indica la massima lunghezza d'onda registrata (ricordando che  $\lambda=v/f$ ).

## 3. MISURA DI SISMICA PASSIVA CON TROMOGRAFO DIGITALE

### 3.1 SISMICA TROMOGRAFICA

La sismica tromografica è una tecnica passiva che studia le onde a bassa frequenza e di bassa entità del terreno (microtremori) tramite misure puntuali sul suolo.

Il rumore sismico ambientale è generato da:

- fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento);
- attività dinamica terrestre;
- attività antropica.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione ed elaborazione si dicono passivi in quanto le vibrazioni non risultano quindi localizzate e fornite ad hoc, come per le tecniche di sismica attiva. Le onde sismiche, durante il loro tragitto dalla sorgente al sito di misura, subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di “guida d'onda”, attenuazioni che **dipendono dalla natura dei terreni attraversati**. Questo significa che, mentre sono perse tutte le informazioni che riguardano la sorgente, l'onda conserva le informazioni relative alla struttura del terreno nelle vicinanze del punto di misura. Attraverso tecniche opportune è possibile recuperare i dati contenuti nel rumore sismico ambientale e ricostruire un modello puntuale del terreno.

### 3.2 TECNICA HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spazial Ratio), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970) e poi da Nakamura (1989), è quella maggiormente utilizzata. Essa consiste nello studio dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. È ormai ampiamente riconosciuto in letteratura che l'HVSR è in grado di **fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli**. Inoltre si riconosce che le singole componenti del rumore ambientale possono registrare ampie variazioni in funzione dei disturbi naturali e antropici, mentre il rapporto delle componenti orizzontali con la componente verticale risulta stabile, conservando il picco della frequenza di risonanza fondamentale.

### 3.3 STRATIGRAFIA SISMICA

La tecnica HVSR può essere applicata in campo geologico per fornire una prospezione geologica del sottosuolo. In un modello ideale di terreno costituito da due strati (1 e 2) con diversa densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e diverse velocità delle onde S ( $V_{s1}$  e  $V_{s2}$ ) è possibile mettere in relazione la frequenza di risonanza dello strato superficiale con il suo spessore e con la velocità delle onde S al suo interno. Tale relazione è espressa in maniera semplificata dalla seguente formula:

$$f_r = V_{s1}/4h$$

dove:

- $f_r$  è la frequenza di risonanza dello strato 1;
- $V_{s1}$  è la velocità delle onde S nello strato 1;
- $h$  è lo spessore dello strato 1;

Questo metodo, nella sua forma estesa e completa, viene utilizzato per la ricostruzione di modelli multistrato complessi, in grado di fornire parametri fisici del terreno. Come è possibile notare, all'interno dell'equazione sono presenti tre incognite. Dalla misura tomografica si ottiene unicamente il valore della frequenza di risonanza degli strati ( $f_r$ ), per cui l'equazione risulta indeterminata. È necessario fornire un valore di riferimento ( $V_{s1}$  o  $h$ ), detto "vincolo", che ne consenta la soluzione. Tale valore può giungere da altre indagini (spessori dei terreni determinati mediante indagini geognostiche o misure della  $V_s$ ).

#### 4. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per le indagini è stato utilizzato un tromografo digitale portatile TROMINO<sup>®</sup>, prodotto da Micromed S.p.A., nella versione Engy Plus; per la realizzazione delle prove MASW allo strumento è stato collegato, a distanza crescente dal Tromino<sup>®</sup> e per una distanza complessiva di 60 metri, un wireless trigger fornito dalla stessa ditta per l'acquisizione delle onde superficiali generate.

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche tecniche dello strumento, secondo le indicazioni fornite dalla ditta costruttrice.

SPECIFICHE TECNICHE	
Costruttore	Micromed S.P.A.
Apparato	TROMINO <sup>®</sup> sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico
Classificazione	CISPR 11 - EN 55011; Gruppo 1 ; Classe B.
Conformità agli standard	EN 55011; IEC 61000-4-2; EC 61000-4-4; , IEC 61000-4-3
Alimentazione	2 batterie alcaline x 1.5 VDC AA
Voltaggio interno	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
Consumi	75 mW (GPS disattivato), 450 mW (GPS attivo)
Durata delle batterie	80 h di misura continua con GPS disattivato
Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 $\mu$ V r.m.s. @ 128 Hz sampling
Impedenza dell'input	106 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
Tastiera	4 tasti a membrana
Orologio	interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
GPS	12 canali con time-marker (precisione 1 $\mu$ s), può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Connessioni	porta USB, tipo B
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Dimensione e peso	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg contenitore di alluminio
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni ambientali per l'uso	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa
Impermeabilità	indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)

Tabella 1: Principali specifiche tecniche dello strumento di acquisizione.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le tre componenti spaziali (N-S, EW e Up-Down), che consentono di acquisizione digitale in alta definizione delle vibrazioni del terreno (ampiezze d'onda inferiori a 10  $\mu$ m), nel campo delle frequenze 0 – 200 Hz. In seguito ad una registrazione di un determinato tempo t, tale segnale digitalizzato viene elaborato tramite un software dedicato, Grilla, il quale esegue un'elaborazione per ognuna delle componenti del moto e ne fornisce i grafici relativi.

## 5. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI DA PROVA MASW

L'abbinamento tra Tromino<sup>®</sup> Engy Plus ed un wireless trigger (WTn in figura3) consente di effettuare stendimenti sismici di grandi dimensioni. La presenza di un unico geofono impone lo spostamento continuo del trigger (posto in corrispondenza del punti di energizzazione) secondo la direzione ortogonale Est rispetto all'asse N/S del Tromino<sup>®</sup>. Per lo svolgimento della prova descritta nel presente studio le energizzazioni sono state effettuate colpendo una piastra metallica con un martello da 5kg. Lo stendimento è stato predisposto per una lunghezza complessiva di 60 m con offset minimo di 6,0 m dal Tromino<sup>®</sup> e distanza intergeofonica di 3m. Sono state effettuate un totale di 24 energizzazioni.

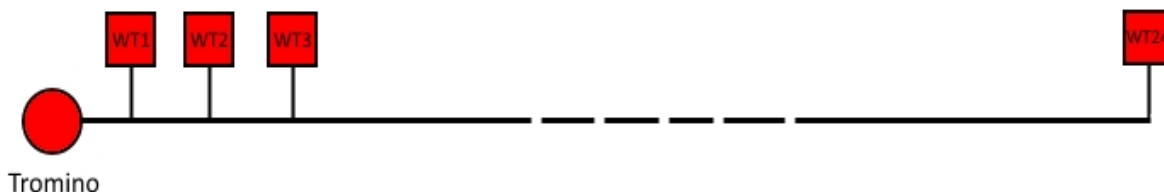


Fig. 3: Schema dello stendimento per l'acquisizione dei segnali della prova MASW. WT1, WT2, WT3 rappresentano le posizioni in cui viene posizionato il trigger wifi in corrispondenza di ogni energizzazione.

Dallo stendimento viene elaborato un sismogramma (Fig.2) definito “virtuale” in quanto non deriva dalla registrazione simultanea dello stesso segnale da più geofoni, ma dalla registrazione di più segnali acquisiti da un unico sensore. Di seguito è riportata una tabella riassuntiva delle principali informazioni relative al settaggio dello strumento per l'acquisizione effettuata.

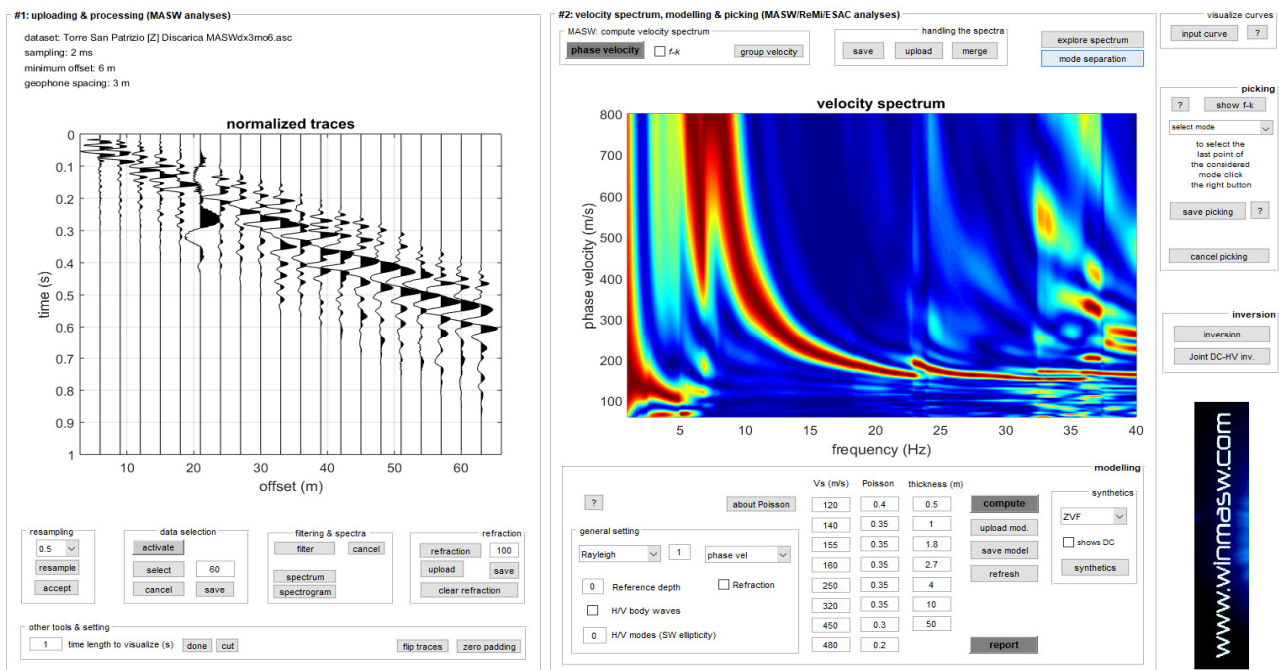
MASW	
<b>Inizio prova</b>	Data 18/07/2018 ore 11:53:04
<b>Fine prova</b>	Data 18/07/2018 ore 12:06:55
<b>Durata singola acquisizione</b>	00'02''
<b>Frequenza di campionamento</b>	512 Hz
<b>N° geofoni/acquisizioni</b>	19

Tabella 2: Descrizione tecnica della misura.

L'elaborazione del segnale registrato si compone dei seguenti passaggi:

1. ricostruzione del sismogramma delle tracce registrate dal sismografo (Tromino<sup>®</sup>) tramite software WinMASW 3C<sup>®</sup>;
2. selezione delle tracce da utilizzare per l'elaborazione della curva di dispersione.
3. calcolo della curva di dispersione sperimentale tramite software WinMASW3C<sup>®</sup>.
4. picking del modo fondamentale.

La curva di dispersione fornisce con una scala cromatica l'intensità della risonanza delle onde di Rayleigh alle varie frequenze (asse delle ascisse) e la relativa velocità di fase delle onde (asse delle ordinate). I risultati ottenuti dalla prova MASW sono stati successivamente confrontati ed utilizzati con i risultati della prova HVSr1 per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità,  $V_{s30}$ .



www.innsw.com

Fig. 4: Sismogramma dei segnali acquisiti (sinistra) e curva di dispersione costruita sulla velocità di fase.

## **6. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI DA SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA**

Vengono presentate inizialmente le prove tomografiche HVSR1, HVSR2, HVSR3 ed HVSR4 delle quali si allegano i report dell'elaborazione effettuata. I report sono comprensivi dei risultati e dei relativi tabellari contenenti i criteri SESAME per la valutazione della validità delle elaborazioni stesse. La documentazione viene presentata tal quale come generata dal software dedicato.

Tutte le misure di sismica passiva sono state effettuate su terreno compatto con strumento infisso. HVSR1 all'inizio dello stendimento della prova MASW in corrispondenza del punto 0 m, in cui è stato posizionato il geofono per la prova attiva. La prova HVSR2 è stata effettuata in corrispondenza del punto dell'ultima energizzazione della prova MASW, ossia 60 m in direzione ortogonale rispetto all'asse N/S dello strumento. Per la prova passiva HVSR3 il Tromino<sup>®</sup> è stato posizionato su di uno strato di riporto. Infine, la prova HVSR4 è stata effettuata su terreno compatto. I dati ricavati sono stati elaborati mediante il software dedicato Grilla<sup>®</sup> fornito dalla Micromed.

L'elaborazione del segnale ha previsto i seguenti passaggi:

1. analisi delle tre componenti del segnale con suddivisione in finestre opportunamente dimensionate; (Windows Size);
2. pulizia del segnale; (Detrend);
3. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
4. lisciamento dello spettro di ogni finestra (Smoothing);
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra
6. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Come risultato il software restituisce uno spettro H/V che indica la frequenza di sito, uno spettro delle singole componenti e due spettrogrammi: una serie temporale del rapporto H/V che mostra la persistenza del segnale nel corso del tempo di acquisizione, e una finestra della direzionalità del rapporto H/V che indica distribuzione spaziale (e quindi l'eventuale uniformità) della provenienza del segnale in un arco di 180° nell'intorno del punto di misura considerando il nord dello strumento il punto a 0°.

## TORRE SAN PATRIZIO, Compostaggio HVS1

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/07/18 12:15:49 Fine registrazione: 18/07/18 12:35:49

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

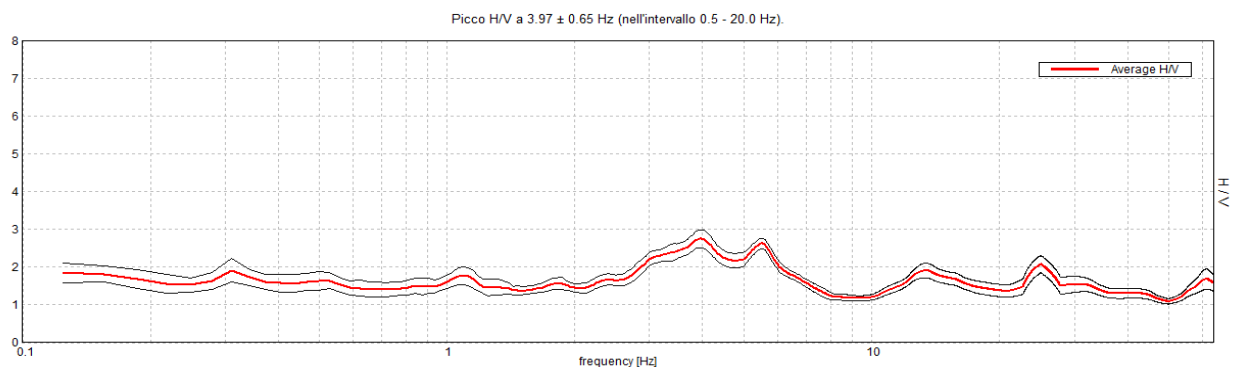
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

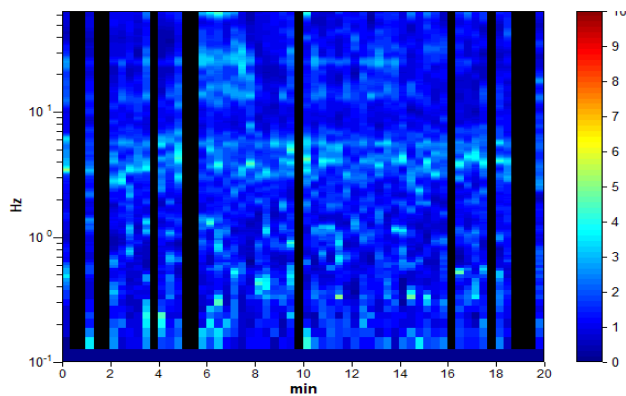
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

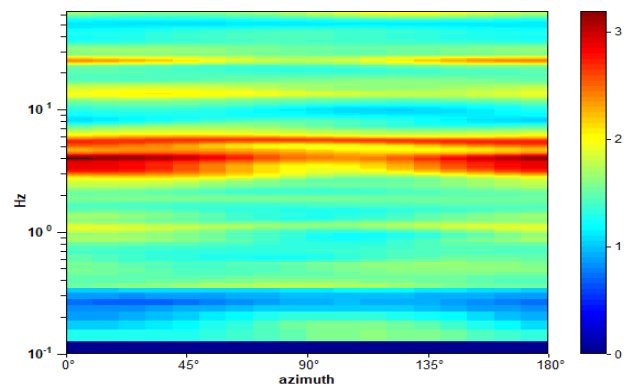
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



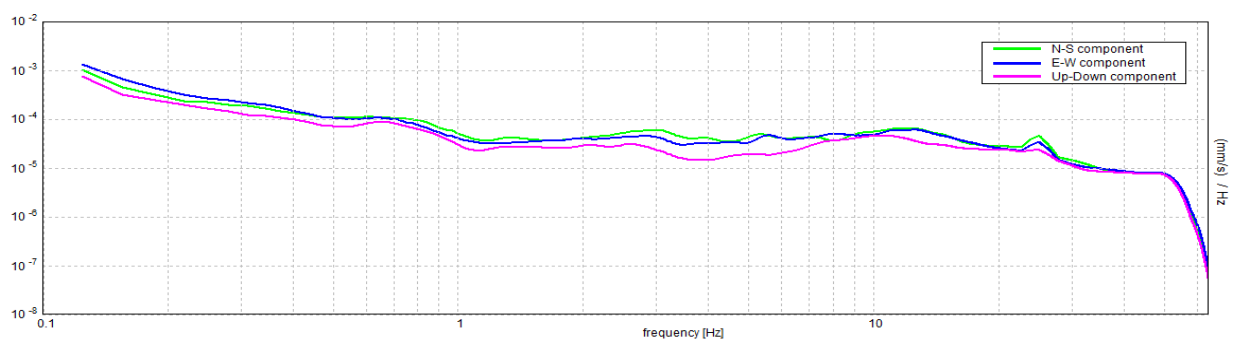
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.97 \pm 0.65$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3730.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 192	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.74 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16327  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.64797 < 0.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2386 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

## TORRE SAN PATRIZIO, Compostaggio HVS2

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/07/18 12:39:56 Fine registrazione: 18/07/18 12:59:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

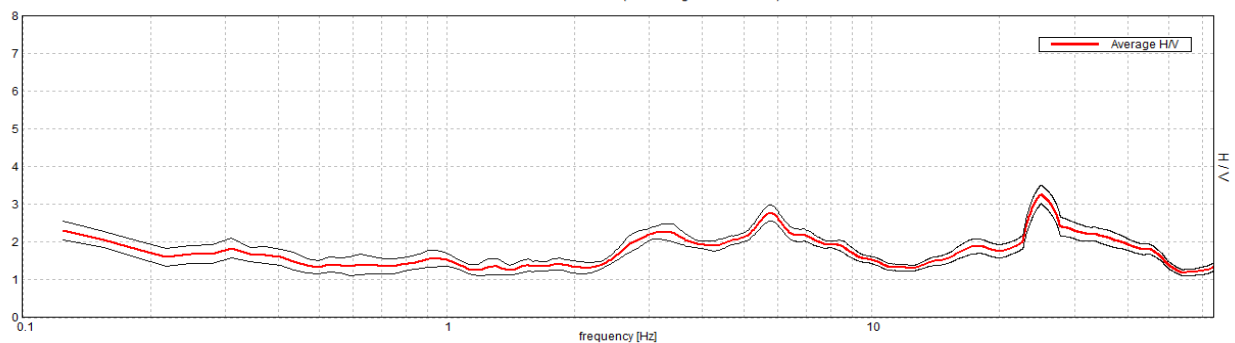
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

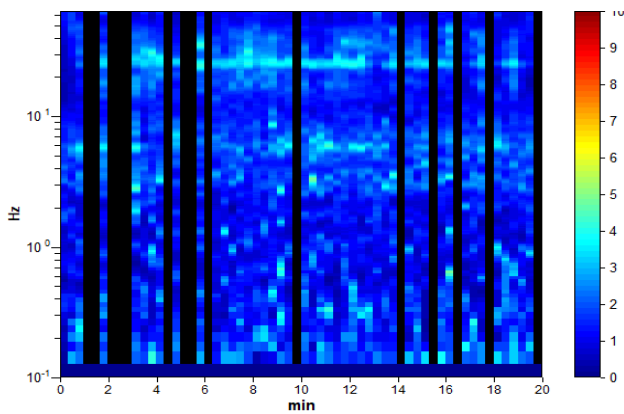
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

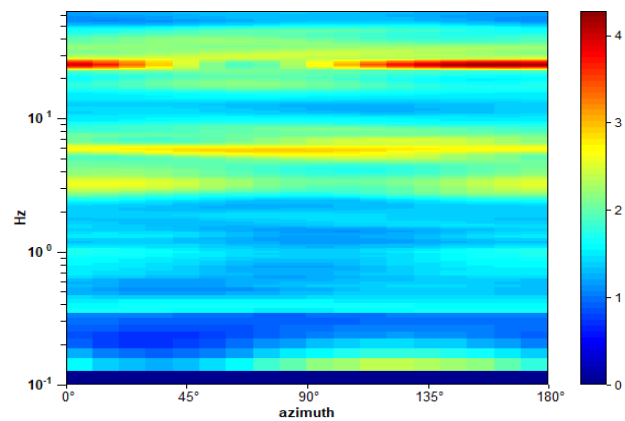
Max. H/V at 5.78  $\pm$  0.39 Hz. (In the range 0.5 - 20.0 Hz).



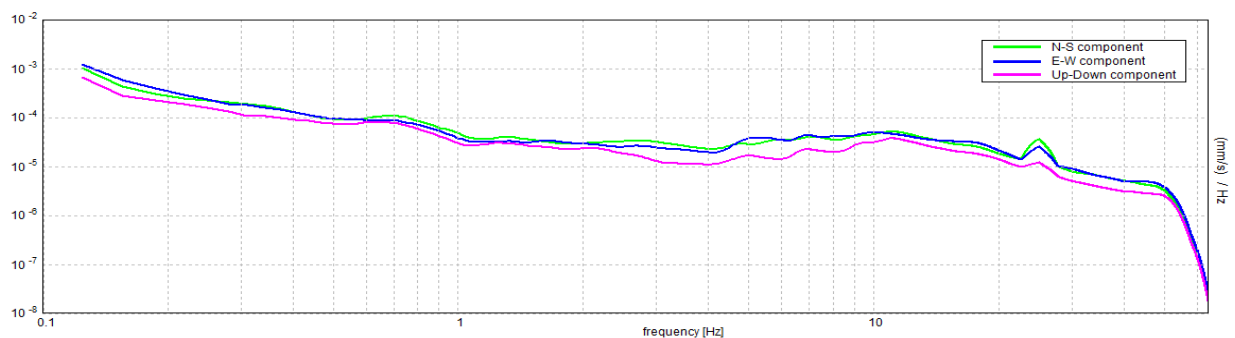
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $5.78 \pm 0.39$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5203.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 278	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.281 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.76 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06693  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.38693 < 0.28906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2083 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

## TORRE SAN PATRIZIO, Compostaggio HVS3

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/07/18 13:03:56 Fine registrazione: 18/07/18 13:23:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

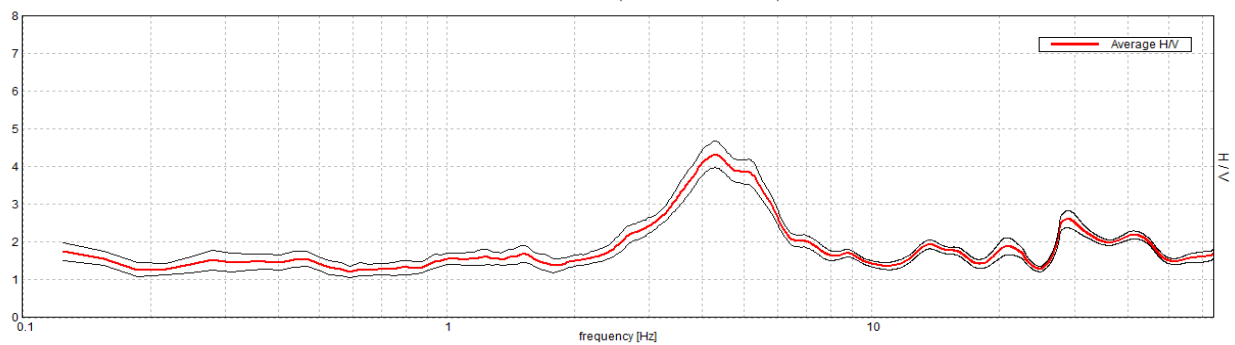
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

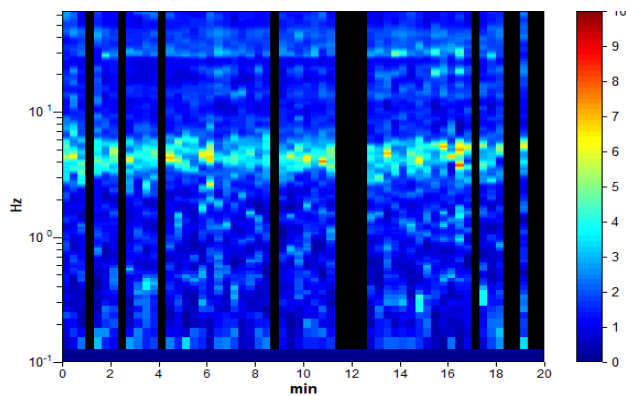
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

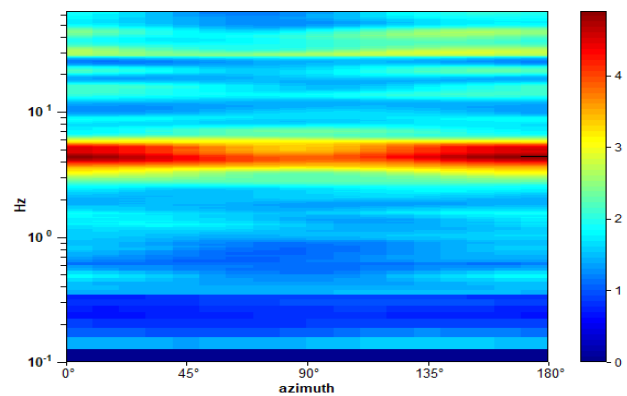
Picco H/V a  $4.28 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).



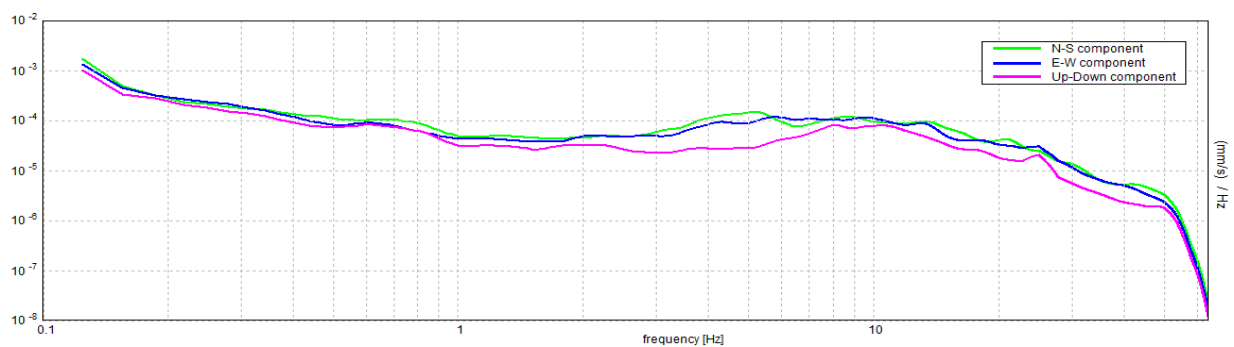
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $4.28 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4024.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 206	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.656 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.32 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01321  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05657 < 0.21406$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3587 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

## TORRE SAN PATRIZIO, Compostaggio HVS4

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 18/07/18 13:30:45 Fine registrazione: 18/07/18 13:50:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 58% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

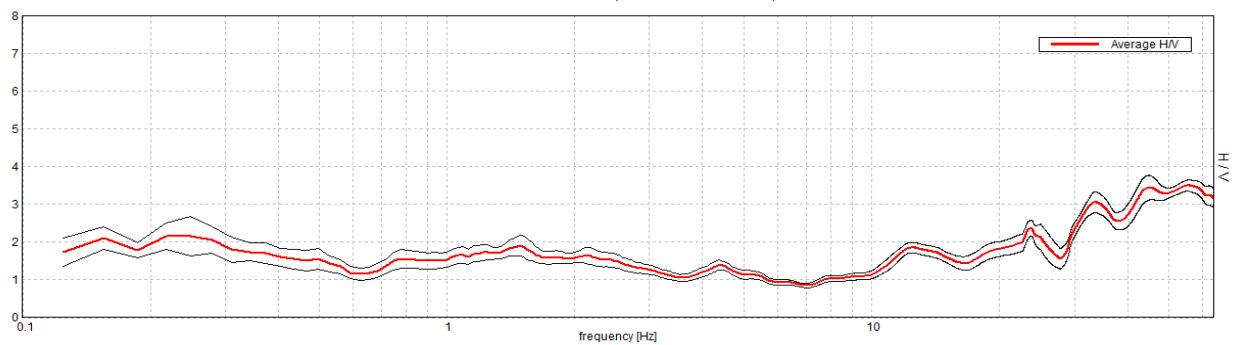
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

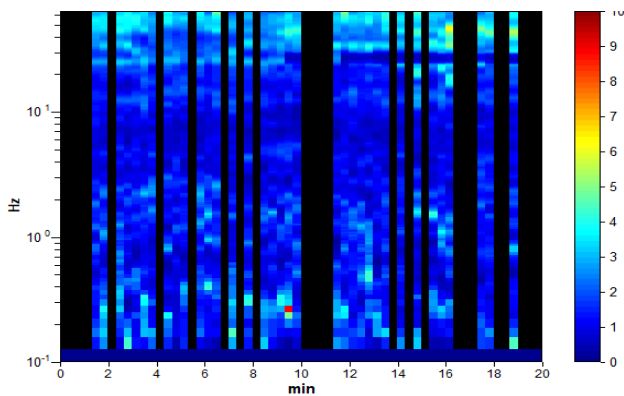
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

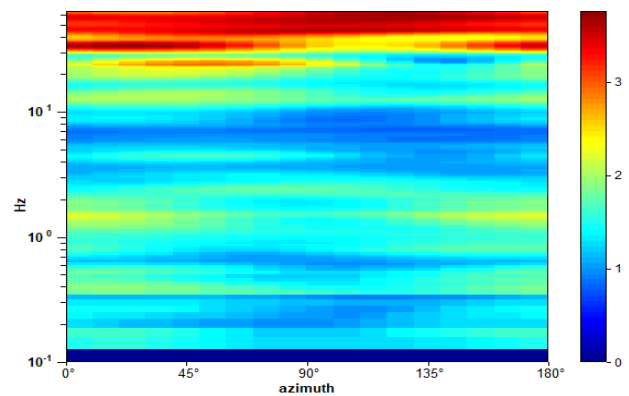
Picco H/V a  $1.5 \pm 1.89$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).



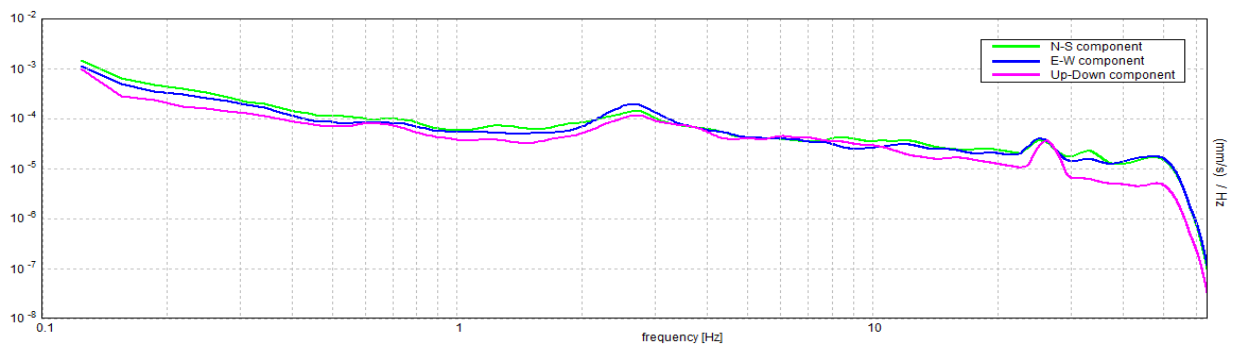
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.5 \pm 1.89$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1050.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 73	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.90 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.26245  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.89368 < 0.15$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2778 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

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

## 7. INTERPRETAZIONE PROVA MASW E ANALISI CONGIUNTA

L'analisi della curva di dispersione è focalizzata sul riconoscimento del modo fondamentale di vibrare del terreno, individuato come la curva definita dai colori caldi con velocità e frequenze minori.

Vengono di seguito riportate le immagini relative ai risultati dell'analisi congiunta MASW-HVSR1 per la stima del profilo  $V_{s_{equ}} = V_{s30}$ .

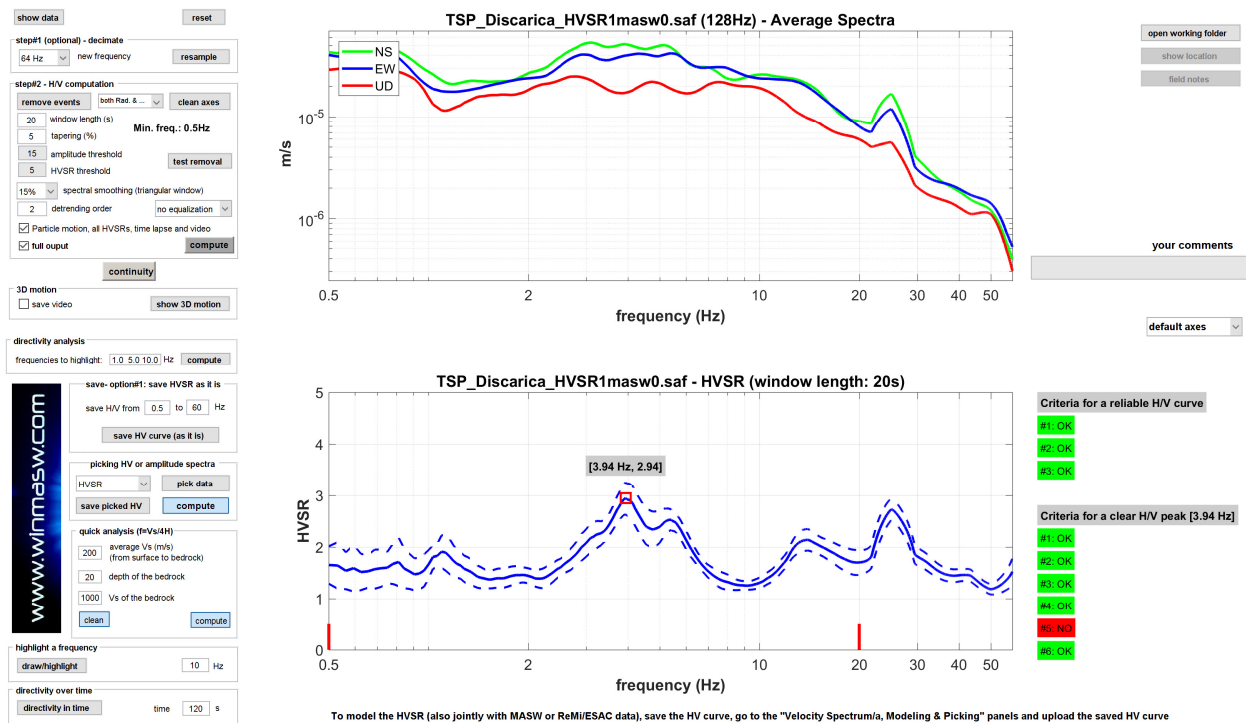


Fig. 5: Spettro H/V della prova utilizzata per l'analisi congiunta.

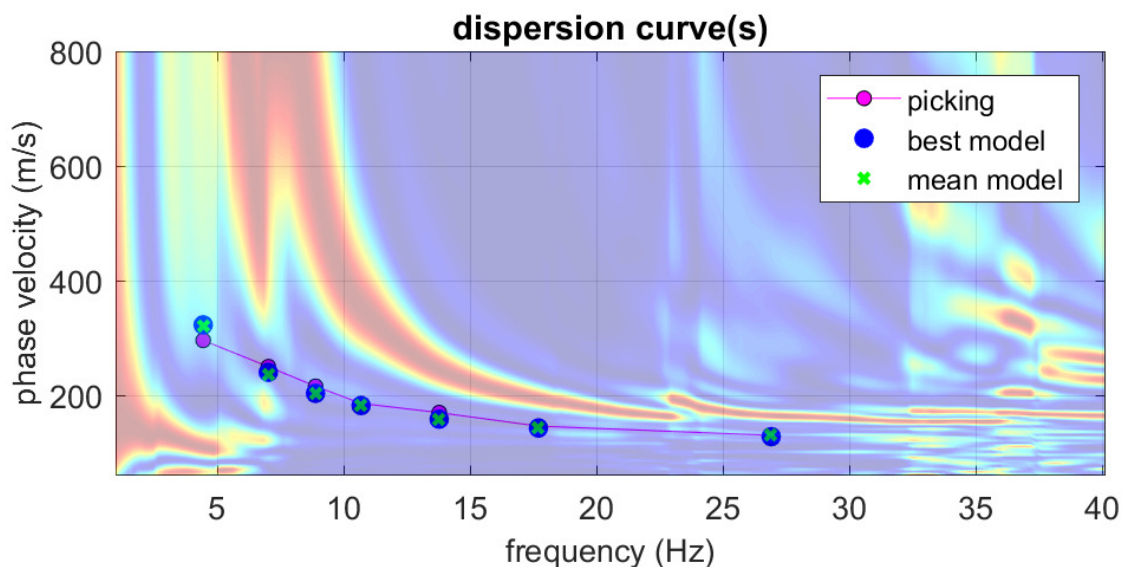


Fig. 6: Evidenziazione del modo fondamentale.

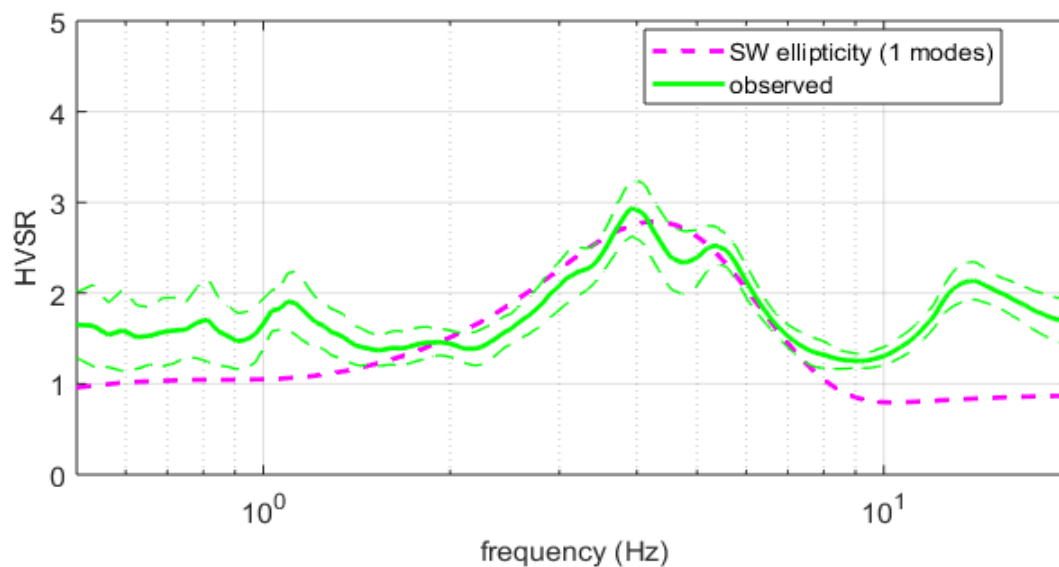


Fig. 7: In viola il modello sintetico dell'andamento del rapporto H/V ottenuto mediante l'analisi della curva di dispersione.

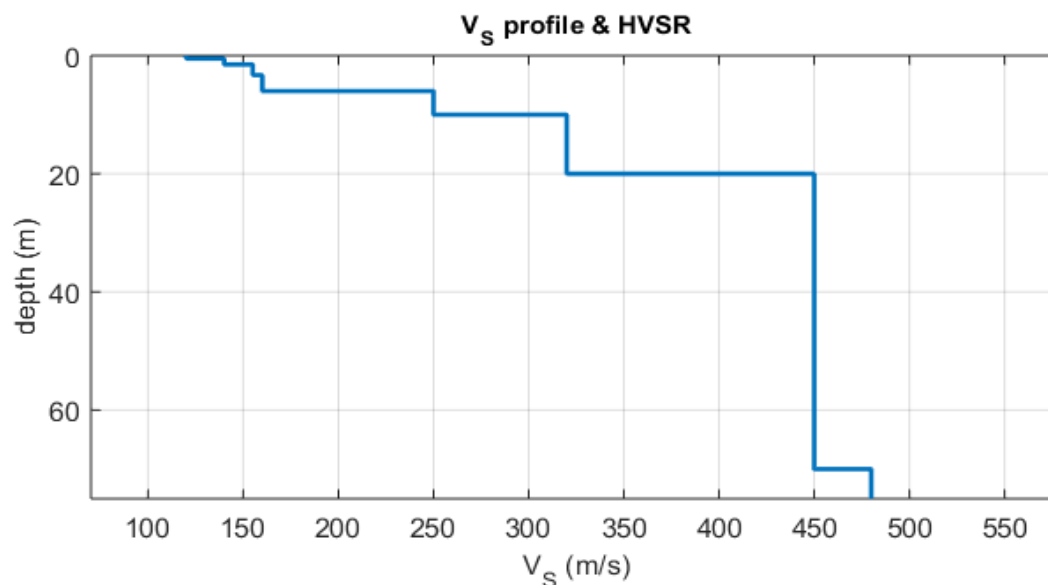


Fig. 8: Andamento della velocità con la profondità relativo al modello ipotizzato.

<b>Vs (m/s)</b>	<b>H (m)</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b><u>Vs media (m/s)</u></b>
120	0.5		120
140	1	1.5	132.6
155	1.8	3.3	144.0
160	2.7	6	150.8
250	4	10	179.2
320	10	20	229.8
450	10	30	274.6

Fig. 9: Tabella riassuntiva con valori utilizzati per il modello calcolo di  $V_{s30}$

## 10. CONCLUSIONI

Le prove di microtremori a stazione singola descritte nel presente studio hanno mostrato valori di frequenze di risonanza simili nei differenti punti in cui sono state effettuate ad eccezione della prova HVSR4 che presenta una curva pressochè piatta. Si nota un range di frequenze compreso tra 4 e 6Hz in cui ricadono i picchi delle curve HVSR1, HVSR2 (effettuate in corrispondenza della MASW) e HVSR3 (posta ad una distanza di 40m in direzione ovest perpendicolarmente allo stendimento MASW). La prova HVSR3 è localizzata su terreno di riporto e presenta un picco di risonanza ad una frequenza a 4.3Hz che insiste nel range di valori in cui sono comprese le frequenze di picco delle prove HVSR1 e HVSR2. In tal caso si nota un incremento dell'ampiezza a testimoniare il fatto che la frequenza di sito, stimata tra 4 e 6Hz, viene amplificata dalla presenza del terreno di riporto.

A seguito dell'analisi congiunta tra le prove HVSR1 passive e MASW attiva è stato ricavato un modello della velocità di fase delle onde S nei primi 30 m di profondità del terreno.

Per il sito in esame è stata calcolata una  $V_{s_{equ}} = \mathbf{Vs30}$  **pari a 274.6 m/s che colloca il sito in categoria di sottosuolo C.**

Porto S. Elpidio, Agosto 2018

Il Tecnico

Dott. Geol. Alberto Conti

**COMUNE DI TORRE S. PATRIZIO (FM)**

REALIZZAZIONE IN LOC. S. PIETRO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO AI SENSI DELL'ART. 208  
DEL D.Lgs. 152/06 E IMPIANTI TECNOLOGICI A SERVIZIO DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA  
COSTRUZIONE DI DUE FABBRICATI ADIBITI AL PROCESSO  
*Strutture 4 e 6*

**E-CPT1**



**E-CPT2**



**E-CPT3**



**E-CPT4**



**E-CPT5**



**PROVE PENETROMETRICHE**  
**EFFETTUATE NEL MESE DI LUGLIO 2018**



**Geodrill** s.a.s.  
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
 Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
 60043 Cerreto d'Esi(AN)  
 P. IVA: 02334920424  
 E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 luglio 2018

COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

### PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro			
Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard			
Capacità di spinta: 100 kN			
Punta digitale PAGANI			
Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta ( $q_c$ )	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale ( $f_s$ )	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta ( $a$ )	0,80
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori ( $u$ )	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto ( $b$ )	0
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 2,1
		Lunghezza totale	mm. 413

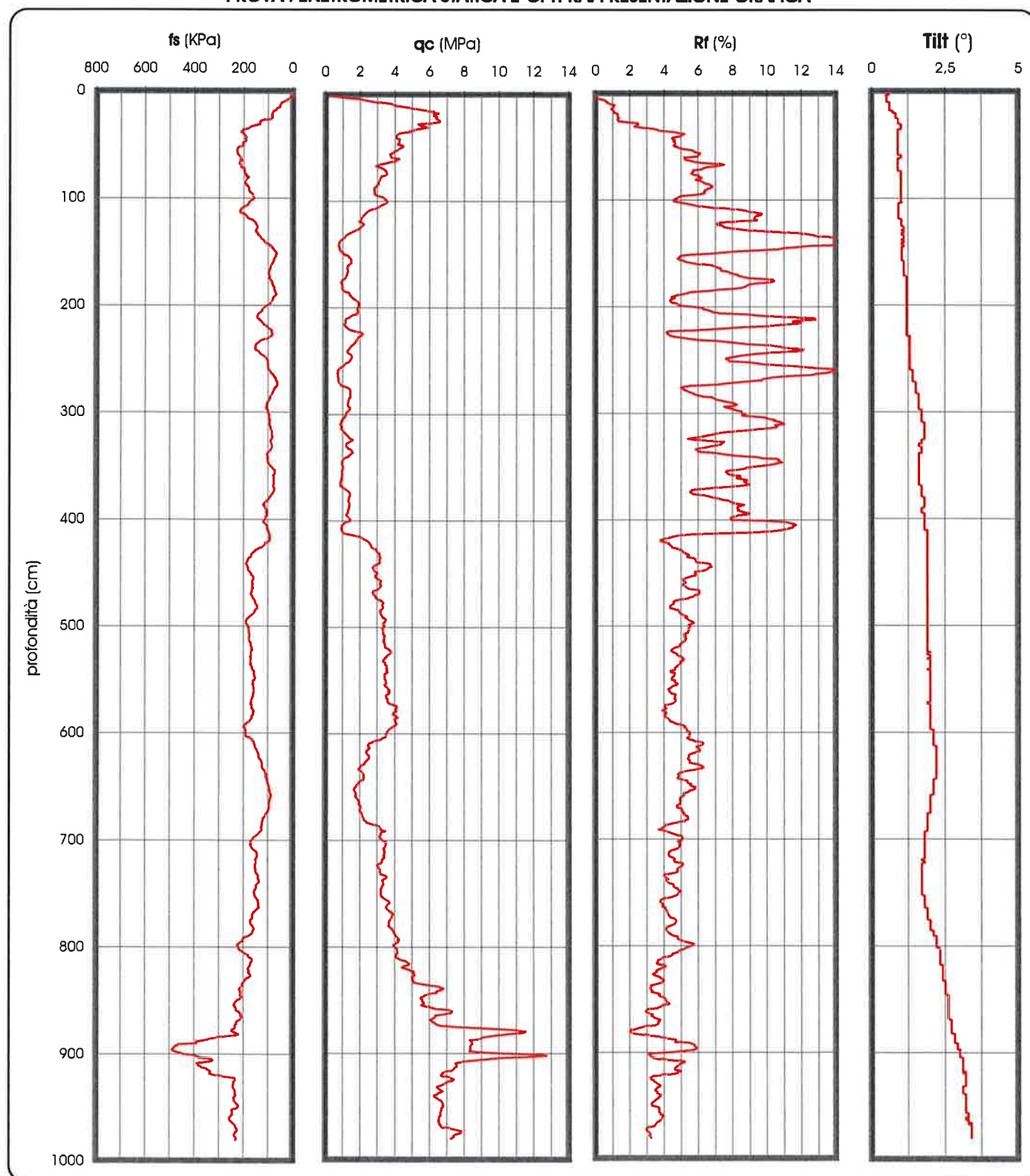
### legenda per la rappresentazione grafica

$f_s$ =	resistenza specifica locale al manicotto
$q_c$ =	resistenza specifica al cono statico
$R_f$ =	rapporto della resistenza ( $f_s/q_c$ )
Tilt =	inclinazione

### legenda per la caratterizzazione geomeccanica

$q_c$ =	resistenza specifica al cono statico
$q_{cm}$ =	resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
$\sigma_{v\text{eff}}$ =	pressione verticale efficace (stima)
$D_r$ =	densità relativa (Lancellotta, 1983)
$\phi$ =	angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
$E$ =	modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
$C_u$ =	coesione non drenata (Terzaghi, $((q_{cm} - \sigma_{v\text{eff}})/N_k)$ ; Lunne, Robertson, Powell 1977)
$M$ =	modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
$V_s$ =	velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
$G$ =	modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)
$E_u$ =	modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 9,80 m

[illegible]



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 16 luglio 2018

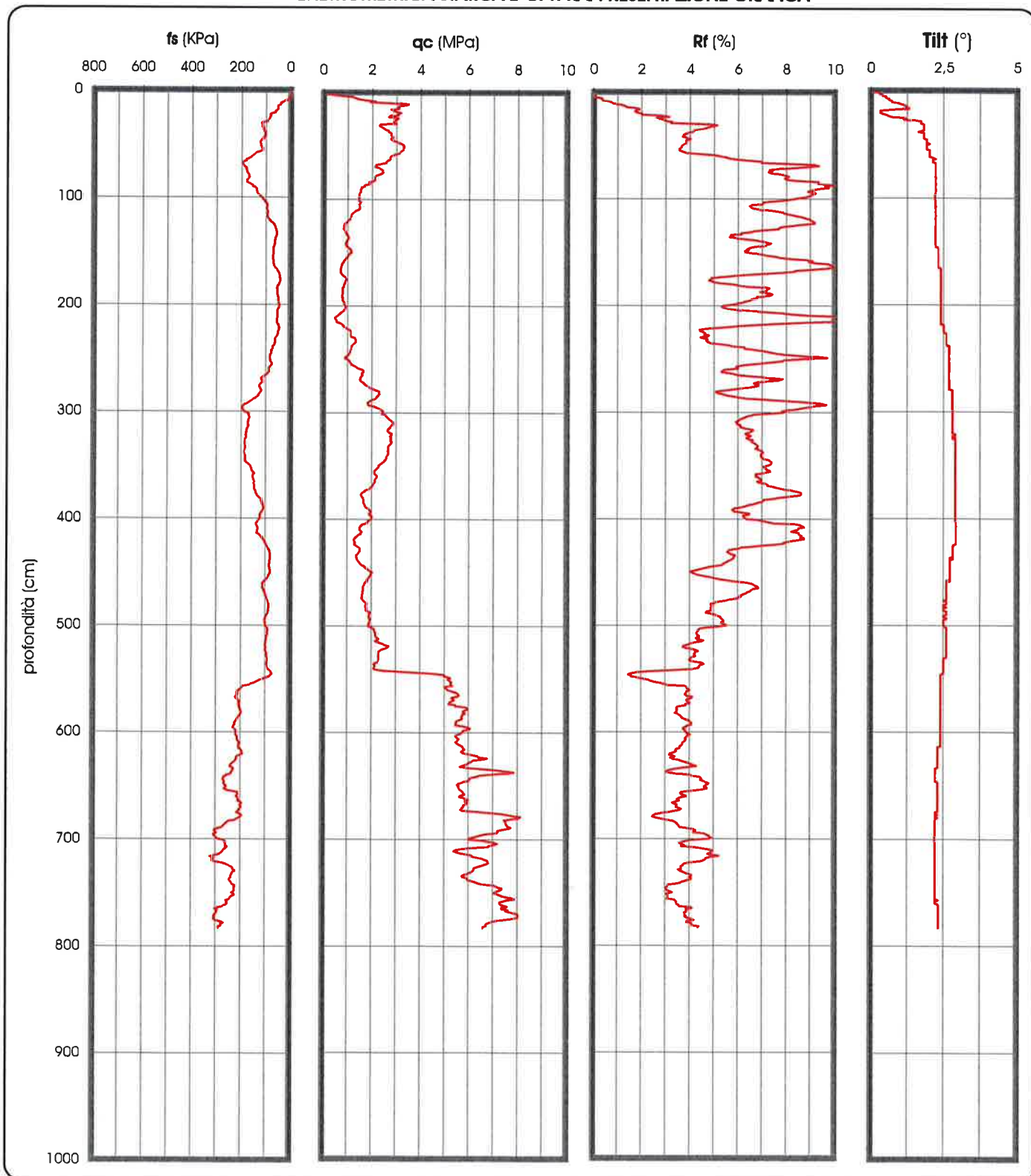
COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

PROVA P2 del 06/06/2018

PROF.: 7,83 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 7,83 m

[illegible]



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P.IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 luglio 2018

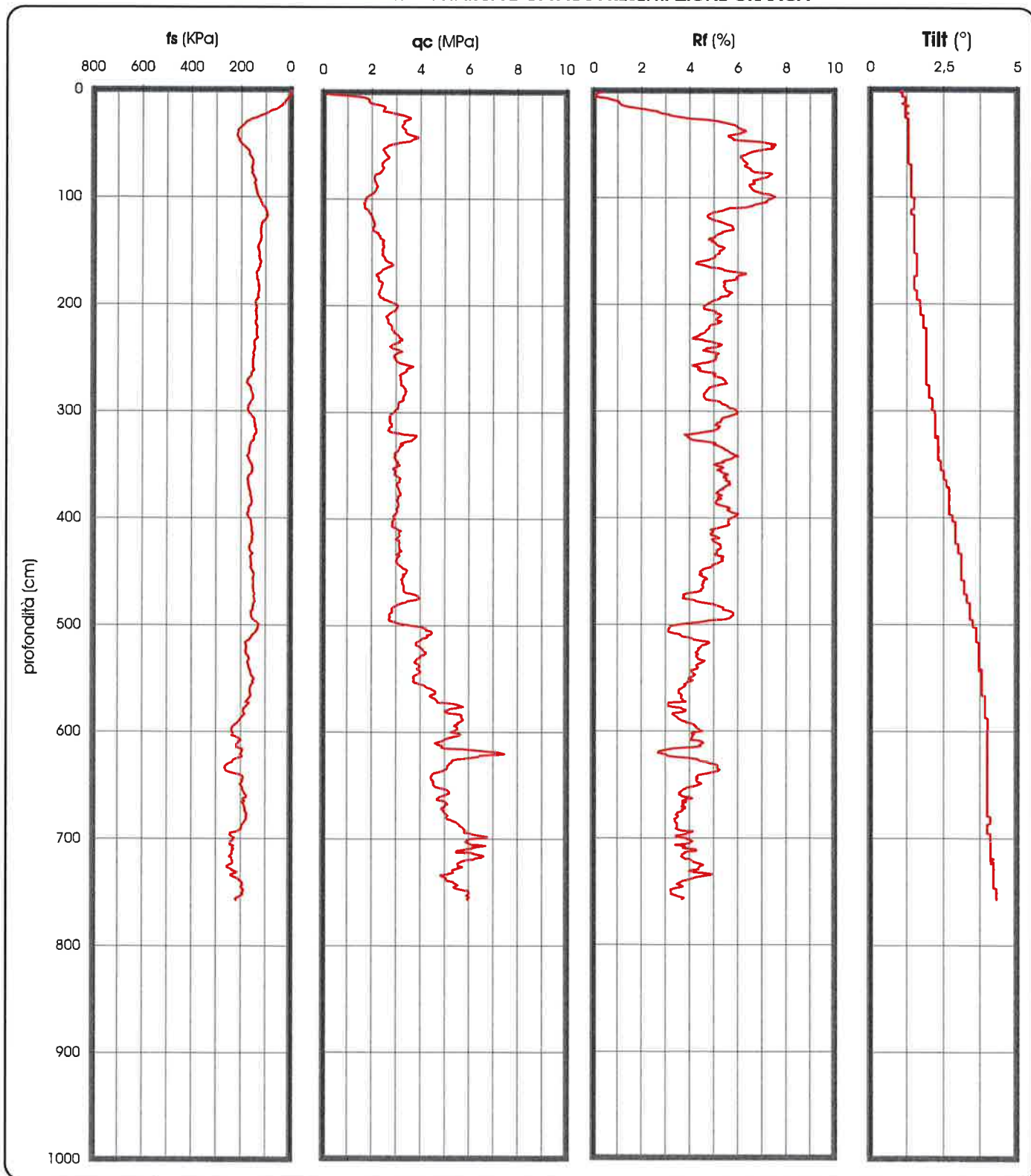
COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

PROVA P3 del 09/07/2018

PROF.: 7,57 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 7,57 m

[illegible]



**Geodrill** s.a.s.  
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340  
60043 Cerreto d'Esi (AN)  
P. IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 luglio 2018

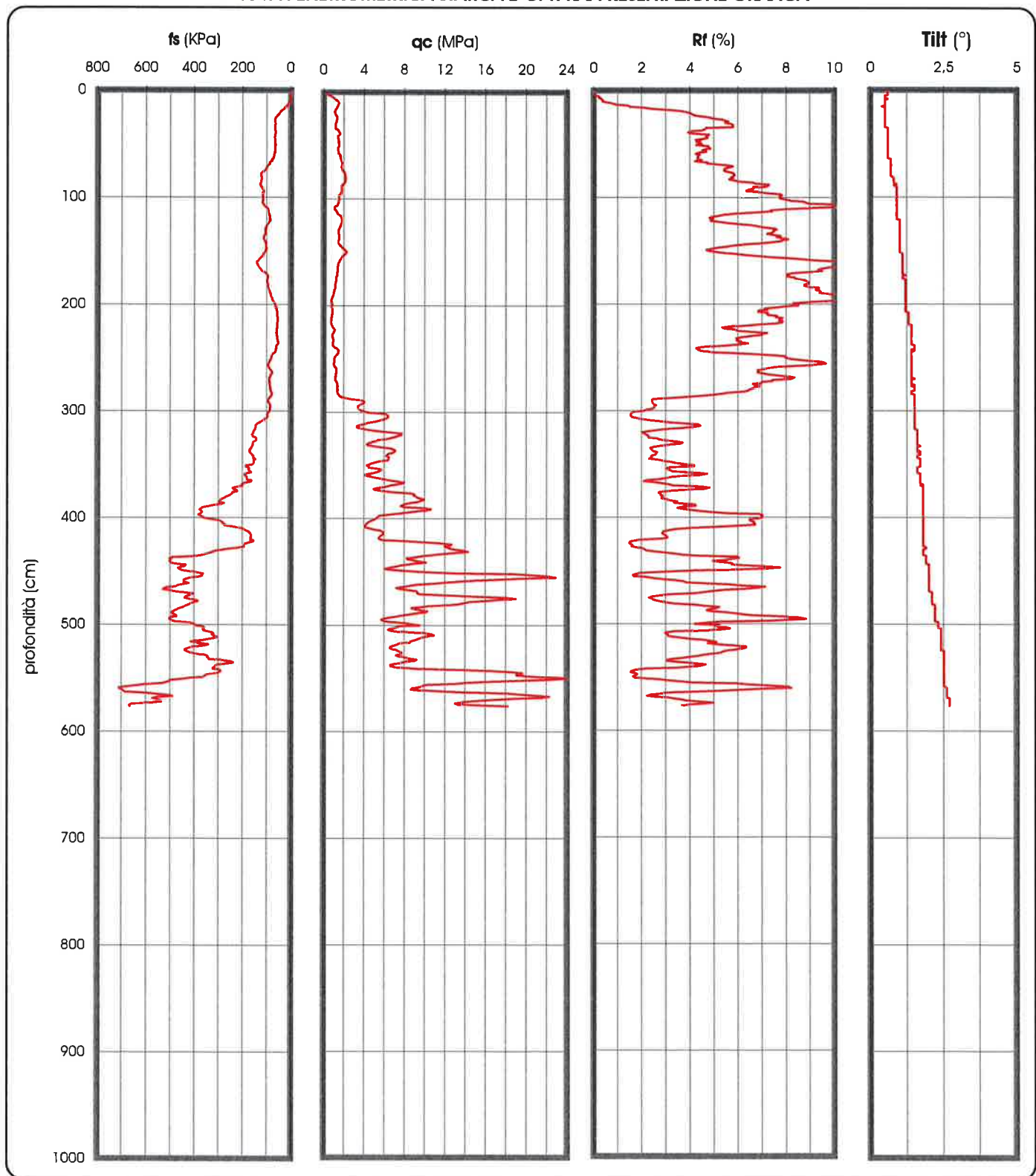
COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE: Compostaggio Loc. San Pietro-Torre San Patrizio

PROVA P4 del 09/07/2018

PROF.: 5,76 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**



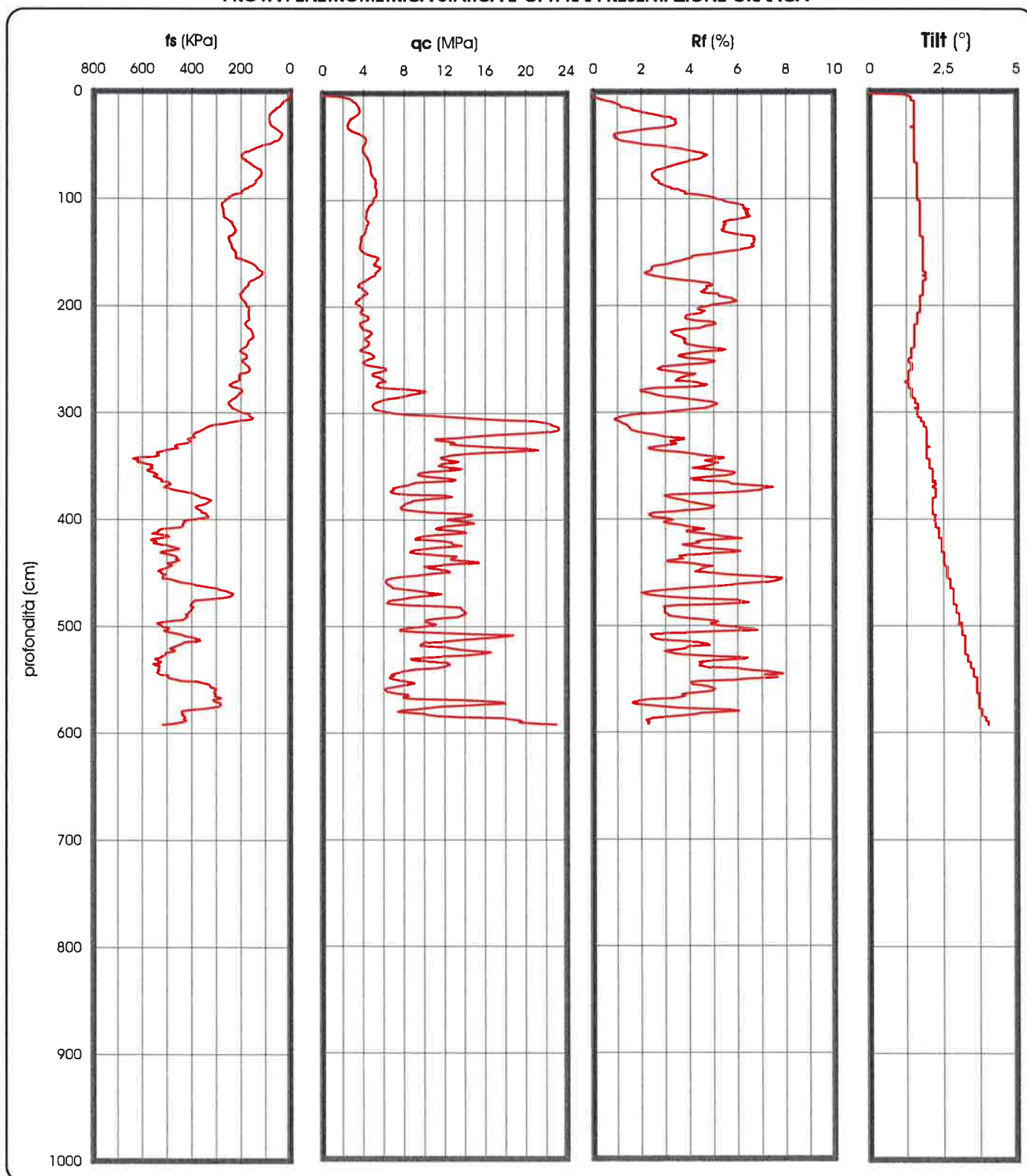


CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pletro-Torre San Patrizio

PROF.: 5,76 m

[illegible]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





COMMITTENTE: S.A.M.-Unipersonale s.r.l.

CANTIERE:Compostaggio Loc.San Pietro-Torre San Patrizio

PROF.: 5,92 m

[illegible]

Studio Tecnico Geologico			Committente: Soc. S.A.M.		Sondaggio n° 2	
Dr. Alberto Conti					Data: Novembre 2006	
Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263			Località: San Pietro– Torre San Patrizio			
Metodo di perforazione: rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm					Quota:	
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)
						1 2 3 4 5 6 7
1,00	0,6				TERRENO AGRARIO	
2,00	1,7				DEPOSITI COLLUVIALI: Limi argillosi di consistenza variabile e con incluse concrezioni carbonatiche di origine evaporitica. (1,0) Rp: 4,40 + 4,10 + 5,00	
3,00					DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO ALTERATI E FRATTURATI: Argille siltose grigie e/o nocciola, mediamente consistenti, intercalate da sottili livelli sabbiosi di colore grigio e/o ocra. Depositi leggermente alterati e fratturati. (2,0) Rp: 4,90 + 6,00 + 5,50 (3,0) Rp: 5,10 + 6,00 + 5,70  (4,0) Rp: >6,0 + >6,0 + >6,0  (5,0) Rp: 6,00 + 5,70 + 5,10	
6,00	5,8		★		DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGRATI: Argille siltose grigio nocciola, molto consistenti, intercalate da sottili livelli sabbiosi di colore grigio (6,0) Rp: >6,0 + >6,0 + >6,0	
10,00					FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa 10,0 m, a partire dall'attuale piano campagna.	
11,00						
12,00						
13,00						
14,00						
15,00						
16,00						
17,00						
18,00						
19,00						
20,00						
21,00						
22,00						

Note: a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

<b>Studio Tecnico Geologico</b> <b>Dr. Alberto Conti</b> Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				<b>Committente: Soc. S.A.M.</b>		<b>Sondaggio n° 3</b> <b>Data: Novembre 2006</b>						
				<b>Località: San Pietro– Torre San Patrizio</b>								
<b>Metodo di perforazione:</b> rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm						<b>Quota:</b>						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	0,8				TERRENO AGRARIO							
2,00	1,3				<b>DEPOSITI COLLUVIALI:</b> Limi argillosi di consistenza variabile e con incluse concrezioni carbonatiche di origine evaporitica. <i>(1,0) Rp: 3,30 ÷ 3,50 ÷ 3,40</i>							
3,00					<b>DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO ALTERATI E FRATTURATI:</b> Argille siltose grigie e/o nocciola, mediamente consistenti, intercalate da sottili livelli sabbiosi di colore grigio e/o ocra. Depositi leggermente alterati e fratturati. <i>(3,0) Rp: 5,70 ÷ 5,50 ÷ 5,10</i>							
4,00					<i>(4,0) Rp: 6,00 ÷ &gt;6,0 ÷ &gt;6,0</i>							
5,00					<i>(5,0) Aumento del contenuto sabbioso.</i>							
6,00	6,2				<b>DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGRATI:</b> Argille siltose grigio nocciola, molto consistenti, intercalate da sottili livelli sabbiosi di colore grigio							
7,00												
8,00			★									
9,00												
10,00					<b>FINE SONDAGGIO:</b> Alla profondità di circa 10,2 m, a partire dall'attuale piano campagna.							
11,00												
12,00												
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												

**Note:** a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

Studio Tecnico Geologico				Committente: Soc. S.A.M.		Sondaggio n° 4						
Dr. Alberto Conti						Data: Novembre 2006						
Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				Località: San Pietro– Torre San Patrizio								
Metodo di perforazione: rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm						Quota:						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	0,8	oh. oh. oh. oh.			TERRENO AGRARIO							
2,00		oh. oh. oh. oh.			DEPOSITI COLLUVIALI: Limi argillosi nocciola di consistenza variabile e con incluse concrezioni carbonatiche di origine evaporitica. (1,0) Rp: 6,00 ÷ 6,00 ÷ 6,00 (1,3) Depositi limoso-argillosi leggermente sabbiosi. (2,0) Depositi poco consistenti e leggermente plastici. Rp: 3,80 ÷ 2,90 ÷ 3,65							
3,00		oh. oh. oh. oh.			(3,0) Rp: 2,80 ÷ 1,50 ÷ 3,00 (4,0) Rp: 3,50 ÷ 3,50 ÷ 4,00							
4,00		oh. oh. oh. oh.			(5,0) Rp: 3,00 ÷ 2,80 ÷ 3,20 (5,3) Livello limoso argilloso di colore marrone scuro e di spessore pari a circa 0,4 m.							
5,00		oh. oh. oh. oh.										
6,00	7,5	oh. oh. oh. oh.										
7,00		oh. oh. oh. oh.										
8,00		oh. oh. oh. oh.			Limi argillosi giallo-nocciola asciutti, mediamente consistenti. (8,0) Depositi poco consistenti e plastici.							
9,00	9,5	oh. oh. oh. oh.			(9,0) Falda pseudo-artesiana. (9,2) Rp: 2,00 ÷ 1,80 ÷ 1,50							
10,00		oh. oh. oh. oh.										
11,00		oh. oh. oh. oh.			DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO: Strati sabbiosi di granulometria media-grossolana e di spessore centimetrico alternati a strati pelitici consistenti.							
12,00					FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa 11,0 m, a partire dall'attuale piano campagna.							
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												

Note: a) prelievo campioni: ■ ; b) livello falda ▼; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

Dr. Alberto Conti

Data: Novembre 2006

Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263

Località: San Pietro– Torre San Patrizio

Metodo di perforazione: rotazione meccanica con carotiere del diametro di 200 mm

Quota:

Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	0,6				TERRENO AGRARIO							
2,00					DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO ALTERATI E FRATTURATI: Strati argilloso-siltosi grigio e/o nocciola, mediamente consistenti, intercalate da strati sabbiosi di colore grigio e/o ocra. Depositi leggermente alterati e fratturati.							
3,00	2,5		★		DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGRATI: Argille siltose grigio nocciola, molto consistenti, intercalate da sottili livelli sabbiosi di colore grigio							
4,00												
5,00			★									
6,00												
7,00												
8,00												
9,00												
10,00					FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa 8,0 m, a partire dall'attuale piano campagna.							
11,00												
12,00												
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												

Note: a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

<b>Studio Tecnico Geologico</b> <b>Dr. Alberto Conti</b> Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				<b>Committente:</b> Consorzio smaltimento RSU		<b>Sondaggio 1</b> <b>Data:</b> Aprile 1994						
				<b>Località:</b> San Pietro – Torre San Patrizio								
<b>Metodo di perforazione:</b> rotazione meccanica con carotiere del diametro di 101 mm						<b>Quota:</b>						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	0,5		★		TERRENO AGRARIO							
2,00	DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO ALTERATI											
3,00	Argille siltose grigiastre con sottili livelli di sabbie fini giallo-ocra.											
4,00												
5,00												
6,00												
7,00	7,0				DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGRATI							
8,00	Argille grigio plumbee molto consistenti, con intercalazioni di rari livelli sabbiosi grigiastri.											
9,00												
10,00												
11,00												
12,00												
13,00												
14,00												
15,00	15,0				FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa -15,0 m dall'attuale p.c..  Alla profondità di ml 4.00 all'interno di un livello sabbioso sono state rinvenute modeste infiltrazioni idriche.							
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												

**DOCUMENTAZIONE REPERITA**  
**SONDAGGIO REPERITO Sr9**

**Note:** a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

<b>Studio Tecnico Geologico</b> <b>Dr. Alberto Conti</b> Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				<b>Committente:</b> Consorzio smaltimento RSU		<b>Sondaggio 2</b> <b>Data:</b> Aprile 1994						
				<b>Località:</b> San Pietro – Torre San Patrizio								
<b>Metodo di perforazione:</b> rotazione meccanica con carotiere del diametro di 101 mm						<b>Quota:</b>						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	4,3				DEPOSITI COLLUVIALI							
2,00					Limoso-argillosi, brunastri, consistenti.							
3,00												
4,00												
5,00	10,0		★		DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO ALTERATI							
6,00					Argille siltose griglastre con sottili livelli di sabbie fini giallo-ocra.							
7,00												
8,00												
9,00												
10,00												
11,00	14,5				DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGRALI							
12,00					Argille grigio plumbee molto consistenti, con intercalazioni di rari livelli sabbiosi griglastri.							
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00	FINE SONDAGGIO: Alla profondità di circa -14,5 m dall'attuale p.c.. Alla profondità di ml 7,00 all'interno di un livello sabbioso sono state rinvenute modeste infiltrazioni idriche.											
18,00	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <b>DOCUMENTAZIONE REPERITA</b>  <b>SONDAGGIO REPERITO Sr10</b> </div>											
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												

**Note:** a) prelievo campioni: ; b) livello falda ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★

<b>Studio Tecnico Geologico</b> <b>Dr. Alberto Conti</b> Via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP) Tel 0734 992263				<b>Committente:</b> Consorzio smaltimento RSU		<b>Sondaggio 5</b> <b>Data:</b> Aprile 1994						
				<b>Località:</b> San Pietro – Torre San Patrizio								
<b>Metodo di perforazione:</b> rotazione meccanica con carotiere del diametro di 101 mm						<b>Quota:</b>						
Profondità Progressiva (m)	Profondità dal p.c. (m)	Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica	Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq)						
						1	2	3	4	5	6	7
1,00	1,5				TERRENO DI RIPORTO							
2,00					DEPOSITI COLLUVIALI							
3,00					Limoso-argillosi, brunastri..							
4,00	4,5				DEPOSITI MARINI DEL SUBSTRATO INTEGR							
5,00					Argille grigio plumbee molto consistenti, con intercalazioni di rari livelli sabbiosi griglastri.							
6,00												
7,00												
8,00												
9,00	12,0											
10,00												
11,00												
12,00												
13,00												
14,00												
15,00												
16,00												
17,00												
18,00												
19,00												
20,00												
21,00												
22,00												
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <b>DOCUMENTAZIONE REPERITA</b>  <b>SONDAGGIO REPERITO Sr11</b> </div>												
<b>Note:</b> a) prelievo campioni:  ; b) livello falda  ; c) modeste infiltrazioni idriche: ★												

## COMUNE DI TORRE S. PATRIZIO

*Provincia di Fermo*

REALIZZAZIONE IN LOC. S. PIETRO DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO AI  
SENSI DELL'ART. 208 DEL D.Lgs. 152/06 E IMPIANTI TECNOLOGICI A  
SERVIZIO DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA

COSTRUZIONE DI DUE FABBRICATI ADIBITI AL PROCESSO  
*Strutture 4 e 6*

INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

*Committente: Soc. S.A.M. s.r.l. Unipersonale*

### DOCUMENTAZIONE REPERITA

*Certificati delle prove di laboratorio – Consorzio Smaltimento Rifiuti*

*Rif. S1-C1=Argille marine del substrato integre*

*Rif. S2-C1=Argille marine del substrato alterate e fratturate*

LABORATORIO GEOMECCANICO Dr.Ugo-Sergio ORAZI v.ASIARI 6 PESARO

Committente: STUDIO IOIO'- CONTI

Sond. n.: 1

Cantiere : TORRE S.PATRIZIO [AP]

Camp. n.: 1

Prof. M.: 6.80-7.20

C A R A T T E R I S T I C H E G E N E R A L I  
[Apertura e descrizione visiva dei campioni ASTM 2488-84]

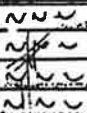






CONTENITORE : Fustella metallica

DIMENSIONI CAMPIONE : Diametro mm.86 \* Lunghezza mm.350

GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : Q4

REAZIONE HCl : Positiva

PRESSIONE DI ESTRAZIONE (bar): 15.

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	CM.	AGI 1977	L I T O L O G I A
KG/CM2					
>4.	>2.	TAGLIO DIRETTO	-		Limo argilloso di colore grigio scuro con sottili livelli limoso-sabbiosi grigiastri in posizione sub-orizzontale. Terreno molto compatto, plastico, con tracce di materia organica e spalmature d'ossidazione rossastre.
		PERMEABILITA'	-10		
			-		
			-20		
			-		
			-30		
			-		
			-40		
			-		
			-50		
			-		

In attesa di essere analizzati i campioni sono conservati in camera umida, seguendo le indicazioni suggerite da HEAD e LAMBE.

COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO [AP]

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 6.80-7.20

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

Caratteristiche iniziali del campione	Sezione : 28.27 (CM2) Altezza : 2.00 (CM)
--	--

Tipo di prova : RESISTENZA DI PICCO  
Osservazioni :

Velocità di Deformazione (MM/MIN) : 0.0021  
Pressione di Consolidazione (KG/CM2) : 1.-2.  
Deformazione Max. Teorica (MM) : 2.5  
Tempo di Consolidazione Primario (MIN) : 81.8  
Velocità di Deformazione Teorica (MM/MIN) : 0.0024

Provino N.1		Provino N.2		Provino N.3		Provino N.4	
Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)
0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.25	0.00	0.00
0.10	0.12	0.10	0.19	0.10	0.48	0.00	0.00
0.18	0.19	0.15	0.36	0.17	0.76	0.00	0.00
0.24	0.31	0.20	0.59	0.25	0.99	0.00	0.00
0.30	0.43	0.25	0.69	0.40	1.21	0.00	0.00
0.45	0.52	0.30	0.78	0.55	1.30	0.00	0.00
0.60	0.59	0.35	0.85	0.70	1.39	0.00	0.00
0.80	0.63	0.50	0.92	0.90	1.45	0.00	0.00
1.00	0.67	0.65	0.96	1.10	1.47	0.00	0.00
1.20	0.70	0.80	0.94	1.30	1.47	0.00	0.00
1.40	0.71	1.00	0.93	1.60	1.45	0.00	0.00
1.70	0.71	1.30	0.89	2.00	1.44	0.00	0.00
2.00	0.70	1.60	0.86	2.20	1.41	0.00	0.00
2.40	0.70	1.80	0.83	2.40	1.41	0.00	0.00
2.80	0.68	2.00	0.81	2.80	1.39	0.00	0.00
3.20	0.68	2.40	0.80	3.00	1.36	0.00	0.00
3.60	0.67	3.00	0.79	3.40	1.35	0.00	0.00

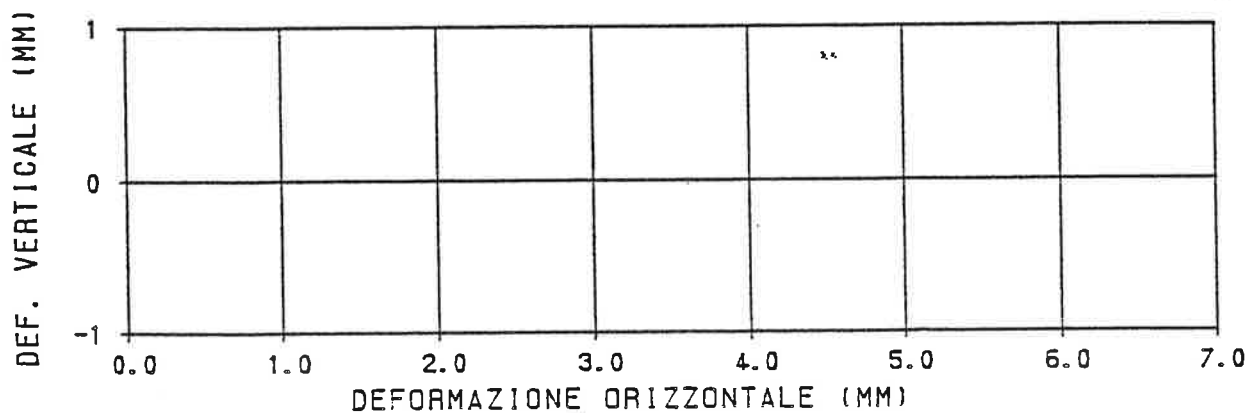
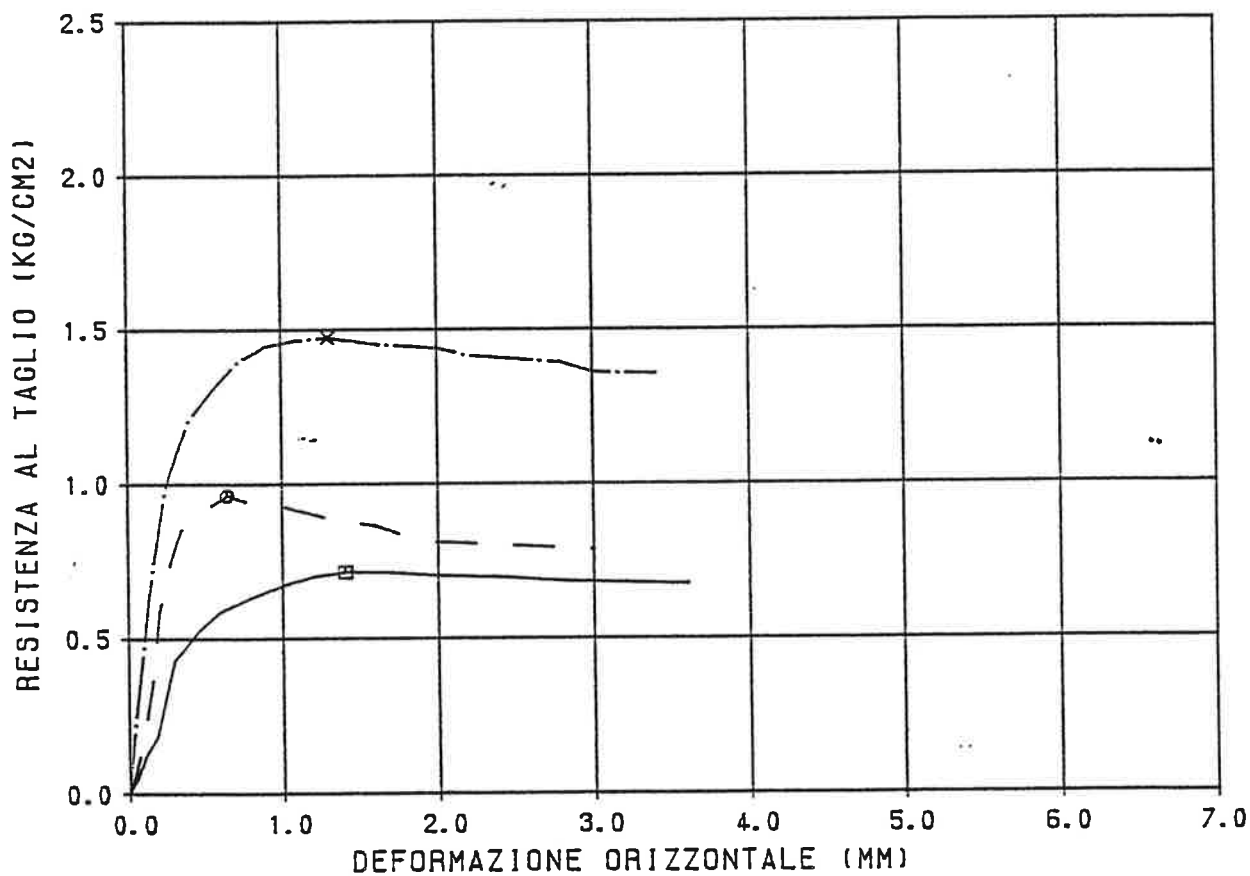
COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO (AP)

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 6.80-7.20

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

## VALORI DI PICCO

PROVINO	CONSOLIDAZIONE		VALORI DI PICCO			
SIMBOLO TIPO	SIGMA'V KG/CM2	CED F. MM	SIMBOLO TIPO	TAU P KG/CM2	DEF H MM	DEF V MM
□ —————	0.50	0.27	□	0.71	1.40	0.00
○ — — — —	1.00	0.67	○	0.96	0.65	0.00
x - - - - -	2.00	1.73	x	1.47	1.30	0.00

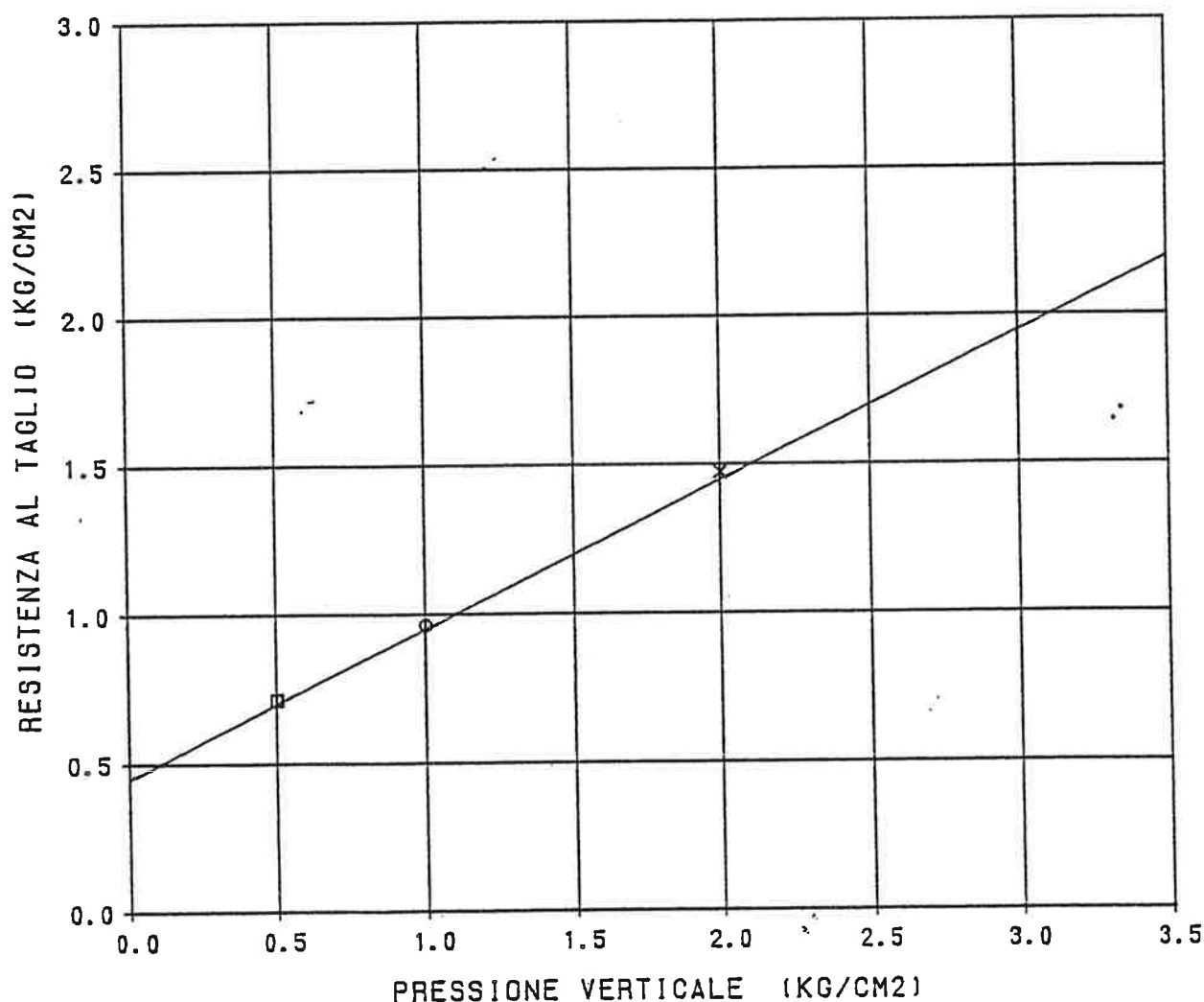


COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S. PATRIZIO (AP)

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 6.80-7.20

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

PROVINO	1	2	3	
PESO DI VOLUME (GR/CM3)	2.078	2.089	2.102	
UMIDITA' INIZIALE (%)	16.0	15.7	15.1	
UMIDITA' FINALE (%)	18.4	18.2	17.6	



	PICCO	RESIDUO
COESIONE INTERCETTA (KG/CM2)	0.45	
ANGOLO di RESISTENZA AL TAGLIO (GRADI)	26.76	

LABORATORIO GEOMECCANICO DR.UGO SERGIO ORAZI V.ASIARI 6 PESARO

COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIA [AP]

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 6.80-7.20

PROVA DI PERMEABILITA'

CARICO VARIABILE

ALTEZZA DEL CAMPIONE (CM) : 2.00  
SEZIONE DEL PERMEAMETRO (CM2) : 45.00  
SEZIONE DELLA BURETTA (CM2) : 0.70  
TEMPERATURA (°C) : 20.0  
PRESSIONE CONTENIMENTO (KG/CM2) : 1.50

Numero Provino (-)	Tempo t (SEC)	Altezze		Permeabilità K (CM/SEC)
		h1 (CM)	h2 (CM)	
1	63000	40.00	39.60	0.496E-08
2	59400	39.60	39.10	0.665E-08
3	43200	39.10	38.70	0.740E-08
MEDIA				0.633E-08

PESO DI VOLUME INIZIALE (GR/CM3) : 1.969  
UMIDITA' INIZIALE (%) : 18.7  
PESO DI VOLUME FINALE (GR/CM3) : 0.000  
UMIDITA' FINALE (%) : 0.0

Committente: STUDIO IOIO'- CONTI

Sond. n.: 2

Cantiere : TORRE S.PATRIZIO [AP]

Camp. n.: 1

Prof. M.: 7.00-7.50

C A R A T T E R I S T I C H E G E N E R A L I  
[Apertura e descrizione visiva dei campioni ASTM 2488-84]








CONTENITORE : Fustella metallica

DIMENSIONI CAMPIONE : Diametro mm.86 \* Lunghezza mm.370

GRADO DI QUALITA' [AGI 1977] : Q4

REAZIONE HCl : Positiva

PRESSIONE DI ESTRAZIONE (bar): 78.

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	CM.	AGI 1977	L I T O L O G I A
KG/CM2					
2.0		TAGLIO DIRETTO	-		Limo argilloso di colore marrone chiaro con venature grigie e intercalazioni sabbioso-limose sub-orizzontali. Terreno compatto, complessivamente plastico, con tracce di materia organica e spalmature rossastre d'ossidazione.
	1.5	PERMEABILITA'	-10		
2.5			-		
	1.7		-20		
3.0			-		
	1.7		-30		
2.5			-		
			-40		
			-50		
			-		

In attesa di essere analizzati i campioni sono conservati in camera umida, seguendo le indicazioni suggerite da HEAD e LAMBE.

COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO [AP]

SONDAGGIO : 2  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 7.00-7.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

Caratteristiche iniziali del campione	Sezione : 20.00 (CM2) Altezza : 2.00 (CM)
--	--

Tipo di prova : RESISTENZA DI PICCO  
Osservazioni :

Velocità di Deformazione (MM/MIN) : 0.0021  
Pressione di Consolidazione (KG/CM2) : 1.-2.  
Deformazione Max. Teorica (MM) : 2.5  
Tempo di Consolidazione Primario (MIN) : 78.0  
Velocità di Deformazione Teorica (MM/MIN) : 0.0025

Provino N.1		Provino N.2		Provino N.3		Provino N.4	
Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)	Deformazione (MM)	TAU (KG/CM2)
0.05	0.20	0.05	0.24	0.05	0.35	0.00	0.00
0.10	0.25	0.10	0.31	0.10	0.52	0.00	0.00
0.15	0.33	0.17	0.36	0.18	0.62	0.00	0.00
0.20	0.37	0.24	0.40	0.24	0.69	0.00	0.00
0.35	0.38	0.36	0.42	0.30	0.76	0.00	0.00
0.50	0.40	0.50	0.46	0.40	0.82	0.00	0.00
0.65	0.41	0.70	0.51	0.55	0.88	0.00	0.00
0.80	0.40	0.90	0.56	0.70	0.92	0.00	0.00
1.00	0.40	1.10	0.63	0.85	0.96	0.00	0.00
1.30	0.39	1.40	0.65	1.00	0.99	0.00	0.00
1.60	0.38	1.70	0.69	1.20	1.01	0.00	0.00
1.90	0.38	2.00	0.66	1.40	1.04	0.00	0.00
2.10	0.37	2.40	0.63	1.70	1.06	0.00	0.00
2.30	0.37	2.80	0.63	2.00	1.06	0.00	0.00
2.50	0.36	3.10	0.62	2.40	1.06	0.00	0.00
2.80	0.35	3.40	0.61	2.80	1.06	0.00	0.00
3.00	0.35	3.70	0.59	3.20	1.05	0.00	0.00

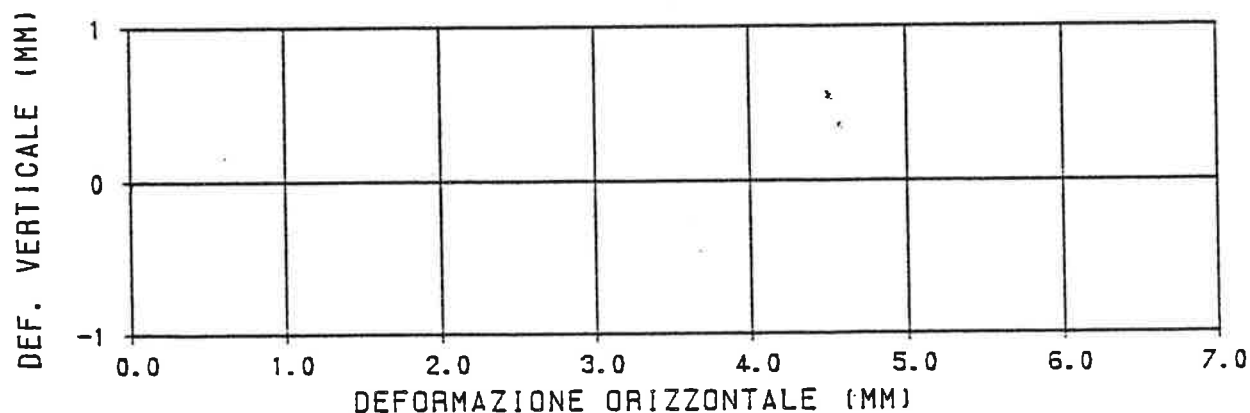
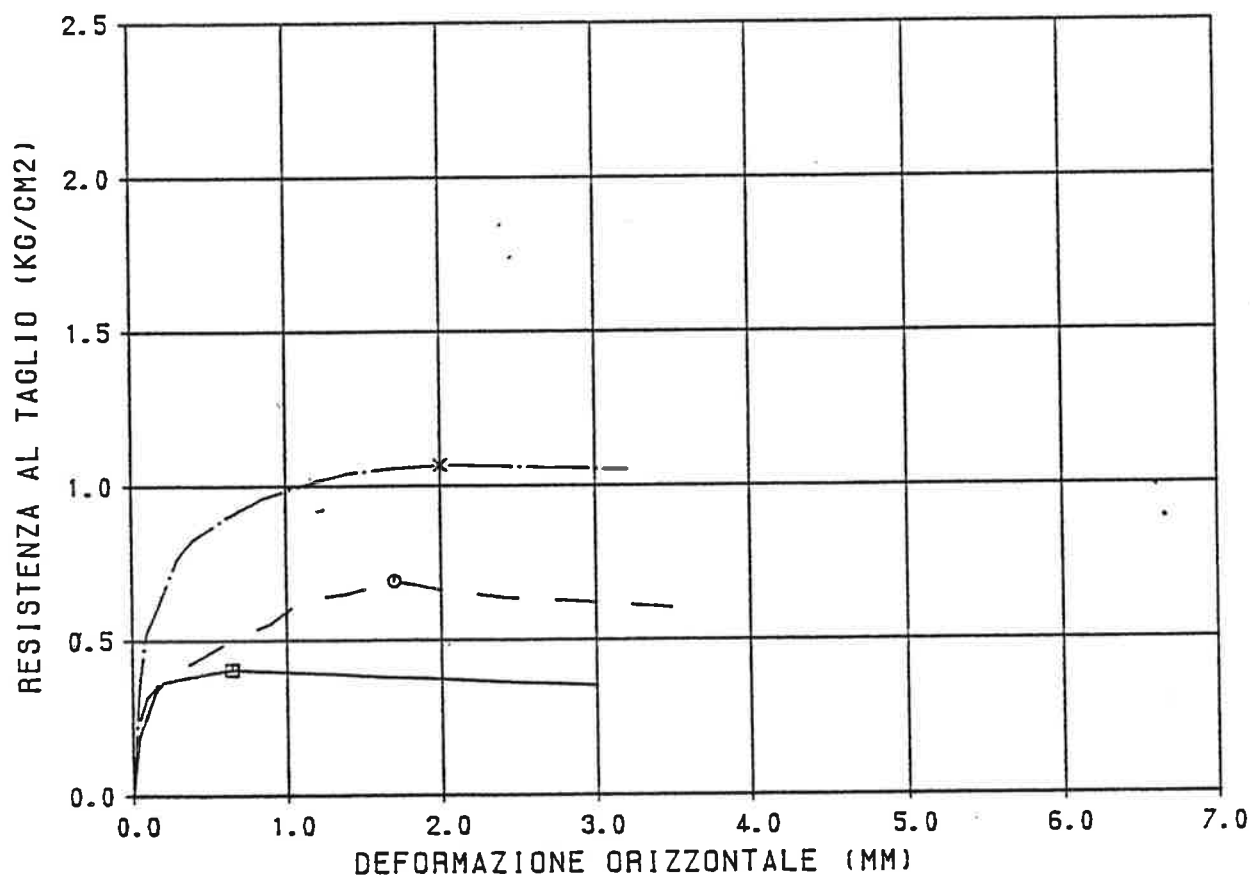
COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO (AP)

SONDAGGIO : 2  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 7.00-7.50

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

## VALORI DI PICCO

PROVINO	CONSOLIDAZIONE		VALORI DI PICCO			
SIMBOLO TIPO	SIGMA'V KG/CM2	CED F. MM	SIMBOLO TIPO	TAU P KG/CM2	DEF H MM	DEF V MM
□	0.50	0.52	▣	0.41	0.65	0.00
○	1.00	0.81	⊙	0.69	1.70	0.00
×	2.00	1.74	×	1.06	2.00	0.00

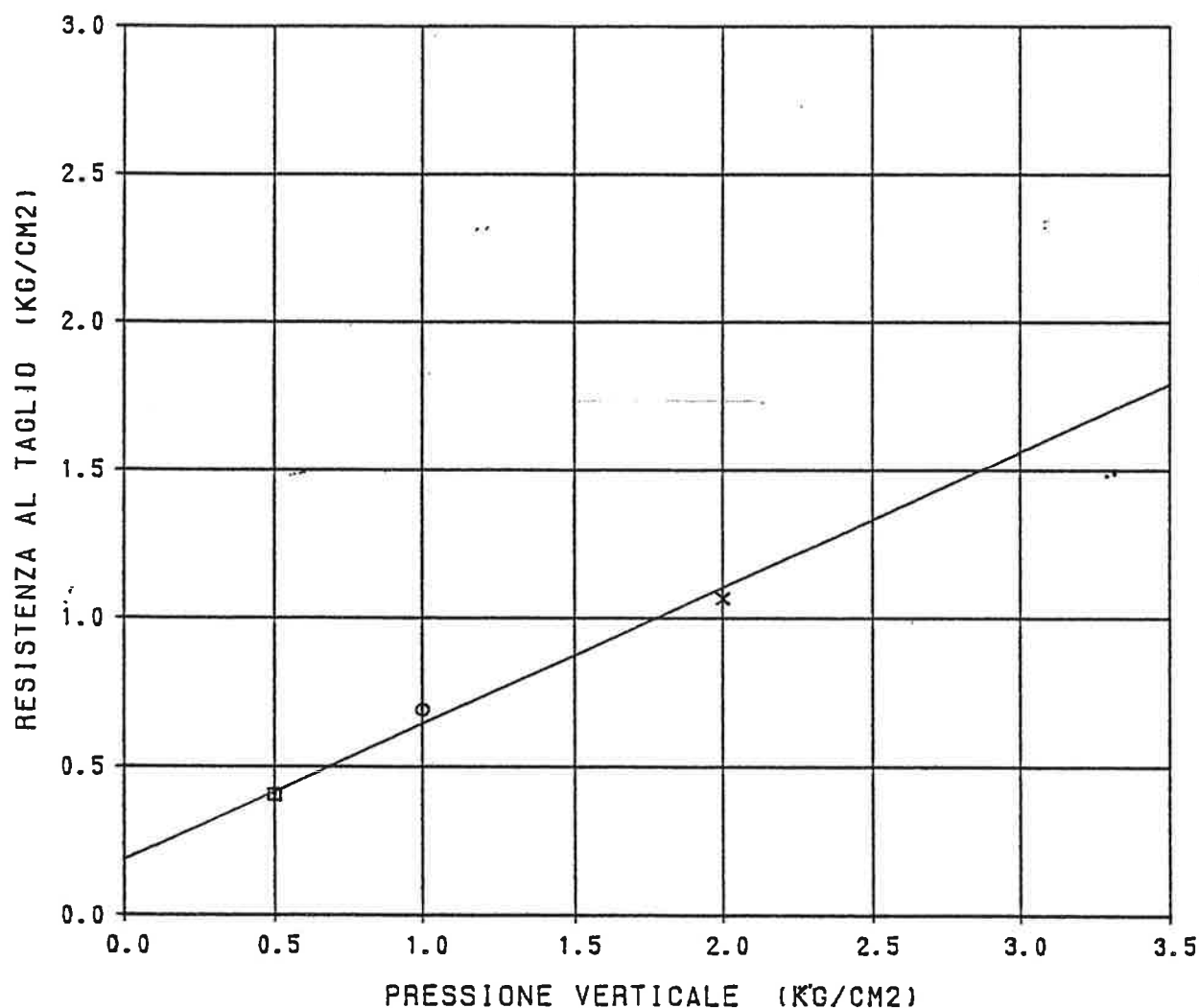


COMMITTENTE : STUDIO IOIO'- CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO (AP)

SONDAGGIO : 2  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 7.00-7.50

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM 3080)

PROVINO	1	2	3	
PESO DI VOLUME (GR/CM3)	1.908	1.872	1.864	
UMIDITA' INIZIALE (%)	23.5	22.7	21.6	
UMIDITA' FINALE (%)	28.4	26.7	27.4	



	PICCO	RESIDUO
COESIONE INTERCETTA (KG/CM2)	0.19	
ANGOLO di RESISTENZA AL TAGLIO (GRADI)	24.82	

LABORATORIO GEOMECCANICO DR.UGO SERGIO ORAZI V.ASIARI 6 PESARO

COMMITTENTE : STUDIO IOIO'-CONTI  
CANTIERE : TORRE S.PATRIZIO [AP]

SONDAGGIO : 2  
CAMPIONE : 1  
QUOTA (M) : 7.00-7.50

PROVA DI PERMEABILITA'

CARICO VARIABILE

ALTEZZA DEL CAMPIONE (CM) : 2.00  
SEZIONE DEL PERMEAMETRO (CM2) : 20.00  
SEZIONE DELLA BURETTA (CM2) : 0.70  
TEMPERATURA (°C) : 20.0  
PRESSIONE CONTENIMENTO (KG/CM2) : 1.50

Numero Provino (-)	Tempo t (SEC)	Altezze		Permeabilità K (CM/SEC)
		h1 (CM)	h2 (CM)	
1 -	147600	27.40	26.40	0.176E-07
2 -	48900	26.40	26.10	0.163E-07
3	41400	26.10	25.80	0.195E-07
MEDIA				0.178E-07

PESO DI VOLUME INIZIALE (GR/CM3) : 1.897  
UMIDITA' INIZIALE (%) : 23.5  
PESO DI VOLUME FINALE (GR/CM3) : 0.000  
UMIDITA' FINALE (%) : 0.0