

CENTRALE DI STOCCAGGIO GAS DI FIUME TRESTE (CH)

INSTALLAZIONE UNITA' ELCO-EC5

RELAZIONE GEOTECNICA

EX-DE	00	15-07-22	Emissione per enti	Baldelli	Veccia	Ambrosini	STOGIT
Stato di Validità	Numero Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato	Approvato Committente
Indice di revisione							
Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT			Nome del Progetto Installazione Unità ELCO-EC5		Identificativo Committente 041105DFLB13331 Commessa N. NS/20029/R-M01		
Logo e Denominazione Commerciale Progettista  SAIPEM					Identificativo Progettista 05-BG-E-94001 Commessa N. 023118		
Logo e Denominazione Commerciale Fornitore					Codice Fornitore n.a. Ordine N n.a.		
Nome Infrastruttura Centrale di Stoccaggio Gas di Fiume Treste			Ubicazione Cupello (CH)		Scala n.a.	Foglio di Fogli 1 /61	
Titolo Documento RELAZIONE GEOTECNICA					Sostituisce il N. Sostituito dal N.		
					Area Impianto n.a.	Unità di Impianto	

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 2 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	LOCALIZZAZIONE DEL SITO	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	14
6	INDAGINI SVOLTE	18
7	LITOSTRATIGRAFIA.....	23
	7.1 Parametri geotecnici.....	23
8	SISMICITÀ.....	29
	8.1 Valutazione della liquefazione	38
9	FONDAZIONI.....	41
11	CONCLUSIONI.....	45

Allegato 1: verifiche geotecniche agli SLU delle fondazioni superficiali

Allegato 2: verifiche geotecniche agli SLU delle fondazioni profonde su pali

Allegato 3: Stratigrafie sondaggi zona sottostazione elettrica

Allegato 4: RAPPORTO TECNICO - Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-EC5 presso la centrale gas di Fiume Treste, Cupello (CH)

Allegato 5: Certificati prove di laboratorio geotecnico

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 3 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

1 INTRODUZIONE

La Società STOGIT S.p.A., con sede legale a S. Donato Milanese (MI) in Piazza Santa Barbara 7, intende installare presso la centrale di compressione gas facente parte della concessione mineraria di Fiume Treste nel comune di Cupello (CH) una nuova unità di compressione azionata da motore elettrico (elettrocompressore, ELCO, denominato EC5).

La centrale di compressione comprende ad oggi le seguenti unità di compressione (turbogruppo accoppiato a un compressore centrifugo):

- TC1 con potenza di circa 11 MW, in esercizio.
- TC3 e TC4, entrambe con potenza di 23 MW, in esercizio.

La capacità nominale totale di impianto è di circa 30 MSm³/g.

È prevista l'installazione di una nuova unità di compressione a doppio stadio di taglia di circa 13 MW azionata da motore elettrico.

Il nuovo ELCO ha lo scopo di consentire un'ottimizzazione della gestione dell'iniezione del gas, privilegiando l'utilizzo dell'unità elettrica stessa.

L'installazione del nuovo compressore comporta il potenziamento del sistema di alimentazione elettrico della centrale attraverso una nuova alimentazione derivata dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in alta tensione.

La nuova unità di compressione è collegata ai collettori di aspirazione e di mandata con le stesse modalità delle altre unità esistenti.

Obiettivo del presente rapporto è ricostruire, coerentemente con quello che il modello geologico e stratigrafico riportato nella relazione geologica, il modello geotecnico del sito di imposta dei nuovi impianti da realizzare all'interno dell'area della centrale. Lo scopo è quello di ricostruire il modello geotecnico del sottosuolo in modo supportare correttamente la progettazione delle strutture in elevazione.

Dalla conoscenza pregressa del sito, derivante da precedenti studi effettuati in corrispondenza sia della centrale che dell'attiguo impianto di trattamento, l'area d'interesse ricade, da un punto di vista geologico, nell'ambito del "*bacino abruzzese plio-pleistocenico*".

Questo è costituito da sedimenti marini depositi in ambiente di fossa tra il Pliocene ed il Pleistocene, costituiti prevalentemente da materiali pelitici. L'area in esame, che ricade nella fascia collinare adriatica abruzzese, è costituita da formazioni pelitiche del Plio-Pleistocene come risultato della continua sedimentazione terrigena nell'avanfossa adriatica subsidente.

In particolare, dato confermato anche dall'analisi della cartografia geologica disponibile (Carta geologica a scala 1:50.000 del progetto CARG di ARPAT), la zona ricade in corrispondenza della cosiddetta *Formazione d Mutignano* (Pliocene Sup. – Pleistocene inf.) costituita da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurrognole, talora con fratture di tipo concoide. Con intercalazioni sottilissime di sabbie che generalmente

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 4 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

sono rare nella parte basale della formazione per diventare via via più abbondanti verso il tetto della stessa.

Nella maggior parte dei casi sono ricoperte da spessori anche notevoli (dell'ordine della decina di metri) di coltri eluvio-colluviali che ne obliterano l'affioramento. Tali coltri sono generalmente costituite da limi, limi argillosi e argille limose a struttura tipicamente caotica.

Dai sondaggi disponibili per la zona della centrale risulta la seguente successione stratigrafica

- Argilla: argilla marrone scuro con ciottoli ghiaiosi. Fino alla profondità di 3-6 m;
- Argilla: argilla marrone chiara con lenti grigie. Per uno spessore di 2-5.5 m.
- Argilla: stesso litotipo precedente ma di colorazione marrone e grigio-verdastra. A partire dalla profondità di 8-9 m dal p.c.

In sostanza quindi nella zona della centrale sono presenti litotipi prevalentemente coesivi pelitici riferibili alla formazione in posto plio-pleistocenica ed ai suoi prodotti di alterazione. In genere il tetto del substrato in posto poco o niente alterato è rinvenibile entro la profondità di 10 m dal p.c.

Partendo da questa conoscenza di base, si è programmata una campagna geognostica per ricostruire la successione litostratigrafica e per individuare i parametri sismici necessari per ottemperare alla normativa vigente e finalizzati a supportare la progettazione delle strutture da realizzare.

Qui di seguito si riportano i risultati delle indagini di approfondimento e la ricostruzione del modello geologico, stratigrafico, geotecnico e sismico funzionale alla fase progettuale.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 5 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato redatto in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

- **D.M. LL. PP. 11/3/88** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce”
- **OPCM n. 3274** del 20/3/03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- **OPCM n. 3316** del 20/10/2003 “Modifiche ed integrazioni all’ordinanza n. 3274 del 20/3/03”;
- **Dipartimento della Protezione Civile** – Ufficio Servizio Sismico Nazionale. Nota esplicativa dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/03. Data: 4 giugno 2003;
- **Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3431** del 3/5/05;
- **Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche**– Associazione Geotecnica Italiana – 1977;
- **Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio** – Associazione Geotecnica Italiana – 1994;
- **L.R. n. 28/2011**, recante “Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche”, modificata dalla L.R. 20 ottobre 2015, n. 32 con cui sono state attribuite a regioni e Comuni le funzioni in materia antisismica.
- **Decreto 30 Dicembre 2016, n. 3** Reg. regolamento attuativo della legge regionale 11 agosto 2011, n. 28 (norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone simiche),
- **D.M. 17 gennaio 2018** – Norme Tecniche per le Costruzioni;

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 6 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

3 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

L'impianto STOGIT di Fiume Treste è ubicato nel territorio del Comune di Cupello (CH). Si trova nella porzione meridionale del territorio comunale, non distante dai confini con i limitrofi territori dei comuni di San Salvo, a nord, e di Lentella a sud. L'area non è distante nemmeno dal confine regionale tra l'Abruzzo ed il Molise che corre in corrispondenza del fiume Trigno.

Si tratta di un'area rurale a cavallo dei primi rilievi collinari che degradano verso la piana costiera.

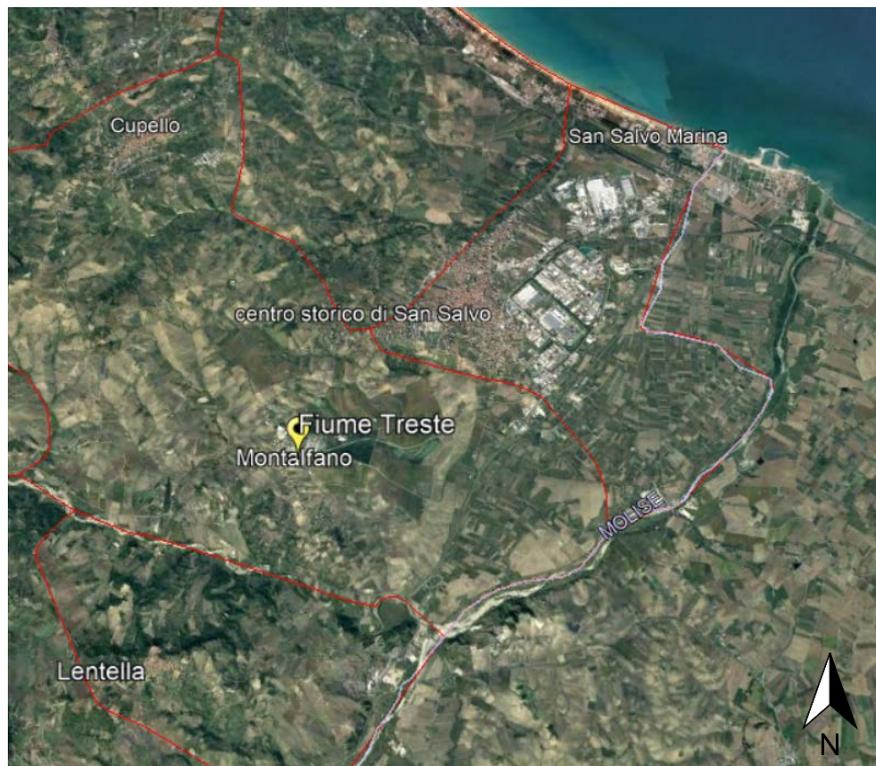


Figura 3-1: localizzazione dell'impianto Stogit del Fiume Treste. La linea rossa indica i limiti comunali.

Le coordinate del sito di interesse, nei principali sistemi di riferimento, sono riportati nella tabella seguente:

	Latitudine (°)	Longitudine (°)
WGS84	42.024787	14.703669
ED50	42.025757	14.704547

Figure 3-1: coordinate del sito nei principali sistemi di riferimento geografici

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 7 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Al catasto dei terreni l'area di imposta della centrale è contraddistinta con le particelle 54; 4117; 4119 e 4120 del Foglio 24 del comune di Cupello (CH). In Figura 3-3 è riportato uno stralcio del foglio catastaie in oggetto.



Figura 3-2: Impianto STOGIT di Fiume Treste. Il bordo rosso indica la centrale; il bordo giallo l'impianto trattamento.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 8 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

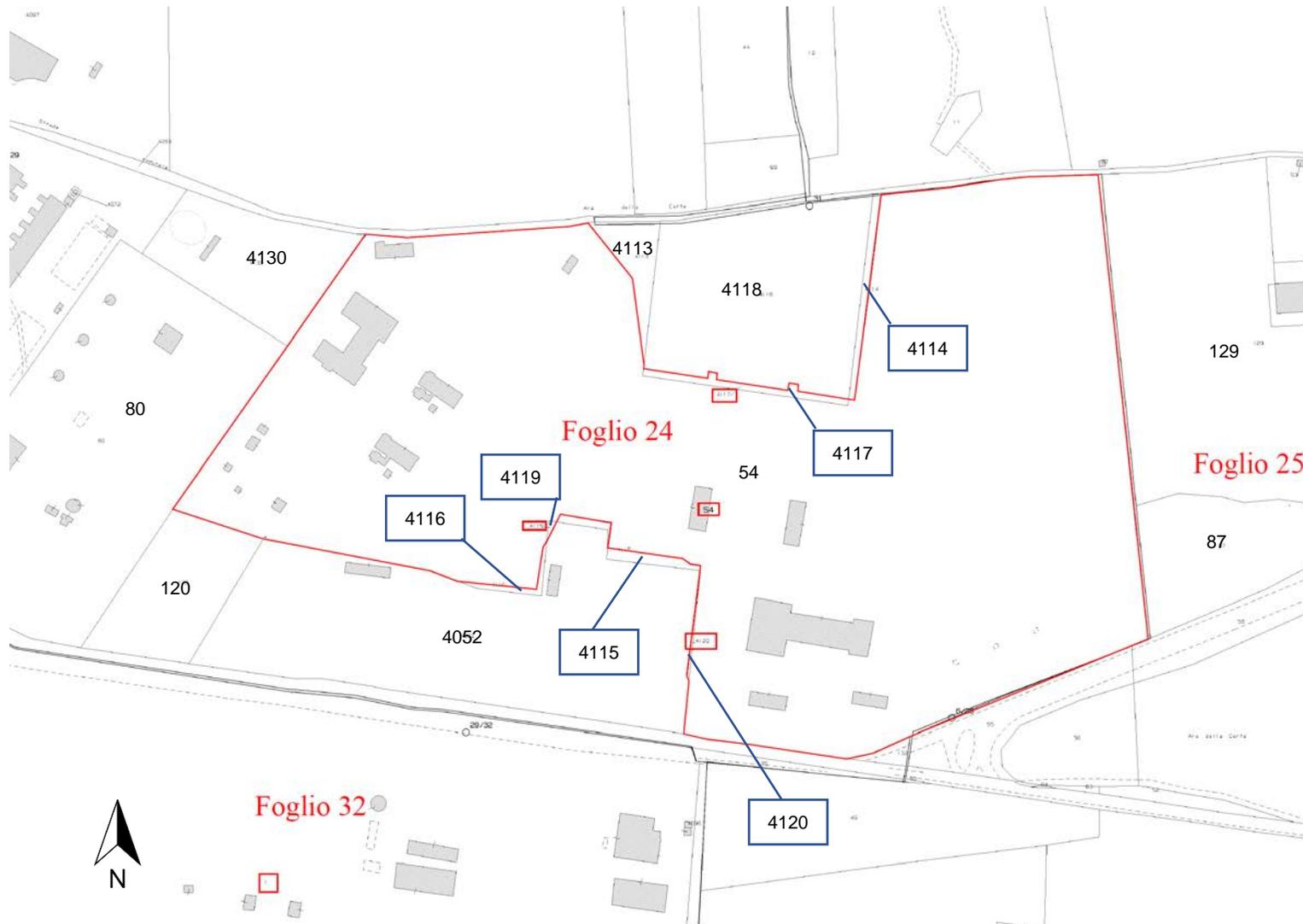


Figura 3-3: stralcio della planimetria catastale (non in scala)

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 9 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito di interesse ricade in corrispondenza dei depositi di avanfossa, caratterizzati da depositi marini plio-pleistocenici.

Si tratta di depositi marini di natura torbidityca che, a seconda della distalità dalla allora linea di costa, hanno risentito più degli apporti grossolani (sabbie) per i depositi più prossimi, piuttosto che di quelli più fini (argille) per i depositi più distali.

Nel dettaglio, facendo riferimento allo stralcio della carta geologica riportata in Figura 4-2, si hanno:

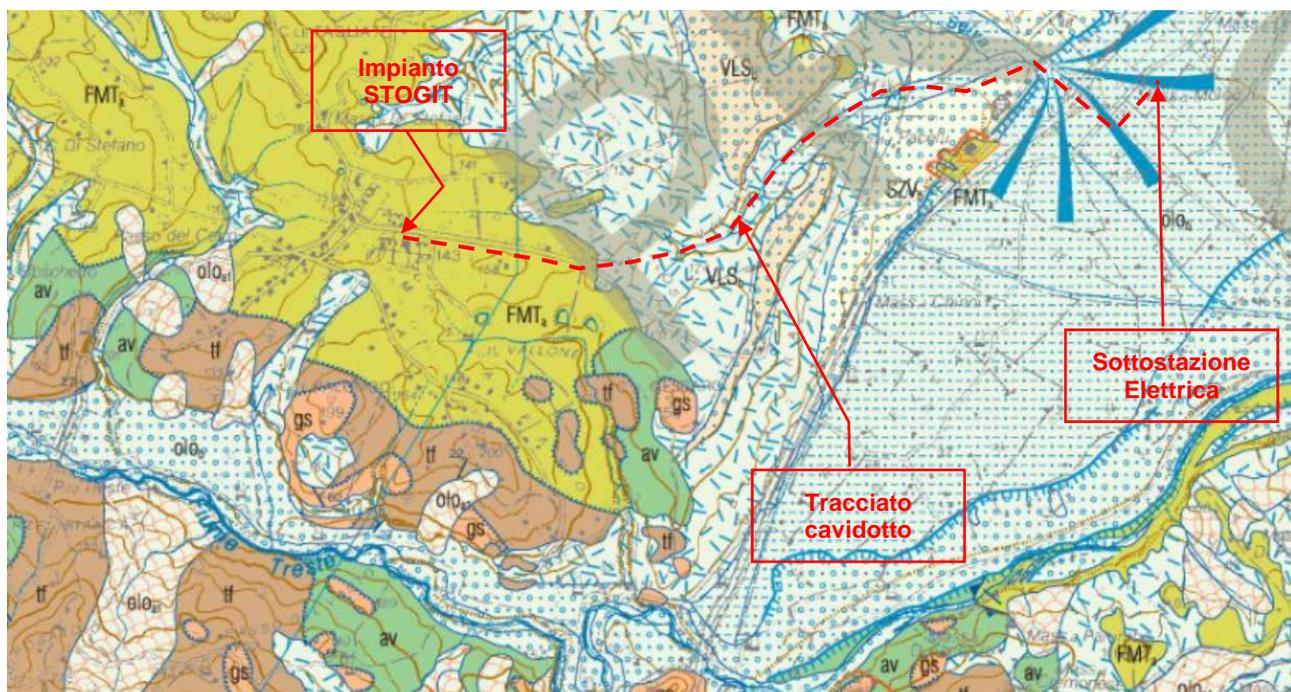
- **UNITA' DEL FIUME TRESTE (UTS)** (*Cretaceo sup. – Miocene sup.*): sono cartografati olistoliti e/o olisostromi che costituiscono le *unità del Fiume Treste*. Queste sono rappresentate da lembi di *argille variegatae (av)*, di *formazione di Tufillo (tf)* e dell'associazione gessosa (**gs**). Nello specifico si tratta di:
 - **Gruppo delle argille Variegatae (av)**: sono costituite da argille più o meno marnose, di colore dal rosso violaceo al brunastro, dal grigio al verde oliva, plastiche. Si rinvencono al loro interno brandelli litologici che contribuiscono a rendere l'insieme un "complesso caotico";
 - **Formazione di Tufillo (tf)**: è costituita prevalentemente da marne e marne calcaree, grigie, verdi e bianche;
 - **Associazione Gessosa (gs)**: è costituita da corpi di gessi selenitici con strutture a "coda di rondine" e gessi microcristallini bianchi e grigi, in grossi banchi e strati. I lembi di questa formazione si rinvencono spesso immersi all'interno delle *Argille Variegatae* o al tetto della *formazione di Tufillo*.
- **FORMAZIONE DI MUTIGNANO (FMT)**: appartiene alla successione marina del Pliocene sup. – Pleistocene p.p. I termini della *formazione di Mutignano* sono riferibili ad ambienti che vanno dall'offshore allo shoreface. Lo spessore della formazione è di oltre 200 m. Si possono distinguere diverse litofacies:
 - **Associazione pelitico-sabbiosa (FMT_a)**: è il termine più basso della formazione. Ad eccezione di aree calanchive lungo i corsi fluviali, la formazione è difficilmente in affioramento. È costituita da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche. Le sabbie diventano maggiormente presenti alla base dell'associazione. Mentre verso l'alto sono predominanti le argille, soprattutto presenti a sud di Cupello. Lo spessore è valutabile in almeno 170 m;
 - **Associazione sabbioso-pelitica (FMT_c)**: sono i termini di transizione con la sottostante *associazione pelitico-sabbiosa* e la sovrastante *associazione sabbioso-conglomeratica*. È costituita da alternanze di sabbie e sabbie siltose grigiastre sottilmente laminate. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dall'alto verso il basso. Lo spessore dell'associazione è di poche decine di metri, in genere meno di 30 m. L'ambiente deposizionale è riconducibile alla transizione tra il sistema offshore e il sistema deltizio;
 - **Associazione sabbioso-conglomeratica (FMT_d)**: i massimi spessore in affioramento sono di circa 40 m. Si tratta di sabbie da poco a scarsamente cementate da fini a molto grossolane, ben classate, di colore giallastro, con bioturbazioni, in strati da fini a medio-spessi. Alle sabbie si intercalano livelli di

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 10 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli decimetrici calcarei o, in subordine, silicei.

- **UNITA' DI COLLE ZINGARO (CZN)** (*Pleistocene p.p.*): appartiene ai depositi della successione del Quaternario continentale che affiorano prevalentemente lungo la valle del F. Trigno, oltre che lungo la piana costiera. I depositi fluviali e di conoide sono organizzati in più ordini di terrazzi. Sono costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con intercalazioni di livelli e lenti decimetriche di sabbie. Le ghiaie sono riferibili ad ambiente fluviale o di conoide alluvionale.
- **DEPOSITI OLOCENICI (olo)**: sono depositi continentali dell'Olocene p.p., formati per effetto della gravità o della capacità erosiva e di trasporto dei fiumi. Nell'area di interesse sono distinguibili:
 - *Depositi di frana (olo_{a1})*: affiorano diffusamente nei pressi dell'area di studio. Sono caratterizzati da litologie differenti, funzione di quelli interessati dai processi di dissesto. Si presentano in genere come depositi poligenici in assetto caotico.
 - *Depositi alluvionali (olo_b)*: nell'area questi depositi affiorano lungo il fondovalle del fiume Trigno. Costituiscono inoltre la conoide alluvionale che si sviluppa allo sbocco del fosso della Selva sulla piana alluvionale del Fiume Trigno. Lungo la piana sono presenti fino a 9 m più alti rispetto all'alveo attuale. Depositi sabbiosi-ghiaiosi, con lenti di argille e torbe, sono presenti lungo la piana alluvionale del fiume Treste e Trigno. I depositi ghiaiosi sono costituiti da clasti, poligenici, di dimensioni decimetriche e centimetriche, con intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi. Nella parte alta prevalgono i livelli limoso-sabbiosi bruni e grigi con ciottoli sparsi riferibili a facies di canale o di barra di sistemi deposizionali tipo braided. Lo spessore è variabile da pochi metri a circa 15 m in corrispondenza dell'alveo del fiume Trigno.
 - *Coltre eluvio-colluviale (olo_{b2})*: è costituita da limi, argille e sabbie, da grigiastri a bruno-rossastri, con sparsi clasti centimetrici arenacei, selciferi e calcarei. Sono presenti frequenti concrezioni calcaree, particolarmente sviluppate in corrispondenza del contatto con le unità sottostanti. È caratterizzata da una struttura interna generalmente massiva e costituisce il prodotto dell'alterazione dei depositi pelitico-sabbiosi della successione marina terrigena e dei sistemi più antichi. Lo spessore varia da pochi metri a oltre 10 m. Le coltri eluvio-colluviali sono ubicate lungo i principali versanti collinari, nelle aree di raccordo dei versanti con i fondovalle e lungo le numerose vallecicole. Possono essere presenti anche alla sommità tabulare dei rilievi collinari. Le coltri eluvio-colluviali, che coprono diffusamente con spessori variabili le successioni marine e continentali, possono presentare un'evoluzione complessa e articolata lungo tutto l'Olocene e, in alcuni casi, probabilmente a partire anche dal Pleistocene superiore.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 11 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	



Depositi olocenici

Depositi di frana poligenici in assetto caotico. In generale sono formati da blocchi conglomeratici, imballati in depositi sabbioso-argillosi (nelle aree di affioramento della Successione marina del Pliocene superiore - Pleistocene), o da blocchi di calcari o gessi di dimensione fino a decametrica, imballati in terreni argillosi grigi (nelle aree di affioramento dell'Unità del F. Treste) (olo₄).

Sabbie e ghiaie alluvionali, con livelli e lenti di argille e torbe; i livelli ghiaiosi sono costituiti da clasti, poligenici, di dimensioni da decimetriche a centimetriche, da sub-angolosi ad arrotondati, con intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi; nella parte alta possono divenire prevalenti livelli limoso-sabbiosi bruni e grigi con ciottoli sparsi, riferibili ad ambienti di piana esondabile. Alternanze di ghiaie e sabbie a stratificazione pianoparallela o incrociata riferibili ad ambiente di conoide alluvionale. La base è costituita dal contatto erosivo con i depositi del substrato argilloso o dal contatto con i depositi continentali più antichi; il limite superiore è costituito dalla superficie del deposito localmente rimodellata dall'attività antropica (olo₃).

Coltre eluvio-colluviale costituita da limi, argille e sabbie, con sparsi clasti centimetrici arenacei, selciferi e calcarei; sono presenti frequenti concrezioni calcaree particolarmente in corrispondenza del contatto con le unità sottostanti (olo_{2a}).

Prodotto eluviale costituito da limi e argille brune e grigie laminate e bioturbate (olo_{2b}).

Sabbie eoliche a granulometria medio-fine, ben classate, sciolte o debolmente addensate (olo₁).

Peliti e peliti sabbioso-ciottolose palustri, terreni di bonifica, torbe e sedimenti limno-palustri (olo₀).

Sabbie di spiaggia a granulometria medio-fine sciolte, ghiaie con ciottoli eterometrici di forma generalmente discoidale, da arrotondati a subarrotondati (olo₁).

Depositi antropici caotici eterometrici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti (olo₀).

OLOCENE - ATTUALE



olo



CZN

UNITÀ DI COLLE ZINGARO

Conglomerati eterometrici, con lenti e livelli sabbiosi, riferibili ad ambiente fluviale. Il limite inferiore è erosivo sui litotipi argillosi delle successioni marine (FMT₁); il tetto è costituito dalla topografia attuale che si presenta profondamente rimodellata rispetto alla morfologia originaria dei depositi. Lo spessore affiorante è di pochi metri. Questi depositi sono presenti a quote comprese tra circa 120 e 160 m sul fondovalle.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.?

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 12 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

FORMAZIONE DI MUTIGNANO

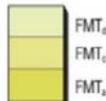
Sabbie ed arenarie da fini a molto grossolane di colore giallastro, frequentemente bioturbate, in strati da sottili a spessi, con lenti e livelli conglomeratici, con clasti calcarei e silicei generalmente ben arrotondati. Le sabbie presentano stratificazioni incrociate sia a basso sia ad alto angolo, con clinostatificazione prevalente verso nord. Le laminazioni sono generalmente incrociate a basso ed alto angolo, sia planari sia a trugolo e spesso bidirezionali, con ripples simmetrici tipici di ambiente di spiaggia sia emerso che sommerso e di piana intertidale. In questi casi possono localmente essere intercalate a sottili livelli siltosi o argillosi, generalmente massivi o sottilmente laminati, che spesso drappeggiano le strutture sedimentarie sottostanti. Gli affioramenti sono localizzati nella porzione settentrionale del Foglio. Lo spessore massimo osservabile si aggira sui 30-40 metri nel settore a nord di Vasto. associazione sabbioso-conglomeratica (FMT₂).

Alternanze di sabbie e sabbie siltose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille siltose grigiastre sottilmente laminati. Sono presenti strutture trattive e rari ciottoli arrotondati. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sottile a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari ad 1. Rappresenta il termine di transizione tra la sottostante associazione pelitico-sabbiosa e la sovrastante associazione sabbioso-conglomeratica. L'ambiente deposizionale è riconducibile alla transizione tra il sistema di offshore e il sistema deltilio. Gli affioramenti sono molto limitati e localizzati a Monte Gazzano, nella zona centrale del Foglio. Lo spessore della successione è molto ridotto e si aggira sui 5-10 metri. associazione sabbioso-pelitica (FMT₁).

Argille ed argille marnose di colore grigio azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, sabbie limose e sabbie microconglomeratiche. Le intercalazioni sabbiose possono presentare laminazione pianoparallela e incrociata. Il rapporto sabbia/argilla è sempre nettamente inferiore all'unità. Localmente sono presenti livelli fossiliferi a pecten, gasteropodi e molluschi. La maggiore concentrazione di sabbie si ha in corrispondenza della porzione più bassa affiorante della successione, nei pressi della località Montalfano, mentre verso l'alto sono predominanti le argille, ben visibili nelle forme calanchive che si sviluppano a S di Cupello. Sulla base dei caratteri generali delle facies l'ambiente dovrebbe corrispondere ad un'area di offshore al largo di un sistema deltilio. Caratterizza gli affioramenti delle porzioni centro-meridionali del Foglio. Lo spessore affiorante della litofacies è valutabile in almeno 170 m. associazione pelitico-sabbiosa (FMT₁).

Lo spessore complessivo della formazione è di almeno 200 m.

PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE INFERIORE p.p.



UNITÀ DEL FIUME TRESTE (UTS)

Si tratta di un complesso caotico costituito da:

gs: blocchi, fino alla scala chilometrica, di gessi selenitici con strutture a "coda di rondine" e gessi microcristallini bianchi e grigi, localmente ricristallizzati, in grossi banchi e strati. Le dimensioni dei cristalli variano con lo spessore degli strati. La stratigrafia è costituita da livelli di diatomiti e marne triplice alla base; seguono gessi primari microcristallini passanti verso l'alto a gessi laminati con strutture pianoparallele e crenulate, costituite da gessoruditi, gessareniti e gessosilti (balatino) (confluenza del Fiume Trigno col Fiume Treste), variamente alternati, ma in generale con gradazione granulometrica normale. La porzione sommitale degli affioramenti è in genere occupata da pochi metri (massimo 15 m) di litofacies biancastre, in grosse bancate, dall'aspetto massivo e farinoso, riconducibili alla dissoluzione dei gessi in ambienti subaereo. Lo spessore complessivo della successione affiorante si aggira sui 70 m. L'età è Messiniano. Associazione gessosa;

tf: calcari marnosi e marne argillose grigio-verdoline e bianche, ricche in foraminiferi planctonici a cui s'intercalano strati medi di torbiditi calcarenitiche, biocalcarenitiche, calcari compatti avana con sottili intercalazioni di marne chiare e selce marrone. Questa unità affiora estesamente alla base del versante meridionale di Colle Palumbo fin sotto le rupi gessose di Lentella. Lo spessore osservabile in affioramento è compreso tra i 25-50 m. L'età è Serravalliano inferiore - Tortonian. formazione di Tuffillo;

av: argille più o meno marnose, di colore dal rosso violaceo al brunastro, dal grigio al verde oliva e dalla reologia fortemente plastica. Al loro interno si rinvencono in modo diffuso brandelli di litologie diverse, con rapporti privi di valore stratigrafico, generalmente di piccole dimensioni che, fuitati nell'ammasso argilloso, partecipano a rendere l'insieme un "complesso caotico". Localmente assumono il ruolo di "coltre", drappeggiando e mascherando i limiti delle altre unità: si rinvencono infatti sull'associazione gessosa (gs) e sulla formazione di Tuffillo (tf). A Colle Gessaro sono ricoperte, attraverso un contatto discordante, dalla formazione di Mutignano. Lo spessore osservabile in affioramento si aggira sui 100 m. L'età è Cretaceo superiore ? - Miocene inferiore. Gruppo delle Argille Variegate.

Non è possibile ricostruire l'originario rapporto stratigrafico né gli spessori delle formazioni coinvolte, sia a causa delle pessime condizioni di affioramento che per le caratteristiche litologiche delle formazioni stesse.

CRETACEO SUPERIORE ? - MESSINIANO



Figura 4-1: stralcio della carta geologica a scala 1:50.000 (da ISPRA – CARG)

Logo e Denominazione Commerciale Committente 	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 13 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Nell'area di studi le *Unità del Fiume Treste* affiorano lungo i fianchi collinari che bordano la valle del Fiume Treste. Costituiscono i versanti di raccordo tra i rilievi collinari e la sottostante piana alluvionale.

L'impianto STOGIT in progetto ricade invece in corrispondenza di un rilievo collinare caratterizzato dai litotipi Plio-pleistocenici riferibili alla *Formazione di Mutignano*. In particolare è l'*Associazione pelitico-sabbiosa (FMT_a)* caratterizzata da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalati livelli sottili di sabbie gialle, e sabbie limose.

I versanti dei rilievi collinari sono caratterizzati dalla presenza di coltri eluvio-colluviali che spesso sono coinvolti in processi gravitati che evolvono in frane vere e proprie.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 14 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade in corrispondenza dei primi rilievi collinari che bordano la piana costiera adriatica.

Si tratta di bassi e dolci rilievi collinari che senza soluzione di continuità si raccordano con le sottostanti pianure.

La centrale STOGIT ricade alla sommità di uno di questi primi rilievi collinari.

La quota della centrale è compresa tra 140 m sul l.m. e poco più di 150 m sul l.m. La centrale STOGIT è infatti articolata su almeno due livelli principali che tengono conto dell'originario andamento topografico. Gli originari elementi morfologici sono infatti stati profondamente modificati per la realizzazione delle aree pianeggianti dove sono stati realizzati gli impianti.

Attualmente la zona risulta dunque gradonata per i lavori di sbancamento e riporto per il livellamento delle aree di imposta. La zona è stata scelta perché si prestava a questa gradonatura in quanto già caratterizzata da basse pendenze. I versanti circostanti la centrale sono tutti dotati di pendenze contenute, dell'ordine del 10% -12%, pari ad angoli di pendio 5° – 7°.

I dislivelli, visto le quote massime, sono anch'essi molto contenuti. Rispetto agli impluvi che caratterizzano il rilievo i dislivelli sono di poche decine di metri, al massimo 30 – 50 m, mentre di poco più di 100 m rispetto alle sottostanti piane alluvionali del Fiume Treste, che delimita il piede del rilievo verso sud, e quella del fiume Trigno che invece marca il rilievo sul lato orientale.

Le quote massime limitate, i dislivelli contenuti e le modeste pendenze sono tutti indici morfometrici testimoni della bassa energia di rilievo che caratterizza questa porzione di regione collinare a ridosso della linea di costa adriatica.

Nelle figure seguenti si riportano stralci della carta tecnica regionale dove si può osservare l'andamento topografico del rilievo dove si colloca l'impianto.

La zona di imposta ricade in corrispondenza dell'alto morfologico dove arrivano le testate di blandi impluvi idrici secondari. Questi si manifestano con piccole vallecole che risalgono il rilievo fino in sommità. Per il livellamento dell'area sono stati gradonati i pendii con lo sbancamento delle pareti a ridosso delle vallecole, gli impluvi mentre gli impluvi sono stati colmati con il riporto. L'assetto morfologico su descritto è particolarmente evidente nella chiusura di valle dell'impianto, dove un muro ortogonale all'impluvio contiene il riporto che si raccorda con i versanti circostanti.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 15 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

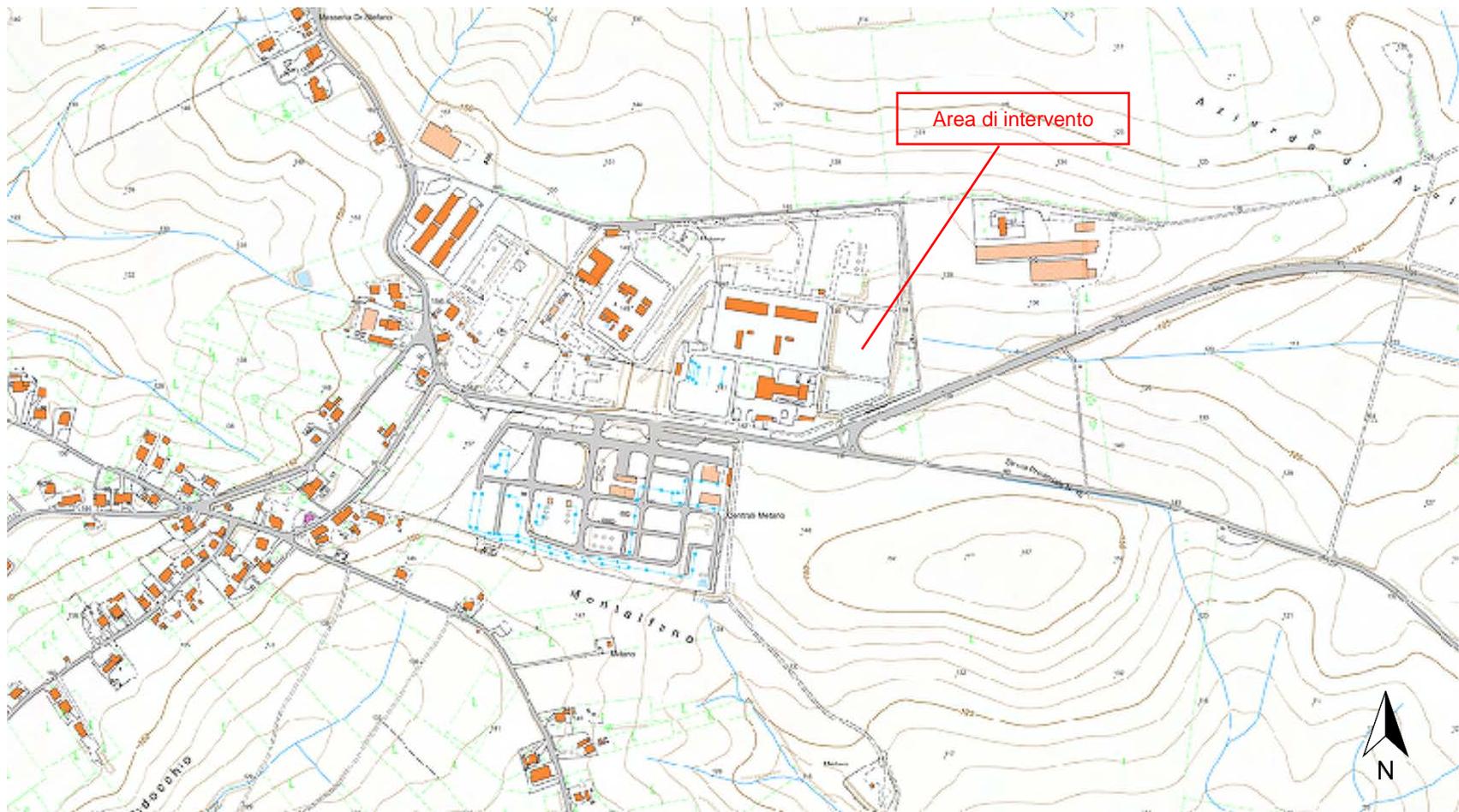


Figura 5-1: stralcio della carta tecnica regionale a scala 1:10.000

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 16 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	



Figura 5-2: stralcio della carta tecnica regionale a scala 1:5000

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 17 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

Per la configurazione di alto morfologico, in corrispondenza di un basso e dolce pendio, la stabilità è buona: non sono state rilevate forme di dissesto in atto o potenziale e tutte le strutture sono perfettamente integre.

Lungo i pendii circostanti sono invece rilevabili forme gravitate in atto. La buona stabilità del sito dell'impianto e la presenza di processi gravitativi in atto lungo i versanti circostanti è documentata anche nella carta IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) di cui si riporta uno stralcio nella successiva Figura 5-3.

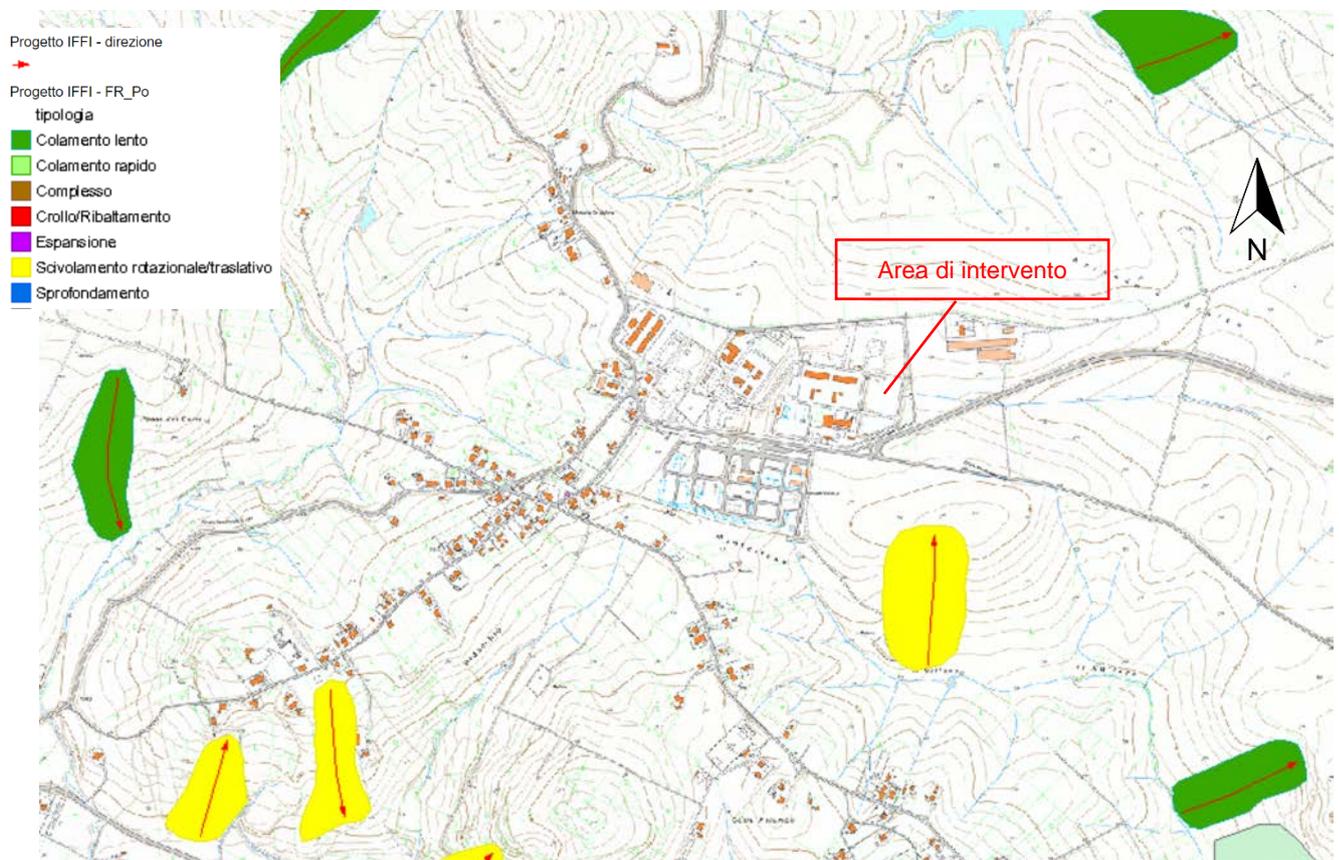


Figura 5-3: stralcio della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi (da Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica)

Si tratta di fenomeni franosi riconducibili a colamenti lenti o a scivolamenti rototraslativi, generalmente che interessano le coltri di ricopertura eluvio-colluviali. Tutti fenomeni censiti sono distanti dall'area di intervento e non possono interessarla in nessun modo.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 18 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

6 INDAGINI SVOLTE

In corrispondenza delle aree di intervento, nel marzo 2022 sono stati eseguiti n. 7 sondaggi geognostici, più altri 4 a carattere ambientale per il campionamento delle terre e rocce da scavo.

Le profondità raggiunte dai sondaggi sono riportate nella successiva tabella

Sondaggio n.	Profondità m	Strumentazione foro
S1	20.00	Piezometro a tubo aperto
S2	20.00	
S3	20.00	
S4	30.00	Tubazione per Down Hole
S5	20.00	Piezometro a tubo aperto
S6	20.00	
S7	20.00	
SA1	3.00	
SA2	3.00	
SA3	3.00	
SA4	3.00	

Tabella 6-1: Sondaggi eseguiti

I primi 3 m dei sondaggi geognostici sono stati eseguiti con criteri ambientali per il prelievo dei campioni di caratterizzazione analitica.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione CMV MK 600D carrocingolata. Per le caratteristiche della sonda, il numero dei campioni prelevati e le stratigrafie dettagliate si rimanda al RAPPORTO TECNICO sulle indagini geognostiche allegato in fondo a questo rapporto.

In corrispondenza dei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati ed eseguite prove penetrometriche in foro SPT a seconda della natura del materiale incontrato (coesivo o granulare). In totale sono stati prelevati n. 11 campioni indisturbati ed eseguito n. 9 prove SPT in foro. I campioni di terreno indisturbato sono stati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico di caratterizzazione e per la determinazione dei parametri geotecnici.

E' stata eseguita una prova Dawn Hole in foro, fino alla profondità di 30 m, per la determinazione delle velocità delle onde di taglio dei terreni attraversati. Si sono inoltre eseguite n. 5 misure sismiche passive di tipo HVSR. Con una durata della registrazione pari a 25 min ognuna.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 19 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nelle successive figure prodotte su immagini di Google Earth.



Figura 6-1: ubicazione delle indagini geognostiche ed ambientali. S: sondaggi geognostici; SA: sondaggi ambientali.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 20 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	



Figura 6-2 : Ubicazione indagine. Dettaglio dell'immagine precedente. S: sondaggi geognostici; SA: sondaggi ambientali.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 21 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	



Figura 6-3: area sottostazione elettrica – ubicazione indagini (SA: Sondaggi Ambientali; S: Sondaggi geognostici)

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 22 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

In corrispondenza della sottostazione elettrica sono stati realizzati n. 2 sondaggi geognostici e n. 4 sondaggi ambientali ubicati come da planimetria riportata in Figura 6-3.

Le profondità raggiunte sono riportate nella tabella seguente:

Sondaggio n.	Profondità m
S1	20.00
S2	20.00
S1A	3.00
S2A	3.00
S3A	3.00
S4A	3.00

Tabella 6-2: indagini geognostiche ed ambientali eseguite in corrispondenza della zona della sottostazione elettrica

In allegato si riportano le stratigrafie dei sondaggi il report sulle indagini eseguite (allegato 3 e allegato 4).

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 23 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

7 LITOSTRATIGRAFIA

Con i dati disponibili è possibile ricostruire il seguente schema stratigrafico che caratterizza l'area di imposta e che conferma quanto osservabile e ricostruibile dal rilievo di superficie.

In sintesi la successione stratigrafica è così ricostruibile:

- **Riporto:** terreno di riporto per il livellamento dell'area costituito da ghiaia e trovanti di natura prevalentemente calcarea. Con matrice sabbioso-limosa. Per spessori variabili da poco più di un metro ai margini dell'impianto, a oltre 4-5 m nelle zone centrali di valle;
- **Coltre colluvio eluviale:** argille limose con inclusi sabbiosi. Consistenti e mediamente plastiche, a struttura caotica. Con concrezioni carbonatiche. Di colorazione nocciola brunastra. Fino a profondità di 9 – 10 m dal p.c.;
- **Formazione pliocenica in posto:** argille, argille marnose grigiastre molto consistenti intercalate a livelli e strati di sabbie ben addensate grigie. Ben stratificate.

I livelli sabbiosi possono essere sede di una modesta circolazione idrica che potrebbe originare falde a profondità modeste.

La sottostazione elettrica ricade invece nella piana alluvionale del fiume Trigno. In corrispondenza di questa piana sono presenti depositi alluvionali prevalentemente fini, limi, limi argillosi brunastri, che ricoprono il banco ghiaioso. Nell'area il banco ghiaioso è rinvenibile a profondità di oltre 18 m di profondità.

7.1 Parametri geotecnici

Sono disponibili per il sito di interesse diverse prove penetrometriche eseguite in passato per progetti diversi. In particolare si fa riferimento alle prove disponibili nella Relazione Geologica e Sismica relativa alla Centrale di Stocaggio a firma del geol. Linda Collina del Luglio 2018. L'elaborazione delle prove è riportata nelle seguenti tabelle dove le sigle stanno ad indicare:

- **M:** modulo edometrico (kg/cm^2)
- **γ_t :** peso dell'unità di volume totale (t/m^3).
- **E_s :** Modulo di elasticità longitudinale o modulo di Young (kg/cm^2);

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 24 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

- **Su**: Coesione non drenata (kg/cm²);
- **Dr**: Densità relativa (%);
- ϕ : Angolo d'attrito interno (°).

Prova penetrometrica CPTU 1– 13,00 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm ²)	E _s (kg/cm ²)	Su (kg/cm ²)	Dr (%)	ϕ (°)	Y' (t/m ³)
1	Da -0,20 a -1,40 metri dal p.c.							
	Terreno di riporto	coerente	12,24	216	0,072	-	-	1,61
2	Da -1,40 a -3,25 metri dal p.c.							
	Terreno molto compatto - Argilla	coerente	555	693	2,74	-	-	1,9
3	Da -3,25 a -8,50 metri dal p.c.							
	Argilla	coerente	419	590	2,13	-	-	1,92
4	Da -8,50 a -13,00 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	828	1341	4,105	-	-	2

Prova penetrometrica CPTU 2– 13,00 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm ²)	E _s (kg/cm ²)	Su (kg/cm ²)	Dr (%)	ϕ (°)	Y' (t/m ³)
1	Da -0,20 a -1,30 metri dal p.c.							
	Terreno di riporto	coerente	9,1	216	0,051	-	-	1,57
2	Da -1,30 a -3,30 metri dal p.c.							
	Terreno molto compatto - argilla	coerente	525	693	2,57	-	-	1,97
3	Da -3,30 a -8,60 metri dal p.c.							
	Argilla	coerente	424	599	2,14	-	-	1,93
4	Da -8,50 a -13,00 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	830	1383	4,12	-	-	2

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 25 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Prova penetrometrica CPTU 3– 15,00 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm ²)	E _s (kg/cm ²)	Su (kg/cm ²)	Dr (%)	φ (°)	Y' (t/m ³)
1	Da -2,70 a - 7,00 metri dal p.c.							
	Argilla	coerente	284	637	1,57	-	-	1,88
2	Da -7,00 a -15,00 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	1084	1536	5,38	-	-	2,07

Prova penetrometrica CPTU 4– 11,00 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm ²)	E _s (kg/cm ²)	Su (kg/cm ²)	Dr (%)	φ (°)	Y' (t/m ³)
1	Da -1,10 a - 2,00 metri dal p.c.							
	Sabbia e sabbia limosa	incoerente	853	664	-	76	43	1,98
2	Da -2,00 a -11,00 metri dal p.c.							
	Argilla	coerente	308	485	1,585	-	-	1,89

Prova penetrometrica CPTU 5– 9,50 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm ²)	E _s (kg/cm ²)	Su (kg/cm ²)	Dr (%)	φ (°)	Y' (t/m ³)
1	Da -0,20 a -1,00 metri dal p.c.							
	Sabbia e sabbia limosa	incoerente	346	336	-	78,8	43,3	1,84
2	Da -1,00 a -1,90 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	216	331	1,08	-	-	1,82
3	Da -1,90 a - 3,25 metri dal p.c.							
	Terreno molto compatto - argilla	coerente	594	756	3,03	-	-	2
4	Da -3,25 a -9,50 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	825	996	4,21	-	-	2

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 26 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Prova penetrometrica CPTU 6– 10,00 m								
N.	litologia	Natura del terreno	M (kg/cm²)	E_s (kg/cm²)	Su (kg/cm²)	Dr (%)	φ (°)	Y' (t/m³)
1	Da –1,40 a –3,55 metri dal p.c.							
	Argilla	coerente	175	717	0,94	-	-	1,83
2	Da –3,55 a –10,00 metri dal p.c.							
	Argilla e argilla limosa	coerente	833	1005	4,25	-	-	2

I dati disponibili sono stati integrati con i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni indisturbati prelevati in questa fase di indagine.

I risultati sono riassunti nella Tabella 7-2.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 27 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

CAMPIONE		S1 SH1 7,0/7,5m	S2 SH1 9,0/9,5m	S2 SH2 11,2/11,7m	S3 SH1 9,5/10,0m	S4 SH1 7,2/7,7m
Contenuto in acqua	%	26,0	25,8	24,5	24,4	25,5
Massa volumica	Mg/m ³	1,96	1,99	2,01	2,00	1,99
Massa volumica secca	Mg/m ³	1,56	1,58	1,61	1,61	1,59
Massa volumica granuli solidi	Mg/m ³	2,70	2,69	2,72	2,71	2,71
Indice dei vuoti	-	0,736	0,701	0,685	0,686	0,709
Grado di saturazione	-	0,95	0,99	0,97	0,96	0,97
Passante 0,075 mm	%	95,0	96,1	95,5	97,0	97,2
Limite di liquidità	%	43,8	50,7	45,3	56,4	41,4
Indice di plasticità	%	19,2	28,2	23,6	34,3	18,6
Indice di consistenza	-	0,93	0,88	0,88	0,93	0,85
Classificazione U.S.C.S.	-	CL	CH	CL	CH	CL
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	108	-	101	103
Modulo edometrico	50/100 kPa	kPa	12821	-	-	11111
	100/200 kPa	kPa	9804	-	14493	9615
	200/400 kPa	kPa	8333	-	9524	11111
Modulo di taglio iniziale	MPa	-	-	-	-	80,76
Smorzamento iniziale	%	-	-	-	-	2,16

CAMPIONE		S5 SH1 7,5/8,0m	S5 SH2 12,0/12,5m	S6 SH1 9,0/9,5m	S7 SH1 9,0/9,5m	S7 SH2 12,3/12,8m
Contenuto in acqua	%	22,0	20,8	24,0	23,9	22,6
Massa volumica	Mg/m ³	2,05	2,07	2,02	2,03	2,04
Massa volumica secca	Mg/m ³	1,68	1,71	1,63	1,64	1,66
Massa volumica granuli solidi	Mg/m ³	2,69	2,68	2,72	2,73	2,71
Indice dei vuoti	-	0,601	0,564	0,670	0,666	0,629
Grado di saturazione	-	0,98	0,99	0,97	0,98	0,97
Passante 0,075 mm	%	96,7	96,5	97,4	95,7	98,0
Limite di liquidità	%	55,0	47,0	50,7	46,8	44,7
Indice di plasticità	%	31,3	24,9	26,0	24,4	21,6
Indice di consistenza	-	1,05	1,05	1,03	0,94	1,02
Classificazione U.S.C.S.	-	CH	CL	CH	CL	CL
Resistenza al taglio non drenata	kPa	-	267	207	-	210
Modulo edometrico	50/100 kPa	kPa	-	-	-	-
	100/200 kPa	kPa	-	-	10526	16129
	200/400 kPa	kPa	-	-	10363	13423
Modulo di taglio iniziale	MPa	-	132,87	-	-	-
Smorzamento iniziale	%	-	2,30	-	-	-

Tabella 7-1: tabella riassuntiva dei risultati delle prove di laboratorio geotecnico

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 28 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

I campioni S1-SH1; S2-SH1; S3-SH1; S4-SH1; S6-SH1 e SH7-SH1 sono riferibili alla coltre superficiale. Il campione SH7-SH2 è riferito alla fascia eluviale. I campioni S2-SH2, S5-SH1 e S5-SH2 sono invece riferiti alla formazione di base.

Dovendo sintetizzare, si può ricostruire il quadro seguente dei parametri geotecnici:

litotipo	Peso di volume γ (t/m ³)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)	Angolo di attrito ϕ (°)	Modulo Edometrico M (Kg/cm ²)
Riporto argilloso	1,6 – 1,8	0,05 – 0,07		9 - 12
Riporto ghiaioso	1.8-1,9	===	38 - 42	25 - 50
Litotipi argillosi coltre	1,9 – 2,0	1,0 – 1,6		100 - 160
Formazione argillosa	2,0 – 2,1	2,5 – 4.5		200 - 280
Formazione sabbiosa	2,0 – 2,1	===	40 - 45	250 - 300

Tabella 7-2: Sintesi dei parametri geotecnici riferiti ai principali litotipi presenti nell'area

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 29 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

8 SISMICITÀ

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In particolare si è tenuto conto della nuova Zonazione Sismogenetica ZS9 (C.Mainetti et Alii – 2004) che suddivide il territorio nazionale in 42 zone omogenee da un punto di vista sismico-tettonico denominandole dal n. 901 al 936 e con le lettere A-F. Le zone sismogenetiche dell'Italia centro-orientale sono riportate in Figura 8-1.

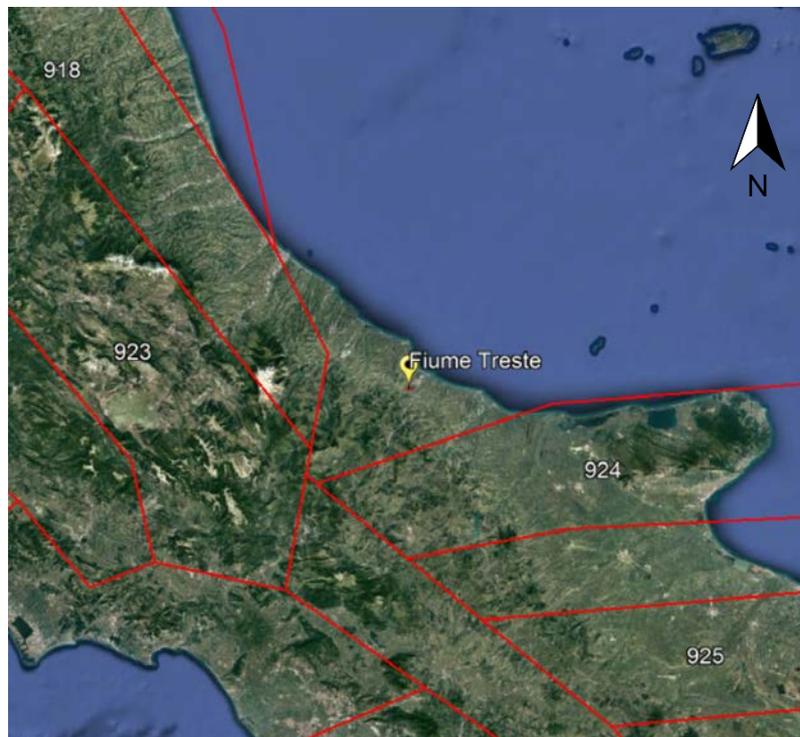


Figura 8-1- Zonazione sismogenetica dell'Italia Centro Orientale (Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. C Mainetti et alii – INGV; 2004)

L'area oggetto di studio non ricade in nessuna delle zone sismogenetiche. Quella più prossima è la zona sismogenetica n. 924 Molise - Gargano. L'area ricade al confine tra la catena appenninica e la Puglia, vale a dire tra l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo. La zona 924 è orientata circa Est – Ovest, nella quale si colloca tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627) e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002. Inoltre, come tutte le zone Est – Ovest, la zona sismogenetica in oggetto è caratterizzata da sismicità relativamente profonda (10 – 20 km).

Logo e Denominazione Commerciale Committente 	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 30 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Più in dettaglio la magnitudo massima per la zona sismogenetica 924 è pari a $M_{max} = 6,83$ con valori della classe di profondità ipocentrale di 12-20 km.

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS.

La storia sismica del comune è molto limitata. Come si può osservare dalla Tabella 7-1: storia macrosismica del comune di Cupello (CH), ricavata dal DBMI15 (Database Macrosismico Italiano del INGV consultabile al sito [CPTI15-DBMI15 v4.0 \(ingv.it\)](http://CPTI15-DBMI15.v4.0(ingv.it)) sono solo 11 gli eventi risentiti in modo significativo nel comune. Sono tutti terremoti che si sono generati abbastanza distanti dal sito di interesse, a profondità sensibili.

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Seismic history of Cupello
PlaceID IT_57698
Coordinates (lat, lon) 42.072, 14.673
Municipality (ISTAT 2015) Cupello
Province Chieti
Region Abruzzo
No. of reported earthquakes 11

nt. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef	RefM	EqID
F	1663	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	42,54	15,015		6	5,11	0,1	MOLAL008	18950809_1738_000
6	2478	1933	9	26	3	33	29	Maiella	42,079	14,093		9	5,9	0,07	CFTI4med	19330926_0333_000
5	2848	1962	8	21	18	19		Irpinia	41,23	14,953		9	6,15	0,08	GIZZI012	19620821_1819_000
5	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81	0,1	CFTI4med	19801123_1834_000
NF	3559	1988	4	26	0	53	43,83	Adriatico centrale	42,366	16,608	7,9		5,36	0,1	BMING990	19880426_0053_000
4	3625	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino	40,738	15,741	10		5,77	0,1	BMING991b	19900505_0721_001
4-5	4185	2002	11	12	9	27	48,57	Molise	41,689	14,786	28,9	5-6	4,57	0,07	BMINGV011	20021112_0927_000
3-4	4205	2003	3	29	17	42	13,74	Adriatico centrale	43,135	15,339	7,9		5,43	0,07	BMINGV011	20030329_1742_000
2	4218	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	41,661	14,821	11,8	5	4,44	0,07	BMINGV011	20030601_1545_000
NF	4262	2005	3	1	5	41	37,38	Molise	41,666	14,867	9,9	4	3,68	0,16	BMINGV011	20050301_0541_000
3-4	4296	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903	31,2		4,64	0,07	BMINGV	20060529_0220_000

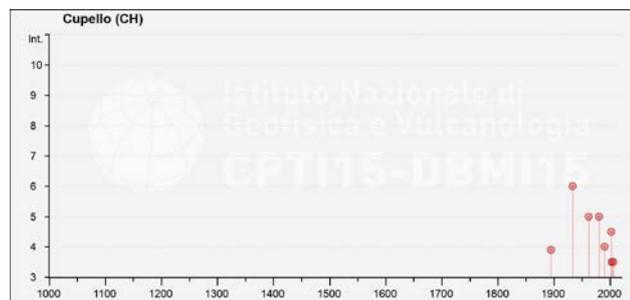


Tabella 8-1: storia macrosismica del comune di Cupello (CH)

Per la definizione delle magnitudo di riferimento da utilizzare eventualmente per la verifica a liquefazione, si è dunque ricorso alla formula proposta dalla Protezione

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 31 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Civile in “*indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica*” – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dip. Prot. Civile – sett. 2008.

In questi casi occorre confrontare la Magnitudo M_i delle zone sismogenetiche con quella calcolata con la formula:

$$M_s = 1+3\log(R)$$

Con R = distanza tra il sito e la zona sismogenetica più prossima.

Se $M_s > M_i$ la verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto la magnitudo attesa è minore di $M < 5$.

La distanza dalla zona sismogenetica più prossima è di 20,66 km.

Applicando la formula per la zona sismogenetica 910 si ha:

$$M_s = 1+3\log(20,66) = 4,94$$

Essendo $M_i > M_s$ la verifica alla liquefazione non può essere omessa.

In base all’*Ordinanza del Presidente dei Ministri n. 3274* del 20 marzo 2003, il comune di Cupello risulta classificato in **zona 3**, zone per le quali l’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è $a_g = 0.05 - 0.15 g$.

L’importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell’Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d’Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. ITHACA si propone, quindi, come strumento fondamentale per:

- a) analisi di pericolosità ambientale e sismica,
- b) comprensione dell’evoluzione recente del paesaggio,
- c) pianificazione territoriale
- d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Con una così bassa sismicità ci si aspetta che non ci siano faglie attive o capaci in prossimità del sito. Dalla consultazione di ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI di ISPRA al sito [Viewer Progetto ITHACA \(isprambiente.it\)](http://www.isprambiente.it) si è avuta conferma di tale ipotesi. Infatti non risultano faglie capaci in prossimità del sito di interesse (si veda la Figura 8-2).

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 32 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Nel Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.3.0) dell'INGV ([DISS - Mapper \(ingv.it\)](http://diiss-mapper.ingv.it)) risultano le sorgenti sismogenetiche (Individuali o Composite) rappresentate in Figura 8-3. Si tratta di sorgenti allineate Est – Ovest che passano poco sopra Vasto.



Figura 8-2: Progetto ITHACA Faglie capaci. I tratti rossi sono le faglie capaci e attive.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 33 / 61
			Stato di Validità	N. Rev. 01	

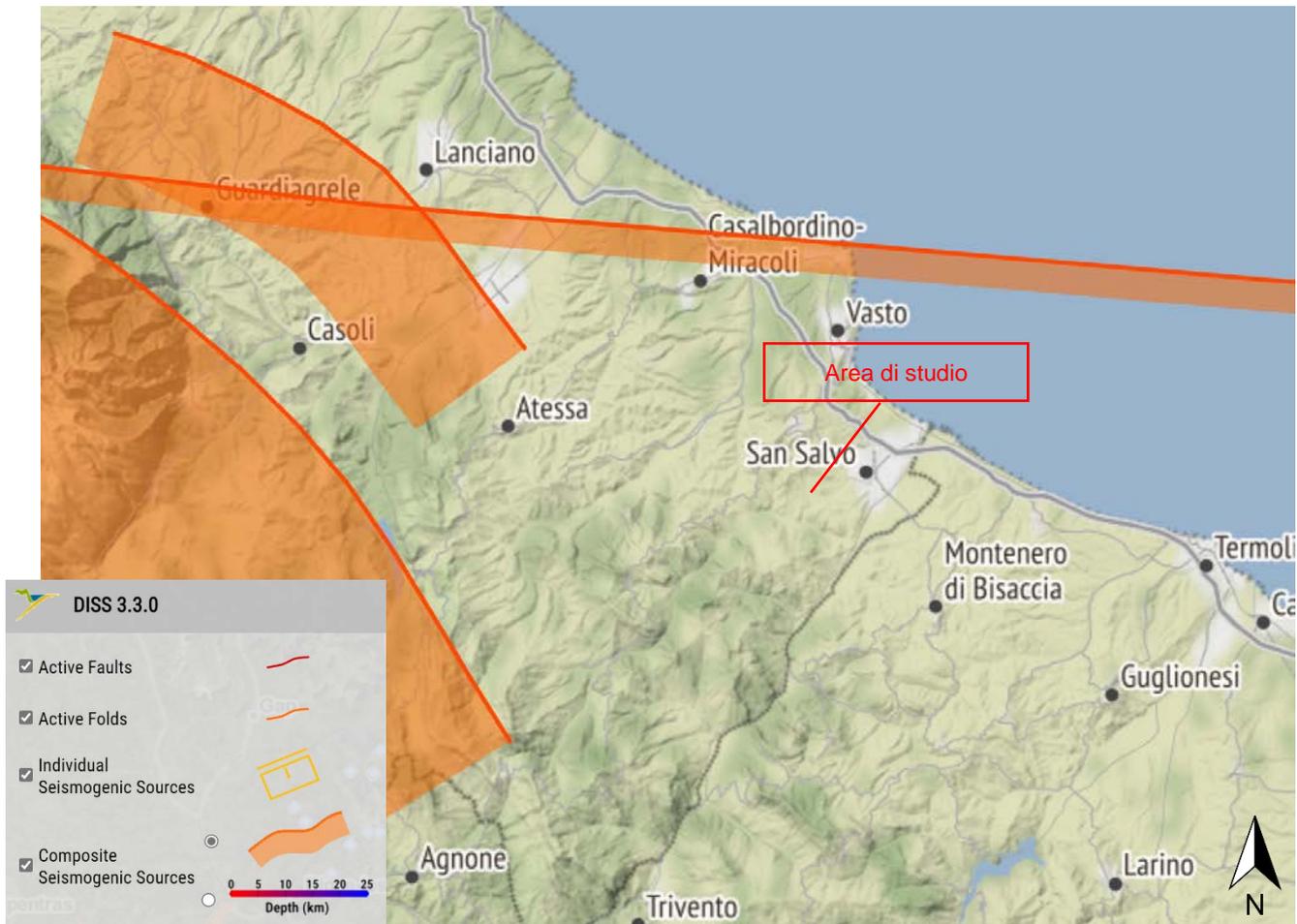


Figura 8-3: stralcio della carta delle sorgenti sismogenetiche.

DISS-ID	ITCS059
Name	Tocco Casauria-Tremiti
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	17/05/2010
Updated	15/06/2015
Display map	
Related sources	ITIS094

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	11.0	EJ Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	20.0	EJ Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	80...100	OD Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	65...90	OD Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	170...230	EJ Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.5	ER Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 8-4: principali informazioni della sorgente sismogenetica più prossima (rappresentata in Figura 7-3).

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 34 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Relativamente al *D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, per la individuazione della categoria di sottosuolo necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto, siccome le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla Tab. 3.2.II delle NTC, si è fatto riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

I valori di V_s sono stati ottenuti mediante specifiche prove che, per la conoscenza del territorio derivata da numerose indagini anche di microzonazione sismica, sono stati valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità e riconosciute in letteratura con i risultati di altre prove in sito (cfr: Nuove NTC, § 3.2.2). In particolare si è fatto riferimento a misure sismiche con la realizzazione di profili MASW.

La classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle 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 dello strato i-esimo;*
- $V_{s,i}$ *velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo;*
- N *numero strati;*
- H^1 *profondità del substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s.*

Dalle misure disponibili risulta una $V_{s30} = 319$ m/s

In base a quanto riportato nella normativa è possibile attribuire le condizioni litostratigrafiche alla **categoria di sottosuolo C** – *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati dal miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec.

¹ Per le fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta, per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 35 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Per le caratteristiche topografiche l'intervento ricade nella **categoria topografica T1 – superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$** .

I parametri di pericolosità sismica previsti dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, riportati nella tabella seguente, sono stati determinati per la **classe d'uso IV – costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente dannose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.**

Per queste strutture è prevista una vita nominale (V_N) della struttura pari 100 anni. In base alla relazione:

$$V_R = V_N \times C_U$$

il periodo di riferimento dell'azione sismica risulta pari a 200 anni. Dove i valori del coefficiente d'uso C_U sono riportati nella *Tabella 1*.

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 8-2 – valori del coefficiente d'uso C_U (tabella 2.4.11 delle NTC)

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali: due orizzontali (X e Y) ed una verticale (Z), da considerare se il sito è caratterizzato da un'accelerazione al suolo pari ad $a_g \geq 0.15g$. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- Accelerazione massima superficiale;
- Accelerazione massima e relativo spettro di risposta superficiale;
- Storia temporale del moto del terreno.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 36 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

riferimento P_{VR} . Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con un periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico è funzione di (§ 3.2.3 delle NTC):

T	periodo proprio di vibrazione;
S	coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche $S = S_S \times S_T$;
η	fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorsamento viscosi diversi dal 5%;
F_0	fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
T_C	periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
T_B	periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
T_D	periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.
C_c	coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c con le seguenti espressioni:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8-3 – Espressioni di S_s e di C_c (tabella 3.2.IV delle Norme)

Categoria topografica	S_T
T1	1,0
T2	1,2
T3	1,2
T4	1,4

Tabella 8-4 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica (tabella 3.2.V delle Norme)

I valori dello spettro di risposta elastico della componente verticale sono:

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 37 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 8-5 – valori dei parametri dello spettro di risposta elastico componente verticale (tabella 3.2.VI delle Norme)

Le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche

Gli spettri di risposta di progetto $S_d(T)$ da utilizzare per gli stati limite di Danno (SLD), Salvaguardia della Vita (SLV) e di Prevenzione del Collasso (SVC) sono stati assunti pari allo spettro di risposta elastico corrispondente alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

Tali valori sono stati interpolati sulla base dei valori relativi alla pericolosità sismica calcolata sul reticolo di riferimento. Sulla base dei parametri su indicati si ricavano i parametri di pericolosità sismica riportati in Tabella 8-6.

"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T*_c [s]
Operatività (SLO)	120	0.064	2.619	0.391
Danno (SLD)	201	0.076	2.632	0.428
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.152	2.755	0.509
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.163	2.779	0.529

Tabella 8-6 – parametri di pericolosità sismica in base alle Nuove NTC

I principali parametri per la determinazione dell'amplificazione al sito, determinati come da Tabella 8-3, sono:

	SLO	SLD	SLV	SLC
S _s Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.45	1.43
C _c Coeff. Funz. Categorie	1.43	1.39	1.31	1.30
S _r Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 8-7 – principali parametri dell'amplificazione stratigrafica e topografica

Da cui derivano i principali coefficienti sismici riportati nella Tabella 8-8.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 38 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.023	0.053	0.056
kv	0.010	0.011	0.027	0.028
Amax [m/s ²]	0.937	1.112	2.168	2.292
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Tabella 8-8 – principali coefficienti sismici

Per quello che riguarda le verifiche di stabilità, condotte con il metodo dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza sismica sono state espresse con le seguenti formule (cfr.: D.M. 17.01.18):

$$F_h = k_h \times W \quad F_v = k_v \times W$$

Dove W è il peso del volume di terreno e k_h e k_v sono i coefficienti sismici orizzontali e verticali pari a:

$$K_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

β_s = Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

8.1 Valutazione della liquefazione

Secondo la definizione data nell'Eurocodice 8 e dall'OPCM 3274/2003:

“la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.”

Nel contesto considerato, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 39 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. In altre parole è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove deve essere realizzata la costruzione.

Le ricerche che hanno portato all'evoluzione delle conoscenze dei parametri più significativi ed alla formulazione di metodi empirici e di analisi dinamica hanno preso avvio a partire dai terremoti di Nijgata dell'Alaska (1964).

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni (riporto a granulometria grossolana e coltre detritica prevalentemente coesiva), infine, permettono di escludere l'instaurarsi di fenomeni di alterazione locale (liquefazione) delle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. La verifica a liquefazione è stata omessa in quanto ricorre almeno una delle condizioni di esclusione previste nel § 7.11.3.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 – *Norme tecniche per le costruzioni* che, si ricordano, sono:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_c 1N > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone dei grafici sottostanti per terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3.5$ (a) o $U_c > 3.5$ (b).

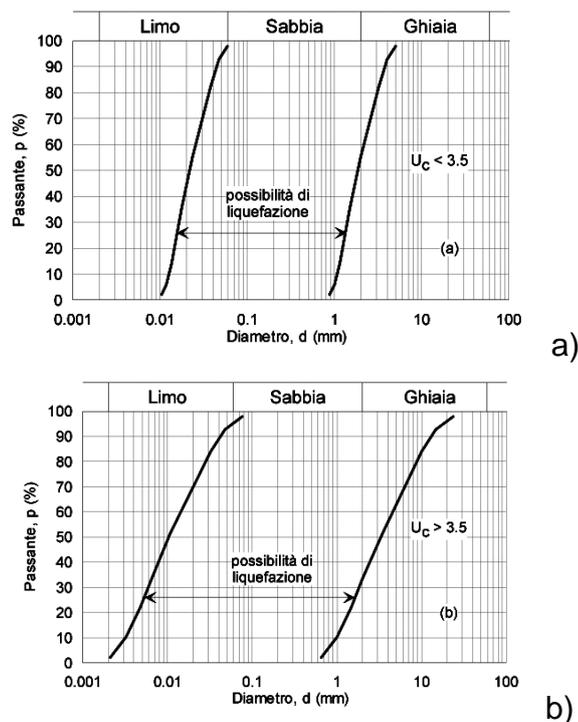


Figura 8-5 – fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	40 / 61

Nella zona della centrale il materiale di riporto granulare è rinvenibile al di sopra del livello di falda e comunque presenta valori di resistenza alla prove penetrometriche dell'ordine di $N_{SPT} > 40 - 50$ (condizione di esclusione 3) . Il materiale sottofalda è invece coesivo e quindi non può essere liquefacibile (condizione 4).

Nella zona della sottostazione la falda è rinvenibile a profondità maggiori di 18 m, per cui sussistono le condizioni di esclusione alla liquefazione riportate al punto 2 (falda maggiore di 15 m) sopra richiamato.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 41 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

9 FONDAZIONI

In corrispondenza dell'area di imposta il substrato pliocenico dalle buone caratteristiche geotecniche non è rinvenibile a partire da profondità limitate, difficilmente raggiungibili con fondazioni dirette. Per contro però le condizioni morfologiche sono favorevoli: non sono state rilevate forme di dissesto in atto, quiescente o inattivo e l'area si presenta manifestamente stabile.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreni consistenti a profondità modeste da consentire l'intestazione diretta di fondazioni superficiali. In base all'assetto litostratigrafico ed in relazione alla struttura di quanto in progetto, si ritiene dunque che possano essere adottare fondazioni superficiali dirette continue di tipo nastriforme o a platea.

La profondità del piano di posa delle fondazioni è da scegliere in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali. Il piano di fondazione, in accordo con le NTC, deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

In questa ipotesi e in accordo a quanto sopra, la quota d'imposta non dovrà essere inferiore a $D = 1.50$ m soprattutto dove maggiori sono i riporti antropici, anche per superare la parte più superficiale che più risente delle variazioni stagionali di umidità.

Per quello che riguarda le verifiche richieste dal DM 17 gennaio 2018, si sono considerati gli stati limite ultimi (SLU) di cui al § 6.4.2.1 e al § 6.4.3.1.

Le verifiche allo stato limite ultimi sono state condotte con i due approcci previsti dal Capitolo 6 e le prescrizioni del § 7.11.1.

In particolare per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) si sono considerati gli SLU di tipo geotecnico (GEO) rimandando al progettista strutturale quelle di tipo strutturale (STR).

Si sono dunque considerati:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- Collasso per scorrimento sul piano di posa;
- Stabilità globale.

Per ogni stato limite ultimo (SLU) analizzato deve essere rispettata la condizione:

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 42 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) è stata verificata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

Dove C_d è il valore limite dell'effetto delle azioni in funzione del comportamento della struttura.

I coefficienti parziali di sicurezza utilizzati per i parametri geotecnici, per le azioni e per la formula di calcolo sono riassunti nelle tabelle seguenti.

		Coefficienti	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G1	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti G2	Favorevoli	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

Tabella 9-1 – Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (tabella 6.2.I delle NTC)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente all'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	C'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	C_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.0

Tabella 9-2 – Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno (tabella 6.2.II delle NTC)

Le verifiche sono state effettuate nei confronti dello SLU di tipo geotecnico (GEO), considerando:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- Collasso per scorrimento del piano di posa;
- Stabilità globale.

Le verifiche di stabilità globale sono state effettuate con i parametri: A1 + M1 + R3.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 43 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

(Con i coefficienti parziali della Norma riportati nelle Tab. 6.2.I e 6.2.II per le azioni e per i parametri geotecnici; nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali).

I coefficienti di sicurezza parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici utilizzati sono riportati nella tabella seguente:

Combinazione	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
A1+M1+R3	1	1	1	1	1	2.3	1,1
SISMA	1	1	1	1	1	1.8	1,1

Tabella 9-3 – coefficienti di sicurezza parziali utilizzati nei vari approcci

I carichi ultimi ed ammissibili, per platee intestate alla profondità $D = 1.5$ m sono stati determinati con la relazione di *Brinch-Hansen*.

Come carico di progetto nelle varie verifiche è stato dunque adottato il valore di $E_{ed} = 1.5$ kg/cm².

I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente, per il dettaglio dei calcoli si rimanda ai tabulati di calcolo allegati:

Combinazione	Carico di progetto Kg/cm ²	Resistenza di progetto Kg/cm ²	Fattori di sicurezza (Brinch-Hansen)	Stati Limite
A1 + M1 + R3	1.5	2.85	1.9	Verificato
SISMA	1.5	2.85	1.9	Verificato

Tabella 9-4 – Risultati delle verifiche SLU

Con i carichi su indicati non sono attesi cedimenti per consolidamento significativi, ne in termini assoluti ne differenziali, comunque in grado di compromettere l'integrità della struttura in progetto.

Nell'ipotesi di calcolo di una trave elastica su suolo alla Winkler, in mancanza di dati sperimentali, si potrà far riferimento ai dati disponibili in letteratura per una piastra quadrata di lato unitario. Attraverso correlazioni con i parametri geotecnici si può infatti risalire ad un coefficiente di sottofondo unitario pari a:

$$K_{unit} = 1.140 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

Tale valore dovrà essere rapportato alle reali dimensioni delle fondazioni.

In allegato si riportano le relazioni ed i parametri adottati nei calcoli ed i risultati ottenuti.

In alternativa alle fondazioni superficiali, per le strutture più importanti, si possono adottare fondazioni profonde su pali. In questo modo potrebbero intestarsi nel substrato pliocenico in posto, superando la coltre di riporto e la coltre colluviale. In questa ipotesi, i pali dovranno essere necessariamente trivellati e gettati in opera; la lunghezza, per garantire una omogenea intestazione e, al contempo, una adeguata capacità portante, non potrà essere inferiore a $L = 10.0$ m.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 44 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

I carichi ultimi ed ammissibili, per pali trivellati e gettati in opera sono stati determinati con le teorie classiche. Il valore così determinato è stato assunto quale carico di progetto nelle varie verifiche. Il valore assegnato nelle verifiche per pali di lunghezza $L = 10$ m e diametro $D = 600$ mm è di $E_{ed} = 35$ t. Tale valore può essere considerato come il valore, preso in considerazione in questa analisi, entro il quale le verifiche danno esito positivo. Non è escluso che valori più elevati possano ancora dare esito positivo nelle verifiche con fattori di sicurezza minori.

Delle verifiche previste per gli SLU sono state eseguite le sole verifiche GEO.

I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente, per il dettaglio dei calcoli si rimanda ai tabulati di calcolo allegati:

Approccio	Combinazione	Carico di progetto t	Resistenza di progetto t	Fattori di sicurezza	Verifiche Stati Limite SLU
1	A2 + M1 + R2	35	37.98	1,08	Verificato
2	A1 + M1 + R3	35	49.7	1.42	Verificato

Tabella 9-5 – Risultati delle verifiche SLU

Con i carichi su indicati non sono attesi cedimenti significativi, ne in termini assoluti ne differenziali, comunque in grado di compromettere l'integrità della struttura in progetto.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 45 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

11 CONCLUSIONI

Le indagini ed i rilievi effettuati hanno consentito di caratterizzare con sufficiente dettaglio, da un punto di vista geologico, litostratigrafico e geotecnico, l'imposta degli impianti in progetto, che ricadono peraltro in una zona sufficientemente conosciuta e densamente edificata.

Le indagini eseguite nel marzo 2022 e consistite in n. 7 sondaggi geognostici per l'area della centrale e di n. 2 sondaggi geognostici per l'area della sottostazione elettrica, sono state eseguite nel rispetto del D.M. LL.PP. 11marzo 1988 e delle vigenti normative tecniche (DM 17 gennaio 2018).

Dai dati emersi non si sono evidenziati particolari elementi che lascino supporre difficoltà tecniche in fase esecutiva e l'intervento risulta perfettamente fattibile sia da un punto di vista geologico che geotecnico.

Dalle indagini effettuate si è comunque rilevato che il substrato pliocenico non è raggiungibile con fondazioni dirette, per cui tali fondazioni andranno intestate nel riporto o nella coltre colluviale. In alternativa dovranno essere adottati pali di fondazione che, la natura dei terreni superficiali e per la presenza degli impianti, non potranno che essere trivellati e gettati in opera.

Per questo motivo si consiglia di verificare in fase esecutiva puntualmente, la natura e consistenza dei terreni su tutto il perimetro dell'edificio.

Se si adotteranno fondazioni superficiali dovrà essere previsto una idonea bonifica del terreno al di sotto della fondazione, con misto cementato e/o spezzato o misto stabilizzato da cava per uno spessore da stabilire sul posto durante la costruzione

Sarà altresì importante regimare superficialmente le acque di corrivazione meteorica al fine di limitare le infiltrazioni in prossimità dell'imposta, soprattutto per allontanare quelle provenienti da monte.

Se si adotterà la scelta che prevede i pali di fondazione, da quanto emerso in fase di indagine non si ritiene che ci siano particolari problemi per l'esecuzione dei pali (ad esempio cogoli arenacei). Questi andranno comunque realizzati con idonee macchine operatrici di adeguata potenza. Vista la presenza del riporto e delle coltri potrebbero rendersi necessari tubi forma per il sostegno delle pareti.

In fase di indagine è stata rinvenuta la presenza di acqua di falda in profondità. Se si dovesse riscontrare acqua nell'esecuzione dei pali, questi andranno realizzati con getti dal basso tramite tubi convogliatori, in modo da spiazzare l'acqua verso l'alto e non interrompere i getti o "lavare" il calcestruzzo.

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 46 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Per quello che riguarda l'area della sottostazione elettrica, per l'analogia litotecnica tra le coltri colluviali e quelle alluvionali, si potranno adottare le stesse tipologie di fondazione adottate in centrale anche in termini dimensionali. Soprattutto si ritiene che per le strutture da realizzare in questa area possano essere adottate fondazioni superficiali continue.

In sintesi, potranno essere adottate fondazioni dirette previa bonifica per uno spessore sotto il piano di posa di almeno 1.5 m per le opere più impegnative.

In alternativa potranno essere adottati pali trivellati e gettati in opera di lunghezza almeno 10 m.

Come previsto dalle NTC 2018, si consiglia l'impiego del metodo osservazionale durante l'esecuzione dell'opera ed in particolare dei movimenti terra e delle fondazioni in progetto, per verificare se i modelli geologico e geotecnico adottati, ricostruiti in base alle indagini effettuate, corrispondono a quanto emergerà in fase realizzativa.

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	47 / 61

Allegato 1

Verifiche geotecniche agli SLU delle fondazioni superficiali

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 48 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

MAIN PARAMETERS

Normative	NTC 2018
Foundation width	15.0 m
Foundation length	18.0 m
Depth of bearing surface	1.5 m

EARTHQUAKE

Maximum acceleration (ag/g)	0.19
Seismic effect according to	NTC 2018

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	0.5	2.557	0.344
S.L.D.	201.0	0.588	2.637	0.368
S.L.V.	1898.0	1.245	2.691	0.462
S.L.C.	2475.0	1.51	2.757	0.511

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.75	0.2	0.0153	0.0076
S.L.D.	0.882	0.2	0.018	0.009
S.L.V.	1.8613	0.24	0.0456	0.0228
S.L.C.	2.1824	0.24	0.0534	0.0267

SOIL STRATIGRAPHY

Layer thickness [m]	Unit weight [kN/m ³]	Saturated unit weight [kN/m ³]	Angle of friction [°]	Cohesion [kN/m ²]	Undraine d cohesion [kN/m ²]	Elastic modulus [kN/m ²]	Oedometr ic modulus [kN/m ²]	Poisson	Index of primary consolidat ion [cmq/s]	Index of secondary compressi on	Descriptio n
5.0	18.0	19.0	35.0	0.0	0.0	10000.0	2500.0	0.0	0.0	0.0	riporto ghiaioso
4.0	19.0	20.0	0.0	0.0	140.0	0.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	colluvioni
6.0	20.0	21.0	0.0	0.0	300.0	0.0	2500.0	0.0	0.0	0.0	formazion e

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 49 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Design loads acting on foundation

Nr.	Combination name	Design normal stress [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Type
1	A1+M1+R3	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Design
2	EARTHQUAKE	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Design
3	S.L.E.	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Serviceability
4	S.L.D.	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Serviceability

Earthquake + Partial coef. soil geotechnical parameters + Resistances

Nr	Seismic correction	Tangent to angle of shearing resistance angle	Effective cohesion	Undrained cohesion	Unit weight in foundation	Overburden unit weight	Red. Coef. Vertical bearing capacity	Red. Coef. Horizontal bearing capacity
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Yes	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

FOUNDATION BEARING CAPACITY COMBINATION... A1+M1+R3

Author: Brinch - Hansen 1970

Bearing capacity [Qult]	28.5 kN/m ²
Design resistance[Rd]	12.39 kN/m ²
Pressure [Ed]	9.5 kN/m ²
Safety factor [Fs=Qult/Ed]	3
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified

BOWLE'S SUBGRADE COEFFICIENT (1982)

Costante di Winkler 1140.0 kN/m³

A1+M1+R3

Author: Brinch - Hansen 1970 (Undrained conditions)

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Unit weight	18.0 kN/m ³
Saturated unit weight	19.0 kN/m ³
Angle of friction	0.0 °
Cohesion	0.0 kN/m ²
Factor [Nq]	1.0
Factor [Nc]	5.14
Form factor [Sc]	1.17
Depth factor [Dc]	1.0
Load inclination factor [Ic]	0.5
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0
Bearing capacity	28.5 kN/m ²
Design resistance	12.39 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd] Verified

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 50 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

=====

EARTHQUAKE

Author: Brinch - Hansen 1970 (Undrained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	18.0 kN/m ³
Saturated unit weight	19.0 kN/m ³
Angle of friction	0.0 °
Cohesion	0.0 kN/m ²

=====

Factor [Nq]	1.0
Factor [Nc]	5.14
Form factor [Sc]	1.17
Depth factor [Dc]	1.0
Load inclination factor [Ic]	0.5
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

=====

Bearing capacity	28.5 kN/m ²
Design resistance	15.83 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified
----------------------------------	----------

=====

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	51 / 61

Allegato 2

Verifiche geotecniche agli SLU delle fondazioni profonde su pali

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 52 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Dati generali...

Diametro punta	0,60 m
Lunghezza	10,00 m
Tipo	Trivellato
Sporgenza dal terreno	0,50 m
Densità relativa strato punta palo	30,00
Portanza di punta calcolata con:	Hansen

SISMA

Accelerazione sismica	0,263
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0,0631
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0,0316

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,5	2,41	0,28
S.L.D.	201,0	0,64	2,5	0,28
S.L.V.	1898,0	1,81	2,48	0,3
S.L.C.	24755,0	2,37	2,5	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,75	0,2	0,0153	0,0076
S.L.D.	0,96	0,2	0,0196	0,0098
S.L.V.	2,5799	0,24	0,0631	0,0316
S.L.C.	3,1698	0,28	0,0905	0,0453

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kg/m ³]	Peso Unità di volume Saturo [kg/m ³]	c [kg/cm ²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [kg/cm ²]	Vs [m/s]	Descrizione e litologica
1	5,00	1800,00	1900,00	0,00	35,00	Si	0,00	0,00	0	riporto
2	4,00	1900,00	2000,00	1,40	0,00	No	0,40	0,00	0	colluvioni
3	3,00	2000,00	2100,00	2,50	0,00	No	0,30	0,00	0	formazione

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 53 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm ²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]	Carico limite orizzontale [kg]
A2+M1+R2	1,00	8,31	0/2,50	7068,58	64126,37	56360,18	98707,33	14710,63	--

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

=====

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A2+M1+R2

=====

Numero verticali di indagine 1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1,70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1,70

	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	64126,37	64126,37	64126,37
Laterale	56360,18	56360,18	56360,18
Totale	98707,33	98707,33	98707,33

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	R2
Base	1,70
Laterale	1,45
Resistenza di progetto base	22189,05 kg
Resistenza di progetto laterale	22864,17 kg
Resistenza di progetto	37984,63 kg

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 54 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Dati generali...

Diametro punta	0,60 m
Lunghezza	10,00 m
Tipo	Trivellato
Sporgenza dal terreno	0,50 m
Densità relativa strato punta palo	30,00
Portanza di punta calcolata con:	Hansen

SISMA

Accelerazione sismica	0,263
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0,0631
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0,0316

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,5	2,41	0,28
S.L.D.	201,0	0,64	2,5	0,28
S.L.V.	1898,0	1,81	2,48	0,3
S.L.C.	2475,0	2,37	2,5	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,75	0,2	0,0153	0,0076
S.L.D.	0,96	0,2	0,0196	0,0098
S.L.V.	2,5799	0,24	0,0631	0,0316
S.L.C.	3,1698	0,28	0,0905	0,0453

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kg/m ³]	Peso Unità di volume Saturo [kg/m ³]	c [kg/cm ²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [kg/cm ²]	Vs [m/s]	Descrizione e litologica
1	5,00	1800,00	1900,00	0,00	35,00	Si	0,00	0,00	0	riporto
2	4,00	1900,00	2000,00	1,40	0,00	No	0,40	0,00	0	colluvioni
3	3,00	2000,00	2100,00	2,50	0,00	No	0,30	0,00	0	formazione

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 55 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm ²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]	Carico limite orizzontale [kg]
A1+M1+R3	1,00	8,31	0/2,50	7068,58	64126,37	56360,18	98707,33	14710,63	--

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

=====

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

=====

Numero verticali di indagine	1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1,70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1,70

	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	64126,37	64126,37	64126,37
Laterale	56360,18	56360,18	56360,18
Totale	98707,33	98707,33	98707,33

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	R3
Base	1,35
Laterale	1,15
Resistenza di progetto base	27941,77 kg
Resistenza di progetto laterale	28828,73 kg
Resistenza di progetto	49701,92 kg

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	56 / 61

Allegato 3

Stratigrafie sondaggi zona sottostazione elettrica

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 57 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Da m. 0,00	A m. 20,00	Profondità Finale m. 20,00	PAG. 1	DI 2	PROFONDITÀ m da p.c.
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					
					0,90
					1,80
					3,00
					3,60
					6,00
					6,60
					8,40
					9,00
					9,60
					11,50
					13,40
					17,30
					18,30
					20,00

Logo e Denominazione Commerciale Committente  STOGIT	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 58 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Da m 0.00	A m 20.00	Profondità Finale m 20.00	PAG. 1	DI 2	PROFONDITA' m da p.c.
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					
		Limo argilloso marron nocciola con apparati radicali al tetto.			0.50
		Argilla debolmente limosa, a tratti limosa da marron nocciola a nocciola.			2.20
		Limo argilloso nocciola, debolmente sabbioso fino a 2.60m.			3.00
		C.I. 1 A:limo argilloso nocciola. B:limo argilloso nocciola.			3.60
		Limo argilloso nocciola.			4.00
		Limo argilloso da sabbioso a debolmente sabbioso nocciola. Alternato livello di sabbia fine con limo tra 4.40 e 4.60m.			4.70
		Argilla debolmente limosa marron nocciola con sfumature grigie da 5.30m.			6.00
		C.I. 2 A:argilla limosa nocciola. B: argilla limosa nocciola.			6.60
		Argilla limosa nocciola. Rari clasti millimetrici di ghiaia arrotondata da 7.70m.			9.00
		C.I. 3 A:argilla limosa nocciola. B:argilla limosa nocciola.			9.60
		Argilla limosa nocciola.			11.00
		Argilla da debolmente limosa marron nocciola a limosa nocciola. Rari clasti di ghiaia arrotondata millimetrici da 12.50m. Da 13.70m grigia nocciola con fiamme ocracee.			16.80
		Alternato livello con sabbia media/fine a 16.10m e 16.70m.			16.80
		Sabbia media limosa/con limo nocciola ocracea.			18.10
		Ghiaia poligenica eterometrica da sub-spigolosa a sub-arrotondata In matrice limosa sabbiosa deb. argillosa nocciola. Clasti Ømax 5cm.			20.00

Logo e Denominazione Commerciale Committente 	Identificativo documento Committente 041105DFLB13331	Identificativo documento Progettista 05-BG-E-94001	Indice Rev.		Foglio di Fogli 59 / 61
			Stato di Validità	N. Rev.	
				01	

Allegato 4

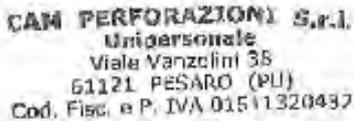
RAPPORTO TECNICO

**Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità
ELCO-EC5 presso la centrale gas di Fiume Treste, Cupello (CH)**



Lavoro:

Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Commissa N°: 108-S/2021		Elaborato: RAPPORTO TECNICO	
Rev: 1.0	Data 10/05/2022	Committente: Saipem S.p.a.	
Redazione:	Verifica:		
Approvazione:	Consegnato:		
Ns. Rif:		Timbro: 	Firma: 

Proprietà riservata. Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione scritta

INDICE:

1. PREMESSA	3
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO AMBIENTALE	8
2.2 PROVE "SPT" (STANDARD PENTRATION TEST).....	8
2.3 UTENSILI DI PERFORAZIONE	9
2.4 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE.....	10

APPENDICE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Elaborati stratigrafici sondaggi e documentazione fotografica.

APPENDICE INDAGINI GEOFISICHE

- Elaborati prove e documentazione fotografica.

1. PREMESSA

Il presente Rapporto Tecnico illustra i risultati delle indagini geognostiche eseguite per conto della committenza – Saipem S.p.a. – finalizzate all'esecuzione di indagini geognostiche-ambientali e geofisiche, per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH). Le indagini geognostiche sono state svolte nel periodo compreso tra il 28/04/2022 e il 08/04/2022. L'indagine geofisica è stata svolta il 20/04/2022.

La campagna di indagine è stata svolta secondo il seguente programma:

- esecuzione di n° 11 sondaggio realizzato a carotaggio continuo secondo la seguente tabella:

Sondaggio n.	Profondità (m)	Strumentazione in foro
S1	20.00	Piezometro tubo aperto [ø3"] 0.00-2.00 m cieco 2.00-20.00 m microfessurato
S2	20.00	
S3	20.00	
S4	30.00	Down hole [ø3"] 0.00-30.00 m cieco
S5	20.00	Piezometro tubo aperto [ø3"] 0.00-2.00 m cieco 2.00-20.00 m microfessurato
S6	20.00	
S7	20.00	
SA1	3.00	
SA2	3.00	
SA3	3.00	
SA4	3.00	

Tab.1 – Elenco sondaggi

- esecuzione di **n°9** prove SPT in foro, come indicato nella tabella seguente:

Sondaggio n.	Prova	Prof. (m)	n° colpi	Punta Chiusa/ Punta Aperta
S1	SPT1	2.50-2.95	19/26/32	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	17/23/28	Punta Chiusa
S2	SPT1	3.00-3.45	15/23/30	Punta Chiusa
S3	SPT1	2.50-2.95	13/20/28	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	10/15/22	Punta Chiusa
S5	SPT1	2.50-2.95	9/11/14	Punta Chiusa
S6	SPT1	2.50-2.95	3/6/9	Punta Chiusa
	SPT2	4.00-4.45	9/9/14	Punta Chiusa
S7	SPT1	3.00-3.45	6/10/12	Punta Chiusa

Tab.2 – Elenco prove SPT in foro eseguite.

- prelievo di **n° 11** campioni indisturbati con carotiere di tipo Shelby, secondo la seguente tabella.

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S1	SH1	7.00-7.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S2	SH1	9.00-9.50
	SH2	11.20-11.70

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S3	SH1	9.50-10.00

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S4	SH1	7.20-7.70
	SH2	11.20-11.70

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S5	SH1	7.50-8.00
	SH2	12.00-12.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S6	SH1	9.00-9.50

Sondaggio n.	Cam-pione n.	Prof. (m)
S7	SH1	9.00-9.50
	SH2	12.30-12.80

Tab.3 – Elenco campioni indisturbati (Shelby)

- prelievo di n° **33** campioni ambientali in barattolo di vetro in doppia aliquota e n° **33** campioni di vials, secondo la seguente tabella:

Sondaggio n.	Campione n.	Prof. (m)
S1	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S2	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S3	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00

	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S4	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S5	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S6	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
S7	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
SA1	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00

SA2	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
SA3	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00
SA4	AMB1	0.00-1.00
	VIALS	0.00-1.00
	AMB2	1.00-2.00
	VIALS	1.00-2.00
	AMB3	2.00-3.00
	VIAL3	2.00-3.00

Tab.4 – Elenco campioni ambientali in barattolo di vetro

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO AMBIENTALE

Il sondaggio geotecnico a "carotaggio continuo" consiste nella perforazione a rotazione in terreno e nella descrizione della stratigrafia con modalità ed osservazioni tali da consentire una caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

Si definisce sondaggio geotecnico una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- esecuzione di prove geotecniche o geomeccaniche in foro;
- determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Le carote di terreno prelevate durante l'esecuzione dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti.

Successivamente è stato redatto un rapporto stratigrafico e fotografico, riportato in appendice.

2.2 PROVE "SPT" (STANDARD PENTRATION TEST)

Le prove di resistenza alla penetrazione "SPT" sono state eseguite secondo le modalità indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977. Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche della prova "SPT":

Campionatore:

- Raymond di diametro esterno 51 mm, diametro interno 35 mm, lunghezza minima 457 mm, con scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione
- punta conica chiusa di diametro esterno 51 mm e angolo di 60°

Aste collegate al campionatore di diametro esterno 50 mm e peso di 7.5 kg al metro lineare

Dispositivo di battuta avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:

- testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste
- massa battente o maglio di 63.5 kg
- dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm.

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1, N2, N3).

Con il primo tratto detto avviamento si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 100 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è:

$$N_{spt} = N2 + N3$$

che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm utili di perforazione.

2.3 UTENSILI DI PERFORAZIONE

Le perforazioni sono state eseguite a rotazione a "carotaggio continuo", utilizzando carotieri di tipo semplice da diam. 101 mm e rivestimento provvisorio da diam. 127 mm.

Falconara Marittima, Febbraio 2022

Dott. Geol. Paolo Spallacci

2.4 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate una sonda a rotazione CMV MK 600D carrocingolata avente le seguenti caratteristiche:

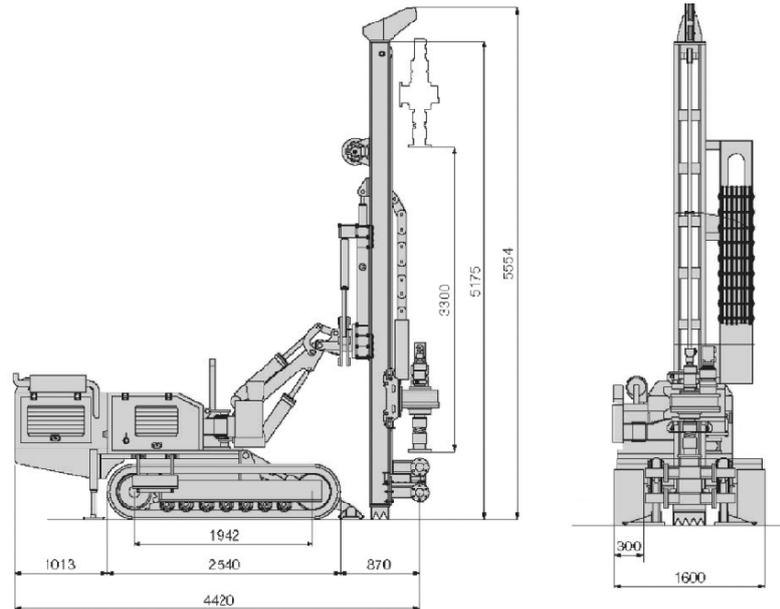


Fig. 2 Sonda perforatrice tipo "CMV MK 600D"

MK 600D Dati tecnici	
Carro cingolato	
1) Lunghezza	2540 mm
2) Larghezza	1600 mm
3) Larghezza pattini	300 mm
4) Pressione specifica al suolo	5.64 N/cm ²
Motore diesel	
1) Tipo	Deutz TCD 2.9
2) Potenza	73,7 Hp/55 kW @ 2300 rpm
3) Regime di rotazione	2300 rpm
5) Serbatoio carburante	50 lt.
6) Serbatoio olio idraulico	190 lt.
Antenna/Mast	
1) Corsa testa di rotazione	3500 mm
2) Velocità avanzamento testa	38 m/min
3) Forza di spinta	26/2651 kN/kg
4) Forza di estrazione	38.5/3925 kN/kg
Morsa e svitatore	
1) Diametro min. - max.	60-260
2) Forza di chiusura	kN 196
Argano di servizio	
1) Forza di sollevamento al primo strato	10/1000 kN/kg
2) Diametro fune	8 mm
3) Velocità min. - max.	20 m/min
Peso	
1) Minimo per il trasporto	7500 Kg

Fig.3 – tabella caratteristiche tecniche sonda perforatrice tipo "CMV MK 600D"

**APPENDICE
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

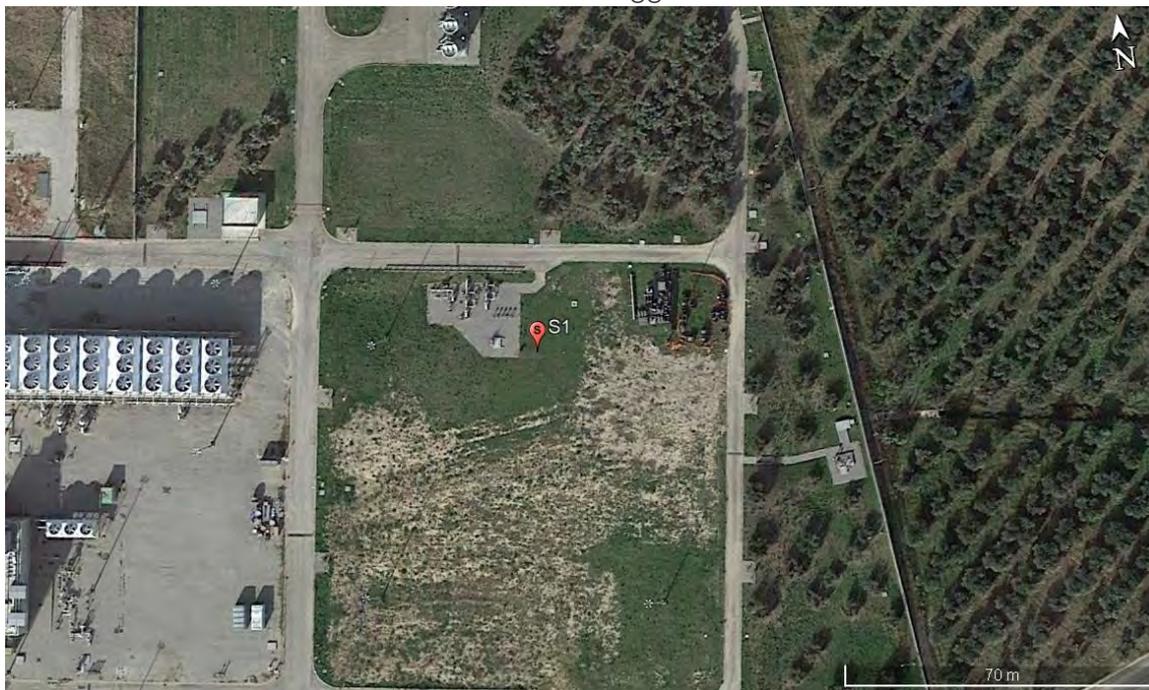
COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

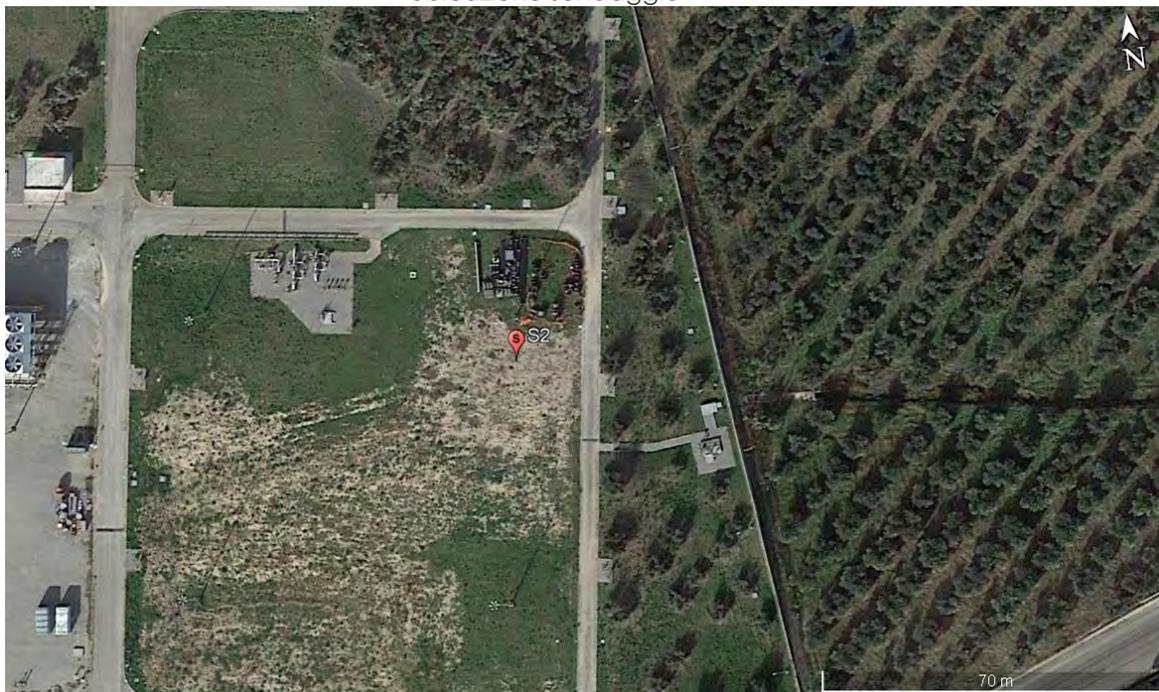
COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

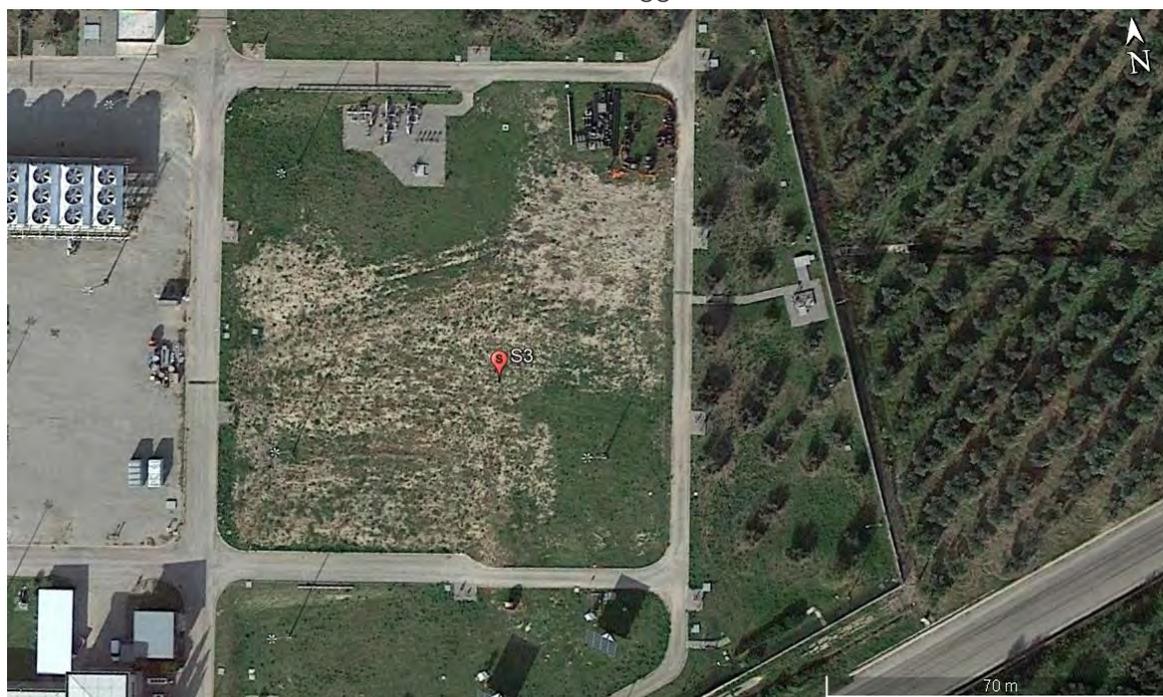
COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it





Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 30/03/2022 Data Fine 30/03/2022

SONDAGGIO **S3**
 ml
 20.00
 Sonda CMV 600 F

Il geologo
 Paolo Malaspina

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali	Campioni Indisturbati	Pocket Test	Vane Test	SPT			
1				Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, sub angolari, eterometrici, in abbondante matrice argillosa limoso sabbiosa. Di colore grigio/nocciola scuro, consistente, asciutta.	Semplice 101 mm	127 mm	0.00							
2		5.00								AMB1+VALS1				
3										1.00				2.50
4										2.00				13-20-28 PC
5	5.00									3.00				2.95
6				Argilla limosa di colore grigio/nerastro con screziature ocracee/grigiastre/nerastre, da molto consistente a dura, debolmente umida, media/bassa plasticità. Presenti numerosi calcinelli.										
7		8.40								>6				
8										>6				
9										5.5	2.20			
10										5.5	2.20			
11										5.5	2.30			
12										5.6	2.30			
13										5.5	2.20			
14	13.40									5.8				
15						Sabbia fine limosa di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, moderatamente addensata, debolmente umida. Il colore risulta di una tonalità grigia a quota 16.60 m.								
16		6.60								9.50				
17										SH1				
18										10.00				
19										>6				
20	20.00							>6						
								>6						
								5.8	2.40					
								>6						
								>6						
								4						
								4.2						
								4.2						
								4						

Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

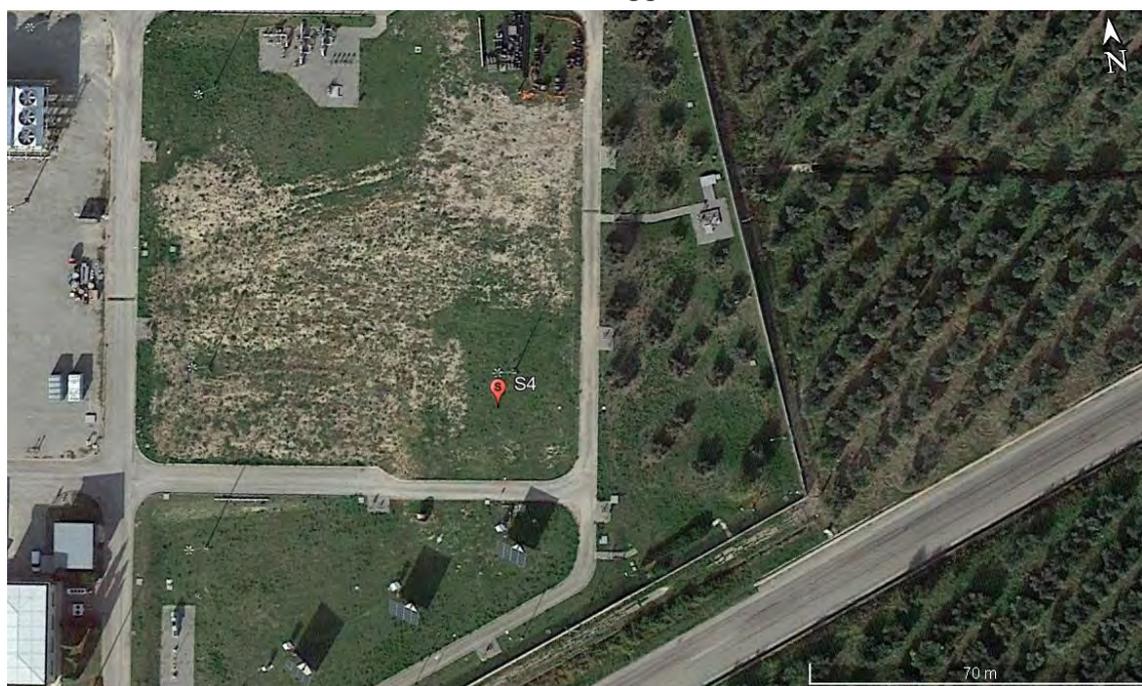
COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it





Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 28/03/2022 Data Fine 29/03/2022

SONDAGGIO **S4**
 ml
 30.00
 Sonda CMV 600 F

Il geologo
 Paolo Malaspina

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali	Campioni Indisturbati	Pocket Test	Vane Test	Tubo per Down Hole											
16	16.10	3.40		Limo argilloso con sabbia di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, molto consistente, debolmente umido.	Semplice 101mm	127mm																
17		3.80		Alternanze di sabbia limosa e sabbie limose argillose di colore beige con screziature ocracee/grigiastre, moderatamente addensata, debolmente umida. Il colore risulta variare sul grigio alla quota di 18.10 m.																		
18	19		20	19.90									Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio, moderatamente addensata, debolmente umida.	4	4	4	4					
19	21		22	23										24	25	26	27	28	29	30	30.00	10.10

Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 5 (20,00-25,00 m da p.c.)



Foto cassa 6 (25,00-30,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S5**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 3 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S6**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)

Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)

C.F. - P.IVA 01511320432

Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370

info@camperforazioni.it

www.camperforazioni.it



Member of CISQ Federation





Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 04/04/2022 Data Fine 04/04/2022

SONDAGGIO **S7**
 ml
 20.00
 Sonda CMV 600 F

Il geologo
 Paolo Malaspina

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali	Campioni Indisturbati	Pocket Test	Vane Test	SPT										
1	3.10	3.10		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub-arrottondati a spigolosi, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa debolmente argillosa. Colore da nocciola chiaro a grigiastro, moderatamente addensata, debolmente umida	Semplice 101mm	127mm	0.00	9.00 SH1 9.50				3.00 6-10-12 PC 3.45									
2							1.00						AMB1+VALS1								
3							2.00						AMB2+VALS2								
4	9.60	9.60		Argilla limoso-sabbiosa, di colore da nocciola scuro a nocciola chiaro con screziature nerastro/grigiastre, da molto consistente a dura, debolmente umida, media-bassa plasticità. Presenti numerosi calcinelli	Semplice 101mm	127mm	3.00	9.00 SH1 9.50				3.00 6-10-12 PC 3.45									
5							4						1.60								
6							4.5						1.80								
7							3.5						1.25								
8							3.5						1.30								
9							4.2						1.50								
10							4.2						1.50								
11							>6														
12																					
13							12.70						12.30	SH2	12.80						
14							14.00						1.30	1.30	Limo sabbioso, di colore nocciola chiaro con screziature ocracee/biancastro/grigiastro/rossastre, molto consistente, umido			3	1.20		
15							14.00						1.30	1.30	Sabbia limosa, di colore nocciola chiaro con screziature ocracee/grigiastro/rossastro/biancastre, addensata, umida. Da 19.00 m il colore risulta grigio			3	1.20		
16	6.00	6.00			Semplice 101mm	127mm		9.00 SH1 9.50				3.00 6-10-12 PC 3.45									
17																					
18																					
19																					
20													20.00								

Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **S7**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Foto cassa 4 (15,00-20,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **SA1**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA2**

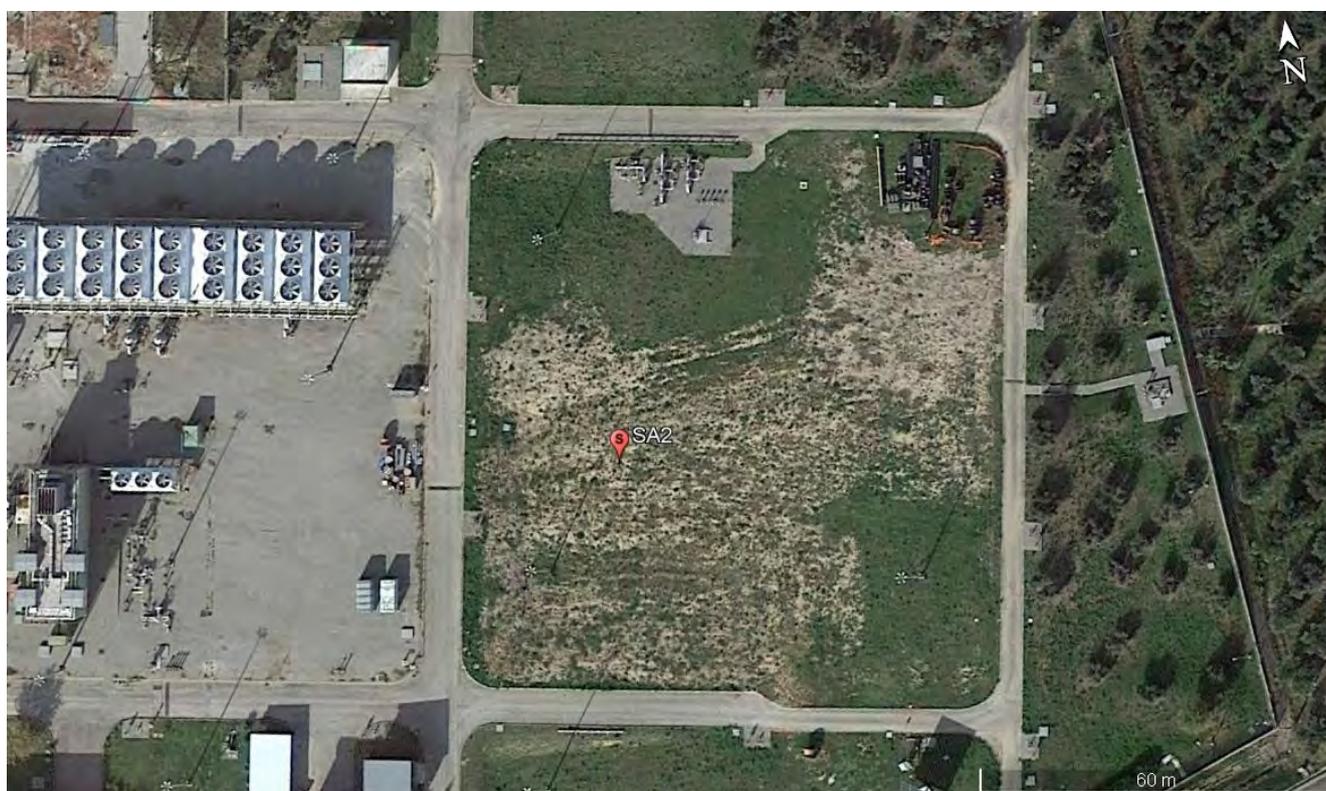


COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it



Sondaggio n° **SA2**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it





Committente Saipem S.p.a. Commessa 108S-2021
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 31/03/2022 Data Fine 31/03/2022

SONDAGGIO **SA3** SONDA
 3.00^m CMV 600 F

Il geologo
 Paolo Malaspina

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di Perforazione	Rivestimento [127mm]	Campioni Ambientali
1		3.00		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub-arrotondati a spigolosi, eterometrici, in matrice limoso-argiloso-sabbiosa passante a 1.00 m ad una matrice sabbiosa debolmente limosa. Colore nocciola scuro passante a 1.00 m ad una tonalità grigio/biancastra, sciolta, debolmente umida	Semplice 101mm	127mm	0.00 AMB1+VALS1 1.00 AMB2+VALS2 2.00 AMB3+VALS3 3.00
2							
3	3.00						

Sondaggio n° **SA3**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **SA4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Ubicazione sondaggio



CAM PERFORAZIONI S.r.l.U.

Sede legale: Via Vanzolini 38, 61121 Pesaro (PU)
Uffici: Via Marconi 33, 60015 Falconara M.ma (AN)
C.F. - P.IVA 01511320432
Tel. 071 9189587 - Cell. 334 6778370
info@camperforazioni.it www.camperforazioni.it





Committente Saipem S.p.a. Comessa 108S-2021
 Cantiere Stogit (Fiume - Trieste) Carotiere 101 mm
 Località San Salvo (CH) Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 04/04/2022 Data Fine 04/04/2022

SONDAGGIO **SA4**
 ml
 3.00

SONDA
 CMV 600

Il geologo
Paolo Malaspina

Scala 1:50	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento [127mm]	Utensili di Perforazione	Campioni Ambientali
1		3.00		Riporto eterogeneo costituito da clasti e scaglie di natura prevalentemente calcarea, da sub-arrotondati a spigolosi, eterometrici, in matrice limoso-argillosa passante a 1.00 m ad una matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa. Colore grigio nerastro passante a 1.00 m ad una tonalità nocciola chiaro, da moderatamente addensata a sciolta, umida	127mm	Semplice 101mm	0.0
2			1.0				
3	3.00		2.0				
							3.0

AMB1+VALS1

AMB2+VALS2

AMB3+VALS3

Sondaggio n° **SA4**



COMMITTENTE: **SAIPEM**

COMMESSA: 108-S/2022

LAVORO: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



**APPENDICE
INDAGINI GEOFISICHE**



Lavoro:

Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH)

Commissa N°: 108S/2021		Elaborato: RAPPORTO TECNICO	
Rev: 1.1		Committente: SAIPEM S.p.A	
Redazione:	Verifica:		
Approvazione:	Consegnato:		
Ns. Rif:	Timbro:	Firma:	

Proprietà riservata. Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione scritta

Elaborato: Allegato Indagini Geofisiche	Committente: SAIPEM S.p.A.	vers.: 1.1	Pag. 2 di 15
		Commessa n° 108S/2021	

INDICE:

1. PREMESSA	3
1. PROSPEZIONI GEOFISICHE	4
1.1 METODO DOWN-HOLE.....	4
1.1.1 CENNI TEORICI.....	4
1.1.2 NORME DI RIFERIMENTO E PROCEDURE.....	5
1.1.3 STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE.....	5
1.1.4 CONTROLLO QUALITA'	7
1.2 MODULI ELASTICI DINAMICI.....	8
1.2.1 RAPPORTO V_p / V_s	8
1.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO	8
1.2.3 MODULO DI TAGLIO DINAMICO.....	9
1.2.4 MODULO DI YOUNG DINAMICO	9
1.2.5 MODULO DI BULK (o di compressibilità)	10
1.2.6 Densità sismica	10
1.3 MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (metodo HVSR)	10
1.3.1 CENNI TEORICI.....	10
1.3.2 STRUMENTAZIONE, METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE.....	11
2. RISULTATI E CONCLUSIONI	14
2.1 RISULTATI PROVE DOWN-HOLE.....	14
2.2 RISULTATI PROVE HVSR.	15
2.3 Calcolo del parametro V_{s30}	15

TAVOLE

- TAV. 1 Planimetria dell'area con ubicazione indagini.
- TAV. 2 Risultati DH S4.

ALLEGATI

Risultati prove HVSR

APPENDICE INDAGINI GEOFISICHE

- Sismogrammi
- Moduli elastici dinamici DH S4
- Tempi di arrivo e velocità calcolate;

1. PREMESSA

Il presente Rapporto Tecnico illustra i risultati di una indagine geognostica e geofisica eseguita per conto della SAIPEM S.p.A. nell'ambito del progetto di installazione di unità ELCO-ECS presso la Centrale GAS di Fiume Treste.

Il presente Rapporto Tecnico illustra l'indagine geofisica rimandando, per ciò che attiene alle indagini geognostiche, al Rapporto Tecnico sulla geognostica.

Le indagini geofisiche sono consistite in **n. 1** prova in foro tipo DH con onde P ed SH, **n. 5** prove HVSr come riportato nella tabella sottostante:

Prova N.	Prof. (m)	Tempi registrazione (secondi)	Data
DHS4	30.0	-----	20/04/2022
HVSr1		1500	20/04/2022
HVSr2		1500	20/04/2022
HVSr 3		1500	20/04/2022
HVSr 4		1500	20/04/2022
HVSr 5		1500	20/04/2022

Tab.1 – Elenco prove geofisiche

1. PROSPEZIONI GEOFISICHE

1.1 METODO DOWN-HOLE

1.1.1 CENNI TEORICI

Il metodo down-hole rappresenta una delle più accurate misure non distruttive per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dinamiche dei terreni, in particolare per una corretta valutazione della risposta di un terreno soggetto a carichi dinamici (ad es. terremoti). Il principio si basa sui tempi di arrivo delle onde sismiche ad uno o più sensori a tre componenti che vengono calati nel perforo e che vengono posti a profondità differenti nel corso dell'intera prova. Le onde sismiche vengono generate in superficie in prossimità del bocca-foro mediante mazza battente che colpisce una piastra circolare (colpi verticali) oppure un parallelepipedo (colpi laterali). Si registrano in questo modo due tipi di onde di corpo, quelle di compressione (P) e quelle di taglio (SH).

L'esecuzione di una prospezione sismica down-hole richiede la perforazione di un sondaggio generalmente strumentato con un tubo (in PVC o altro materiale) con diametro non superiore ai 130 mm e cementato alle pareti del foro al fine di garantire un migliore contatto con i terreni circostanti (Fig.8).

L'apparato di ricezione (geofono tridimensionale) è calato a profondità note nel foro e, mediante un packer di cui è dotato, fatto aderire alle pareti del tubo; successivamente sono registrati i sismogrammi relativi ai tempi di percorso tra il punto di energizzazione (shot-point) in superficie e quello a cui è posto il geofono. Tali tempi in fase di processing, sono inseriti in un diagramma spazio-tempo dove la pendenza delle rette determinate dalla successione dei punti di primo arrivo, rappresenta la velocità dei litotipi investigati.

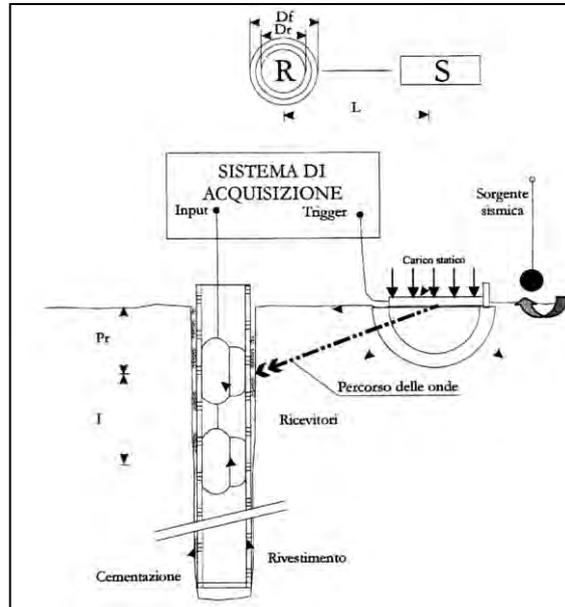


Fig.1 - Schema di prospezione down-hole.

1.1.2 NORME DI RIFERIMENTO E PROCEDURE

Al fine dei processi di lavoro delle indagini, si è fatto riferimento alle seguenti normative:

- **ASTM D7400 – 08** (Standard Methods for Downhole Seismic Testing);
- Norme tecniche di appalto indagini in sito.
- Procedure interne secondo le norme ISO 9001, norme di sicurezza sul cantiere ed in ufficio, controllo di qualità dei dati.
- Pubblicazioni disponibili in bibliografia.

1.1.3 STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo a 24 canali a cumulabilità di impulsi della DMT SUMMIT mod. COMPACT con registrazione degli eventi in forma digitale (Fig.2), con i sensori formati da una coppia di sonde, costituite ognuna da una tripletta di geofoni (direzionati secondo gli assi cartesiani), con interasse fisso di 1 m.



Fig.2 – Sismografo 24 canali modello Compact.

L'acquisizione è stata svolta procedendo dal basso verso l'alto, risalendo l'intero sistema di sonde di 2 m per volta, ottenendo così misurazioni ogni metro.

Nelle registrazioni le prime tre tracce indicano la sonda situata più in alto, mentre le rimanenti tre tracce indicano la sonda posta in basso. I canali 1 e 4 si riferiscono ai geofoni con piano di vibrazione verticale; mentre i canali 2, 3 e 4, 5 indicano i geofoni con piano di vibrazione orizzontale.

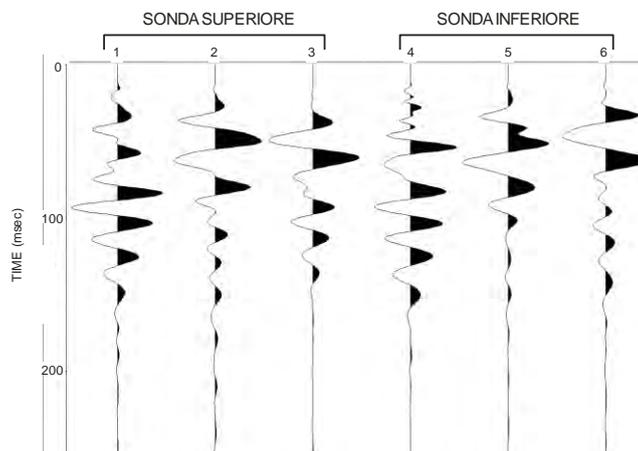


Fig.3 – Esempio di registrazione.

La distanza tra il punto di scoppio ed il foro di sondaggio è stata fissata in 3 m.

L'energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta utilizzando, una massa battente del peso di 10 kg, fatta cadere su di una piastra in ferro da un'altezza di 1.5 m circa, mentre per le onde di taglio, l'energizzazione è avvenuta mediante un trave in legno, il quale è stato percosso dalla massa battente sui due lati opposti rispettivamente per la battuta destra e quella sinistra in modo da ottenere l'inversione di fase dell'onda sismica ed eliminare così le ambiguità di determinazione del primo

arrivo. Per aumentare l'effetto dell'energizzatore, il trave è stato appesantito con un automezzo ponendo le ruote al di sopra dello stesso.

L'interpretazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia per le onde di compressione sia per le onde di taglio. I tempi così calcolati si riferiscono a tempi "obliqui" in quanto l'energizzazione non è allineata con i geofoni.

Per ottenere i tempi in verticale viene effettuata una correzione che tiene conto della geometria del sistema utilizzato.

L'interpretazione delle prove geofisiche in foro con le velocità sismiche ricavate per ciascun sismostrato (sia per le onde P sia per le SH) è riportata nella TAV.2.



Fig.4 – Postazione prova DH S4.

1.1.4 CONTROLLO QUALITA'

Per la corretta esecuzione della prospezione geofisica a mezzo Down-hole e quindi per l'attendibilità dei risultati finali, è importante valutare la qualità dei dati acquisiti oltre, le specifiche e le norme internazionali di riferimento .

Il controllo qualità per l'esecuzione delle indagini in oggetto sono iniziate con la verifica del buon funzionamento delle attrezzature e strumentazione in fase precedente all'acquisizione.

Nel corso dell'acquisizione per ogni singola traccia e per ogni registrazione, è stata fatta una prima valutazione qualitativa in sito, verificando la corretta generazione delle onde di compressione e di taglio, in particolare la verifica della inversione delle battute opposte per le onde SH.

Per migliorare il rapporto segnale/rumore, si è aumentato il numero di "stack" con la selezione e immediata cancellazione delle battute più rumorose così da eliminare ogni ambiguità del segnale sismico.

Nel corso del processing dei dati, si sono confrontate i dati e l'univocità della determinazione dei tempi di primo arrivo confrontando i primi arrivi sulle stesse posizioni dei geofoni.

Alla luce delle valutazioni qualitative e quantitative dei dati raccolti possiamo considerare soddisfacenti i dati raccolti.

1.2 MODULI ELASTICI DINAMICI

1.2.1 RAPPORTO V_p / V_s

Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei porous media. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

1.2.2 COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO

Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$= \frac{1}{2} * \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{(V_p/V_s)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous- media esso risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità,

sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

1.2.3 MODULO DI TAGLIO DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \rho_s * V_s^2$$

dove ρ_s = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei porous media è molto esteso.

1.2.4 MODULO DI YOUNG DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$E = \frac{9 \rho_s^2 R^2}{3R^2 + 1}$$

dove:

ρ_s = densità

$$R^2 = \frac{K}{V_s^2}$$

$$K = \rho_p * \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \text{ (Modulo di Bulk)}$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

1.2.5 MODULO DI BULK (o di compressibilità)

Esso è definito rispetto alle V_p , V_s e densità dalla seguente equazione:

$$K = \rho * \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

dove:

ρ = densità

Questo Modulo varia con la porosità, con la pressione e con la quantità di fluido saturante. Esso aumenta con il grado di saturazione con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione. Nelle rocce sedimentarie varia di oltre 30 volte.

1.2.6 Densità sismica

La densità esprime la concentrazione volumetrica di un corpo e può essere calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità delle onde di compressione P. La **densità geofisica** è espressa dalla seguente relazione:

$$\rho_{in} = 0.51 (V_p)^{0.19}$$

1.3 MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (metodo HVSR)

1.3.1 CENNI TEORICI

La tecnica a stazione singola passiva H/V, anche detta HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), permette di stimare l'amplificazione sismica di un terreno attraverso il rapporto tra la componente spettrale orizzontale e quella verticale. La prova fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Nello specifico, tale metodo si basa sulla misurazione ed analisi del rumore sismico ambientale nell'intervallo di frequenze d'interesse ingegneristico (0÷20 Hz, corrispondente alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture) ed ha il vantaggio di permettere di indagare la risonanza di un terreno (o di un

edificio) sollecitato dal solo microtremore, di origine ambientali e/o antropico (vento, traffico ecc.), anche in assenza di un terremoto.

In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) + semispazio rigido (es. bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, di nuovo al bedrock ecc.) dando luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti [$\lambda = n * 4 * H$]. Le frequenze a cui si manifestano le risonanze sono descritte dalla legge:

$$f_{Hz} = n * \frac{V_s}{4H}$$

Dove:

- **n** = ordine del modo di vibrare (fondamentale per n=1);
- **V_s** = velocità delle onde di taglio nello strato che risuona;
- **H** = spessore dello strato di riferimento.

Nella maggior parte delle situazioni, a causa dell'attenuazione indotta dalle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

L'Equazione permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce un valore di frequenza "f", nota la "V_s" delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

I dati d'indagine geofisica HVSR, ove possibile, sono stati correlati con i dati provenienti dai sondaggi geognostici eseguiti nel sito di progetto, ai fini di caratterizzare il profilo stratigrafico del suolo di fondazione e categorizzare le relative V_s.

1.3.2 STRUMENTAZIONE, METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

Il Tromografo Echo Tromo HVSR 3 è un tromografo digitale prodotto dalla Ambrogeo avente le caratteristiche tecniche illustrate in fig.13.



Fig. 5 – Caratteristiche tomografo

Lo strumento viene utilizzato per indagini di sismica passiva a stazione singola. Questo tomografo digitale è dotato di un geofono 3D avente frequenza propria di 4.5 Hz. Il geofono è dotato di 3 canali con input differenziali, GPS e bussola interna.

Nel caso della necessità di determinazione della categoria di suolo tramite Vs30 è necessario disporre di una stratigrafia di riferimento del sito per poter eseguire il fitting della curva sperimentale HVSR con la curva teorica; possono essere utilizzati i dati provenienti da prove penetrometriche o da sondaggi normalmente eseguiti per l'indagine geognostica.

La procedura di fit della curva HVSR fornisce un modello stratigrafico sismico dell'andamento di Vs con la profondità da cui calcolare Vs30 (Vseq). Questa tecnica confrontata con quelle classiche in array (REMI Esac MASW) fornisce stime di Vs comparabili ed offre il vantaggio di riconoscere eventuali eterogeneità laterali (impossibile con tecniche di array) in maniera veloce e a basso costo.

La velocità delle onde di taglio (Vs) viene determinata attraverso un codice di calcolo, nel caso specifico HEASY HVSR, appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) Ben-Menahem e Singh (1981). In appendice sono riportati i risultati analitici ottenuti.

La strumentazione fornisce inoltre:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito, sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la costruzione potrà essere o meno a rischio.

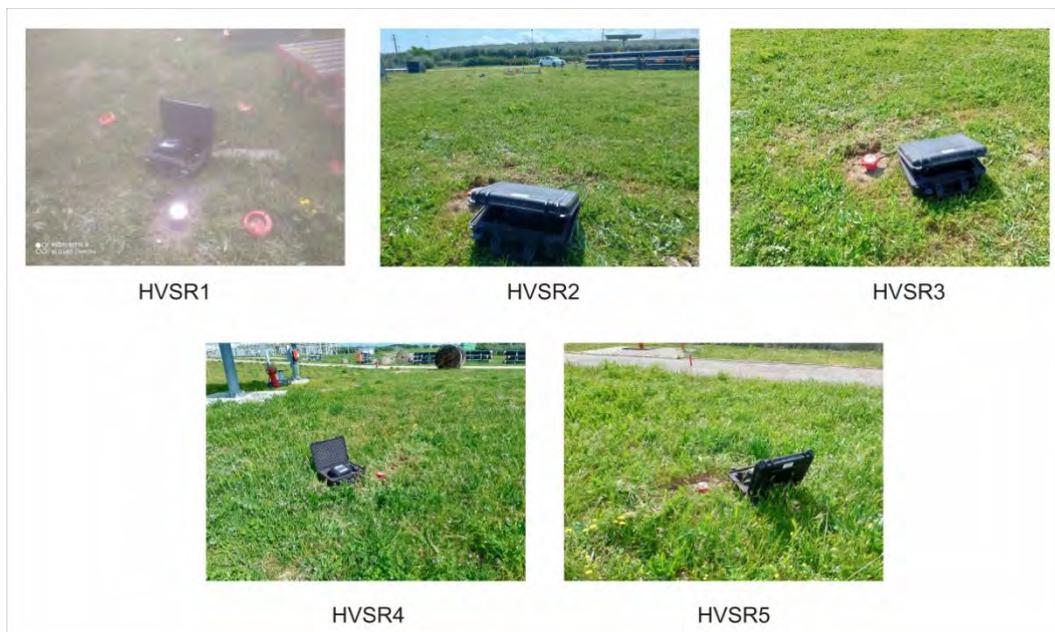


Fig. 6 – Acquisizione prove HVSR

2. RISULTATI E CONCLUSIONI

Il seguente paragrafo illustra i risultati della campagna di indagini geofisiche eseguite, su incarico della Società SAIPEM S.p.A., nell'ambito del progetto di installazione di unità ELCO-ECS presso la Centrale GAS di Fiume Treste.

In questo paragrafo si procede ad una analisi e discussione delle risultanze ottenute dalle indagini geofisiche consistenti in n. 1 prove sismiche in foro di tipo "Down-Hole", e n. 5 prove HVSR.

I risultati ottenuti esposti in forma numerica nella Tav. 2 (DHS4). In appendice infine si allegano i sismogrammi, i moduli elastici dinamici ed i tempi di arrivo con le velocità calcolate per la prova DH. Vengono infine allegati i risultati delle prove HVSR.

2.1 RISULTATI PROVE DOWN-HOLE

La verticale d'indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in sei intervalli riassunti nella tabella seguente:

Intervallo (n°)	Profondità (m)	Velocità onde P (m/sec)	Velocità onde SH (m/sec)	Ascrizione litologica
1	0,00-4,50	585	310	Riporto eterogeneo
2	4,50-9,50	1380	210	Argilla limosa
3	9,50-12,50	1350	235	Argilla limosa
4	12,50-16,00	2050	290	Limo Argilloso con sabbia
5	16,00-20,00	2000	320	Alternanza Sabbia Limosa e limoso-argillosa
6	20,00-30,00	1850	460	Sabbia fine deb. argillosa

Tab.2 – Risultati Down-Hole DH1

Dalla analisi della propagazione delle velocità delle onde di taglio si osserva un graduale aumento fino a fondo foro ad esclusione del primo sismo strato costituito da Riporto. Per quanto riguarda le onde di compressione si nota una inversione tra i 12.50 m e 20.00 m dal p.c.

2.2 RISULTATI PROVE HVSR.

Le prove HVSR sono state eseguite nei diversi punti dell'intervento come riportato in TAV. 1, ed grafici dei risultati vengono riportati in Allegato.

In tutte le registrazioni si notano 2 valori di picchi a bassa ed alta frequenza. Alcune volte i valori massimi di H/V si verificano con frequenza più bassa, altre volte su quelle con frequenza più alta.

I valori di picco **f0** rilevati vengono di seguito elencati.

Prova N.	Lunghezza registrazione (sec)	Frequenza di Picco f0 (Hz)*	
		Min	Max
HVSR1	1.500	2.97	41.03
HVSR2	1.500	3.00	34.77
HVSR3	1.500	2.92	37.88
HVSR4	1.500	3.34	44.80
HVSR5	1.500	3.16	52.11

Tab.3 – Valori di **f0**

* Nella tabella in neretto vengono riportati i valori in frequenza di picco con il rapporto H/V maggiore.

2.3 Calcolo del parametro **Vs30**.

Dalle velocità delle onde SH ottenute dalla prova Down Hole, è stato calcolato il parametro **Vs30** (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto a diversi intervalli di profondità.

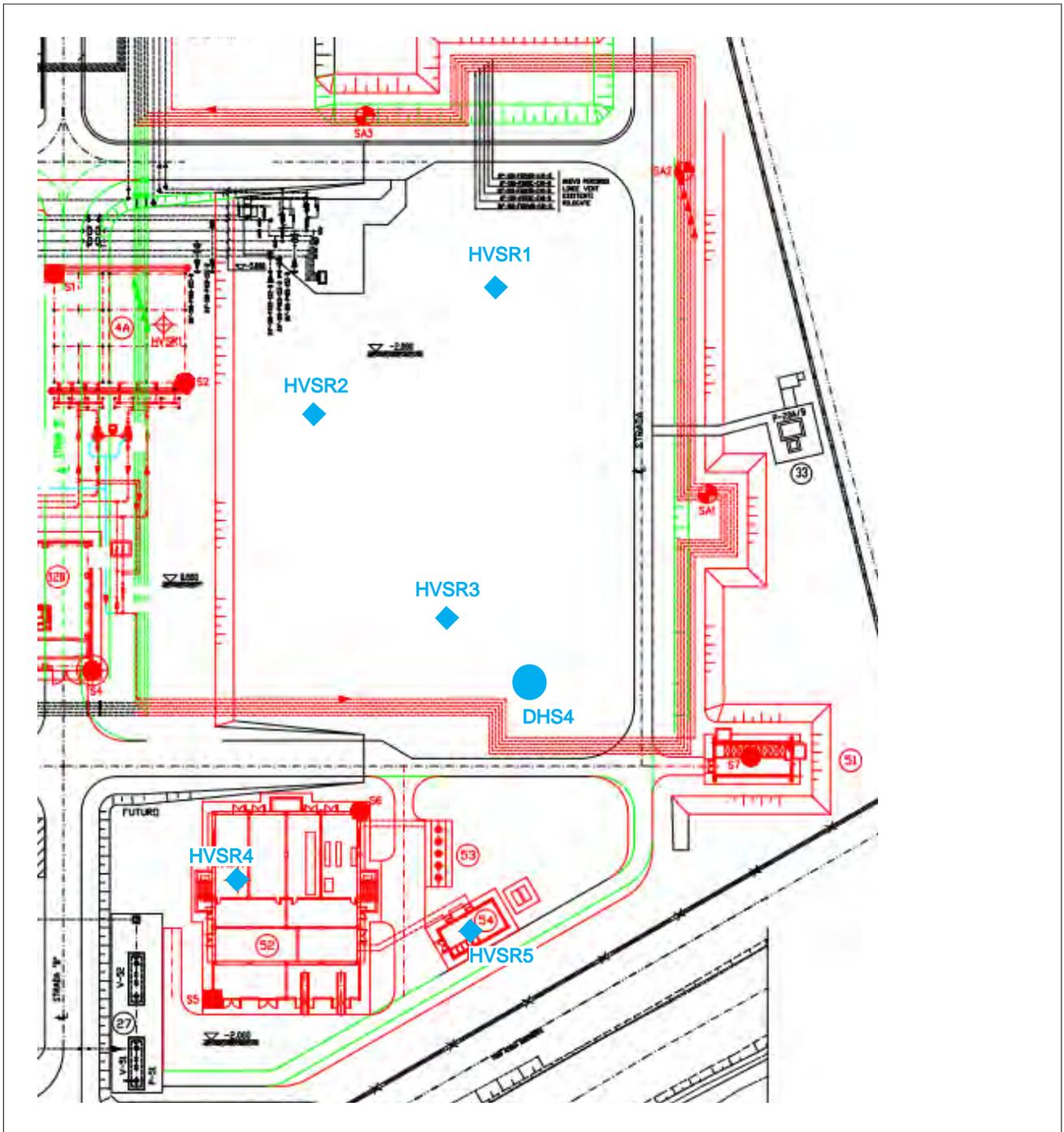
Non essendo state rilevate velocità di propagazione delle onde SH uguali o superiori a 800 m/sec (substrato sismico), il calcolo della velocità delle onde "**Vseq** = **Vs30**".

Sulla base dei dati descritti si ottiene il valore di

$$\mathbf{V_{seq} = 308}$$

Falconara Marittima, Maggio 2022

TAVOLE



LEGENDA:



Down Hole S4



Prova HVS

Committente: COMUNE DI CINGOLI

Lavoro: INDAGINI GEOLOGICHE PER RIPRISTINO DISSESTO IDROGEOLOGICO
IN LOC. PIANCAVALLINO NEL COMUNE DI CINGOLI (MC)



COMMESSA TIPO DOC. REV.

049S 21 GS TV 1

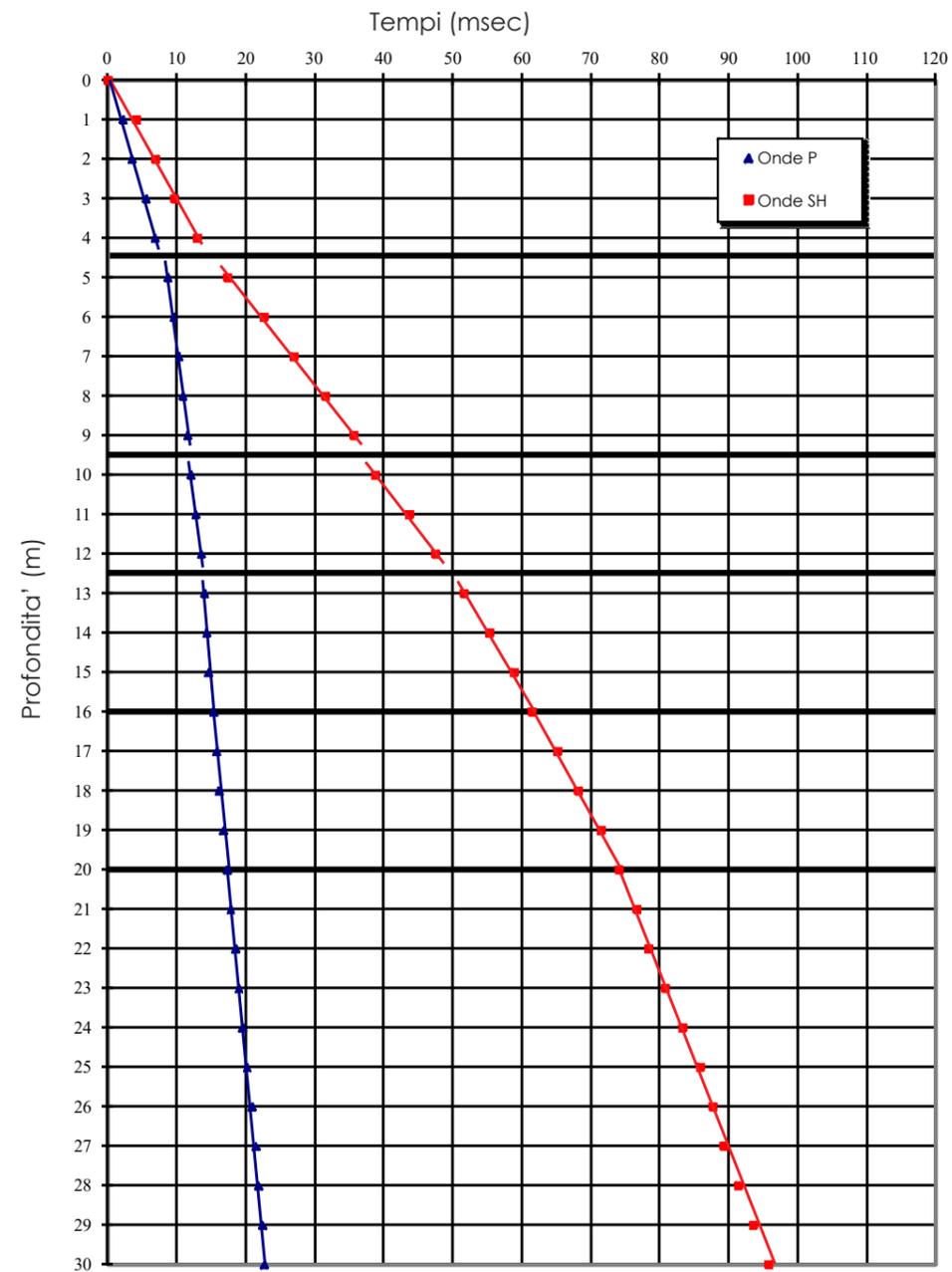
Elaborato:

UBICAZIONE INDAGINI

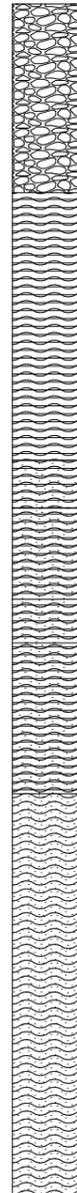
Scala: grafica

TAV. n.º: 1

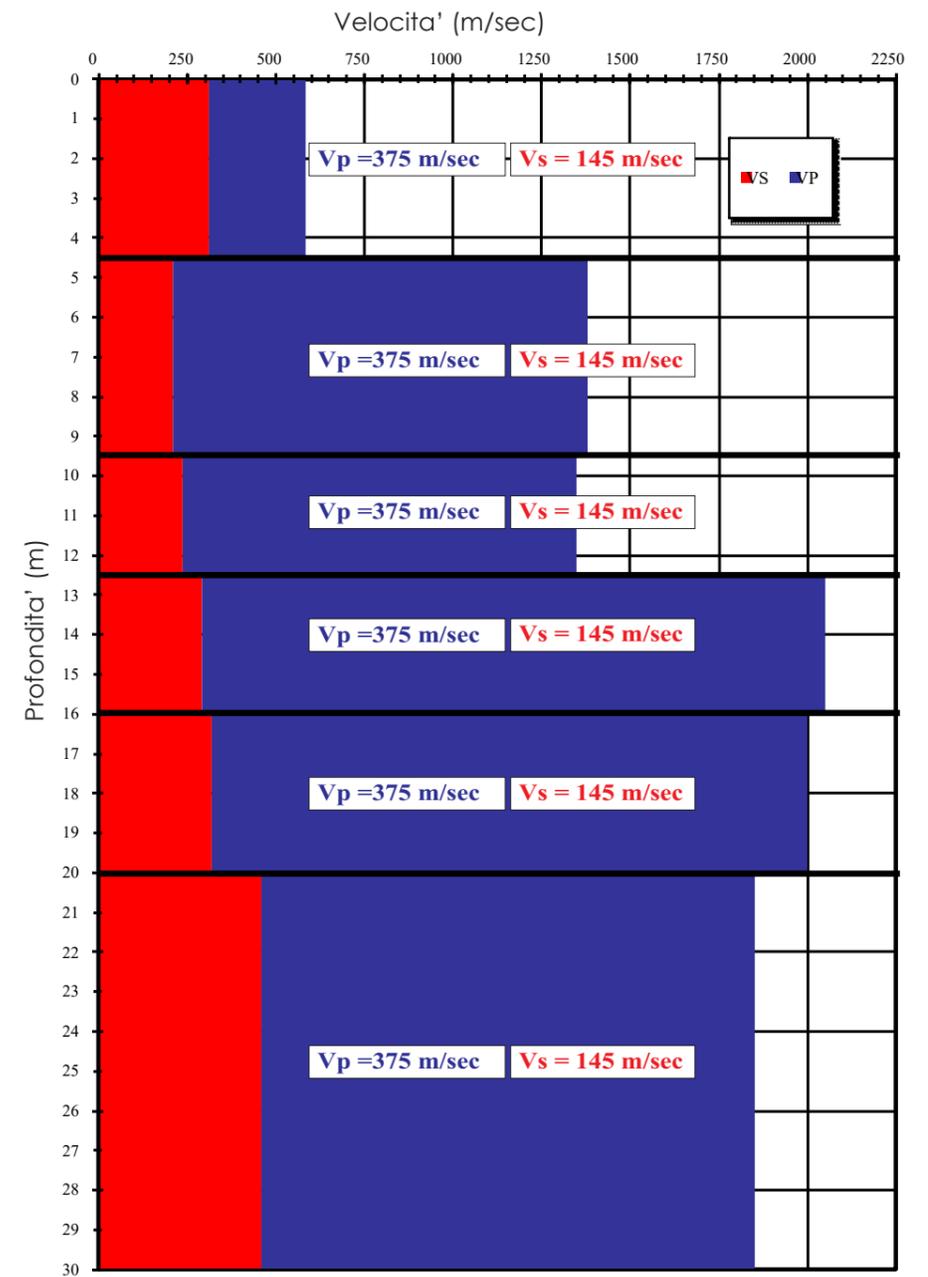
Dromocrone



Stratigrafia S4



Intervalli di velocità



Committente: SAIPEM S.p.A.

Lavoro: Esecuzione di indagini geognostiche e ambientali per l'installazione di unità ELCO-ECS presso la centrale Gas di Fiume Trieste, Cupiello (CH).



COMMESSA	TIPO	DOC.	REV.
108S	21	GS	TV 1

Elaborato:
RISULTATI DOWN-HOLE S4

ALLEGATO

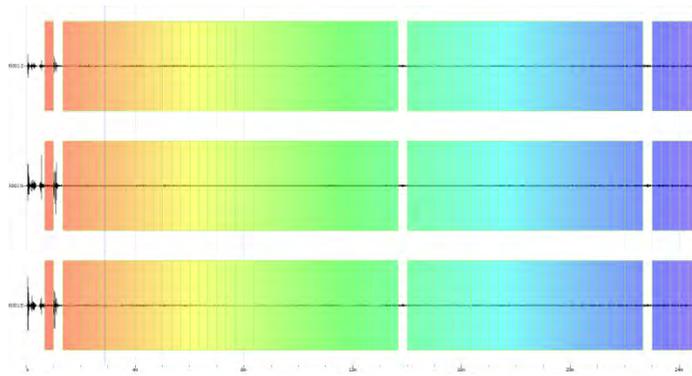
Elaborazione HVSR:

1. HVSR1.

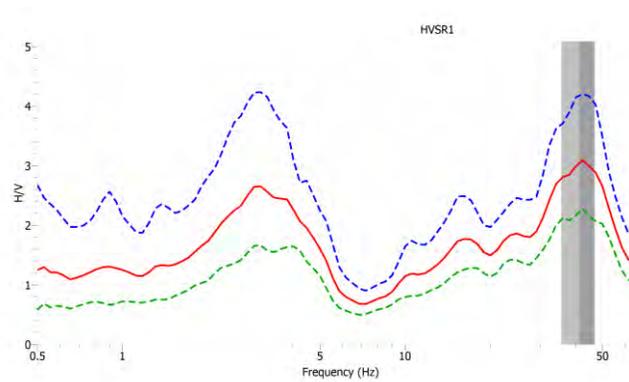
1.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

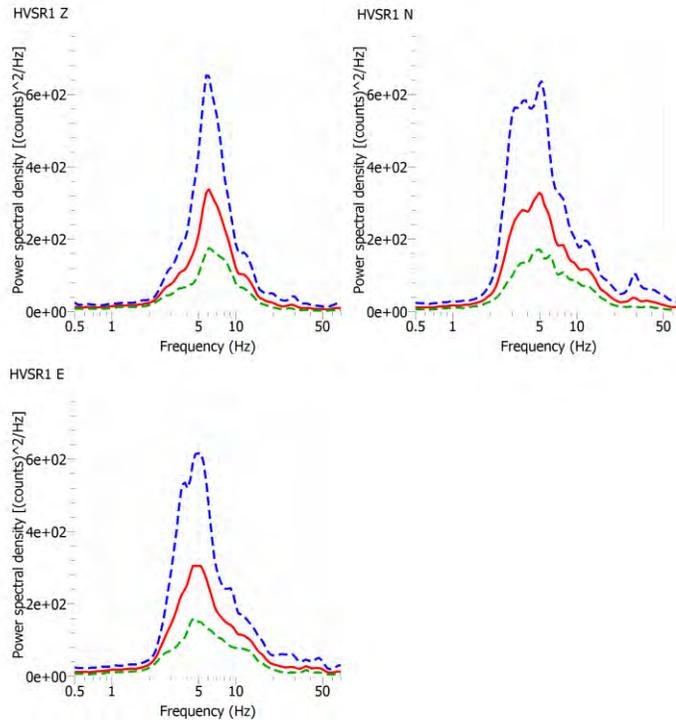
1.2 FINESTRE SELEZIONATE



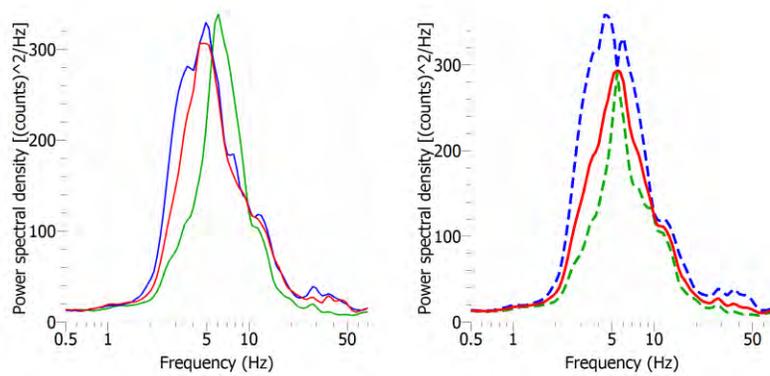
1.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



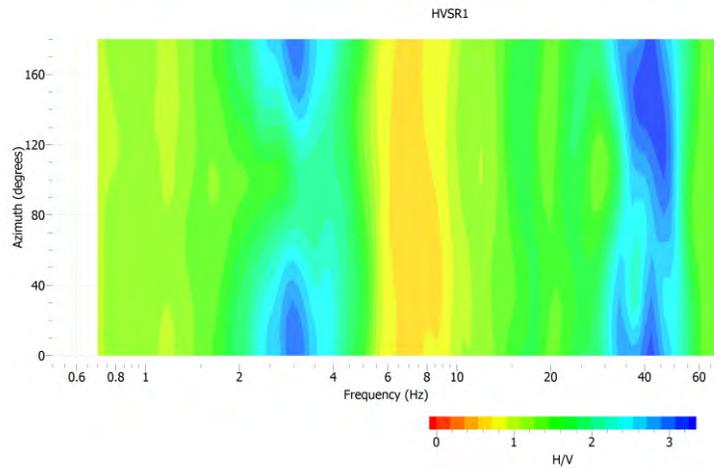
1.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



1.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



1.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



1.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 2.97 e 41.03 Hz.

Criteri di affidabilità della curva H/V

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

Criteri di affidabilità di picco

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

1.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

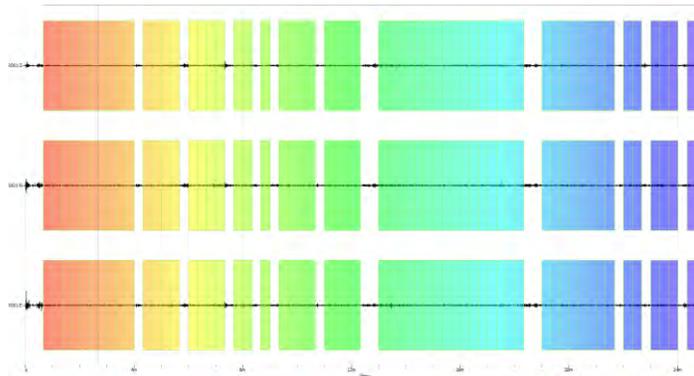
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

2. HVS2.

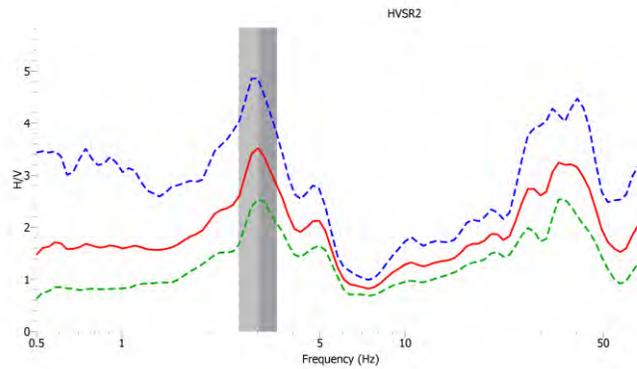
2.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

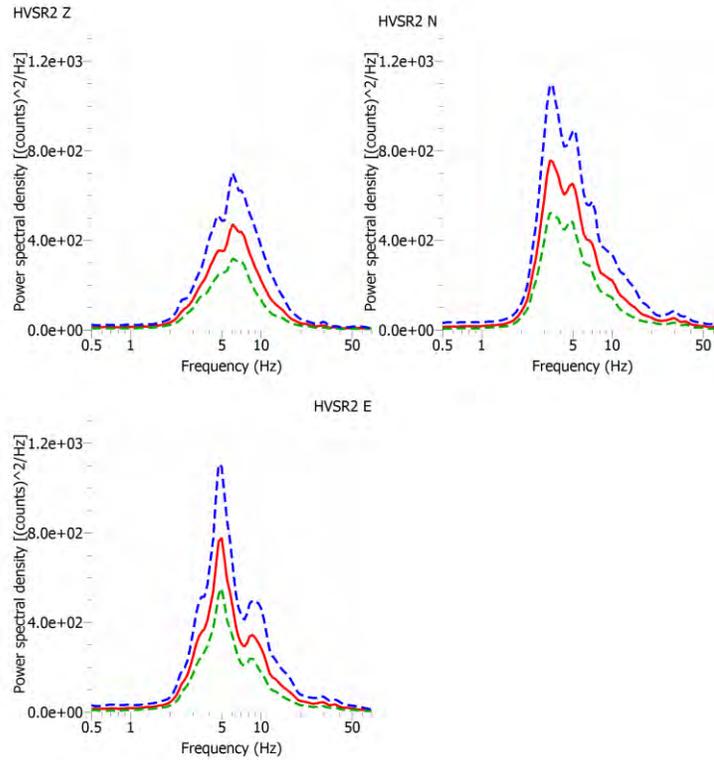
2.2 FINESTRE SELEZIONATE



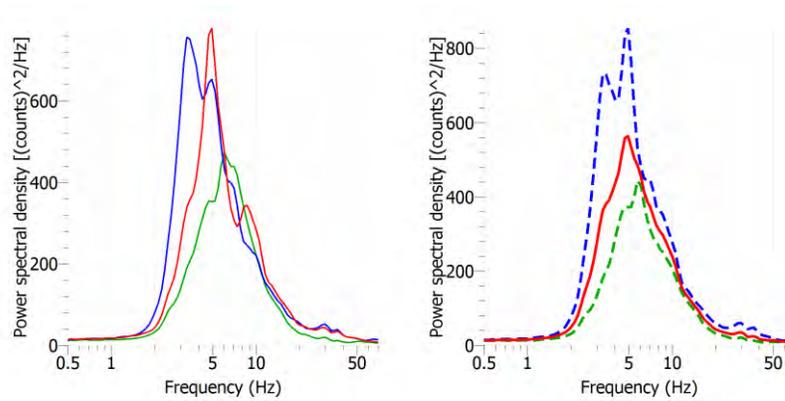
2.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



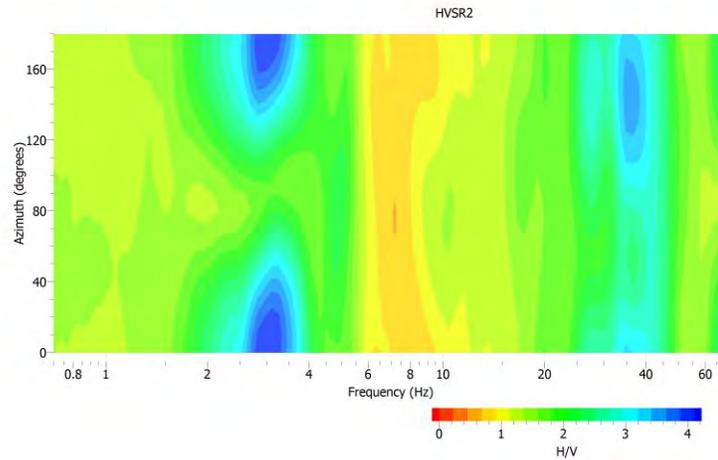
2.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



2.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



2.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



2.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.00 e 34.77 Hz.

Criteri di affidabilità della curva H/V

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

Criteri di affidabilità di picco

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

2.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

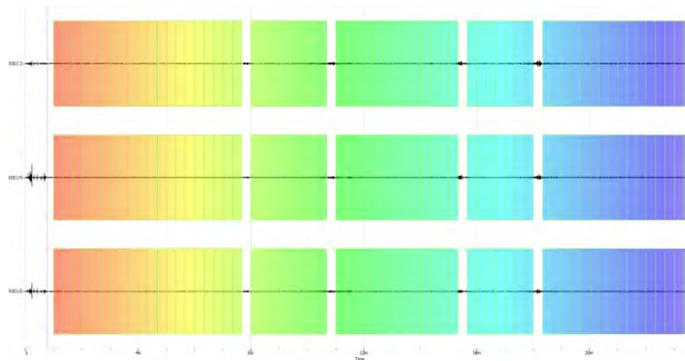
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

3. HVSRI.

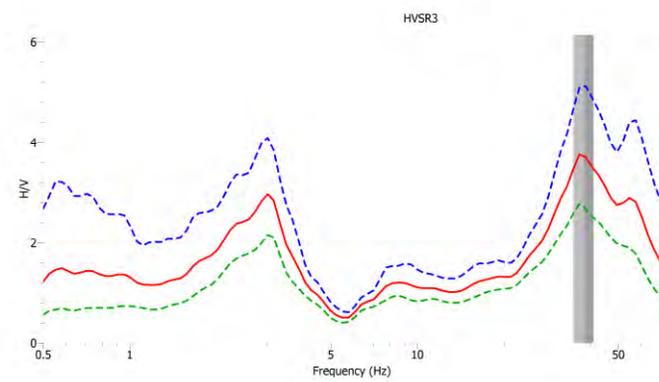
3.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

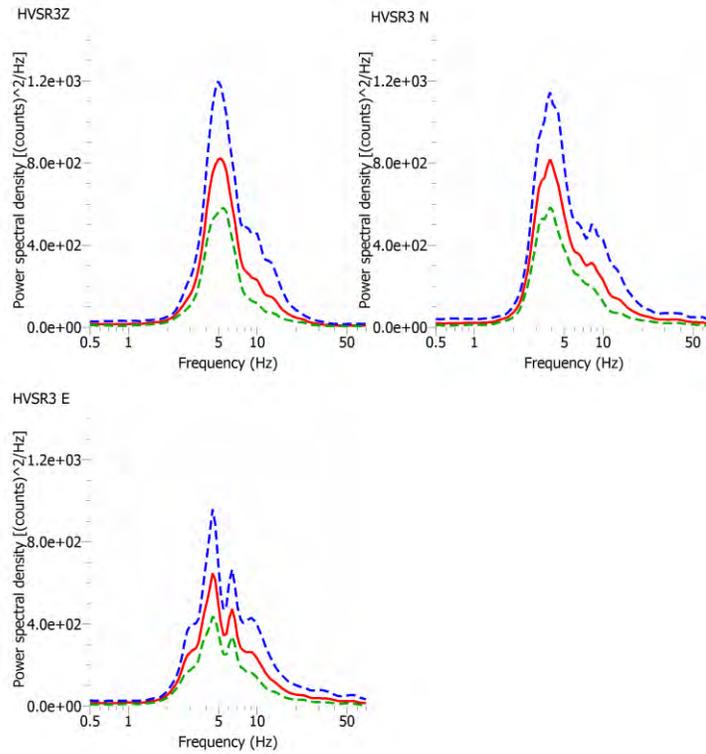
3.2 FINESTRE SELEZIONATE



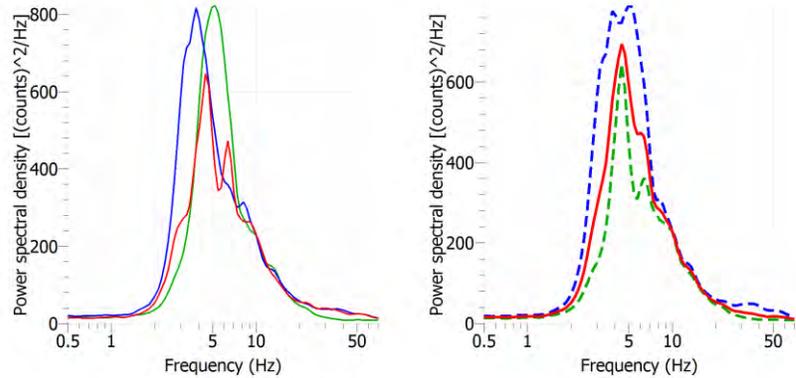
3.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



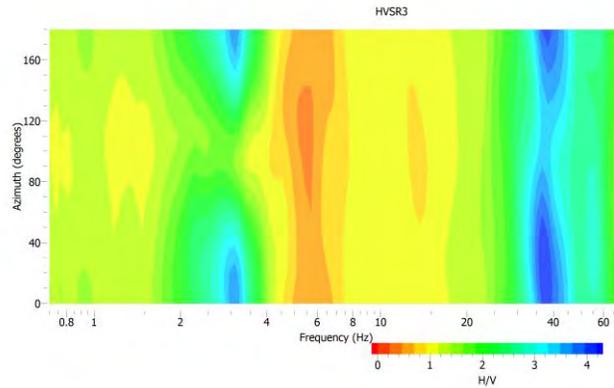
3.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



3.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



3.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



3.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 2.92 e 37.88 Hz.

Criteri di affidabilità della curva H/V

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

Criteri di affidabilità di picco

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

3.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

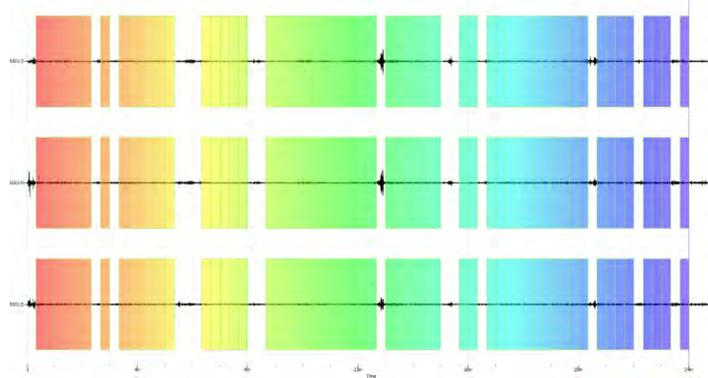
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

4. HVSRI.

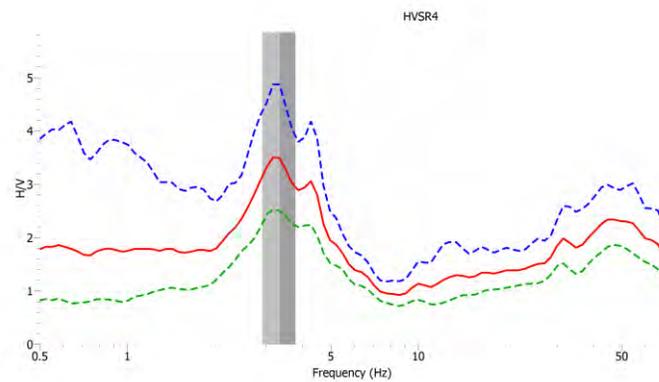
4.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

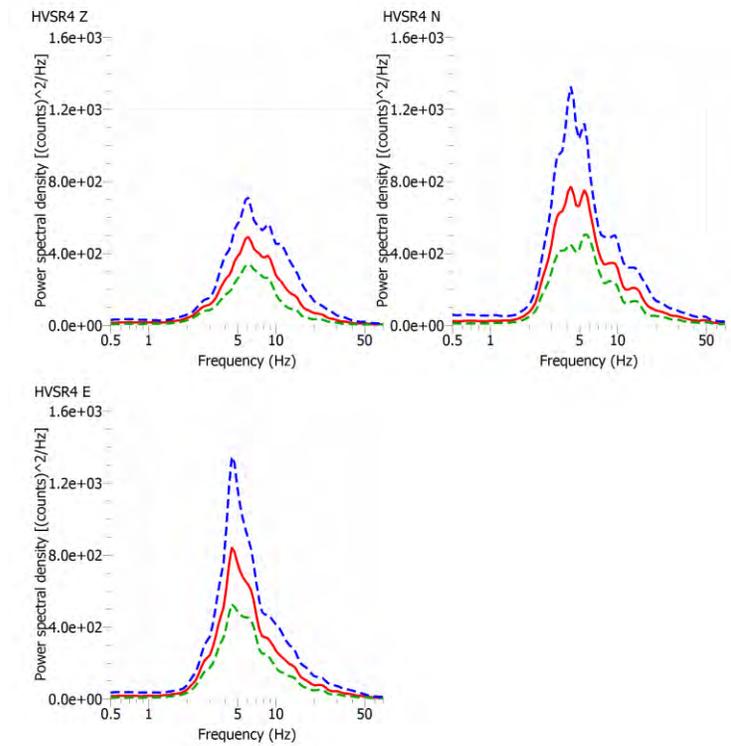
4.2 FINESTRE SELEZIONATE



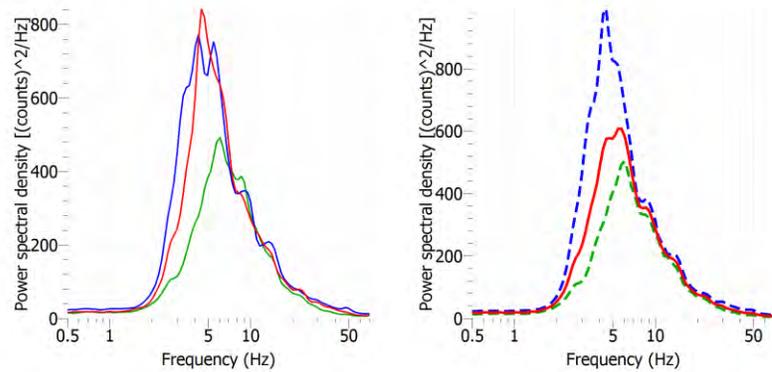
4.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



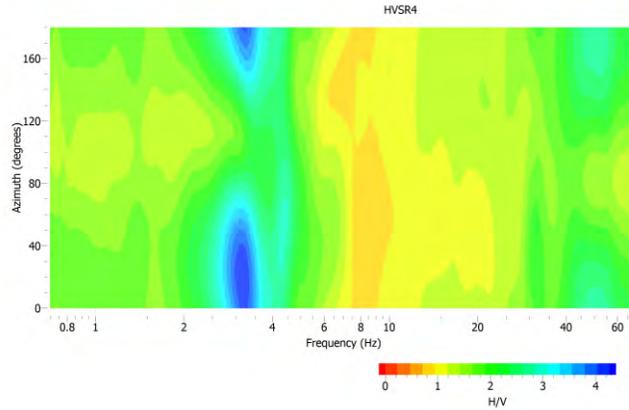
4.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



4.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



4.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



4.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSR1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.16 e 44.80 Hz.

Criteri di affidabilità della curva H/V

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

Criteri di affidabilità di picco

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

4.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii,2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

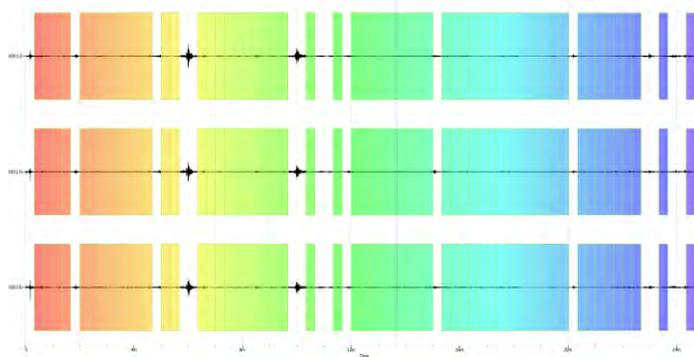
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3criteri) sono verificati (robustezza statistica)
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

5. HVSRI.

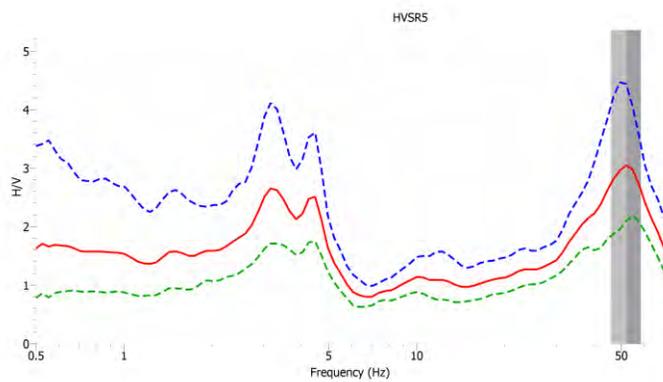
5.1 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

- frequenza campionamento 172 Hz
- durata: 25 min

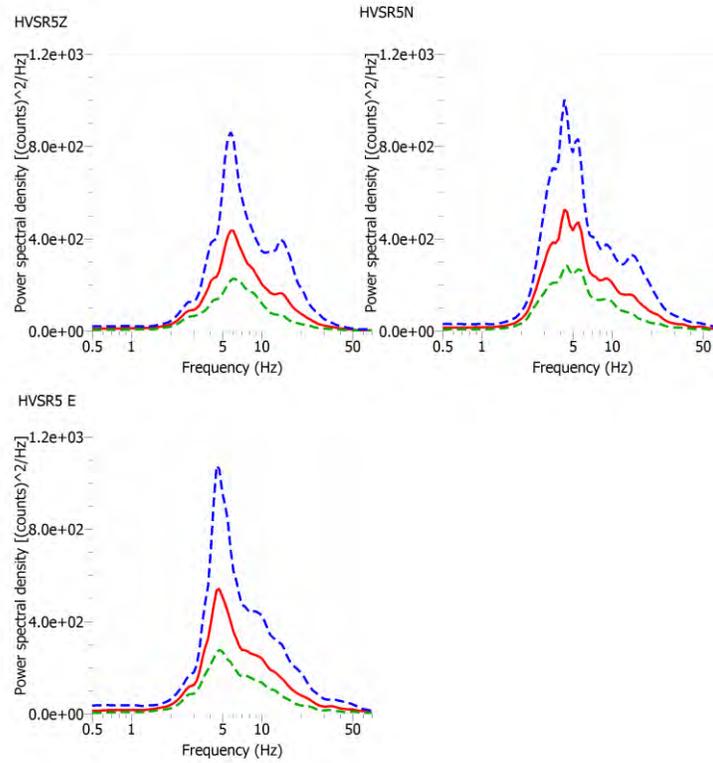
5.2 FINESTRE SELEZIONATE



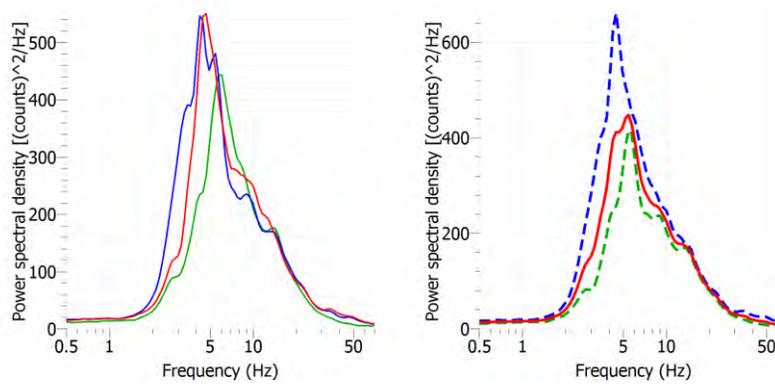
5.3 CALCOLO RAPPORTO H/V



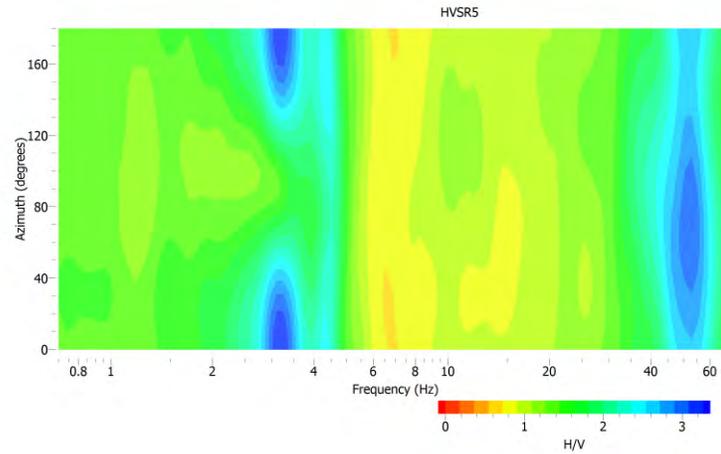
5.4 VISUALIZZAZIONE E CALCOLO DEGLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI.



5.5 SPETTRI MEDI E SPETTRO MEDIO COMPLESSIVO.



5.6 STAZIONARIETÀ E DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V.



5.7 VERIFICA CRITERI SESAME HVSRS1 CAVALCAVIA 33

2 Picchi in frequenza: 3.16 e 52.11 Hz.

Criteri di affidabilità della curva H/V

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H.$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H.$$

Criteri di affidabilità di picco

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

5.8 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE MISURE HVSR1 CAVALCAVIA 33 (Classificazione proposta da Albarello et alii, 2010 e Albarello & Castellaro, 2011)

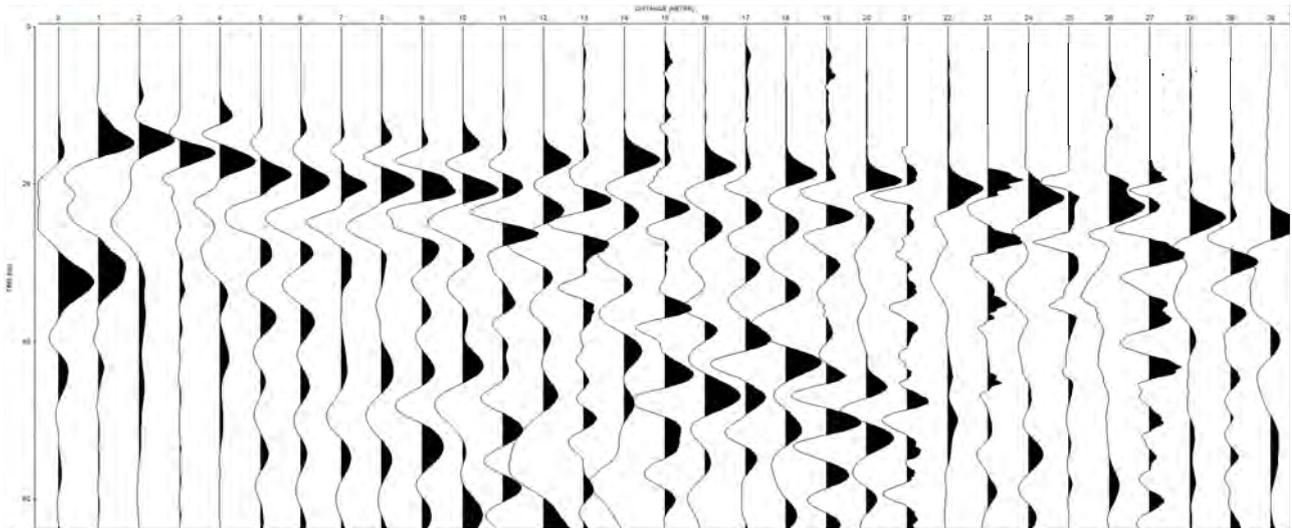
La misura rientra in Classe B1, Sottoclasse Tipo 1.

[H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

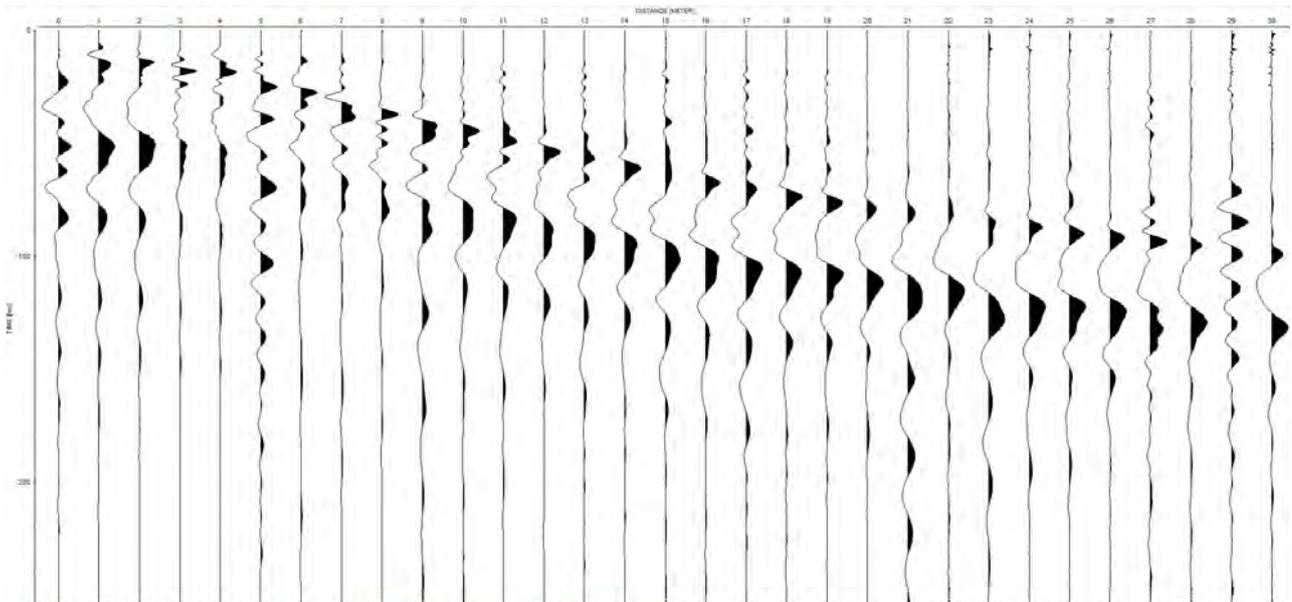
1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. Non soddisfa le condizioni di isotropia ma presenta almeno un picco chiaro.
7. la misura è durata 25 minuti

APPENDICE

Sismogrammi DHS4



Onde p



Onde SH



Down-Hole S4

MODULI ELASTICI DINAMICI								
Int.	densità geofisica (Kg/m ³)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Vp/Vs	Young (N/m ²)	Modulo di taglio (N/m ²)	Poisson	Modulo di Bulk (N/m ²)
<i>0,00-4,50</i>	1710	585	310	1.89	4.288E+08	1.643E+08	0.3048	3.66E+08
<i>4,50-9,50</i>	2015	1380	210	6.57	2.645E+08	8.886E+07	0.4881	3.72E+09
<i>9,50-12,50</i>	2000	1350	235	5.74	3.279E+08	1.105E+08	0.4844	3.50E+09
<i>12,50-16,00</i>	2170	2050	290	7.07	5.438E+08	1.825E+08	0.4898	8.88E+09
<i>16,00-20,00</i>	2160	2000	320	6.25	6.577E+08	2.212E+08	0.4869	8.35E+09
<i>20,00-30,00</i>	2130	1850	460	4.02	1.322E+09	4.507E+08	0.4670	6.69E+09



Tempi arrivo eventi sismici				
DOWN-HOLE S4		distanza shot - bocca foro: 3 m		
m dal p.c.	ONDE P		ONDE SH	
	tempi obliqui	tempi verticali	tempi obliqui	tempi verticali
	(msec)	(msec)	(msec)	(msec)
0	7.89	0.00	17.53	0.00
1	6.85	2.17	13.15	4.16
2	6.30	3.49	12.55	6.96
3	7.89	5.58	13.75	9.72
4	8.53	6.82	16.14	12.91
5	10.12	8.68	20.32	17.42
6	10.68	9.55	25.31	22.64
7	11.24	10.33	29.29	26.92
8	11.62	10.88	33.67	31.53
9	12.23	11.60	37.66	35.73
10	12.59	12.06	40.45	38.74
11	13.23	12.76	45.23	43.64
12	13.95	13.53	49.02	47.56
13	14.43	14.06	53.00	51.64
14	14.67	14.34	56.59	55.33
15	14.90	14.61	59.98	58.82
16	15.54	15.27	62.57	61.50
17	16.02	15.78	66.15	65.14
18	16.34	16.12	69.14	68.20
19	16.98	16.77	72.33	71.44
20	17.45	17.26	74.92	74.09
21	18.01	17.83	77.51	76.73
22	18.70	18.53	79.10	78.37
23	19.17	19.01	81.49	80.81
24	19.69	19.54	83.89	83.24
25	20.33	20.19	86.48	85.86
26	21.04	20.90	88.27	87.69
27	21.60	21.47	89.86	89.31
28	21.92	21.80	91.86	91.34
29	22.56	22.44	94.05	93.55
30	22.79	22.68	96.24	95.76

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	60 / 61

Logo e Denominazione Commerciale Committente	Identificativo documento Committente	Identificativo documento Progettista	Indice Rev.		Foglio di Fogli
			Stato di Validità	N. Rev.	
 STOGIT	041105DFLB13331	05-BG-E-94001		01	61 / 61

Allegato 5

Certificati prove di laboratorio geotecnico

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039001

data di emissione

19/05/22

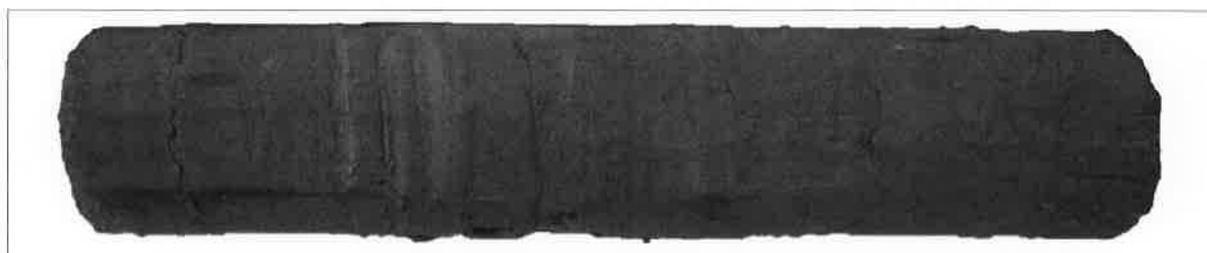
RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,24	0,11	$w, \rho, \rho_d, \rho_s, e, n, S_R$ w_L, w_P, I_P FC 75 μ m EDO _{IL}	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ $L = 40$ GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': media RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': media CONSISTENZA (PP): molto consistente STRUTTURA: stratificata REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: frequenti livelli sabbiosi (non utilizzati [*]) [*] test eseguiti su livello di argilla e limo
20 cm				
30 cm				
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039002

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	26,0
ρ	Mg/m ³	1,96
ρ_d	Mg/m ³	1,56
ρ_s	Mg/m ³	2,70
e	-	0,736
n	%	42,4
S _R	-	0,95

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039003

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	95,0
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039004

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	43,8
W _P	%	24,6
I _P	%	19,2

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcocchio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039005

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**PROVA EDOMETRICA**

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v
kPa	%	-	kPa	m ² /s
12,5				
25				
50	0,13	0,734	12821	2,8E-08
100	0,52	0,727	9804	1,6E-08
200	1,54	0,709	8333	1,6E-08
400	3,94	0,668	11299	
800	7,48	0,606	21390	
1600	11,22	0,541	44568	
3200	14,81	0,479		
800	13,95	0,494		
200	12,62	0,517		
50	10,98	0,545		
12,5				

A	mm ²	2000
H ₀	mm	20
w ₀	%	26,0
ρ_0	Mg/m ³	1,96
ρ_{d0}	Mg/m ³	1,56
ρ_s	Mg/m ³	2,70
e ₀	-	0,736
S _{R0}	-	0,95

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039005

data di emissione

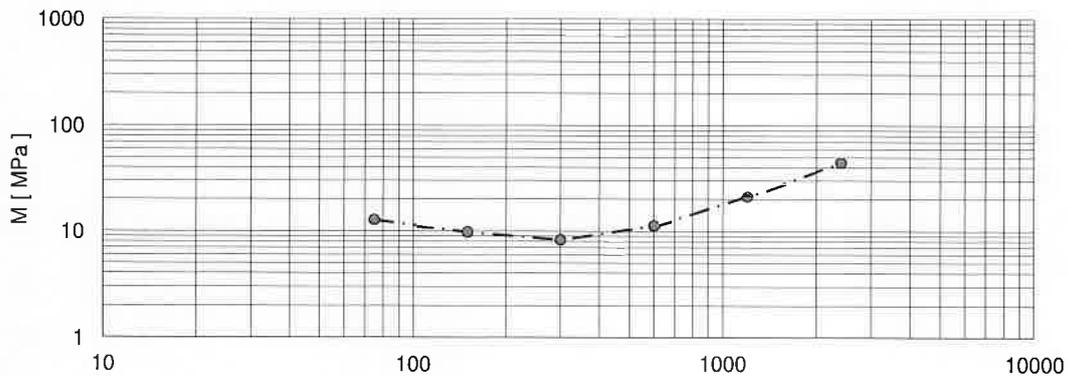
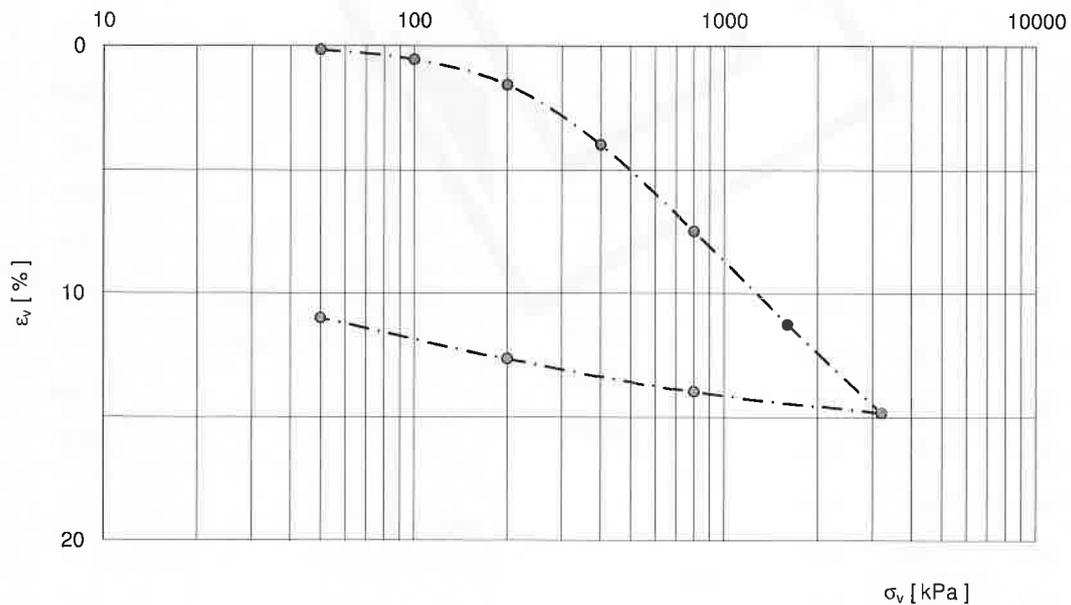
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039005

data di emissione

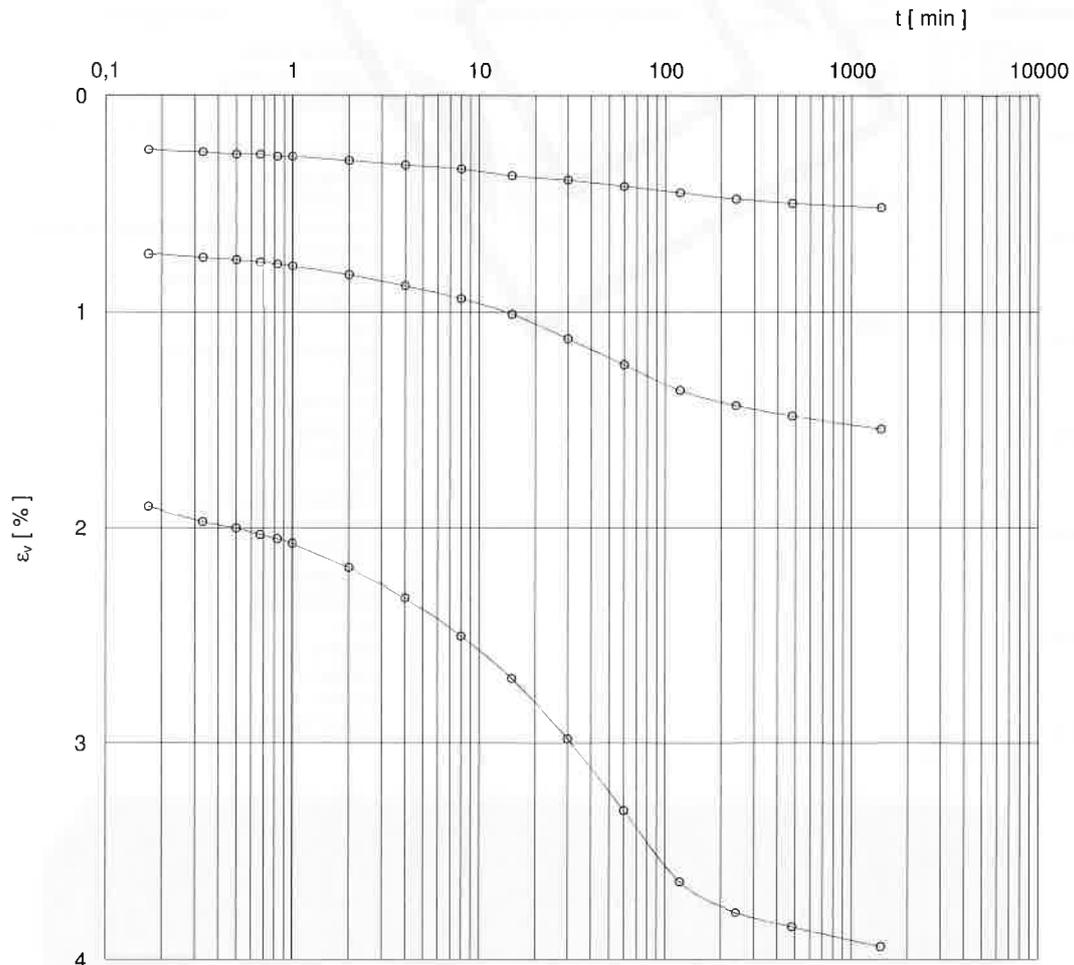
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S1 SH1 7,0/7,5m
verbale d'accettazione 0144/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039006
data di emissione	19/05/22

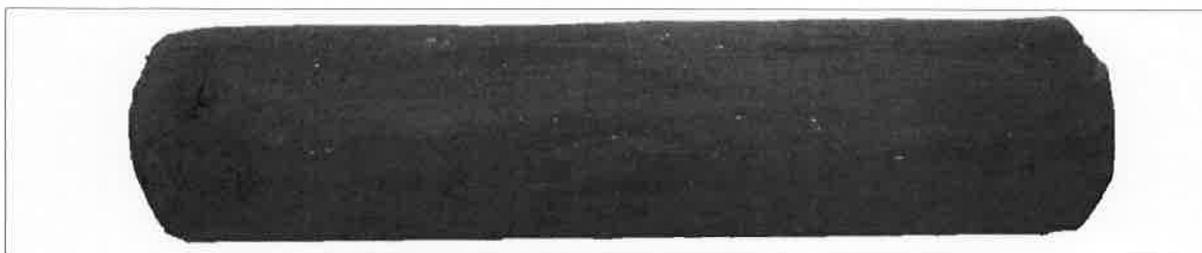
RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0145/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,23		w, ρ, ρ _d , ρ _s , e, n, S _R W _L , W _P , I _P FC 75μm TxUU	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] φ = 8,5 L = 30 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': alta RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': alta CONSISTENZA (PP): molto consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
20 cm	0,24			
30 cm	0,25	0,11		
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039007

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0145/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	25,8
ρ	Mg/m ³	1,99
ρ_d	Mg/m ³	1,58
ρ_s	Mg/m ³	2,69
e		0,701
n	%	41,2
S _R		0,99

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039008

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0145/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	96,1
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcoccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039009

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0145/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	50,7
W _P	%	22,5
I _P	%	28,2

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039010

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0145/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**PROVA TRIASSIALE UU**

UNI EN ISO 17892-8

test	n	1	2	3
D ₀	mm	38	38	38
H ₀	mm	76	76	76
w	%	25,8	25,8	25,7
ρ	Mg/m ³	2,00	1,99	1,99
ρ _d	Mg/m ³	1,59	1,58	1,58
ρ _s	Mg/m ³	2,69		
e	-	0,692	0,701	0,699
S _R	-	1,00	0,99	0,99
σ ₃	kPa	50	150	250
ε _r	%/min	0,5	0,5	0,5
q _l	kPa	206	218	222

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039010

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH1 9,0/9,5m

verbale d'accettazione 0145/22

data di ricevimento 22/04/22

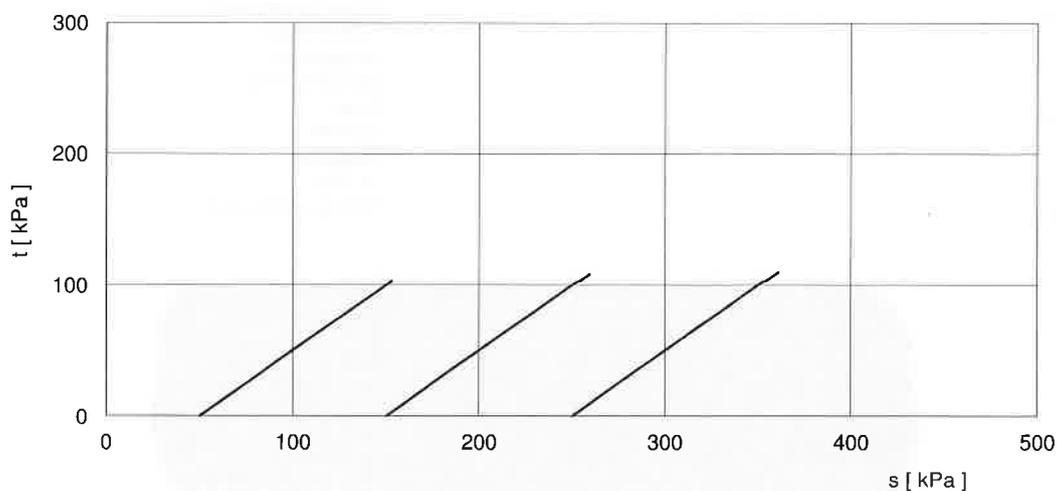
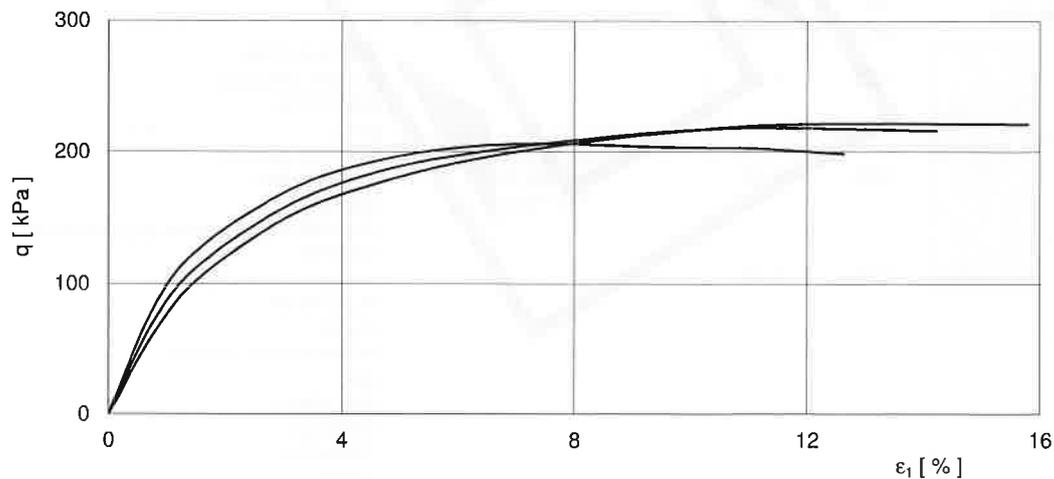
data d'apertura 06/05/22

tipo di terreno CH (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 2/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039011

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S2 SH2 11,2/11,7m
verbale d'accettazione 0146/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DESCRIZIONE VISIVA**

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,25	0,11	w, ρ, ρ _d , ρ _s , e, n, S _R w _L , w _p , I _p FC 75μm	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] φ = 8,5 L = 25 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': media RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': media CONSISTENZA (PP): molto consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
20 cm	0,26	0,12		
30 cm	0,24	0,10		
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039012

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH2 11,2/11,7m

verbale d'accettazione 0146/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 05/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	24,5
ρ	Mg/m ³	2,01
ρ_d	Mg/m ³	1,61
ρ_s	Mg/m ³	2,72
e	-	0,685
n	%	40,6
S_R	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcoccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039013

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH2 11,2/11,7m
verbale d'accettazione 0146/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	95,5
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039014

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S2 SH2 11,2/11,7m
verbale d'accettazione 0146/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	45,3
W _P	%	21,7
I _P	%	23,6

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

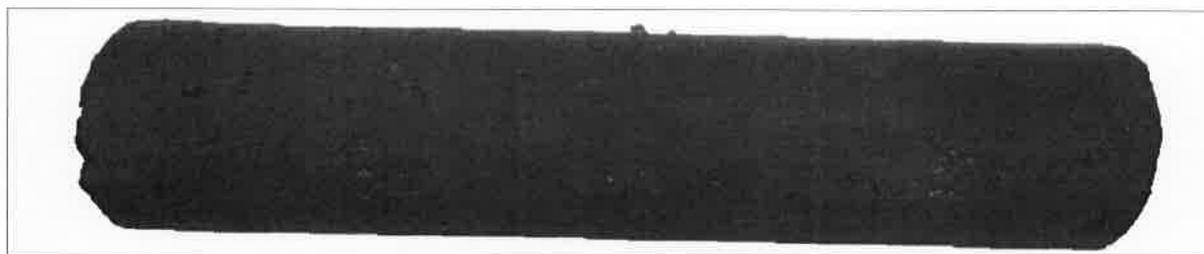
CERTIFICATO 22039015

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DESCRIZIONE VISIVA**

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,26			CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ L = 40 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': alta RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': alta CONSISTENZA (PP): molto consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
20 cm	0,27		w, ρ_d , ρ_s , e, n, S_R w_L , w_p , I_p FC 75 μ m TxUU EDO _{IL}	
30 cm				
40 cm	0,25	0,11		
50 cm				
60 cm				
70 cm				

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039016

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	24,4
ρ	Mg/m ³	2,00
ρ_d	Mg/m ³	1,61
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e	-	0,686
n	%	40,7
S _R	-	0,96

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039017

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	97,0
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039018

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m

verbale d'accettazione 0147/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 04/05/22

tipo di terreno CH (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

w _L	%	56,4
w _P	%	22,1
I _P	%	34,3

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039019
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v
kPa	%	-	kPa	m ² /s
12,5				
25				
50				
100	0,18	0,684	14493	1,6E-08
200	0,87	0,672	9524	1,5E-08
400	2,97	0,637	11396	1,1E-08
800	6,48	0,578	18476	
1600	10,81	0,505	33403	
3200	15,60	0,424		
800	13,35	0,462		
200	10,60	0,508		
50				
12,5				

A	mm ²	2000
H ₀	mm	20
w ₀	%	24,5
ρ_0	Mg/m ³	2,00
ρ_{d0}	Mg/m ³	1,61
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e ₀	-	0,687
S _{Fl0}	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039019

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m

verbale d'accettazione 0147/22

data di ricevimento 22/04/22

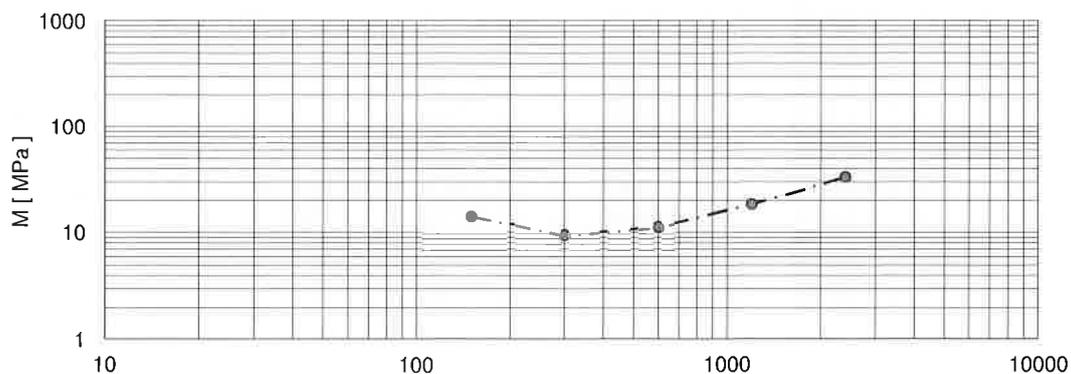
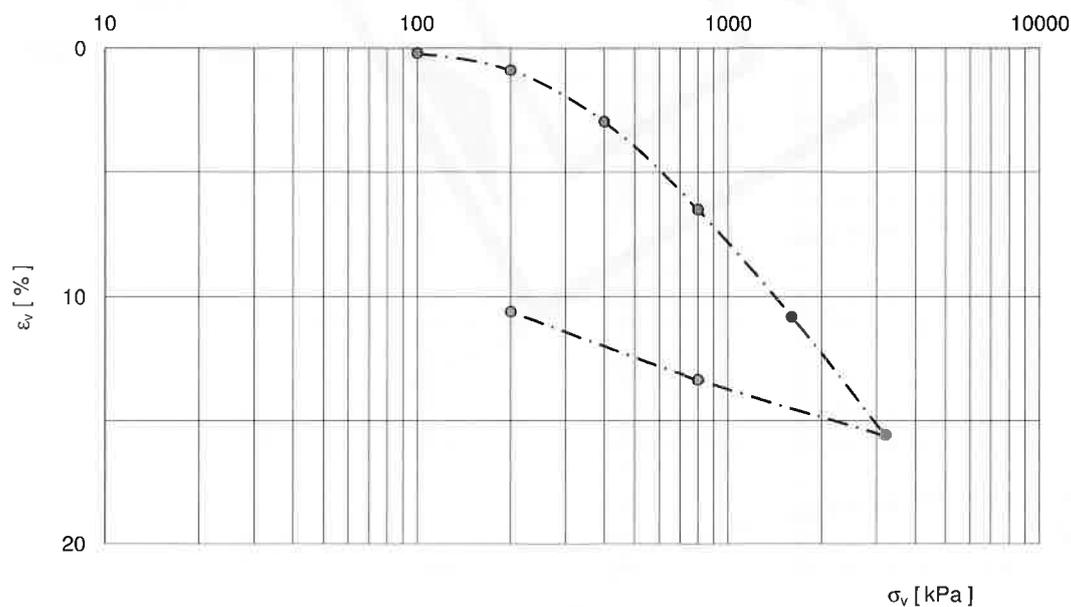
data d'apertura 04/05/22

tipo di terreno CH (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 2/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039019

data di emissione

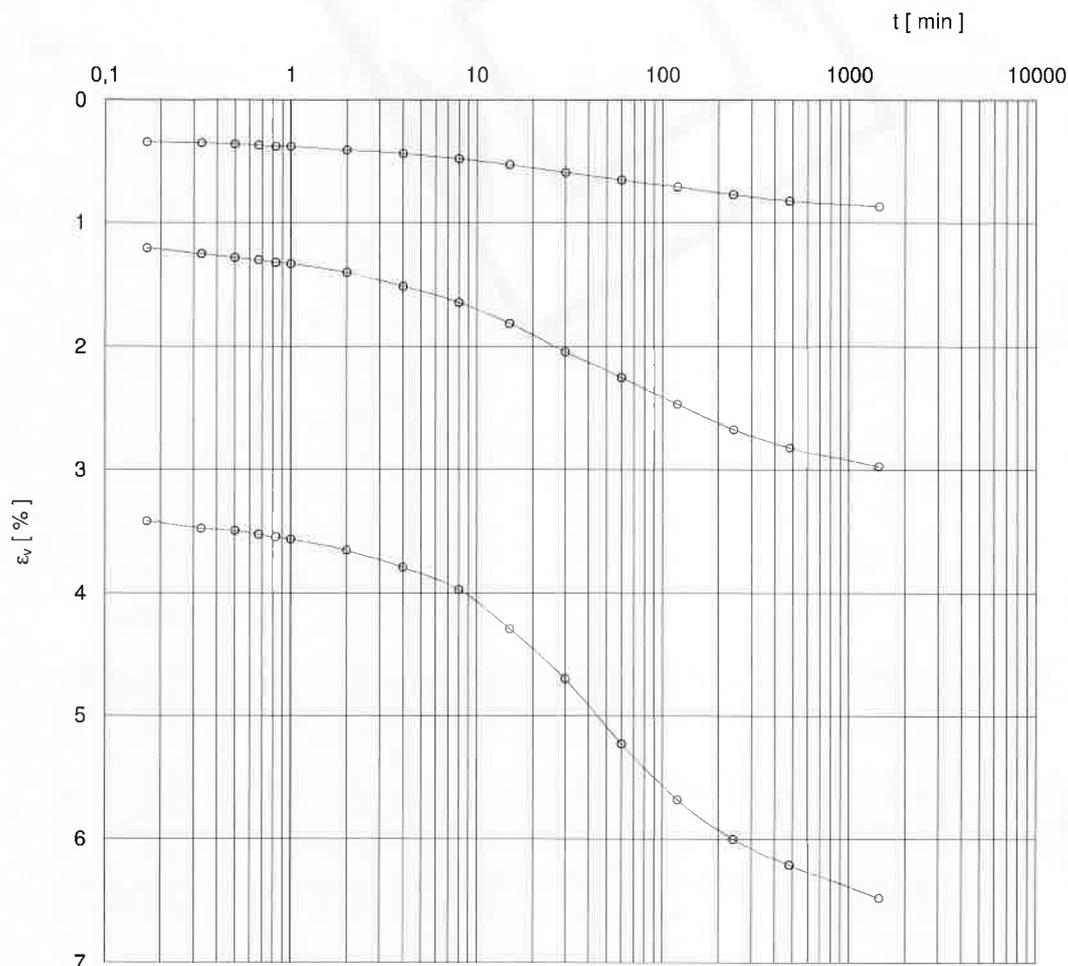
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039020

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m

verbale d'accettazione 0147/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 04/05/22

tipo di terreno CH (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8

test	n	1	2	3
D ₀	mm	50	50	50
H ₀	mm	100	100	100
w	%	24,3	24,3	24,5
ρ	Mg/m ³	2,00	2,00	1,99
ρ _d	Mg/m ³	1,61	1,61	1,60
ρ _s	Mg/m ³	2,71		
e	-	0,684	0,684	0,695
S _R	-	0,96	0,96	0,95
σ ₃	kPa	50	150	250
ε _r	%/min	0,5	0,5	0,5
q _f	kPa	196	199	211

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039020

data di emissione

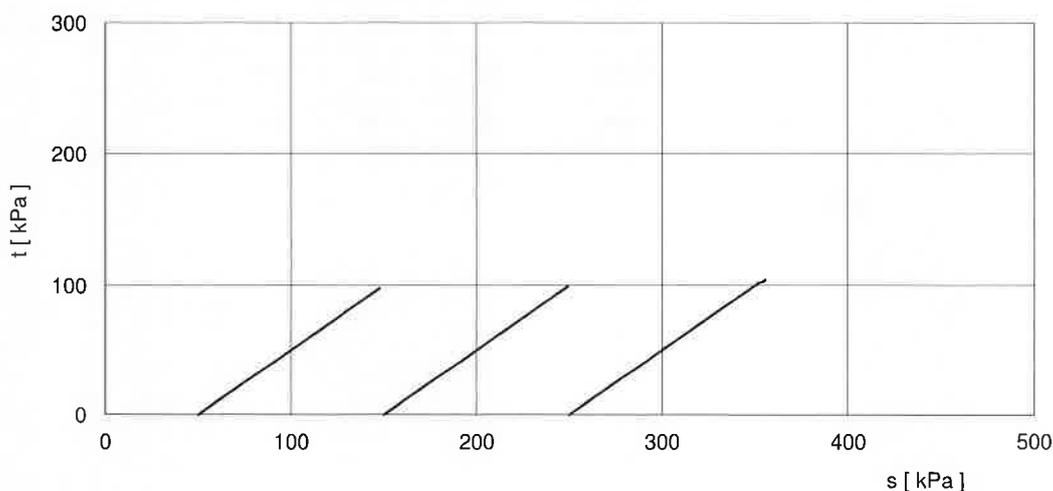
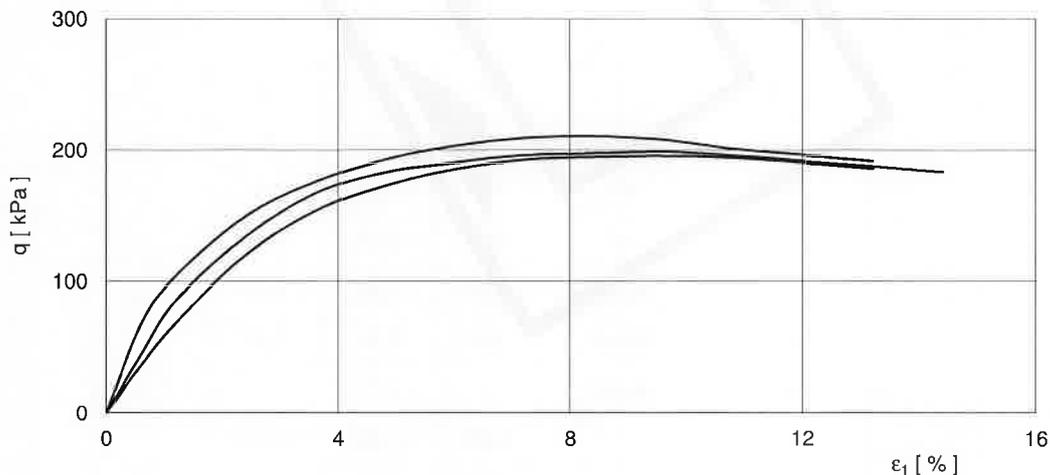
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S3 SH1 9,5/10,0m
verbale d'accettazione 0147/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

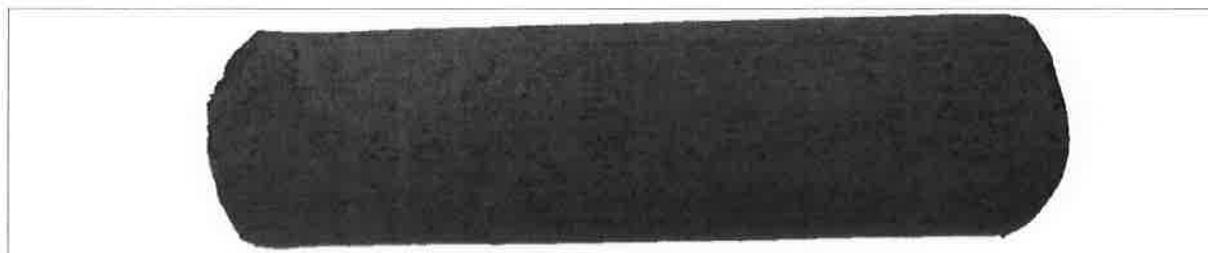
CERTIFICATO 22039021

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DESCRIZIONE VISIVA**

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,25	0,10	w, ρ, ρ _d , ρ _s , e, n, S _R w _L , w _p , I _p FC 75μm CNC EDO _{IL} RC	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] φ = 8,5 L = 27,5 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': media RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': media CONSISTENZA (PP): molto consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCI: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
20 cm	0,25			
30 cm	0,25			
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039022

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE**

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	25,5
ρ	Mg/m ³	1,99
ρ_d	Mg/m ³	1,59
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e	-	0,709
n	%	41,5
S _R	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039023

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	97,2
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039024

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	41,4
W _P	%	22,8
I _P	%	18,6

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039025

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m

verbale d'accettazione 0148/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 04/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

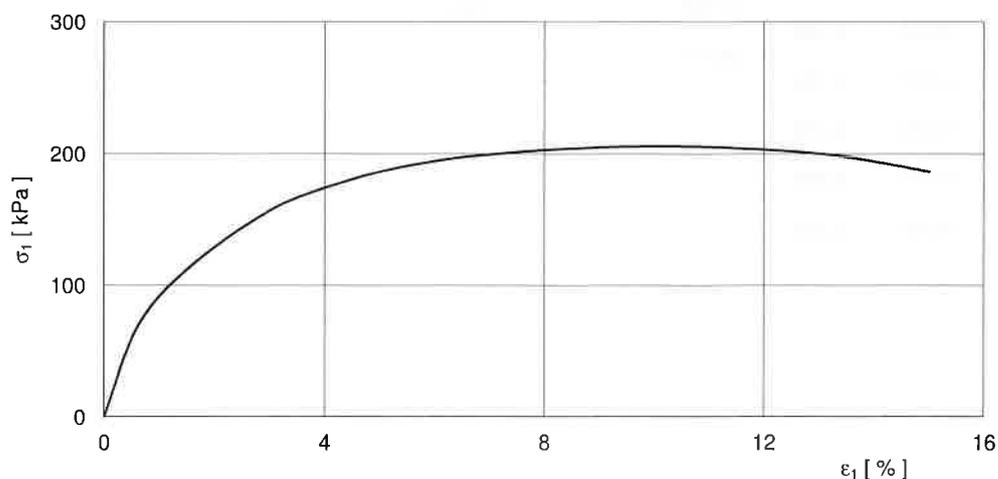
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA

UNI EN ISO 17892-7

w	%	25,5
ρ	Mg/m ³	1,99
ρ_d	Mg/m ³	1,59
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e	-	0,709
S_R	-	0,97
D_0	mm	50
H_0	mm	100
ε_r	%/min	1,20
q_u	kPa	206

note:

 $\varepsilon_f = 10,5\%$ Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039026
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v	A	mm ²	2000
kPa	%	-	kPa	m ² /s	H ₀	mm	20
12,5					w ₀	%	25,4
25					p ₀	Mg/m ³	2,00
50	0,25	0,695	11111	3,0E-07	p ₀₀	Mg/m ³	1,59
100	0,70	0,687	9615	2,2E-07	p _s	Mg/m ³	2,71
200	1,74	0,669	11111	2,2E-07	e ₀	-	0,699
400	3,54	0,639	14184		S _{R0}	-	0,98
800	6,36	0,591	21739		note:		
1600	10,04	0,528	36117				
3200	14,47	0,453					
800	13,32	0,473					
200	11,75	0,499					
50	10,35	0,523					
12,5							

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

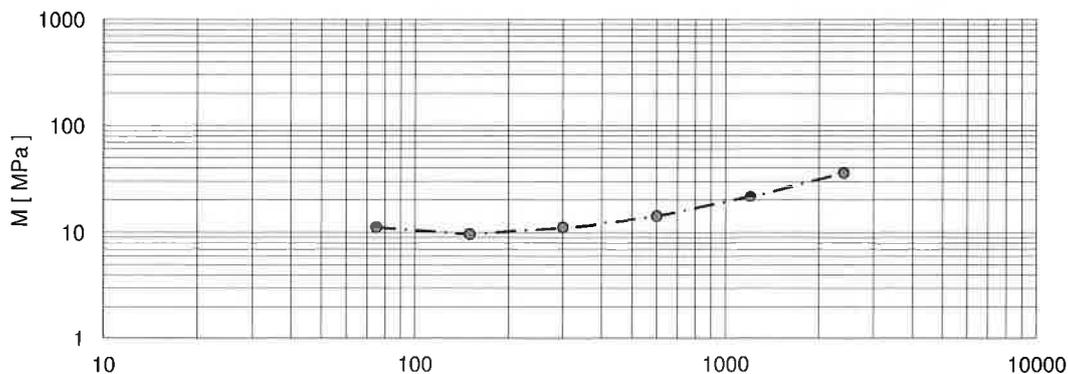
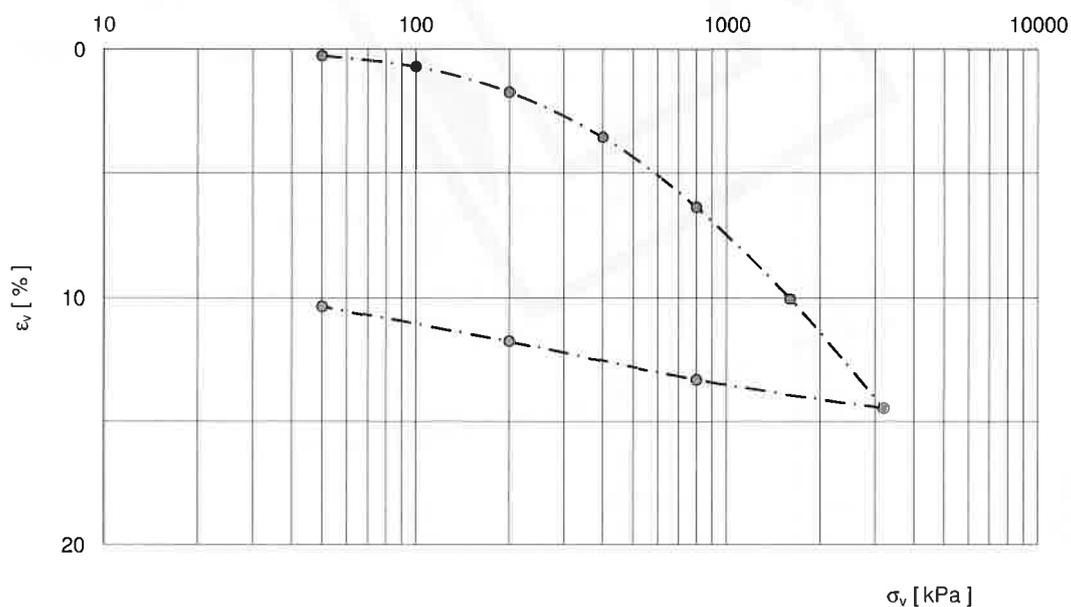
CERTIFICATO	22039026
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 2/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039026

data di emissione

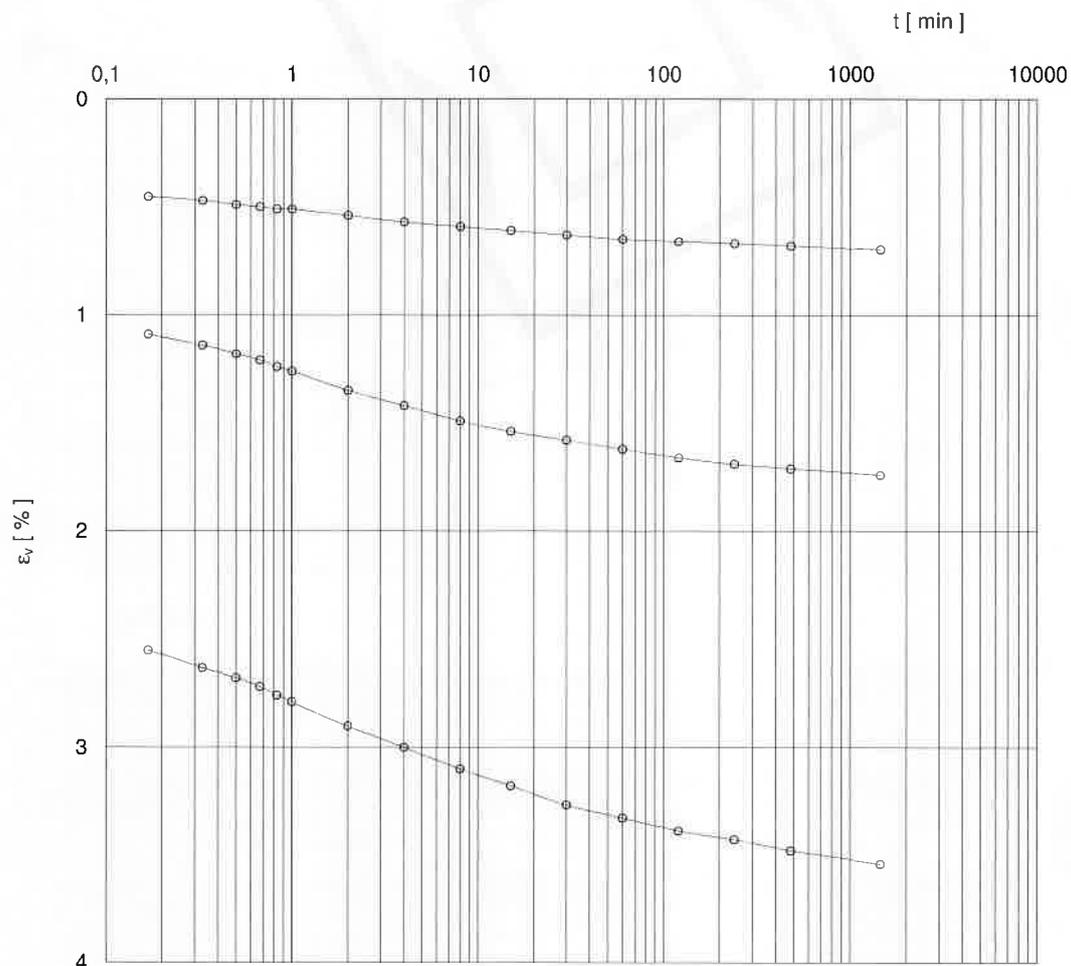
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaro (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039027

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**PROVA DI COLONNA RISONANTE**

ASTM D4015

D ₀	H ₀	w ₀	ρ ₀	ρ _{d0}	ρ _s	e ₀	S _{R0}
mm	mm	%	Mg/m ³	Mg/m ³	Mg/m ³	-	-
50	100	25,5	1,99	1,59	2,71	0,709	0,97

B	ρ _c	u _c	e _{ic}	ρ _{ic}	note:
-	kPa	kPa	-	Mg/m ³	
0,98	350	200	0,682	2,02	

test	γ	G	D
n	%	MPa	%
1	0,0002	80,76	2,16
2	0,0005	80,76	2,16
3	0,0010	80,52	2,16
4	0,0019	80,28	2,31
5	0,0040	78,38	2,79
6	0,0081	76,50	3,21
7	0,0175	71,89	4,26
8	0,0369	64,38	5,50
9	0,0595	55,29	6,47
10	0,0916	43,12	7,33

Sperimentatore
Dr. Michele Orazi Ph.D.

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039027

data di emissione

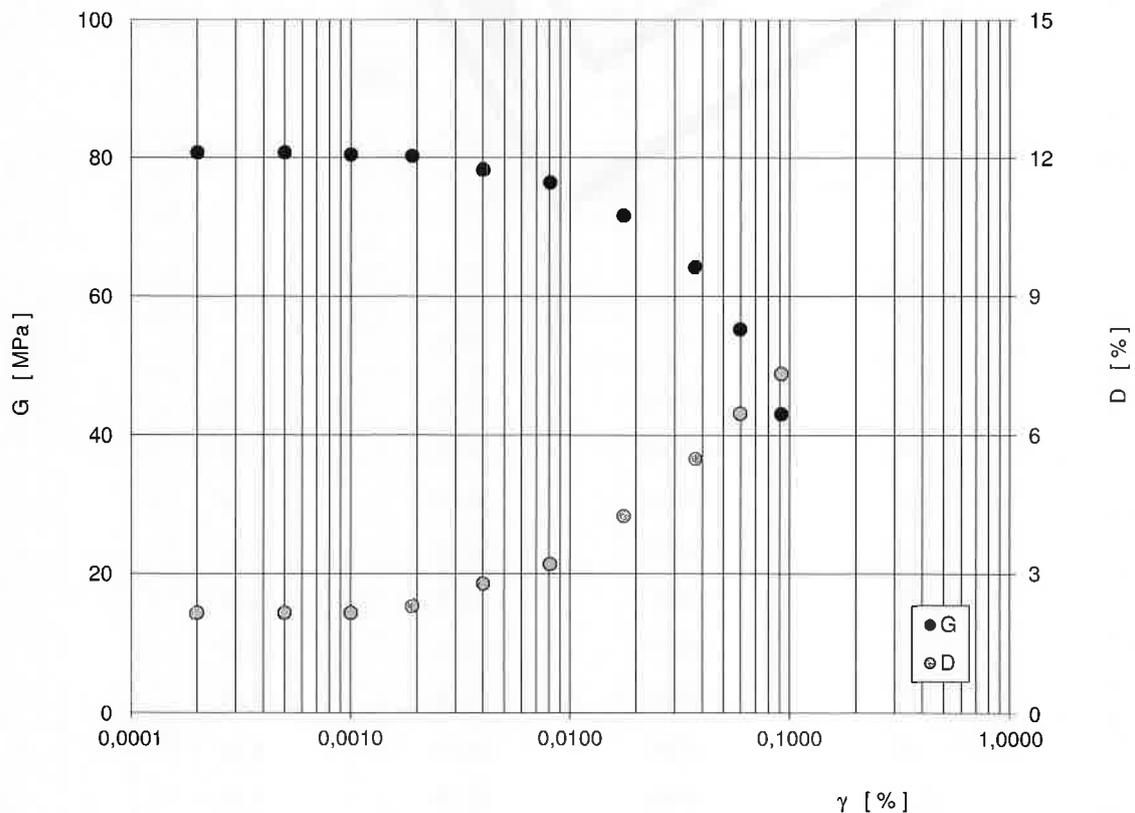
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S4 SH1 7,2/7,7m
verbale d'accettazione 0148/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 04/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA DI COLONNA RISONANTE

ASTM D4015



Sperimentatore
Dr. Michele Orazi Ph.D.

pagina 2/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039028

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S5 SH1 7,5/8,0m
verbale d'accettazione 0150/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DESCRIZIONE VISIVA**

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	>0,6	>0,2	w, ρ, ρ _d , ρ _s , e, n, S _R W _L , W _P , I _P FC 75μm	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] φ = 8,5 L = 20 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': alta RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': alta CONSISTENZA (PP): estremamente consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCI: forte ODORE: nessuno ALTRO: frattura concoide
20 cm	>0,6	>0,2		
30 cm	>0,6	>0,2		
40 cm	>0,6	>0,2		
50 cm	>0,6	>0,2		
60 cm	>0,6	>0,2		
70 cm	>0,6	>0,2		

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039029

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH1 7,5/8,0m
verbale d'accettazione 0150/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	22,0
ρ	Mg/m ³	2,05
ρ_d	Mg/m ³	1,68
ρ_s	Mg/m ³	2,69
e	-	0,601
n	%	37,5
S _R	-	0,98

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039030

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH1 7,5/8,0m
verbale d'accettazione 0150/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	96,7
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039031

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH1 7,5/8,0m
verbale d'accettazione 0150/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

w _L	%	55,0
w _P	%	23,7
I _P	%	31,3

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039032

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m

verbale d'accettazione 0151/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 07/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	>0,6	>0,2	w, ρ , ρ_d , ρ_s , e, n, S_R w_L , w_P , I_P FC 75 μ m CNC RC	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ L = 30 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: grigio-azzurro UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': media RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': media CONSISTENZA (PP): estremamente consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: frattura concoide
20 cm	>0,6			
30 cm	>0,6			
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039033

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S5 SH2 12,0/12,5m
verbale d'accettazione 0151/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 07/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE**

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	20,8
ρ	Mg/m ³	2,07
ρ_d	Mg/m ³	1,71
ρ_s	Mg/m ³	2,68
e	-	0,564
n	%	36,1
S _R	-	0,99

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039034
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m
verbale d'accettazione 0151/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 07/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	96,5
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE
CANTIERESAIPEM SPA
CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039035

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m
verbale d'accettazione 0151/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 07/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA**

ASTM D4318

W _L	%	47,0
W _P	%	22,1
I _P	%	24,9

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaro (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039036

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m

verbale d'accettazione 0151/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 07/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

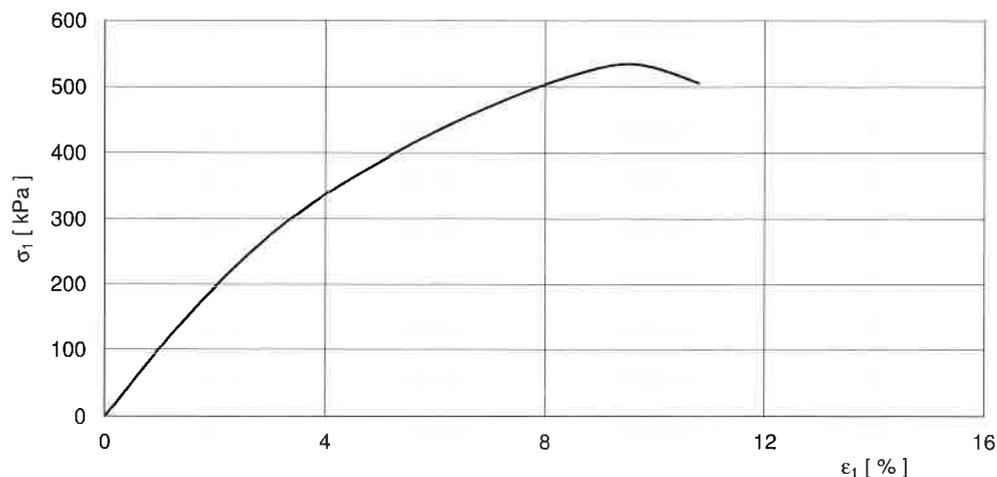
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA DI COMPRESIONE NON CONFINATA

UNI EN ISO 17892-7

w	%	20,9
ρ	Mg/m ³	2,07
ρ_d	Mg/m ³	1,71
ρ_s	Mg/m ³	2,68
e	-	0,565
S_R	-	0,99
D_0	mm	50
H_0	mm	100
ϵ_r	%/min	1,20
q_u	kPa	534

note:

 $\epsilon_f = 9,6\%$ Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarrocco (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039037
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m
verbale d'accettazione 0151/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 07/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA DI COLONNA RISONANTE

ASTM D4015

D ₀	H ₀	w ₀	ρ ₀	ρ _{d0}	ρ _s	e ₀	S _{R0}
mm	mm	%	Mg/m ³	Mg/m ³	Mg/m ³	-	-
50	100	20,7	2,07	1,71	2,68	0,563	0,99

B	ρ _c	u _c	e _{ic}	ρ _{ic}
-	kPa	kPa	-	Mg/m ³
0,95	750	500	0,559	2,08

note:

test	γ	G	D
n	%	MPa	%
1	0,0002	132,87	2,30
2	0,0004	132,87	2,42
3	0,0008	132,55	2,37
4	0,0018	130,99	2,44
5	0,0036	127,89	2,83
6	0,0064	124,83	3,23
7	0,0123	118,81	3,81
8	0,0187	110,07	4,55
9	0,0325	98,93	5,89
10	0,0574	80,87	7,35

Sperimentatore
Dr. Michele Orazi Ph.D.

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S5 SH2 12,0/12,5m
verbale d'accettazione 0151/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 07/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

CERTIFICATO

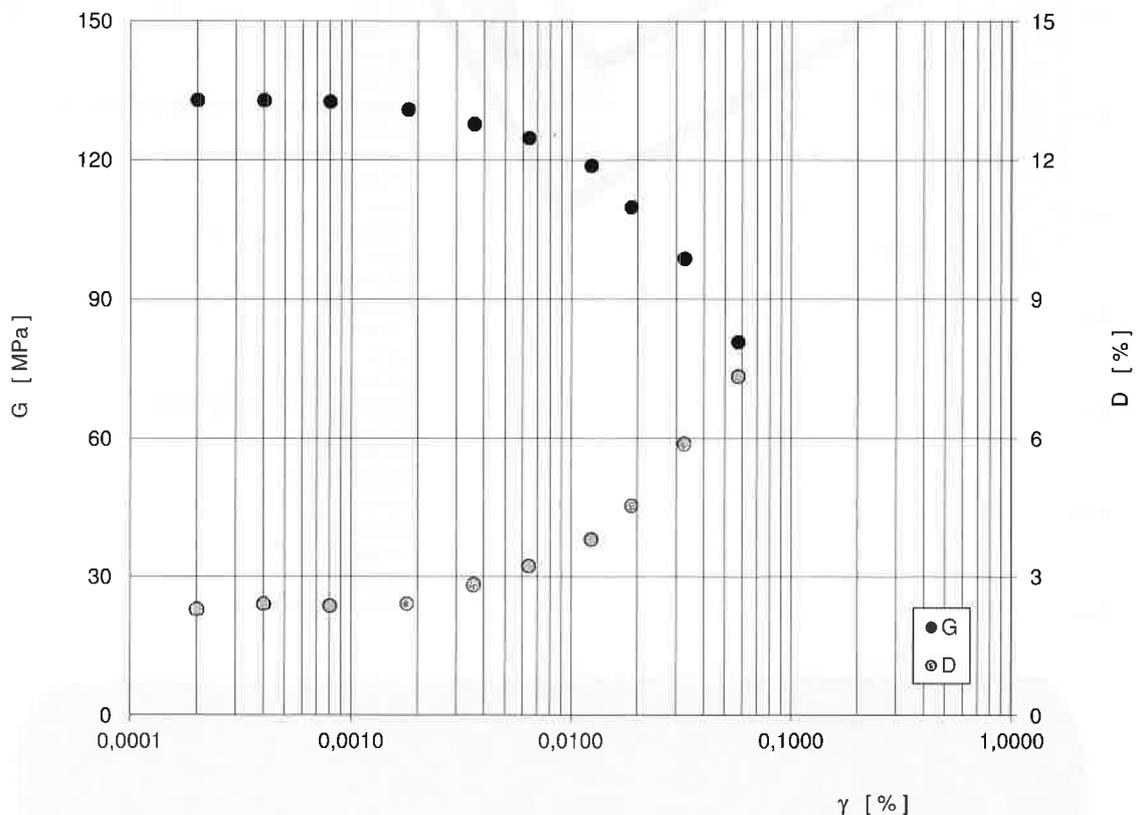
22039037

data di emissione

19/05/22

PROVA DI COLONNA RISONANTE

ASTM D4015



Sperimentatore
Dr. Michele Orazi Ph.D.

pagina 2/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039038
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,45	>0,2	w, ρ , ρ_d , ρ_s , e, n, S_R w_L , w_p , I_p FC 75 μ m TxUU EDO _{IL}	CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ L = 35 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': alta RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': alta CONSISTENZA (PP): estremamente consistente STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
20 cm	0,47			
30 cm	0,44			
40 cm				
50 cm				
60 cm				
70 cm				



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039039

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	24,0
ρ	Mg/m ³	2,02
ρ_d	Mg/m ³	1,63
ρ_s	Mg/m ³	2,72
e	-	0,670
n	%	40,1
S _R	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039040

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m
(0,075 mm)

%

97,4

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039041

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	50,7
w _p	%	24,7
I _p	%	26,0

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039042

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v
kPa	%	-	kPa	m ² /s
12,5				
25				
50				
100	0,17	0,664	10526	1,9E-08
200	1,12	0,648	10363	1,2E-08
400	3,05	0,616	13468	1,0E-08
800	6,02	0,567	23460	
1600	9,43	0,510	43478	
3200	13,11	0,448		
800	11,75	0,471		
200	9,53	0,508		
50				
12,5				

A	mm ²	2000
H ₀	mm	20
w ₀	%	23,8
ρ_0	Mg/m ³	2,02
ρ_{d0}	Mg/m ³	1,63
ρ_s	Mg/m ³	2,72
e ₀	-	0,667
S _{R0}	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039042
-------------	----------

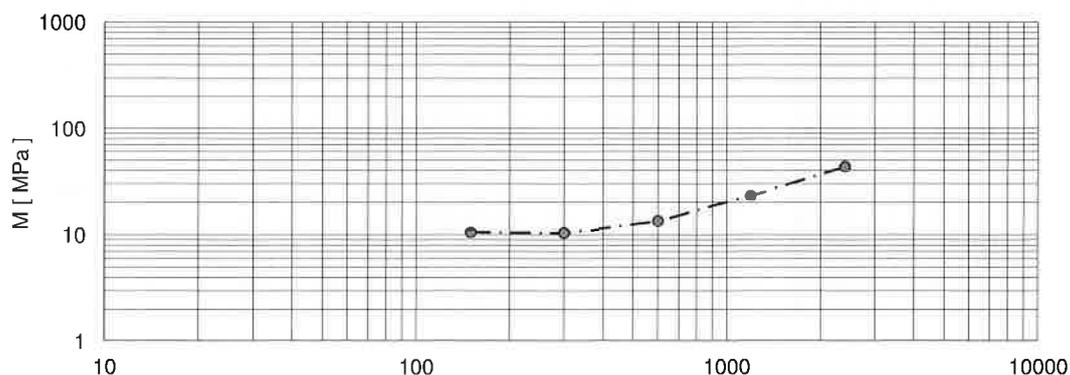
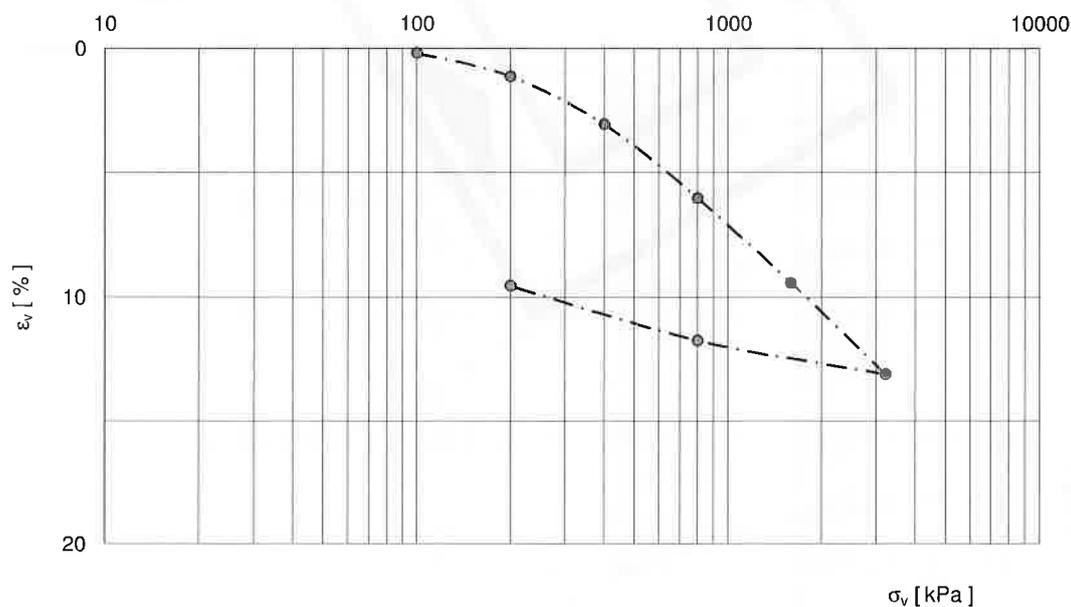
data di emissione	19/05/22
-------------------	----------

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 2/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039042

data di emissione

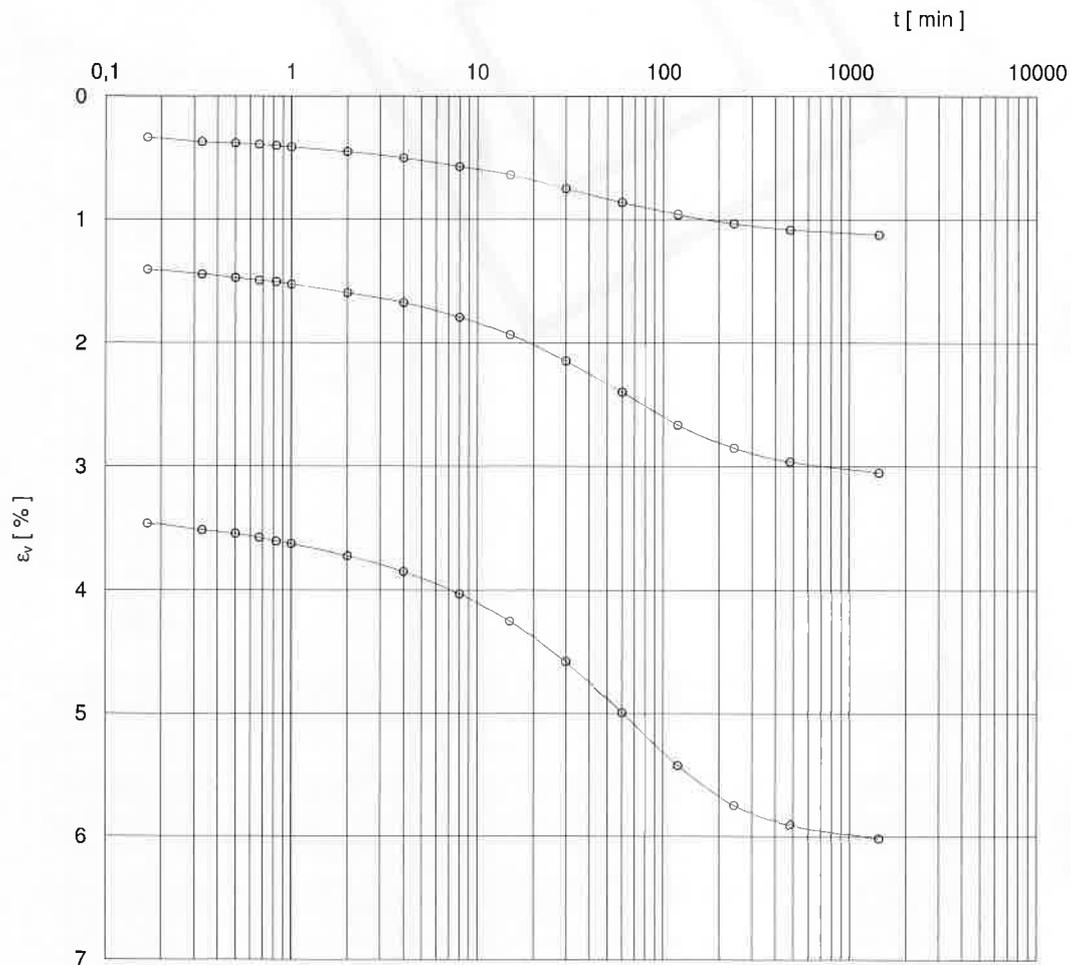
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 3/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039043

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8

test	n	1	2	3
D ₀	mm	38	38	38
H ₀	mm	76	76	76
w	%	24,0	24,1	24,1
ρ	Mg/m ³	2,01	2,03	2,02
ρ _d	Mg/m ³	1,62	1,64	1,63
ρ _s	Mg/m ³	2,72		
e	-	0,678	0,663	0,671
S _R	-	0,96	0,99	0,98
σ ₃	kPa	50	150	250
ε _r	%/min	0,5	0,5	0,5
q _t	kPa	406	431	407

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039043

data di emissione

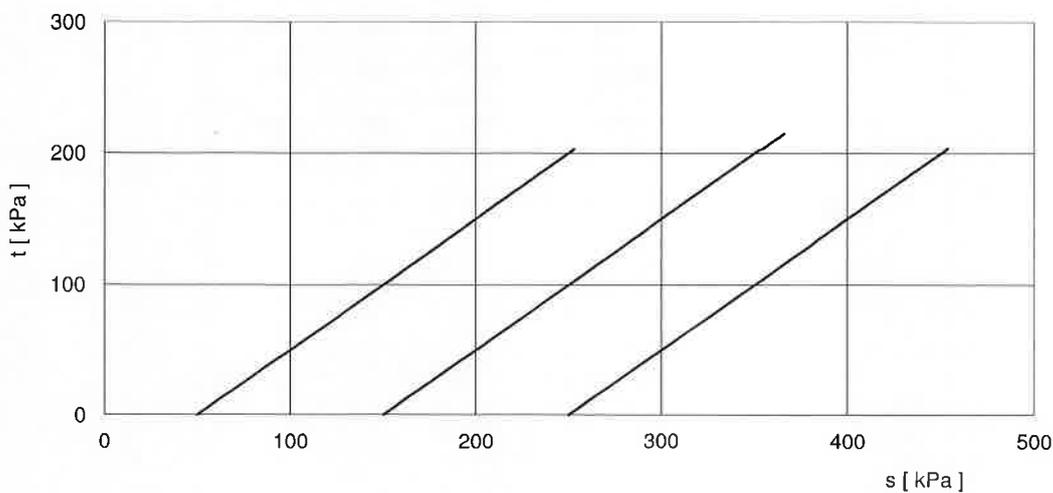
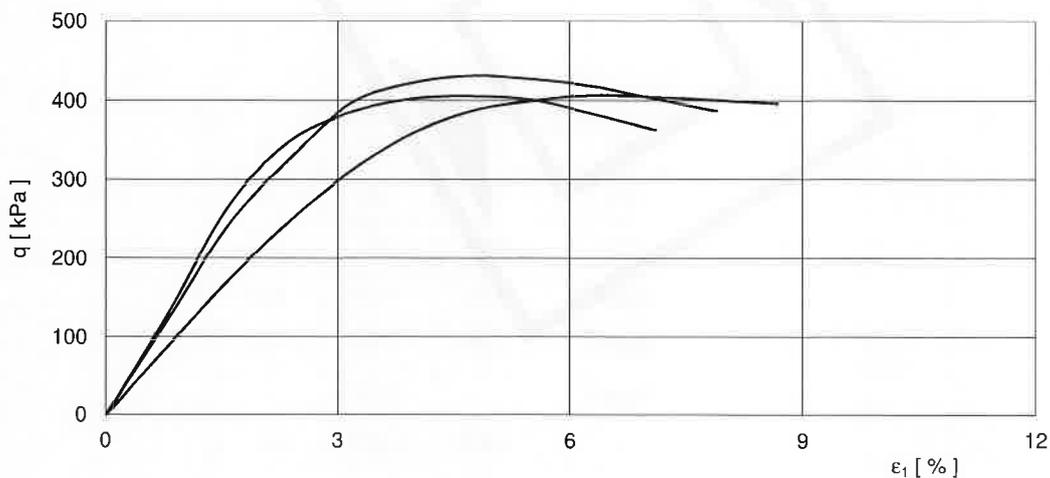
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S6 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0152/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CH (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarocco (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039044

data di emissione

19/05/22

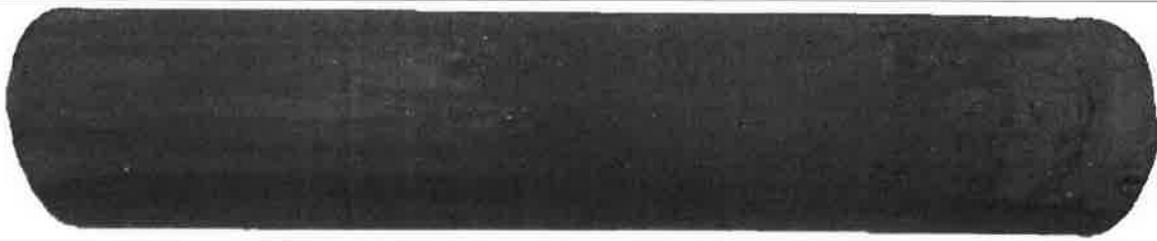
RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE		PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm		0,33	0,16	$w, \rho, \rho_d, \rho_s, e, n, S_R$ w_L, w_p, I_p FC 75 μ m EDO _{IL}	CONTENITORE: fustella metallica
					DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ L = 40
20 cm		0,35	0,15		GRANULOMETRIA: argilla e limo
					COLORE: marrone con venature grigio-azzurre
30 cm		0,32	0,15		UMIDITA': vicina alla saturazione
					PLASTICITA': media
40 cm		0,32	0,15		RESISTENZA A SECCO: alta
				DILATANZA: nessuna	
50 cm		0,32	0,15	TENACITA': media	
				CONSISTENZA (PP): molto consistente	
60 cm		0,32	0,15	STRUTTURA: omogenea	
				REAZIONE HCl: forte	
70 cm		0,32	0,15	ODORE: nessuno	
				ALTRO: inclusi carbonatici	



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039045

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	23,9
ρ	Mg/m ³	2,03
ρ_d	Mg/m ³	1,64
ρ_s	Mg/m ³	2,73
e	-	0,666
n	%	40,0
S _R	-	0,98

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

CERTIFICATO	22039046
data di emissione	19/05/22

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	95,7
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039047

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	46,8
W _P	%	22,4
I _P	%	24,4

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)**CERTIFICATO**

22039048

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m

verbale d'accettazione 0153/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 05/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v
kPa	%	-	kPa	m ² /s
12,5				
25				
50				
100	0,24	0,662	16129	1,1E-07
200	0,86	0,652	13423	5,6E-08
400	2,35	0,627	13746	2,6E-08
800	5,26	0,578	22663	
1600	8,79	0,520	40921	
3200	12,70	0,454		
800	11,31	0,478		
200	9,17	0,513		
50				
12,5				

A	mm ²	2000
H ₀	mm	20
w ₀	%	23,9
ρ_0	Mg/m ³	2,03
ρ_{d0}	Mg/m ³	1,64
ρ_s	Mg/m ³	2,73
e ₀	-	0,666
S _{R0}	-	0,98

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039048

data di emissione

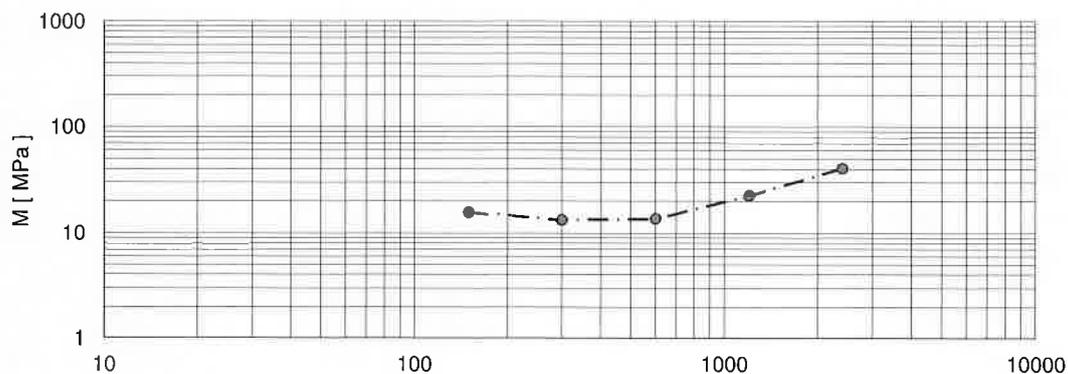
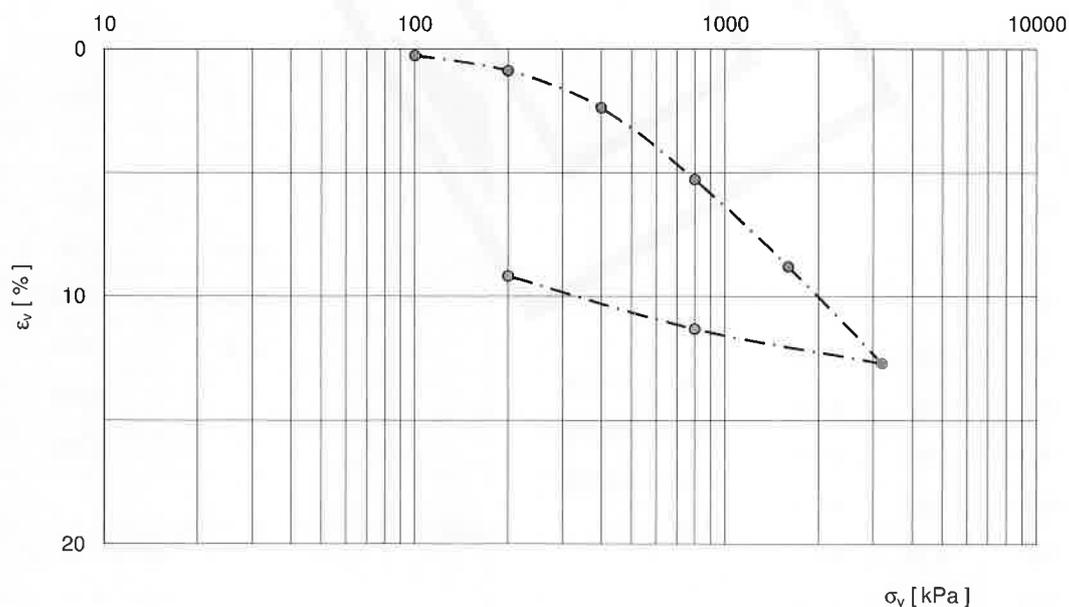
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

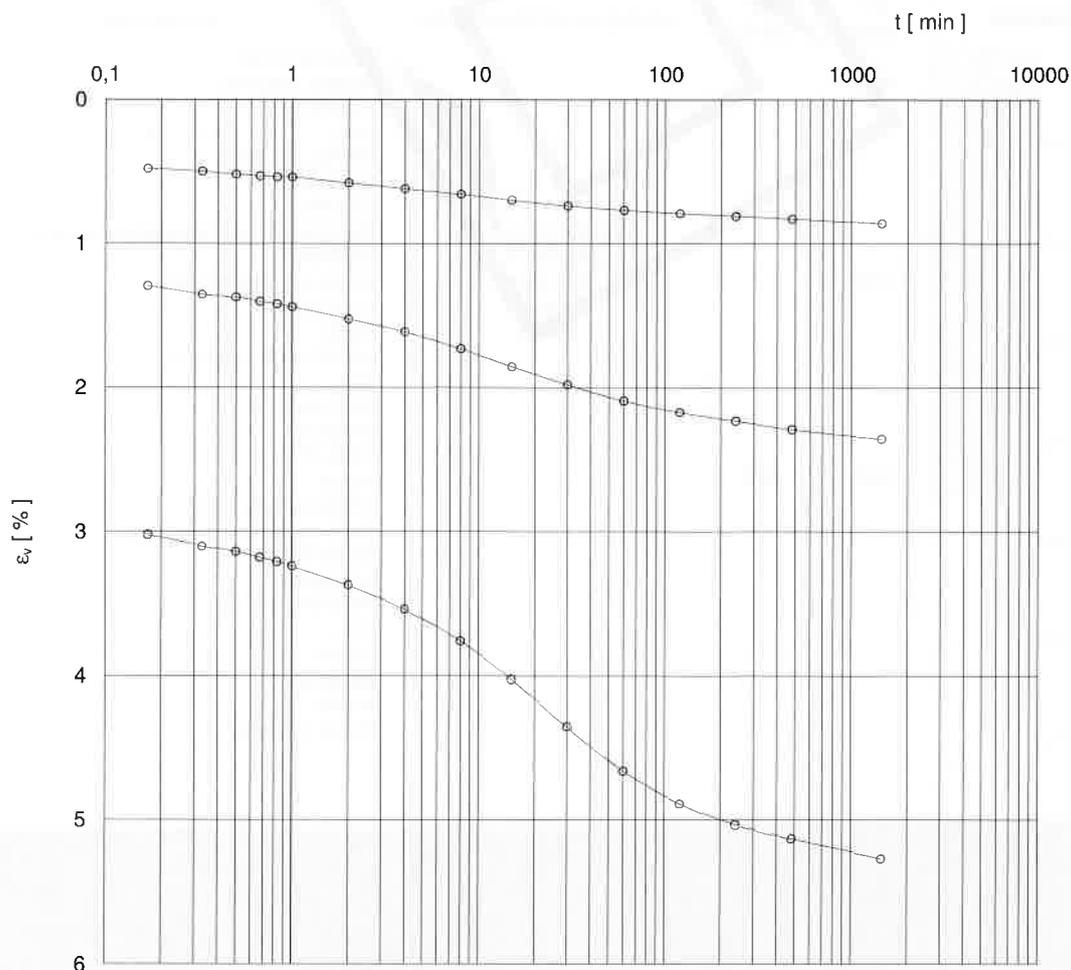
CERTIFICATO	22039048
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH1 9,0/9,5m
verbale d'accettazione 0153/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 05/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 3/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE
CANTIERESAIPEM SPA
CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039049

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DESCRIZIONE VISIVA

ASTM D2488

CAMPIONE	PP [MPa]	SC [MPa]	PROVE e/o DETERMINAZIONI	DESCRIZIONE
10 cm	0,46			CONTENITORE: fustella metallica DIMENSIONI: [cm] $\phi = 8,5$ L = 45 GRANULOMETRIA: argilla e limo COLORE: marrone con venature grigio-azzurre
20 cm	0,47		w, p, ρ_d , ρ_s , e, n, S_R w_L , w_p , I_p FC 75 μ m TxUU EDO _{IL}	UMIDITA': vicina alla saturazione PLASTICITA': media RESISTENZA A SECCO: alta DILATANZA: nessuna TENACITA': media CONSISTENZA (PP): estremamente consistente
30 cm				STRUTTURA: omogenea REAZIONE HCl: forte ODORE: nessuno ALTRO: inclusi carbonatici
40 cm	0,47	>0,2		
50 cm				
60 cm				
70 cm				

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio OraziFIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE
CANTIERESAIPEM SPA
CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039050

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONEdenominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE**

UNI EN ISO 17892-1 - UNI EN ISO 17892-2 - UNI EN ISO 17892-3 - ASTM D7263

w	%	22,6
ρ	Mg/m ³	2,04
ρ_d	Mg/m ³	1,66
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e	-	0,629
n	%	38,6
S_R	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039051

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DELLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO N.200

ASTM D1140

FC 75 μ m (0,075 mm)	%	98,0
-----------------------------	---	------

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039052

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m

verbale d'accettazione 0154/22

data di ricevimento 22/04/22

data d'apertura 06/05/22

tipo di terreno CL (ASTM D2487)

classe di qualità Q5 (AGI 77)

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

ASTM D4318

W _L	%	44,7
W _p	%	23,1
I _p	%	21,6

note:

Sperimentatore
Marco Orazi

pagina 1/1

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039053

data di emissione

19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5

σ_v	ε_v	e	M	C_v
kPa	%	-	kPa	m ² /s
12,5				
25				
50				
100	0,00	0,639	35714	1,6E-07
200	0,28	0,634	16260	2,2E-08
400	1,51	0,614	17094	1,2E-08
800	3,85	0,576	25397	
1600	7,00	0,524	42216	
3200	10,79	0,462		
800	9,23	0,488		
200	6,81	0,527		
50				
12,5				

A	mm ²	2000
H ₀	mm	20
w ₀	%	22,8
ρ_0	Mg/m ³	2,03
ρ_{d0}	Mg/m ³	1,65
ρ_s	Mg/m ³	2,71
e ₀	-	0,639
S _{R0}	-	0,97

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombaroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

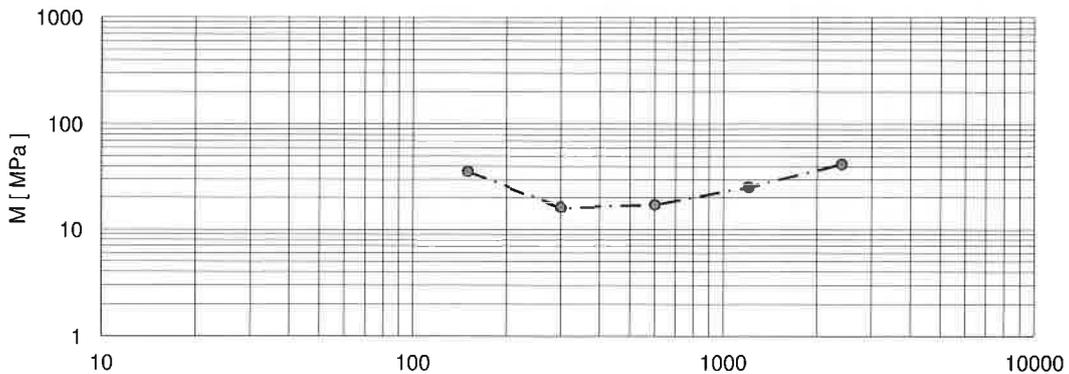
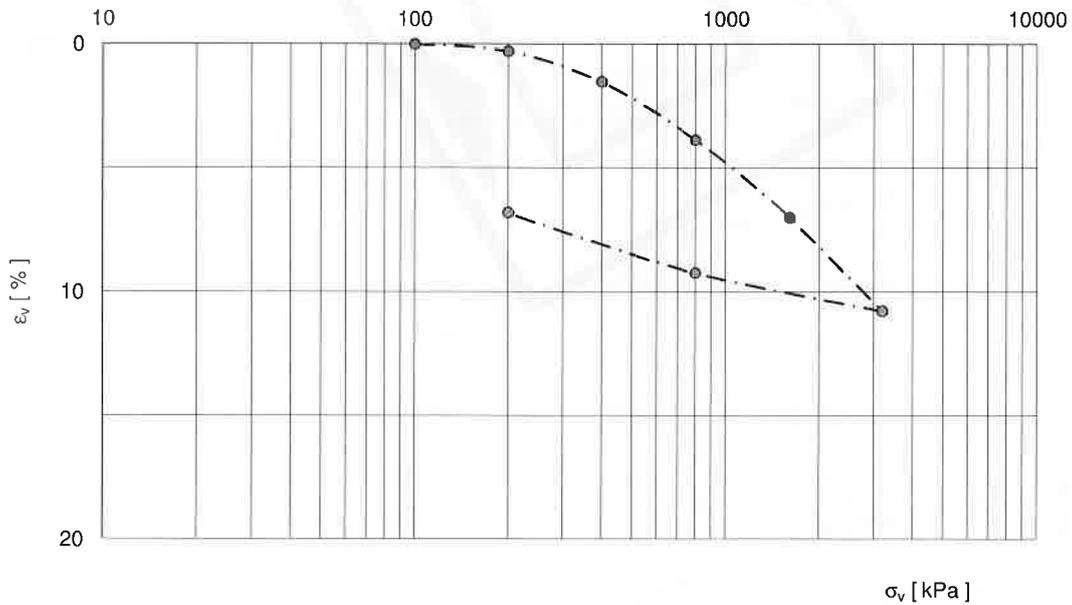
CERTIFICATO	22039053
data di emissione	19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 2/3

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO

22039053

data di emissione

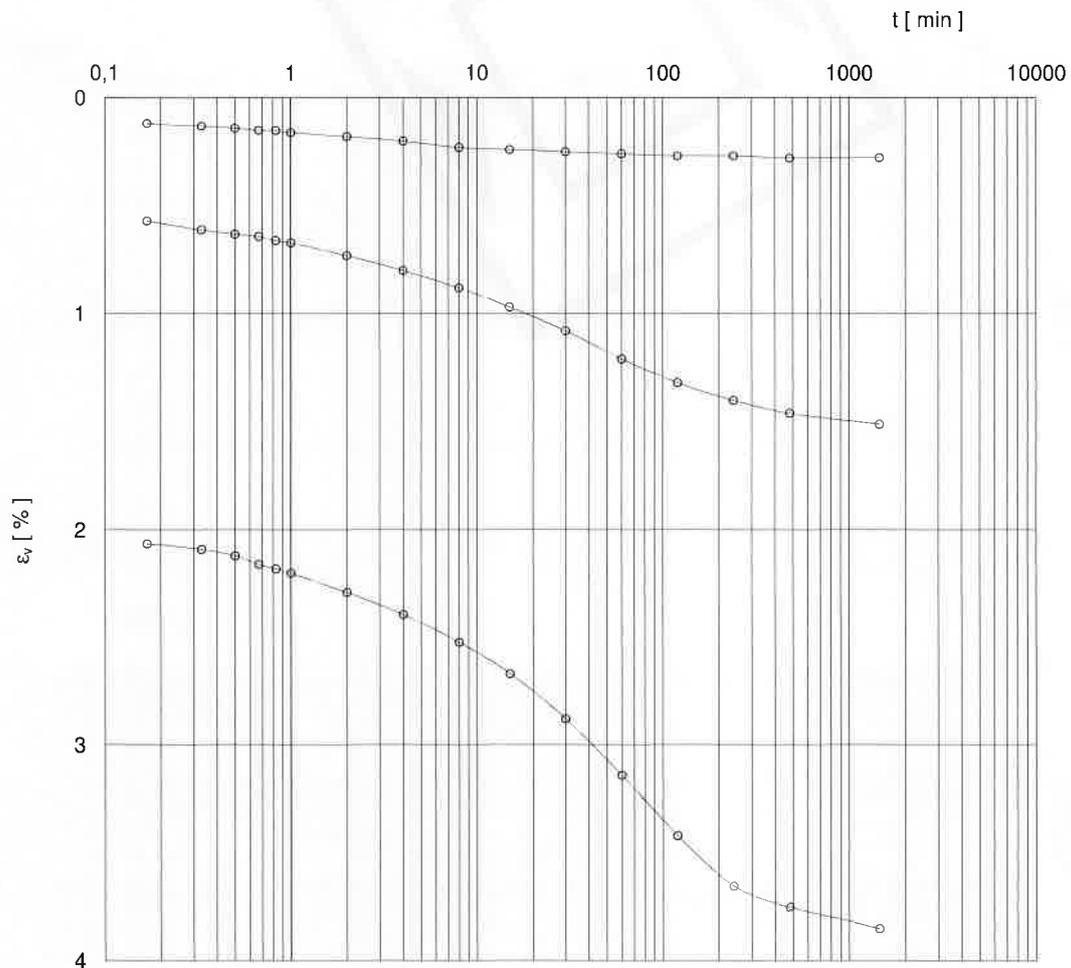
19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA EDOMETRICA

UNI EN ISO 17892-5



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO 22039054

data di emissione 19/05/22

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8

test	n	1	2	3
D ₀	mm	50	50	50
H ₀	mm	100	100	100
w	%	22,7	22,4	22,5
ρ	Mg/m ³	2,03	2,04	2,04
ρ _d	Mg/m ³	1,65	1,67	1,67
ρ _s	Mg/m ³	2,71		
e	-	0,638	0,626	0,627
S _R	-	0,96	0,97	0,97
σ ₃	kPa	50	150	250
ε _r	%/min	0,5	0,5	0,5
q _l	kPa	404	419	435

note:

Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

pagina 1/2

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio

LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI dal 1979

Via Cairo sn - 61024 Mombarcio (Pesaro e Urbino)

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Art 59 DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei Laboratori di Ricerca del MIUR - Art 14 DM 593/00

Sistema Gestione Qualità
Certificato UNI EN ISO 9001

associato ALIG

www.laborazi.it

COMMITTENTE SAIPEM SPA
CANTIERE CENTRALE STOGIT DI F.TRESTE - CUPELLO (CH)

CERTIFICATO	22039054
-------------	----------

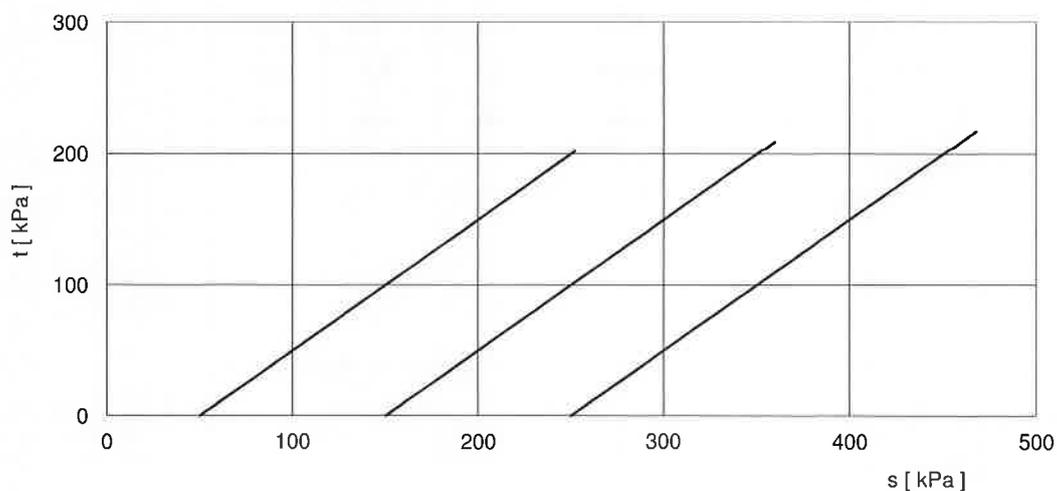
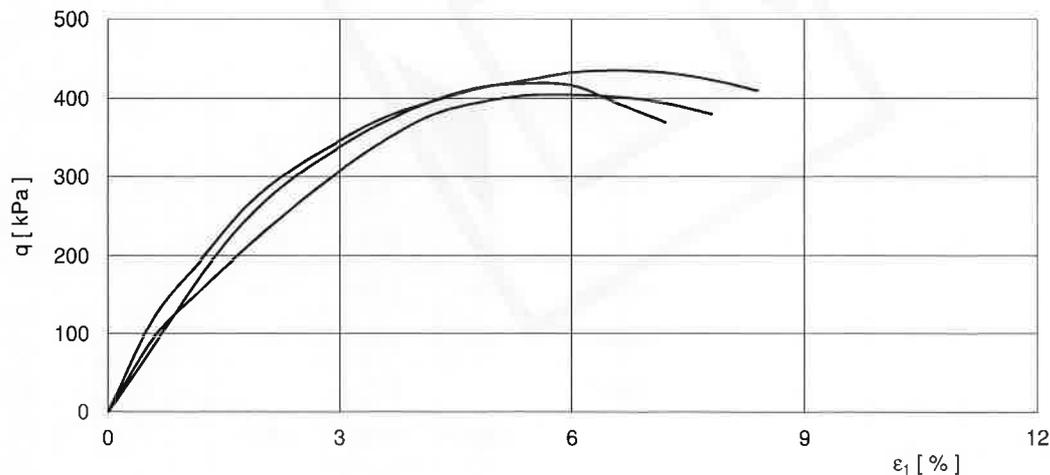
data di emissione	19/05/22
-------------------	----------

RIFERIMENTI DEL CAMPIONE

denominazione S7 SH2 12,3/12,8m
verbale d'accettazione 0154/22
data di ricevimento 22/04/22
data d'apertura 06/05/22
tipo di terreno CL (ASTM D2487)
classe di qualità Q5 (AGI 77)

PROVA TRIASSIALE UU

UNI EN ISO 17892-8



Sperimentatore
Dr. Ugo Sergio Orazi

FIRMATO DIGITALMENTE DA
Dr. Michele Orazi Ph.D.
Direttore del Laboratorio