



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO DEFINITIVO

RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE VAL LEMME

Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio Cociv Project Manager Ing. E. Pagani Data: 15/10/2015	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	R G	D P 0 4 0 0	0 0 5	E

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Prima emissione	COCIV 	15/10/2015	COCIV 	15/10/2015	A.Mancarella 	15/10/2015	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. A. Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:

File: A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SINTESI DEL PROGETTO	5
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DELL’AREA DI INTERVENTO.....	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA IN SITO.....	8
4.1	Classificazione del cappellaccio di copertura del bedrock	8
4.2	Classificazione del bedrock	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL MATERIALE DI SCAVO E DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO DELLE TERRE RINFORZATE.....	10
6	FASI DI PROGETTAZIONE.....	13
7	SPECIFICHE GEOTECNICHE E RELATIVI CONTROLLI.....	15
7.1	Terreni di imposta	15
7.2	Terra rinforzata	16
7.3	Corpo del deposito.....	16

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera
	Foglio 4 di 51

1 PREMESSA

L’intervento di cui in oggetto rientra nell’ambito del progetto definitivo di “Riqualficazione ambientale Cementir – Tratta A.V./A.C. Milano-Genova – Terzo valico dei Giovi”.

Il progetto prevede il riutilizzo del materiale proveniente dallo smarino della nuova galleria ferroviaria, che verrà collocato all’interno di un’area di cava dismessa (ex cava Cementir) in località Voltaggio, in Val Lemme. Tale area si presenta oggi caratterizzata da una gradonata artificiale dell’altezza complessiva di circa 150 m, risultante dal precedente esercizio dell’attività di cava.

L’obiettivo di questo documento è quello di raccogliere il contenuto della documentazione tecnica al fine di avere un unico documento di inquadramento generale di tutte le problematiche di carattere geotecnico.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera	Foglio 5 di 51

2 SINTESI DEL PROGETTO

Il materiale di apporto (smarino), costituito da materiali sciolti incoerenti, verrà disposto secondo un profilo inclinato caratterizzato da una successione di scarpate intervallate da berme di larghezza pari a 3 m. Si prevede di compattare il materiale di apporto al 90% del peso di volume risultante dalle prove di compattazione Proctor standard eseguite sui campioni di smarino in fase di progettazione definitiva. Al fine di aumentare il possibile volume di riempimento mantenendo pendenze contenute del materiale riportato, è prevista la realizzazione di un’opera di sostegno (in terra rinforzata) al piede del rilevato. Altri elementi geotecnici che caratterizzano il deposito sono i sistemi di drenaggio sia in fondazione (letto drenante e dreano di fondo nel punto di massimo inpluvio) sia nel corpo del deposito (dreni intermedi) con pendenza verso la superficie esterna, con lo scopo specifico di abbattere le pressioni interstiziali, sia in fase di costruzione che nel tempo, nel caso di eventuali infiltrazioni dall’esterno.

In ragione dell’arretramento del piede dell’opera previsto nel progetto definitivo, l’altezza della terra rinforzata lato Lemme (comprensiva del vallo paramassi posto in sommità) risulta in alcuni tratti superiore ai 25 m.

Inoltre, nell’area a Nord verrà realizzata una vasca di accumulo avente lo scopo di contenere il materiale che potrebbe arrivare a valle qualora si manifestassero fenomeni di frana del versante. Al fine di garantire un’adeguata capacità di accumulo della vasca, le pareti dell’opera sono state anch’esse realizzate con muri di sostegno in terra rinforzata, caratterizzati da altezze particolarmente rilevanti (in alcuni tratti superiori ai 30 m).

Al fine di garantire una maggiore stabilità dell’opera di sostegno in terra rinforzata lato torrente Lemme, a maggior tutela nei confronti di una eventuale frana del materiale di abbancamento ed occlusione dell’alveo del Lemme, si è previsto l’approfondimento del piano di fondazione dell’opera di sostegno in terra rinforzata fino ad intercettare il tetto del substrato roccioso (di seguito indicato come “bedrock”).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera
	Foglio 6 di 51

3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DELL’AREA DI INTERVENTO

L’area oggetto del presente intervento si trova a Sud dell’abitato di Voltaggio, nel settore orografico sinistro del T. Lemme presso V. Ferriera Vecchia. Più in dettaglio, la ex-cava in cui verrà versato il materiale proveniente dalle attività di scavo della galleria ferroviaria della tratta A.V./A.C. Milano-Genova è posta lungo il versante nord-orientale di Monte delle Rocche (690 m. s.l.m.), tra Rio delle Colle e C. Biccìa.

Il settore in oggetto è caratterizzato da una morfologia ad acclività generalmente piuttosto elevata con locali tratti anche in forte pendenza specie in prossimità della parte centro-settentrionale dell’area.

Dal punto di vista geologico l’area giace in prossimità di un importante elemento tettonico conosciuto in letteratura come “Linea Sestri-Voltaggio”, che si sviluppa in direzione NNO-SSE.

Fino a 30 anni fa molti autori considerarono tale linea tettonica come il limite tra la catena delle Alpi e quella degli Appennini. Secondo queste fonti (Schneider, 1935; Lanteaume, 1962; Aubouin, 1960-63) la Linea Sestri-Voltaggio è da intendersi come una linea simmetrica che separa tutti i domini a vergenza alpina, cioè rivolta verso l’esterno dell’arco, e i domini a vergenza appenninica opposta alla prima.

Altri, come Rovereto (1939), intesero questa importante linea tettonica semplicemente come zona di contatto tra la Falda delle Pietre Verdi e la Falda ligure-toscana. Nel 1970, Gelati e Pasqualrè, la interpretarono come una cicatrice tettonica causata dal trascinamento in direzione NW dell’Appennino sulle Alpi. Nel 1973 venne interpretata come una linea trascorrente con verso antiorario che si accorderebbe con un’altra linea, la Canavese. Nello stesso periodo, uno studio parallelo di Elter e Pertusati, sulla base di considerazioni cronologiche e geometriche, mise in discussione l’idea storica che la linea Sestri-Voltaggio fosse il tradizionale limite tra Alpi e Appennini; infatti la sua direzione è trasversale, e non longitudinale come ci si aspetterebbe, alle altre direzioni strutturali. Inoltre risultò che l’età della Sestri-Voltaggio fosse marcatamente più elevata rispetto ai depositi basali del soprastante Bacino Terziario Ligure Piemontese, così come è più antica della tetto-genesi appenninica del miocene.

Abbandonata l’idea di “limite tra Alpi e Appennini”, furono condotti altri studi; ad esempio, Chiesa et Al. (1975) interpretarono la Sestri-Voltaggio come il prodotto di un regime compressivo connesso con le fasi conclusive dell’accostamento tra le Unità Liguri ed il Gruppo del Voltri.

Cortesogno e Haccard (1984) la considerarono come una superficie di sovrascorrimento dell’ Unità Crevasco-Voltaggio-Montenotte sul Gruppo Voltri, successivamente verticalizzata da una megapiega con asse grossomodo N-S.

A tutt’oggi la discussione sull’origine della linea Sestri-Voltaggio rimane aperta a nuove interpretazioni.

Più semplicemente si può affermare che all’interno della Zona Sestri-Voltaggio, analogamente a quanto accade in ciascuna delle unità piemontesi costituenti l’edificio delle Alpi liguri, i terreni mesozoici affioranti sono caratterizzati da una tipica trilogia carbonatica norico-retico-liassica sradicata e attualmente smembrata in differenti klippen. L’Unità di M. Gazzo-Isoverde, affiorante

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera	Foglio 7 di 51

lungo una direzione meridiana fra Voltaggio e Sestri Ponente, costituisce a sua volta il substrato tettonico di due altre Unità (U. di Cravasco-Voltaggio e U. di M. Figogna, entrambe con sequenze ofiolitiche) e, insieme con queste, è interposta fra le unità ad ofioliti ed i calcescisti del Gruppo di Voltri (a Ovest) e il Flysch dell'Antola (a Est) (Vanossi et al., 1986; Cortesogno & Haccard, 1986).

Dal punto di vista litologico, nell'area che interessa esclusivamente la cava di Voltaggio, si ritrova la seguente successione litologica:

- Ultrabasiti
- Metabasiti
- Diaspri
- Calcari di Voltaggio
- Argille a palombini del Passo della Bocchetta.

La cava veniva sfruttata esclusivamente per estrarre i Calcari di Voltaggio; si tratta di depositi di calcari e calcari arenacei macrocristallini di colore da grigio a grigio scuro stratificati, laminati dal clivaggio tettonico soprattutto in corrispondenza dei giunti più argillosi e degli strati più sottili. La facies di tali calcari varia con una riduzione di spessore degli strati corrispondenti ad un aumento delle percentuali di minerali micacei. L'età di questi depositi è compresa tra il Giurassico superiore e il Cretaceo inferiore.

Dal punto di vista geostrutturale nell'area di cava sono visibili le diverse fasi deformative, di tipo duttile e di tipo fragile. Esse sono state rilevate dettagliatamente all'interno della zona di indagine: sono state distinte differenti fasi di deformazione e sono state studiate le probabili relazioni di precedenza.

Nella zona in questione è stato rilevato come i Calcari di Voltaggio abbiano una stratificazione subverticale con immersione grossomodo ad Est. La stratificazione è stata interessata quindi da un grande evento plicativo, che ha formato presso la cava in oggetto dei blandi piegamenti con dei piani assiali suborizzontali o di poco immergenti verso Ovest.

Tali deformazioni di tipo duttile sarebbero successivamente state interessate da nuove e complesse fasi deformative, accompagnate da pieghe e fratture. Sono stati riconosciuti almeno un sistema di deformazione duttile, con formazioni di pieghe ad immersione e inclinazione variabile, e almeno due successivi sistemi di fratturazione.

Il primo di questi sistemi è stato riscontrato in tutta l'area di indagine e riconosciuto per le numerose faglie e fratture con inclinazione media di 70° circa, e per la loro immersione intorno ai 120°-130° Nord. Il secondo sistema invece, probabilmente successivo al primo evento fragile e meno evidente del primo (soprattutto a grande scala), ha un'immersione media di 180°-200° e un'inclinazione di 70°-80°.

Infine si sono osservate nei calcari di Voltaggio delle strutture minori, di tipo fragile, riconoscibili da fratture di tensione centimetriche di forma sigmoidale (tensione di gashes) e da un clivaggio frequente di tipo "crenulation cleavage" e di tipo "strani slip cleavage".

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera

4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA IN SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito è stata effettuata sulla base dei dati disponibili e sulla base dei risultati delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'ambito della progettazione definitiva (indagini 2004 e 2005) ed esecutiva (indagini 2012 e 2013) dell'intervento di cui in oggetto.

Nel 2004 e nel 2005, in fase di progettazione definitiva, sono stati eseguiti complessivamente 8 sondaggi, di cui 3 mediante perforazione a distruzione di nucleo (S2, S3, S4) e 5 a carotaggio continuo (S5, SS4, SS8 e SS11). È stata inoltre condotta un'indagine geofisica, consistente in 5 stendimenti sismici a rifrazione (riportati in allegato).

Nell'agosto 2012, in ragione delle modifiche introdotte al progetto definitivo (riguardanti principalmente l'arretramento del piede dell'opera rispetto alla sponda del torrente Lemme), sono stati eseguiti alcuni sondaggi integrativi al fine di caratterizzare con maggiore definizione i terreni di fondazione al piede del pendio artificiale, in corrispondenza del tracciato previsto per l'opera di sostegno in terra rinforzata.

Nel corso del 2013 al fine di definire un modello geotecnico affidabile del terreno in sito è stata eseguita una ulteriore campagna di indagini geognostiche consistenti in n.6 sondaggi a carotaggio continuo e n.5 indagini sismiche a rifrazione.

Le valutazioni condotte sui risultati di tutte le campagne geognostiche condotte hanno consentito di classificare i terreni in sito come di seguito descritto:

4.1 Classificazione del cappellaccio di copertura del bedrock

Il terreno di copertura è costituito da terreno di riporto e/o terreno rimaneggiato dalle precedenti lavorazioni di cava, passante in argille limose con clasti calcarei e blocchi calcarei localmente alterati e limi sabbiosi. Per la caratterizzazione di questo materiale si è fatto riferimento alle prove SPT eseguite nelle precedenti campagne geognostiche; i valori di SPT sono molto dispersi per cui gli stessi sono stati elaborati con il metodo della covarianza.

Il materiale di copertura del bedrock è stato quindi caratterizzato con i seguenti parametri di resistenza:

$$\varphi=33^\circ$$

$$c_u= 42 \text{ kPa.}$$

Sulla base di dati bibliografici si è inoltre assegnato un peso di volume saturo pari a 22kN/m^3 .

4.2 Classificazione del bedrock

Le indagini geognostiche ed i rilievi in sito hanno permesso di riscontrare la presenza di un substrato roccioso variabile localmente da calcari prevalenti ad argilliti prevalenti sino ad alternanze di livelli ad argilliti e livelli a calcari anche piuttosto fratturati. In particolare tale situazione è emersa proprio lungo lo sviluppo del corpo in terre rinforzate da realizzarsi al piede dell'abbancamento del

materiale di smarino, in cui si è rilevato come in alcuni punti (verticali di sondaggio a carotaggio continuo) siano prevalenti le argilliti ed in altri i calcari.

Il bedrock costituito da alternanze di calcari ed argilliti fratturati, ricade pertanto in Classe IV; i parametri di resistenza assegnati, sono quindi i seguenti:

Classe Beniawsky	Angolo d'attrito interno φ [°]	Coesione ammasso roccioso C_u [KPa]	Peso di volume saturo γ_s [KN/m ³]
IV (molto scadente)	20	150	23.00

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL MATERIALE DI SCAVO E DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO DELLE TERRE RINFORZATE

Il materiale di scavo è stato sottoposto a prove di laboratorio per determinarne peso di volume e caratteristiche di resistenza. In particolare sono state eseguite prove granulometriche, limiti di Atterberg, prove Proctor Standard e prove di taglio.

Le analisi sono state eseguite nel 2004 e 2005 da due diversi laboratori che hanno permesso di ricavare i seguenti parametri:

Laboratorio Geodata anno 2004:

Prova Proctor: peso di volume secco $\gamma = 20.53 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_s = 22.85 \text{ kN/m}^3$

Prova di taglio su campione addensato al 100% Proctor: $\phi' = 30^\circ$.

Laboratorio Geotecna 2004

Prova Proctor: peso di volume secco $\gamma = 21.26 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_s = 23.44 \text{ kN/m}^3$

Prova di taglio su campione addensato al 95% Proctor: $\phi' = 28^\circ$.

I valori di peso di volume sono molto prossimi tra loro e quindi sono stati definiti i valori medi relativi al 100% Proctor Standard: $\gamma = 20.89 \text{ kN/m}^3$; $\gamma_s = 23.14 \text{ kN/m}^3$.

Nel 2013 è stato poi realizzato un rilevato sperimentale (relazione allegata alla presente), le cui hanno portato a definire i seguenti parametri:

Prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146)		
<i>Ubicazione</i>	<i>Cedimenti unitari Δs [mm]</i> <i>(0.15 – 0.25 Mpa)</i>	<i>Modulo di deformazione</i> <i>(Mpa)</i>
Base rilevato	0.47	63.8
Secondo strato	0.66	45.5
Sommità rilevato	0.76	39.5
Sommità rilevato dopo 2 giorni di riposo	0.73	41.1

Densità in sito col metodo del volumometro (Ø 165 mm)	
Ubicazione	Grado di costipamento (%)
Secondo strato	95.3
Sommità rilevato	94.6

Prova di permeabilità a carico variabile		
Ubicazione	Diametro pozzetto (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
Sommità rilevato	0.8	6.173×10^{-6}

Prova di taglio diretto		
Metodo	Angolo di resistenza al taglio φ' (°)	Coesione efficace c' (kPa)
Scatola di Casagrande	33	48
Scatola grande	38	0.2

Le caratteristiche del materiale di scavo previste nel Progetto Definitivo, sulla base delle prove di laboratorio (prove granulometriche, limiti di Atterberg, prove Proctor Standard e prove di taglio) eseguite nel 2004 e 2005 da due diversi laboratori, avevano permesso di ricavare i seguenti parametri:

	Angolo d'attrito interno φ [°]	Coesione [KPa]	Peso di volume saturo γ_s [KN/m ³]
Smarino	25	-	20.83
Terre rinforzate	28	-	21.98

Si evidenzia che i valori sopra definiti tenevano conto che per l'abbancamento si prevedeva un compattamento delle bancate per garantire il raggiungimento del 90% del Proctor Standard, per le terre armate un compattamento del 95%.

Dalle prove condotte, tenendo conto che per il materiale da abbancare verrà eseguito un compattamento delle bancate per garantire il raggiungimento del 90% del Proctor Standard e per quello da utilizzare per le terre rinforzate un compattamento del 95%, si sono desunti i seguenti risultati:

Smarino $\gamma_s = 20.83 \text{ kN/m}^3$; $\varphi = 30^\circ$

Riempimento terre rinforzate $\gamma_s = 21.99 \text{ kN/m}^3$; $\varphi = 33^\circ$

I valori di peso di volume ben concordano con quanto già ricavato tra il 2004 e il 2005 su alcuni campioni prova. Si hanno invece valori di resistenza del materiale in termini di angolo di attrito, leggermente superiori a quanto valutato in laboratorio con le prove del 2005. Si evidenzia tuttavia che le prove di taglio hanno evidenziato un valore minimo di coesione che cautelativamente nei calcoli è stato però trascurato. Riassumendo si assegneranno allo smarino e al riempimento delle terre rinforzate i seguenti parametri geotecnici:

	Angolo d'attrito interno φ [°]	Coesione [KPa]	Peso di volume saturo γ_s [KN/m³]
Smarino	30	-	20.83
Terre rinforzate	33	-	21.99

Per il rilevato in terra rinforzata si impiegano normalmente terre appartenenti ai gruppi:

A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 classifica C.N.R.-U.N.I. 10006.

E' opportuno che vengano rispettate anche le seguenti condizioni:

- a) Il terreno di riempimento sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 80 μ (0,08 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore al 15%.
- b) I terreni con percentuale passante vaglio da 80 μ superiore al 15% potranno essere accettati se:
 - b-1) la percentuale di passante al vaglio di 15 μ (0,015 mm) della prova per sedimentazione è inferiore al 10 %;
 - b-2) la percentuale di passante al vaglio di 15 μ (0,015 mm) della prova per sedimentazione rimane compresa tra il 10 % e il 20 % e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.
- c) Il terreno di riempimento non dovrà contenere nessun elemento superiore a 150 mm.

I casi particolari di terreni non rientranti nella precedente schematizzazione vanno analizzati singolarmente considerando anche altri parametri geotecnici come plasticità, permeabilità, etc.

6 FASI DI PROGETTAZIONE

Nella tabella successiva si riepilogano, sinteticamente, le fasi progettuali di riferimento e l'elenco dei relativi interventi ed opere previsti:

FASI DI RIFERIMENTO	INTERVENTI DI PROGETTO
1 OPERE PRELIMINARI (MARGINALI E/O FUORI SITO)	PREPARAZIONE DELL'AREA DEPOSITO INTERMEDIO REGIMAZIONE IDRAULICA PRELIMINARE PISTA IN ALVEO PER SCOGLIERA
2 TERRAPIENO	DRENAGGIO DI FONDAZIONE E POZZETTI DI COLLEGAMENTO RIEMPIMENTO PARZIALE DELLA DEPRESSIONE SCOGLIERA IN SPONDA SINISTRA LEMME TERRA RINFORZATA AL PIEDE (la terra rinforzata verrà costruita per strati sovrapposti che andranno a completare lo strato del deposito. La terra rinforzata “crescerà” quindi seguendo la sequenza operativa del deposito). REALIZZAZIONE DEPOSITO DRENI INTERMEDI VASCA DI DISSIPAZIONE AL PIEDE MANUFATTI DI DISSIPAZIONE CANALETTE DI SCARICO ACQUE SUPERFICIALI (parziale) POZZETTI CUNETTE DI RACCOLTA DRENAGGI SUB-ORIZZONTALI E ACQUE SUPERFICIALI (parziale)
3 TERRAPIENO	RIEMPIMENTO FINO ALLA CAPACITA' UTILE SISTEMAZIONE FINALE DEL SITO (A VERDE) DRENAGGIO DI FONDAZIONE (completamento) DRENI SUB-ORIZZONTALI CANALETTE DI SCARICO ACQUE SUPERFICIALI (completamento) POZZETTI CUNETTE DI RACCOLTA DRENAGGI SUB-ORIZZONTALI E

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00

Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera

Foglio

14 di 51

ACQUE SUPERFICIALI (completamento)

OPERE ACCESSORIE E DI FINITURA

7 SPECIFICHE GEOTECNICHE E RELATIVI CONTROLLI

Si illustrano nel seguito le principali caratteristiche geotecniche di progetto dei terreni di imposta e dei materiali che costituiscono il terrapieno ed i controlli iniziali e periodici cui devono essere sottoposti (Tab.1).

In particolare vengono presi in considerazione:

- i terreni di imposta con le relative modalità di scavo;
- terra rinforzata al piede;
- i materiali del deposito.

Per i materiali della terra rinforzata è prevista l'esecuzione preliminare di rilevati sperimentali finalizzata a definire le modalità di compattazione e le caratteristiche ottenibili. Nel caso fosse ritenuto necessario dalla DL sarà possibile effettuare un rilevato sperimentale anche per la verifica delle caratteristiche ottenibili dalla compattazione del deposito.

Tab.1 - Frequenza prove di controllo

Prove di controllo	SUOLI		
	A	B	C
Densità in sito		10000mc	20000mc
Analisi granulometrica (per via umida)		10000 mc	
Limiti di Atterberg		10000 mc	
Resistenza meccanica (taglio diretto)		10000 mc	

A) Terreni di imposta

B) Terra rinforzata

C) Deposito

7.1 Terreni di imposta

Sull'intera superficie di posa sono previsti lo scotico per uno spessore minimo di 30 cm e l'accantonamento provvisorio dello stesso per il successivo impiego negli interventi di recupero ambientale, e la bonifica per asportazione delle eventuali coltri colluviali e/o detritiche allentate da inglobarsi nel rilevato.

In corrispondenza della terra rinforzata gli scavi di imposta vanno approfonditi alla quota di progetto in modo che la struttura si possa immergere nel substrato.

I piani di imposta, una volta regolarizzati, devono essere energicamente compattati.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera	Foglio 16 di 51

7.2 Terra rinforzata

Per il rilevato in terra rinforzata si impiegano normalmente terre appartenenti ai gruppi:

A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 classifica C.N.R.-U.N.I. 10006.

E' opportuno che vengano rispettate anche le seguenti condizioni:

a) Il terreno di riempimento sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 80 μ (0,08 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore al 15%.

b) I terreni con percentuale passante vaglio da 80 μ superiore al 15% potranno essere accettati se:

b-1) la percentuale di passante al vaglio di 15 μ (0,015 mm) della prova per sedimentazione è inferiore al 10 %;

b-2) la percentuale di passante al vaglio di 15 μ (0,015 mm) della prova per sedimentazione rimane compresa tra il 10 % e il 20 % e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.

c) Il terreno di riempimento non dovrà contenere nessun elemento superiore a 150 mm.

Prima dell'inizio dei lavori deve essere eseguito un rilevato sperimentale con il materiale per la terra rinforzata che si prevede di utilizzare per la costruzione, onde precisare le modalità di posa in opera del materiale e controllarne i risultati ottenibili.

In corso d'opera vanno effettuate prove di densità e di permeabilità in sito almeno ogni 10.000 mc, con prelievo di campioni per i controlli granulometrici (analisi granulometrica per via umida) e sui limiti di Atterberg per il passante al setaccio 0.4 mm.

Il grado di compattazione sugli strati finiti del corpo del rilevato dovrà risultare $\geq 90\%$ della densità massima ottenuta con la prova di costipamento AASHTO T 180 modificata (CNR-B.U. n. 69), salvo per l'ultimo strato di 30 cm. eventualmente costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in cui dovrà risultare una densità $\geq 95\%$ della prova citata, oppure seguire quanto indicato sui Capitolati Tecnici d'Appalto.

Il terreno di scavo asportato per il raggiungimento della quota di imposta della terra rinforzata potrà essere utilizzato per la costruzione della terra rinforzata stessa solo se rispetterà le condizioni sopra elencate. Qualora tali condizioni non possano essere rispettate il materiale verrà accumulato nel corpo del deposito.

7.3 Corpo del deposito

I materiali da portare a deposito, provenienti dallo smarino della finestra Vallemme e dell'adeguamento delle viabilità SP160 e SP163 (NV15 e NV13), devono essere spianati e compattati fino ad ottenere una densità non inferiore al 90% della massima ottenuta con i rilevati sperimentali rispettivamente nel corpo del deposito.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E0 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera	Foglio 17 di 51

Le prove di densità sono da eseguirsi ogni 20.000 mc. Lo spessore finito degli strati da compattare è di 0.65.

Questa operazione è finalizzata a precisare le modalità di stesa ed i risultati ottenibili.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera</p>	<p>Foglio 18 di 51</p>

ALLEGATO

Risultanze campo prova sperimentale su materiale di scavo finestra Vallemme

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera
	Foglio 19 di 51

INDICE

1	PREMESSA	20
2	MODALITA' ESECUTIVE.....	21
3	RISULTATI PROVE ESEGUITE	26
4	CONCLUSIONI	27
	ALLEGATO 1	28
	Certificati analisi granulometrica e prova proctor	28
	ALLEGATO 2	30
	Certificati prove su piastra	30
	ALLEGATO 3	35
	Certificati prove di densità in sito	35
	ALLEGATO 4	39
	Certificato prova di permeabilità in sito	39
	ALLEGATO 5	41
	Certificati prove di taglio diretto	41

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera

1 PREMESSA

Nel presente documento vengono riportate le modalità e le indagini in sito eseguite per la realizzazione di un rilevato sperimentale di prova messo in opera nel cantiere della finestra Val Lemme in comune di Voltaggio (AL) nell’ambito del progetto relativo alla linea ferroviaria AV/AC Milano-Genova - Terzo Valico dei Giovi.

Tale attività si è resa necessaria per la definizione delle caratteristiche, dei parametri geotecnici di riferimento e l’attitudine alla compattazione dei materiali ascrivibili alle Argille a Palombini provenienti dalle operazioni di scavo della galleria per una loro eventuale collocazione in un’area di deposito a mare.

Il rilevato è stato realizzato con le Argille a Palombini provenienti dal fronte di scavo della finestra Val Lemme.



Vista area di cantiere

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera

2 MODALITA' ESECUTIVE

Nel seguente paragrafo si riporta quanto effettuato per la messa in opera di un rilevato sperimentale di altezza pari a 1.2 m.

Il giorno 06/12/2013 alle ore 9.00 è stato effettuato un sopralluogo nell'area di cantiere della Finestra Val Lemme per individuare un'area per la messa in opera del rilevato sperimentale alla presenza di:

- geom. Di Medio (Co.C.I.V.)
- dott. geol. Torriglia (Tecno Piemonte S.p.A.)
- dott. geol. Camorali (A&T Consulting)

Data la conformazione dell'area di cantiere e la limitatezza delle aree a disposizione, si è individuata una zona nella quale era già presente un abbancamento di altezza pari a circa 3.0 da p.c. e larghezza in testa pari a circa 3 m costituito dalle Argille a Palombini provenienti dallo scavo della finestra e depositate nei giorni precedenti.

I materiali, messi in sito tramite trasporto su camion dal fronte della finestra in scavo e sistemati con escavatore a benna rovescia, si presentano di varia pezzatura, da cm a pluridecimetrica, e forma, da scaglie a blocchi.

Di seguito viene riportata una fotografia che mostra il deposito delle Argilliti.



Come primo step si è provveduto alla compattazione della sommità dei materiali depositati per una striscia pari a circa 5.0 x 2.5 m mediante successivi passaggi con rullo vibrante.

A causa della disposizione caotica del materiale depositato, si è provveduto anche a successivi passaggi con un camion carico di materiale e ad altri con il rullo vibrante.

Di seguito si riporta un'immagine del rullo utilizzato e relativi dati tecnici.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera
	Foglio 23 di 51

Terminati i passaggi di compattazione, è stata eseguita n° 1 prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146) per la verifica dei cedimenti e del modulo di deformazione ottenuto.



Come si vede dalla fotografia sopra riportata, è stato utilizzato come contrasto un camion carico di materiale proveniente direttamente dallo scavo della galleria. Eseguita la prova, si è proceduto alla stesa del materiale per costituire il rilevato. Come si nota dall’immagine di seguito riportata, il materiale è stato scaricato dal camion direttamente sulla base precedentemente preparata e successivamente è stato sistemato tramite l’utilizzo di escavatore a benna rovescia per formare uno strato di circa 50 cm.



Durante le operazioni di formazione dello strato, sono stati tolti i blocchi più grossi in modo da permettere una idonea compattazione del materiale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera	Foglio 24 di 51

La compattazione di questo strato è stata eseguita mediante 4 passaggi successivi con il rullo vibrante che ha portato lo strato alla conformazione finale pari a circa 40 cm e non sono state eseguite prove. Con la stessa metodologia si è proceduto alla messa in opera del secondo strato.

La compattazione è stata eseguita mediante 4 passaggi successivi con il rullo vibrante ed un passaggio del rullo senza vibrazione che ha portato lo strato alla conformazione finale pari a circa 40 cm e sono state eseguite le seguenti prove:

- n° 1 prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146)
- n° 1 prova di densità in sito col metodo del volumometro a sabbia (CNR B.U. n° 22)



Prova su piastra



Densità in sito

Infine si è proceduto alla messa in opera del terzo strato. La compattazione è stata eseguita mediante 6 passaggi successivi con il rullo vibrante ed un passaggio del rullo senza vibrazione che ha portato lo strato alla conformazione finale pari a circa 40 cm e sono state eseguite le seguenti prove:

- n° 1 prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146)
- n° 1 prova di densità in sito col metodo del volumometro a sabbia (CNR B.U. n° 22)



Prova su piastra



Densità in sito

Le operazioni sono terminate in quanto si è raggiunta l'altezza di 1.2 m dal piano di posa.

Le prove in sito sono riprese il giorno 09/12/2013 e sono consistite in:

- n° 1 prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146) alla sommità del rilevato dopo un riposo di 2 giorni del materiale abbancato
- n° 1 prova di densità in sito con il metodo del telo con acqua (ASTM D5030)
- n° 1 prova di permeabilità in sito a carico variabile (Raccomandazioni AGI)

Oltre alle indagini in sito, sono stati prelevati campioni di materiale direttamente dal rilevato messo in opera per effettuare le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (CNR B.U. n° 23 – UNI10008)
- prova proctor (CNR B.U. n° 69 AASHTO modificato T/180-57)
- prova di taglio diretto su scatola di Casagrande (Raccomandazioni AGI – ASTM D3080)

Tutte le attività prove sono state eseguite presso il laboratorio certificato Tecno Piemonte S.p.A. di Ionta (VC).

E' stata anche eseguita una prova di taglio diretto su scatola grande (ASTM D3080-04) sempre con il materiale proveniente dagli scavi della galleria dal laboratorio certificato CGG Testing s.r.l. di Piacenza (PC).

Negli allegati seguenti sono riportati, per ogni prova eseguita, i relativi certificati analitici.

3 RISULTATI PROVE ESEGUITE

Nella seguente tabelle vengono riportati i risultati ottenuti dalle prove eseguite sul rilevato sperimentale.

Prova su piastra Ø 300 mm (CNR B.U. n° 146)		
<i>Ubicazione</i>	<i>Cedimenti unitari Δs [mm]</i> <i>(0.15 – 0.25 Mpa)</i>	<i>Modulo di deformazione</i> <i>(Mpa)</i>
Base rilevato	0.47	63.8
Secondo strato	0.66	45.5
Sommità rilevato	0.76	39.5
Sommità rilevato dopo 2 giorni di riposo	0.73	41.1

Densità in sito col metodo del volumometro (Ø 165 mm)	
<i>Ubicazione</i>	<i>Grado di costipamento</i> <i>(%)</i>
Secondo strato	95.3
Sommità rilevato	94.6

Prova di permeabilità a carico variabile		
<i>Ubicazione</i>	<i>Diametro pozzetto</i> <i>(m)</i>	<i>Coefficiente di permeabilità k</i> <i>(m/s)</i>
Sommità rilevato	0.8	6.173×10^{-6}

Prova di taglio diretto		
<i>Metodo</i>	<i>Angolo di resistenza al taglio φ'</i> <i>(°)</i>	<i>Coesione efficace c'</i> <i>(kPa)</i>
Scatola di Casagrande	33	48
Scatola grande	38	0.2

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera	Foglio 27 di 51

4 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra descritto si conclude quanto segue:

- Per la determinazione delle caratteristiche gomeccaniche dei materiali afferenti alle “Argille a palombini” è stato messo in opera un rilevato di prova sul quale sono state condotte prove in sito e prelevato campioni per prove di laboratorio
- Le prove condotte in sito hanno evidenziato la possibilità di ottenere un buon grado di compattazione con moduli mediamente superiori a 40Mpa.
- I valori di taglio sono tra loro diversi in quanto ottenuti su scatole di dimensioni diverse .Per la fattispecie si ritiene opportuno l’utilizzo dei valori ottenuti con la scatola grande.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera</p>	<p>Foglio 28 di 51</p>

ALLEGATO 1

Certificati analisi granulometrica e prova proctor



TECNO PIEMONTE S.p.A.

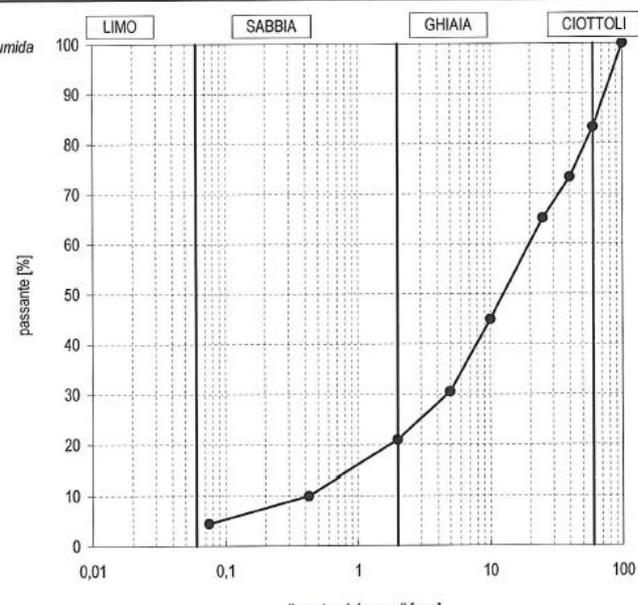
CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



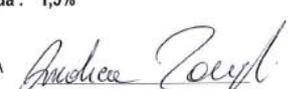
Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

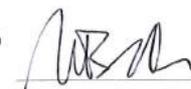
Certificato di prova n.:	05293/GT	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.: -			

Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA E CONTENUTO NATURALE D'ACQUA		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 23 - UNI 10008		
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		
<i>Identificazione del campione</i>			
Contrassegno/Cod. prova:	rilevato sperimentale	Campo prova	
Terreno in prova / strato:	materiale per rilevato sperimentale	Modalità accettazione: prelevato da ns. tecnici	
Ubicazione prelievo:	Cantiere COCIV - Vollaggio	Data prelievo: 09/12/2013	
Provenienza:	materiale di scavo galleria	Data prova: 11/12/2013	
Osservazione:	Analisi granulometrica eseguita su un campione rappresentativo di materiale con Ø massimo < 100 mm		
Metodo di prova: <i>analisi eseguita mediante vagliatura via umida</i>			
	serie vagli ISO apertura [mm]	trattenuto parz. [%]	passante progr. [%]
Ø	100	0,0	100,0
Ø	60	16,7	83,3
Ø	40	10,0	73,3
Ø	25	8,2	65,1
Ø	10	20,2	44,9
Ø	5	14,4	30,5
#	2	9,6	20,9
#	0,425	11,0	9,9
#	0,075	5,5	4,4
	peso iniziale:	24269	g



Contenuto naturale d'acqua : **1,5%**

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 

Il direttore del laboratorio geotecnico
Dott. Geol. Marco BETTIO 



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

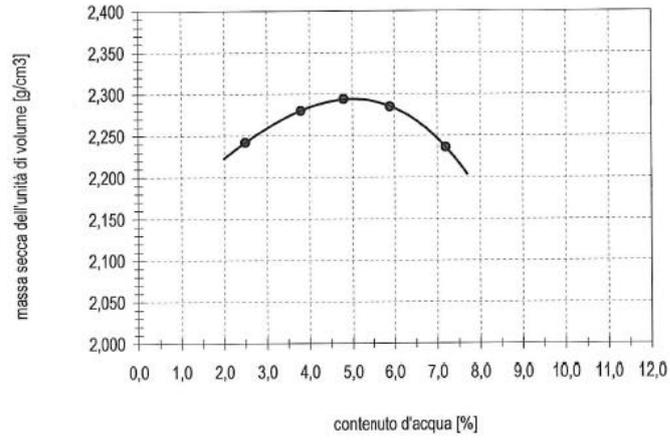
Certificato di prova n.:	05294/GT	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. ril.:	-		

Oggetto:	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 69		
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
General Contractor:	-		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		
Identificazione del campione			
Contrassegno/Cod. prova:	rilevato sperimentale	Campo prova	Modalità accettazione: prelevato da ns. tecnici
Terreno in prova / strato:	materiale per rilevato sperimentale		Quota/Profondità (m): -
Ubicazione prelievo:	Cantiere COCIV - Vollaggio		Data prelievo: 09/12/2013
Provenienza:	materiale di scavo galleria		Data prova: 11/12/2013
Descrizione macroscopica:	-		

Energia di costipamento:	AASHTO modificato	T/180-57	Volume della fustella:	2124	[mm]
Inerte trattenuto al crivello Ø 25 mm:	34,9	(% in massa sul totale)	Ø fustella:	152	[mm]

Massa umida dell'unità di volume [g/cm³]	Massa secca dell'unità di volume [g/cm³]	Contenuto d'acqua [%]
2,298	2,242	2,5
2,367	2,280	3,8
2,404	2,294	4,8
2,420	2,285	5,9
2,397	2,236	7,2

Massa secca massima dell'unità di volume	2,297 g/cm³
Contenuto d'acqua ottimo	5,0%



massa secca dell'unità di volume [g/cm³]

contenuto d'acqua [%]

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA

Il direttore del laboratorio geotecnico
Dott. Geol. Marco BETTIO



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA €€ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

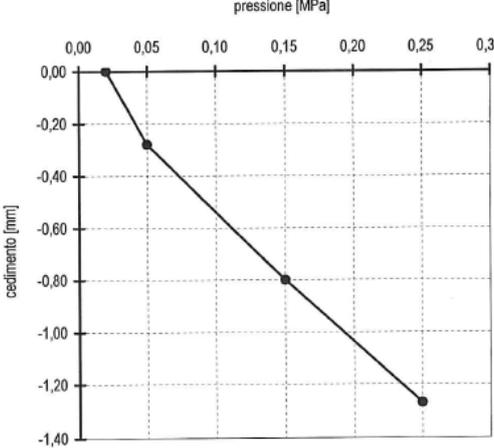
Rapporto di prova n.:	20067/IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	Determinazione del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 146		
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		

Contrassegno/Cod. prova:	1 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova:	06/12/2013
Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / "piano posa" rilevato		Ø piastra:	300 mm
Ubicazione/Opera:	Cantiere COCIV - Vollaggio		Quota/Profondità:	-
Sezione/Progressiva:	-			
Osservazioni:				

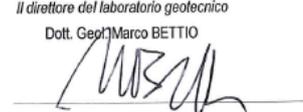
Note:	Incrementi di carico quando $V_s < 0,02$ mm/min.		
pressione applicata [MPa]	cedimenti parziali [mm]	cedimenti unitari Δs [mm] (0,15-0,25)	Modulo di deformazione Md [MPa]
0,02	0,00		
0,05	-0,28		
0,15	-0,80		
0,25	-1,27	0,47	63,8

pressione [MPa]



cedimento [mm]

Il direttore del laboratorio geotecnico
Dott. Geol. Marco BETTIO





TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA €€ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



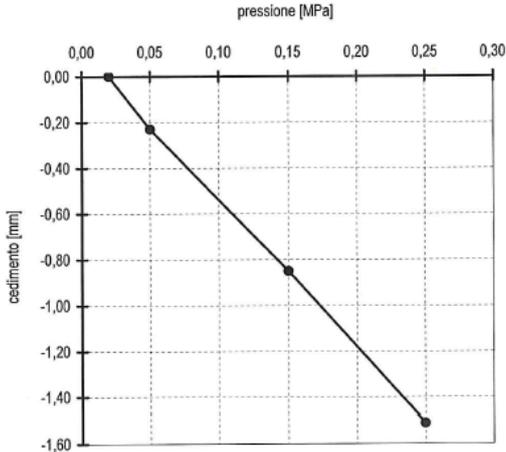
Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

Rapporto di prova n.:	20068/IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

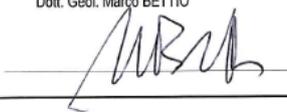
Oggetto:	Determinazione del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 146		
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rievato sperimentale		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		

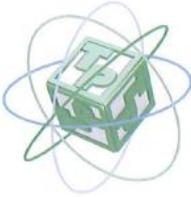
Contrassegno/Cod. prova:	2 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova:	06/12/2013
Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 2° strato di rilevato		Ø piastra:	300 mm
Ubicazione/Opera:	Cantiere COCIV - Vollaggio		Quota/Profondità:	+ 80 cm da p.posa
Sezione/Progressiva:	-			
Osservazioni:				

Note:	Incrementi di carico quando $V_s < 0,02$ mm/min.		
pressione applicata [MPa]	cedimenti parziali [mm]	cedimenti unitari Δs (0,15-0,25) [mm]	Modulo di deformazione M_d [MPa]
0,02	0,00		
0,05	-0,23		
0,15	-0,85		
0,25	-1,51	0,66	45,5



Il direttore del laboratorio geotecnico
 Dott. Geol. Marco BETTIO



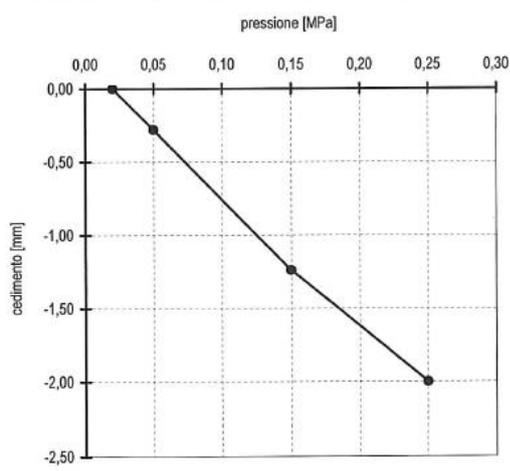


TECNO PIEMONTE S.p.A.

 CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372

 Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

Rapporto di prova n.:	20070/V	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	Determinazione del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra																																						
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 146																																						
Cantiere:	Votaggio (AL) - Rilevato sperimentale																																						
Ente Appaltante:	COCIV																																						
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi																																						
<table border="1"> <tr> <td>Contrassegno/Cod. prova:</td> <td>3 - rilevato sperimentale</td> <td>Campo prova</td> <td>Data prova:</td> <td>06/12/2013</td> </tr> <tr> <td>Terreno in prova/Strato:</td> <td colspan="2">mat. per rilevato sperimentale / 3° ed ultimo strato di rilevato</td> <td>Ø piastra:</td> <td>300 mm</td> </tr> <tr> <td>Ubicazione/Opera:</td> <td>Cantiere COCIV - Votaggio</td> <td>Quota/Profondità:</td> <td colspan="2">+ 120 cm da p.posa</td> </tr> <tr> <td>Sezione/Progressiva:</td> <td colspan="4">-</td> </tr> <tr> <td>Osservazioni:</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>				Contrassegno/Cod. prova:	3 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova:	06/12/2013	Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 3° ed ultimo strato di rilevato		Ø piastra:	300 mm	Ubicazione/Opera:	Cantiere COCIV - Votaggio	Quota/Profondità:	+ 120 cm da p.posa		Sezione/Progressiva:	-				Osservazioni:															
Contrassegno/Cod. prova:	3 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova:	06/12/2013																																			
Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 3° ed ultimo strato di rilevato		Ø piastra:	300 mm																																			
Ubicazione/Opera:	Cantiere COCIV - Votaggio	Quota/Profondità:	+ 120 cm da p.posa																																				
Sezione/Progressiva:	-																																						
Osservazioni:																																							
<p>Note: Incrementi di carico quando $V_s < 0,02$ mm/min.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>pressione applicata [MPa]</th> <th>cedimenti parziali [mm]</th> <th>cedimenti unitari Δs [mm] (0,15-0,25)</th> <th>Modulo di deformazione Md [MPa]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,02</td> <td>0,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,05</td> <td>-0,28</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>-1,24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>-2,00</td> <td>0,76</td> <td>39,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				pressione applicata [MPa]	cedimenti parziali [mm]	cedimenti unitari Δs [mm] (0,15-0,25)	Modulo di deformazione Md [MPa]	0,02	0,00			0,05	-0,28			0,15	-1,24			0,25	-2,00	0,76	39,5																
pressione applicata [MPa]	cedimenti parziali [mm]	cedimenti unitari Δs [mm] (0,15-0,25)	Modulo di deformazione Md [MPa]																																				
0,02	0,00																																						
0,05	-0,28																																						
0,15	-1,24																																						
0,25	-2,00	0,76	39,5																																				
																																							
<p>Il direttore del laboratorio geotecnico Dott. Geol. Marco BETTIO</p> 																																							



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA € ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

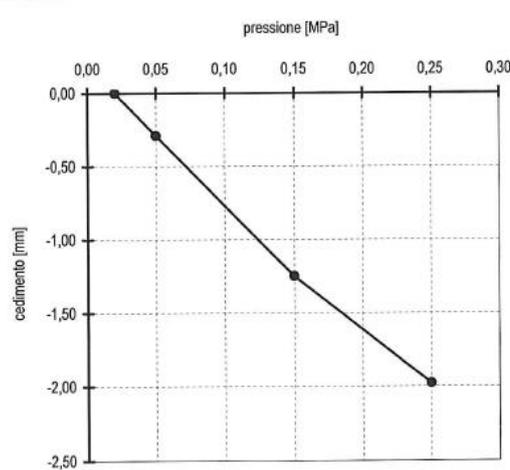
Rapporto di prova n.:	20072/IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	Determinazione del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 146		
Cantiere:	Voltaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		

Contrassegno/Cod. prova:	4 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova:	09/12/2013
Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 3° ed ultimo strato di rilevato		Ø piastra:	300 mm
Ubicazione/Opera:	Cantiere COCIV - Voltaggio	Quota/Profondità:	+ 120 cm da p.posa	
Sezione/Progressiva:	-			
Osservazioni:				

Note: Incrementi di carico quando $V_s < 0,02$ mm/min.			
pressione applicata [MPa]	cedimenti parziali [mm]	cedimenti unitari Δs [mm] (0,15-0,25)	Modulo di deformazione Md [MPa]
0,02	0,00		
0,05	-0,29		
0,15	-1,25		
0,25	-1,98	0,73	41,1

pressione [MPa]



cedimento [mm]

Il direttore del laboratorio geotecnico
 Dott. Geol. Marco BETTIO



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera</p>	<p>Foglio 35 di 51</p>

ALLEGATO 3

Certificati prove di densità in sito



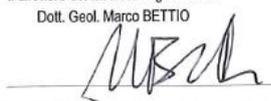
TECNO PIEMONTE S.p.A.

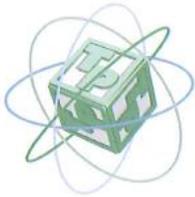
CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 330/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

Rapporto di prova n.:	20069/V	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	Determinazione della massa volumica apparente di una terra in sito - Metodo del volumometro a sabbia																										
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 22																										
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale																										
Ente Appaltante:	COCIV																										
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi																										
<table border="1"> <tr> <td>Contrassegno/Cod. prova:</td> <td>1 - rilevato sperimentale</td> <td>Campo prova</td> <td>Data prova: 06/12/2013</td> </tr> <tr> <td>Terrano in prova/Strato:</td> <td>mat. per rilevato sperimentale / 2° strato di rilevato</td> <td>Ø volumometro:</td> <td>165 mm</td> </tr> <tr> <td>Ubicazione/Località:</td> <td>Cantiere COCIV - Vollaggio</td> <td>Quota/Profondità:</td> <td>+ 80 cm da p.posa</td> </tr> <tr> <td>Sezione/Progressiva:</td> <td colspan="3">-</td> </tr> <tr> <td>Osservazioni:</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>				Contrassegno/Cod. prova:	1 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova: 06/12/2013	Terrano in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 2° strato di rilevato	Ø volumometro:	165 mm	Ubicazione/Località:	Cantiere COCIV - Vollaggio	Quota/Profondità:	+ 80 cm da p.posa	Sezione/Progressiva:	-			Osservazioni:							
Contrassegno/Cod. prova:	1 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova: 06/12/2013																								
Terrano in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 2° strato di rilevato	Ø volumometro:	165 mm																								
Ubicazione/Località:	Cantiere COCIV - Vollaggio	Quota/Profondità:	+ 80 cm da p.posa																								
Sezione/Progressiva:	-																										
Osservazioni:																											
<table border="1"> <tr> <td>Massa secca dell'unità di volume della sabbia</td> <td>[g/cm³]</td> <td>1,32</td> </tr> <tr> <td>Volume del cono</td> <td>[cm³]</td> <td>1055,7</td> </tr> </table>				Massa secca dell'unità di volume della sabbia	[g/cm ³]	1,32	Volume del cono	[cm ³]	1055,7																		
Massa secca dell'unità di volume della sabbia	[g/cm ³]	1,32																									
Volume del cono	[cm ³]	1055,7																									
<table border="1"> <tr> <td>Massa iniziale contenitore</td> <td>[g]</td> <td>7000</td> </tr> <tr> <td>Massa finale contenitore</td> <td>[g]</td> <td>2799</td> </tr> <tr> <td>Volume del foro</td> <td>[cm³]</td> <td>2127</td> </tr> <tr> <td>Massa materiale umido</td> <td>[g]</td> <td>4805</td> </tr> <tr> <td>Contenuto d'acqua naturale</td> <td>%</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>Massa secca dell'unità di volume</td> <td>[g/cm³]</td> <td>2,189</td> </tr> <tr> <td>Massa secca max. dell'unità di volume (*)</td> <td>[g/cm³]</td> <td>2,297</td> </tr> <tr> <td>Contenuto d'acqua ottimo (*)</td> <td>%</td> <td>5,0</td> </tr> </table>				Massa iniziale contenitore	[g]	7000	Massa finale contenitore	[g]	2799	Volume del foro	[cm ³]	2127	Massa materiale umido	[g]	4805	Contenuto d'acqua naturale	%	3,2	Massa secca dell'unità di volume	[g/cm ³]	2,189	Massa secca max. dell'unità di volume (*)	[g/cm ³]	2,297	Contenuto d'acqua ottimo (*)	%	5,0
Massa iniziale contenitore	[g]	7000																									
Massa finale contenitore	[g]	2799																									
Volume del foro	[cm ³]	2127																									
Massa materiale umido	[g]	4805																									
Contenuto d'acqua naturale	%	3,2																									
Massa secca dell'unità di volume	[g/cm ³]	2,189																									
Massa secca max. dell'unità di volume (*)	[g/cm ³]	2,297																									
Contenuto d'acqua ottimo (*)	%	5,0																									
Grado di costipamento		95,3%																									
(*) Vd. certificato di prova n. 02594/GT del 18/2/2013																											
<p>Il direttore del laboratorio geotecnico Dott. Geol. Marco BETTIO</p> 																											



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA €€ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



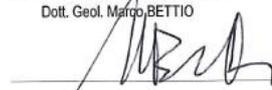
Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

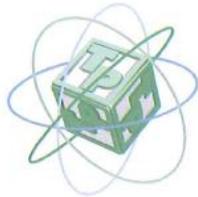
Rapporto di prova n.:	20071/IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	Determinazione della massa volumica apparente di una terra in sito - Metodo del volumometro a sabbia		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n° 22		
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
Ente Appaltante:	COCIV		
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi		
Contrassegno/Cod. prova:	2 - rilevato sperimentale	Campo prova	Data prova: 06/12/2013
Terreno in prova/Strato:	mat. per rilevato sperimentale / 3° ed ultimo strato di rilevato	Ø volumometro:	165 mm
Ubicazione/Località:	Cantiere COCIV - Vollaggio	Quota/Profondità:	+ 120 cm da p.posa
Sezione/Progressiva:	-		
Osservazioni:			
Massa secca dell'unità di volume della sabbia	[g/cm ³]	1,32	
Volume del cono	[cm ³]	1055,7	
Massa iniziale contenitore	[g]	7000	
Massa finale contenitore	[g]	1626	
Volume del foro	[cm ³]	3016	
Massa materiale umido	[g]	6743	
Contenuto d'acqua naturale	%	2,9	
Massa secca dell'unità di volume	[g/cm ³]	2,173	
Massa secca max. dell'unità di volume (*)	[g/cm ³]	2,297	
Contenuto d'acqua ottimo (*)	%	5,0	
Grado di costipamento		94,6%	

(*) Vd. certificato di prova n. 02594/GT del 18/12/2013

Il direttore del laboratorio geotecnico
Dott. Geol. Marco BETTIO





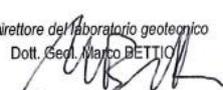
TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 360/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

Rapporto di prova n.:	20073/IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Tipo di prova:	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE DI UNA TERRA IN SITO CON IL METODO DELL'ACQUA																	
Normativa di riferimento:	ASTM D 5030																	
Cantiere:	Votaggio (AL) - Rilevato sperimentale																	
Ente Appaltante:	COCIV																	
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi																	
Identificazione del campione																		
Contrassegno/Cod. prova:	rilevato sperimentale	Campo prova																
Terreno in prova / strato:	materiale per rilevato sperimentale	Modalità accettazione:	prelevato da ns. tecnici															
Ubicazione prelievo:	Cantiere CCCIV - Votaggio	Data prova:	09/12/2013															
Provenienza:	materiale di scavo galleria																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Prova n.:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Diametro del foro (mm):</td> <td>800</td> </tr> </table>				Prova n.:	1	Diametro del foro (mm):	800											
Prova n.:	1																	
Diametro del foro (mm):	800																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Massa materiale estratto</td> <td>282,24</td> <td>kg</td> </tr> </table>				Massa materiale estratto	282,24	kg												
Massa materiale estratto	282,24	kg																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Lettura iniziale contaltri</td> <td>1786,2</td> <td>l</td> </tr> <tr> <td>Lettura finale contaltri</td> <td>1944,6</td> <td>l</td> </tr> <tr> <td>Volume acqua erogato</td> <td>158,4</td> <td>l</td> </tr> <tr> <td>Volume acqua in eccesso</td> <td>34,0</td> <td>l</td> </tr> <tr> <td>Volume pozzetto</td> <td>124449</td> <td>cm³</td> </tr> </table>				Lettura iniziale contaltri	1786,2	l	Lettura finale contaltri	1944,6	l	Volume acqua erogato	158,4	l	Volume acqua in eccesso	34,0	l	Volume pozzetto	124449	cm ³
Lettura iniziale contaltri	1786,2	l																
Lettura finale contaltri	1944,6	l																
Volume acqua erogato	158,4	l																
Volume acqua in eccesso	34,0	l																
Volume pozzetto	124449	cm ³																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Contenuto d'acqua</td> <td>1,5</td> <td>(%)</td> </tr> </table>				Contenuto d'acqua	1,5	(%)												
Contenuto d'acqua	1,5	(%)																
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Massa umida dell'unità di volume</td> <td>2,268</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>Massa secca dell'unità di volume</td> <td>2,234</td> <td>g/cm³</td> </tr> </table>				Massa umida dell'unità di volume	2,268	g/cm ³	Massa secca dell'unità di volume	2,234	g/cm ³									
Massa umida dell'unità di volume	2,268	g/cm ³																
Massa secca dell'unità di volume	2,234	g/cm ³																
<p>Il direttore del laboratorio geotecnico Dott. Geol. Marco BETTIO</p> 																		

SEDE AMM. / OPERATIVA:
 Statale Valsesia, 20
 13035 Lenta (Vc)

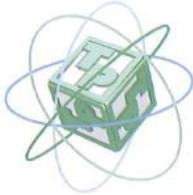
SEDE LEGALE:
 Via C. Pizzorno, 12
 28078 Romagnano Sesia (No)

UNITÀ LOCALI:
 13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54
 00161 Roma - Via De Rossi, 4

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera</p>	<p>Foglio 39 di 51</p>

ALLEGATO 4

Certificato prova di permeabilità in sito



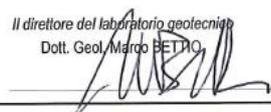
TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA €€ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Consorzio COCIV**
Via Renata Bianchi, 40
16152 GENOVA

Rapporto di prova n.:	20074IV	del	18/12/2013
Verbale di accettazione n.:	3869/GT	del	09/12/2013
Vs. rif.:	-		

Tipo di prova:	DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' IN SITO (carico variabile)			
Normativa di riferimento:	Raccomandazioni AGI			
Cantiere:	Votaggio (AL) - Rilevato sperimentale			
Ente Appaltante:	COCIV			
Direttore dei Lavori:	Studio Dott. Anselmi			
Identificazione del campione				
Contrassegno/Cod. prova:	rilevato sperimentale	Campo prova		
Terreno in prova / strato:	materiale per rilevato sperimentale	Modalità accettazione:	prelevato da ns. tecnici	
Ubicazione prelievo:	Cantiere COCIV - Votaggio	Data prova:	09/12/2013	
Provenienza:	materiale di scavo galleria			
Prova eseguita in pozzetto superficiale cilindrico				
	D :	diámetro pozzetto [m]	0,80	
	H ₁ :	altezza iniziale acqua [m]	0,25	
	H ₂ :	altezza finale acqua [m]	0,20	
	H _m :	altezza media acqua [m]	0,23	
	t ₁ - t ₂ :	intervallo di tempo [s]	900	
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Coefficiente di permeabilità K [m/s] = 6,173E-06</td> </tr> </table>				Coefficiente di permeabilità K [m/s] = 6,173E-06
Coefficiente di permeabilità K [m/s] = 6,173E-06				
<p>Il direttore del laboratorio geotecnico Dott. Geol. Marco BETTIO</p> 				

SEDE AMM. / OPERATIVA:
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)

SEDE LEGALE:
Via C. Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)

UNITÀ LOCALI:
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54
00161 Roma - Via De Fossi, 4

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00 Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d’opera</p>	<p>Foglio 41 di 51</p>

ALLEGATO 5

Certificati prove di taglio diretto

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



A301-00-D-CV-RG-DP04-00-005-E00

Relazione di inquadramento geotecnico – Verifiche in corso d'opera

Foglio
42 di 51

TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



	Committente:			
	Consorzio COCIV Via Renata Bianchi, 40 16152 GENOVA			
CERTIFICATO DI PROVA N°	00072/GT	DEL	10/01/2014	Pagina 1 di 5
Verbale di accettazione n°	3869/GT	del	09/12/2013	Vs. rif.: -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE
---------	---

CANTIERE	Votaggio (AL) - Rilevato sperimentale		
ENTE APPALTANTE	COCIV		
DIRETTORE DEI LAVORI	Studio Dott. Anselmi		
DESCRIZIONE MATERIALE	N. 1 campione rimaneggiato di terra		DATA ARRIVO AL LABORATORIO
	Contrassegno: materiale per rilevato Campione: 1 Provenienza/Loc. prel.: materiale di scavo galleria Tipo campionatore: - Prof.q.ta prelievo (m): - Data prelievo: 09/12/2013		09/12/2013
PROVE ESEGUITE	Prova di taglio diretto		MODALITA' DI ACCETTAZIONE
			Prelevato da NS. tecnici
			NORMA DI RIFERIMENTO
			Racc. A.G.I. - ASTM D3080

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Mauro BIANCO
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Marco BETTIO

SEDE AMM. / OPERATIVA:
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)

SEDE LEGALE:
Via C. Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)

UNITA' LOCALI:
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54
00161 Roma - Via De Rossi, 4

-002 (c)-

Tel. +39 - 0163.885.111 - Fax. +39 - 0163.885.028 - E-mail: tecnopiemonte@tecnopiemonte.com • www.tecnopiemonte.com
P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRB. NO 7192

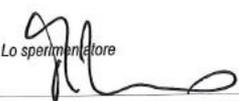
E' vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA €€ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Certificato di prova n.	00072/GT	del	10/01/2014	pagina	2 di 5
Verbale di accettazione n.	3869/GT	del	09/12/13	Committente:	Consorzio COCIV
PROVA DI TAGLIO DIRETTO					
Normativa di riferimento:	Raccomandazioni A.G.I. - ASTM D3080				
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale				
Data inizio prova:	07/01/2014	Data consegna campione al laboratorio:	09/12/2013		
IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE					
Contrassegno:	materiale per rilevato	Provenienza/Loc. prel.:	materiale di scavo galleria		
Campione:	1	Prof./q.ta prelievo (m):	-		
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	09/12/2013		
Descrizione macroscopica:	smarino galleria costituito da litotipo argillitico frantumato				
CARATTERISTICHE DEI PROVINO					
Provinci ricavati su pass. 5 mm, mediante costipamento manuale	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3		
Diametro (mm)	63,50	63,50	63,50		
Sezione (cm ²)	31,669	31,669	31,669		
Volume iniziale V _i (cm ³)	95,008	95,008	95,008		
Altezza iniziale (mm)	30,00	30,00	30,00		
Altezza finale (mm)	29,88	29,73	29,55		
Massa tara (g)	81,56	78,05	76,35		
Massa tara + massa umida iniziale (g)	310,02	306,42	304,97		
Massa provino umido finale (g)	232,00	231,74	232,04		
Massa provino secco (g)	217,89	217,84	217,97		
Massa dell'unità di volume γ' (g/cm ³)	2,405	2,404	2,406		
Massa secca dell'unità di volume γ _d (g/cm ³)	2,293	2,293	2,294		
Contenuto d'acqua iniziale w _n (%)	4,85	4,83	4,89		
Contenuto d'acqua finale w _f (%)	6,48	6,38	6,46		
<p>I provini sono stati costipati fino al raggiungimento delle caratteristiche di umidità ottima e densità massima risultanti dalla prova Proctor.</p>					
 Lo sperimentatore		 Il direttore del laboratorio geotecnico			



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
 AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
 INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CÉ ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Certificato di prova n.	00072/GT	del	10/01/14	pagina	3 di 5						
Verbale di accettazione n.	3869/GT	del	09/12/13	Committente:	Consorzio COCIV						
PROVA DI TAGLIO DIRETTO											
Normativa di riferimento:	Raccomandazioni A.G.I. - ASTM D3080										
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale										
Data inizio prova:	07/01/2014	Data consegna campione al laboratorio:	09/12/2013								
IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE											
Contrassegno:	materiale per rilevato		Provenienza/Loc. prel.:		materiale di scavo galleria						
Campione:	1		Prof./q.ta prelievo (m):		-						
Tipo campionatore:	-		Data prelievo:		09/12/2013						
DATI DI PROVA											
provino 1				provino 2				provino 3			
Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)	Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)	Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)
0,000	0,000	0	0	0,000	0,000	0	0	0,000	0,000	0	0
0,016	0,043	45	14	0,023	0,043	51	16	-0,002	0,005	20	6
-0,004	0,094	69	22	0,012	0,116	92	29	-0,008	0,024	62	20
-0,004	0,182	92	29	0,019	0,236	122	38	-0,008	0,100	104	33
-0,004	0,286	121	38	0,021	0,352	150	47	-0,005	0,183	144	45
-0,006	0,387	147	45	0,019	0,472	171	54	-0,008	0,255	192	61
-0,018	0,496	167	50	0,021	0,575	194	61	-0,008	0,329	245	77
-0,034	0,608	186	57	0,019	0,674	224	71	-0,005	0,402	294	93
-0,047	0,715	171	54	0,016	0,774	253	80	-0,002	0,485	336	106
-0,061	0,824	170	54	0,016	0,874	273	86	0,005	0,568	369	117
-0,068	0,930	175	55	0,002	0,977	289	91	0,005	0,661	396	125
-0,077	1,046	177	56	-0,018	1,083	300	95	0,003	0,749	415	131
-0,084	1,157	180	57	-0,023	1,183	309	97	0,003	0,844	431	136
-0,099	1,265	180	57	-0,032	1,289	313	99	0,003	0,934	442	140
-0,109	1,387	182	57	-0,037	1,395	315	99	0,000	1,039	451	142
-0,122	1,492	182	57	-0,050	1,505	320	101	0,003	1,134	462	146
-0,138	1,586	182	57	-0,057	1,621	324	102	0,003	1,239	471	149
-0,147	1,694	182	57	-0,062	1,731	329	104	0,003	1,334	475	150
-0,154	1,801	180	57	-0,064	1,831	333	105	0,003	1,436	480	151
-0,163	1,904	184	58	-0,069	1,934	337	106	0,005	1,538	484	153
-0,177	2,010	187	59	-0,076	2,030	337	106	0,005	1,636	488	154
-0,186	2,110	187	59	-0,083	2,143	336	106	0,000	1,721	488	154
-0,195	2,221	189	60	-0,090	2,256	337	106	-0,002	1,841	488	154
-0,202	2,325	188	59	-0,094	2,369	336	106	-0,002	1,938	488	154
-0,215	2,438	190	60	-0,099	2,478	332	105	0,000	2,038	491	155
-0,229	2,548	191	60	-0,104	2,595	333	105	0,005	2,138	497	157
-0,245	2,657	193	61	-0,106	2,698	333	105	0,005	2,238	504	159
-0,259	2,764	193	61	-0,111	2,804	337	106	0,008	2,341	508	160
-0,263	2,874	193	61	-0,111	2,907	339	107	0,008	2,441	510	161
-0,275	2,974	196	62	-0,115	3,010	339	107	0,011	2,538	515	163
-0,288	3,082	199	62	-0,118	3,120	337	106	0,003	2,638	519	164
-0,297	3,190	199	63	-0,122	3,239	340	107	-0,005	2,743	522	165
-0,302	3,294	200	63	-0,127	3,336	343	108	-0,005	2,855	513	162
-0,306	3,396	200	63	-0,131	3,442	341	108	-0,005	2,955	517	163
-0,313	3,497	205	65	-0,138	3,545	347	109	-0,002	3,067	515	163
-0,322	3,608	205	65	-0,143	3,641	345	109	0,003	3,167	524	165
-0,331	3,721	205	65	-0,152	3,741	349	110	0,003	3,267	524	165
-0,340	3,831	212	67	-0,159	3,847	352	111	0,003	3,369	526	166
-0,347	3,959	210	66	-0,162	3,953	352	111	0,005	3,472	530	167
-0,352	4,033	215	68	-0,164	4,060	356	112	0,003	3,569	535	169
-0,361	4,137	214	68	-0,168	4,166	357	113	-0,010	3,679	537	170
-0,370	4,239	215	68	-0,175	4,266	359	113	-0,018	3,786	539	170
-0,375	4,347	217	69	-0,178	4,365	363	115	-0,018	3,894	541	171
-0,381	4,449	220	70	-0,182	4,472	364	115	-0,018	3,996	541	171
-0,390	4,559	220	70	-0,187	4,578	365	115	-0,018	4,103	546	172
-0,404	4,663	220	70	-0,194	4,681	367	116	-0,016	4,208	548	173
-0,415	4,764	219	69	-0,194	4,777	367	116	-0,016	4,315	546	172
-0,420	4,876	216	68	-0,199	4,884	364	115	-0,019	4,423	546	172
-0,429	4,974	221	70	-0,201	4,987	367	116	-0,018	4,528	552	174
-0,436	5,086	222	70	-0,206	5,093	369	117	-0,016	4,625	552	174
-0,443	5,177	222	70	-0,208	5,189	365	115	-0,018	4,732	546	172
-0,447	5,293	225	71	-0,208	5,279	363	115	-0,018	4,835	546	172
-0,454	5,397	227	72	-0,210	5,389	361	114	-0,018	4,937	544	172
-0,459	5,499	225	71	-0,212	5,495	351	111	-0,018	5,044	544	172
-0,470	5,610	231	73	-0,215	5,591	347	109	-0,016	5,147	539	170
-0,475	5,715	231	73	-0,212	5,691	348	110	-0,016	5,247	537	170
-0,484	5,820	229	72	-0,212	5,791	344	109	-0,015	5,352	539	170
-0,490	5,928	231	73	-0,210	5,904	345	109	-0,016	5,457	537	170
-0,495	6,030	229	72	-0,212	6,000	345	109	-0,013	5,561	537	170
-0,502	6,143	234	74	-0,215	6,096	341	108	-0,013	5,669	535	169
-0,506	6,249	239	76	-0,219	6,193	344	109	-0,021	5,773	530	167
-0,513	6,360	237	75	-0,219	6,296	343	108	-0,024	5,878	537	170
-0,520	6,462	237	75	-0,222	6,402	340	107	-0,021	5,986	539	170
-0,529	6,572	235	74	-0,224	6,498	344	109	-0,024	6,088	539	170
-0,538	6,683	237	75	-0,229	6,601	347	109	-0,024	6,188	544	172
-0,547	6,784	239	76	-0,226	6,704	345	109	-0,024	6,293	544	172
-0,556	6,896	242	76	-0,224	6,807	345	109	-0,024	6,400	541	171
-0,565	7,006	241	76	-0,224	6,914	345	109	-0,024	6,505	544	172
-0,575	7,110	241	76	-0,224	7,003	344	109	-0,024	6,615	546	172
-0,584	7,219	240	76	-0,224	7,110	345	109	-0,024	6,717	537	170
-0,593	7,316	240	76	-0,219	7,203	343	108	-0,024	6,832	537	170

Lo sperimentatore

Il direttore del laboratorio geotecnico

SEDE AMM. / OPERATIVA:
 Statale Valsesia, 20
 13035 Lenta (Vc)

SEDE LEGALE:
 Via C. Pizzorno, 12
 28078 Romagnano Sesia (No)

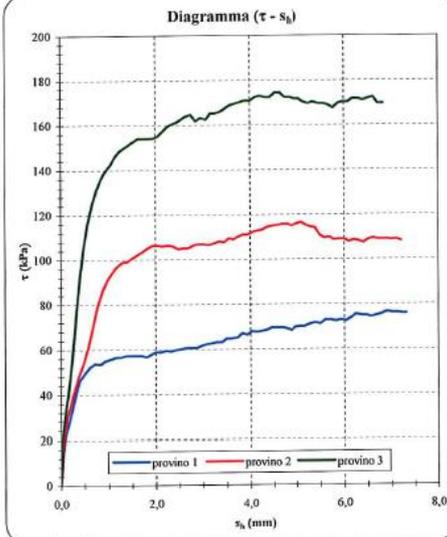
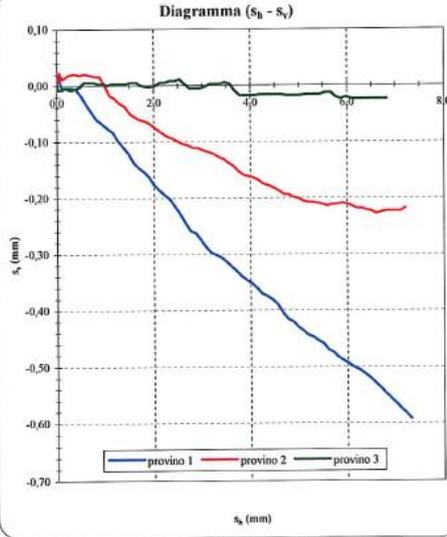
UNITÀ LOCALI:
 13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54
 00161 Roma - Via De Rossi, 4



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



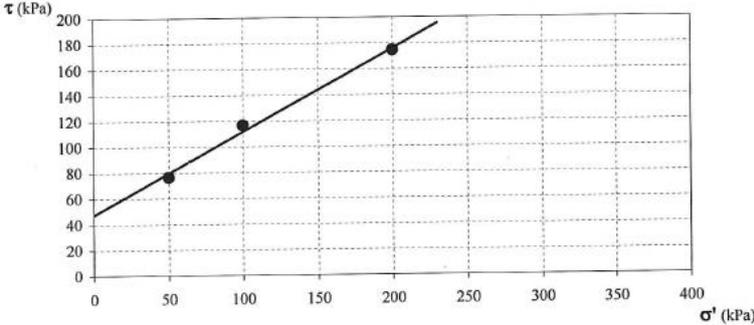
Certificato di prova n.	00072/GT	del	10/01/14	pagina	4 di 5
Verbale di accettazione n.	3869/GT	del	09/12/13	Committente:	Consorzio COCIV
PROVA DI TAGLIO DIRETTO					
Normativa di riferimento:	Raccomandazioni A.G.I. - ASTM D3080				
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale				
Data inizio prova:	07/01/2014	Data consegna campione al laboratorio:	09/12/2013		
IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE					
Contrassegno:	materiale per rilevato	Provenienza/Loc. prel.:	materiale di scavo galleria		
Campione:	1	Prof./q.ta prelievo (m):	-		
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	09/12/2013		
Descrizione macroscopica:	smarino galleria costituito da litotipo argillitico frantumato				
RISULTATI DI PROVA					
Provini ricavati su pass. 5 mm, mediante costipamento manuale					
Scatola di taglio di Casagrande a base circolare di diametro		63,50 mm	altezza	30,00 mm	
Sezione provini: 31,669 cm ²		Velocità di deformazione:		0,005 mm/min	
provino	dati a rottura				
	σ'_v [kPa]	τ_{max} [kPa]	s_h [mm]	e_h [%]	s_v [mm]
1	50	76	6,896	10,86	-0,556
2	100	117	5,093	8,02	-0,206
3	200	174	4,528	7,13	-0,016
<p>Legenda</p> <p>σ'_v = tensione verticale efficace τ_{max} = sforzo di taglio s_h = spostamento orizzontale e_h = deformazione orizzontale s_v = spostamento verticale</p>					
<p>Diagramma ($\tau - s_h$)</p> 			<p>Diagramma ($s_h - s_v$)</p> 		
Lo sperimentatore			Il direttore del laboratorio geotecnico		



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Certificato di prova n.	00072/GT	del	10/01/14	pagina 5 di 5
Verbale di accettazione n.	3869/GT	del	09/12/13	committente: Consorzio COCIV
PROVA DI TAGLIO DIRETTO				
Normativa di riferimento:	Raccomandazioni A.G.I. - ASTM D3080			
Cantiere:	Vollaggio (AL) - Rilevato sperimentale			
Data inizio prova:	07/01/2014	Data consegna campione al laboratorio:	09/12/2013	
IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				
Contrassegno:	materiale per rilevato	Provenienza/Loc. prel.:	materiale di scavo galleria	
Campione:	1	Prof./q.ta prelievo (m):	-	
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	03/12/2013	
Descrizione macroscopica:	smarino galleria costituito da litotipo argillitico frantumato			
<p>Involuppo di rottura σ' - τ (tensioni efficaci)</p> 				
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO		$\phi' = 33^\circ$		
COESIONE EFFICACE		$c' = 48 \text{ kPa}$		
Lo sperimentatore		Il direttore del laboratorio geotecnico		
				



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

Rapp. prova R13PC_040 pag. 1 di 4

Data emissione 09/01/2014
MI 29 ISO

COMMITTENTE COCIV

Oggetto: Linea AV/Milano-Genova Terzo Valico dei Giovi

CANTIERE: Voltaggio (GE)

Smarino Galleria Valemme

Data ricevimento campione: 06/12/2013

SONDAGGIO: --

CAMPIONE: C1

PROFONDITÀ: ---

Data esecuzione prove:

17-20/12/2013



PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)
provino 1	4900,00	50,00	465123,00
provino 2	4900,00	50,00	465123,00
provino 3	4900,00	50,00	465123,00

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 98 kPa

nota: g li sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0,0	0,00	42,290	-1,650	9201,2	72,30
2,840	-0,015	567,0	3,21	49,760	0,924	5719,2	45,44
4,470	-0,027	1787,4	8,45				
8,510	-0,127	4013,8	18,52				
14,210	-0,419	5733,0	29,99				
22,440	-0,826	7039,9	43,19				
31,010	-1,135	7548,2	53,68				
33,570	-1,443	8798,9	61,50				

provino 2

carico verticale applicato: 196 kPa

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0,0	0,00	42,226	-2,964	29887,4	128,30
0,213	-0,323	2209,4	7,56	47,560	-3,000	27005,4	115,57
0,919	-0,460	3087,5	10,49				
3,059	-0,852	6437,1	24,80				
6,304	-0,906	11458,1	36,50				
9,336	-1,489	15237,0	56,40				
14,665	-2,113	20585,6	74,25				
20,184	-2,463	23902,1	88,23				
27,315	-2,670	26577,8	105,60				
33,695	-1,850	28343,0	119,71				

Commessa:

Verbale di accettazione:
A_0223_02_2013

Il Tecnico:

Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:

Ing. Davide Galli



CGG Testing s.r.l.

Rapp. prova RI3PC_040 pag. 2 di 4

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Data emissione 09/01/2014

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

M 29 ISO

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

provino 3

carico verticale applicato: 294 kPa

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0,0	0,00				
0,248	-1,301	3087,5	10,72				
1,132	-1,580	3240,1	28,60				
4,854	-2,042	8918,8	51,16				
9,464	-2,896	14621,0	77,40				
14,233	-4,164	21816,1	95,50				
19,113	-5,261	27384,4	102,00				
24,214	-6,458	31735,0	114,05				
29,689	-6,893	33768,3	122,34				
34,256	-6,968	35835,9	130,73				
39,417	-6,984	37944,2	139,50				
44,587	-7,017	40425,1	150,10				

 Commessa:

 Verbale di accettazione:
 A_0223_02_2013

 Il responsabile:
 Dott. Massimo Maugeri

 il Direttore del Laboratorio:
 Ing. Davide Galli

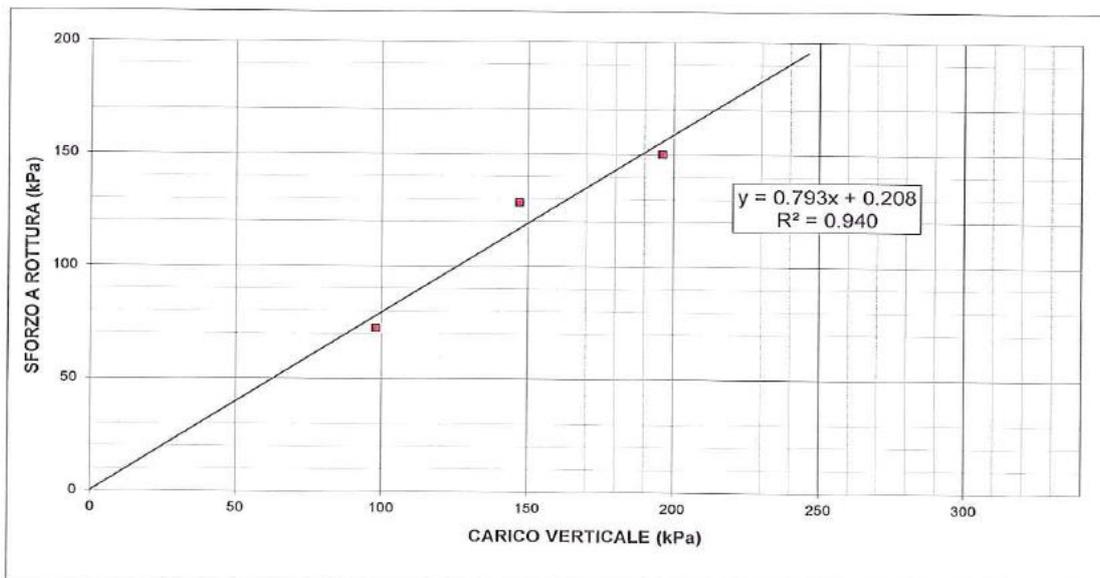
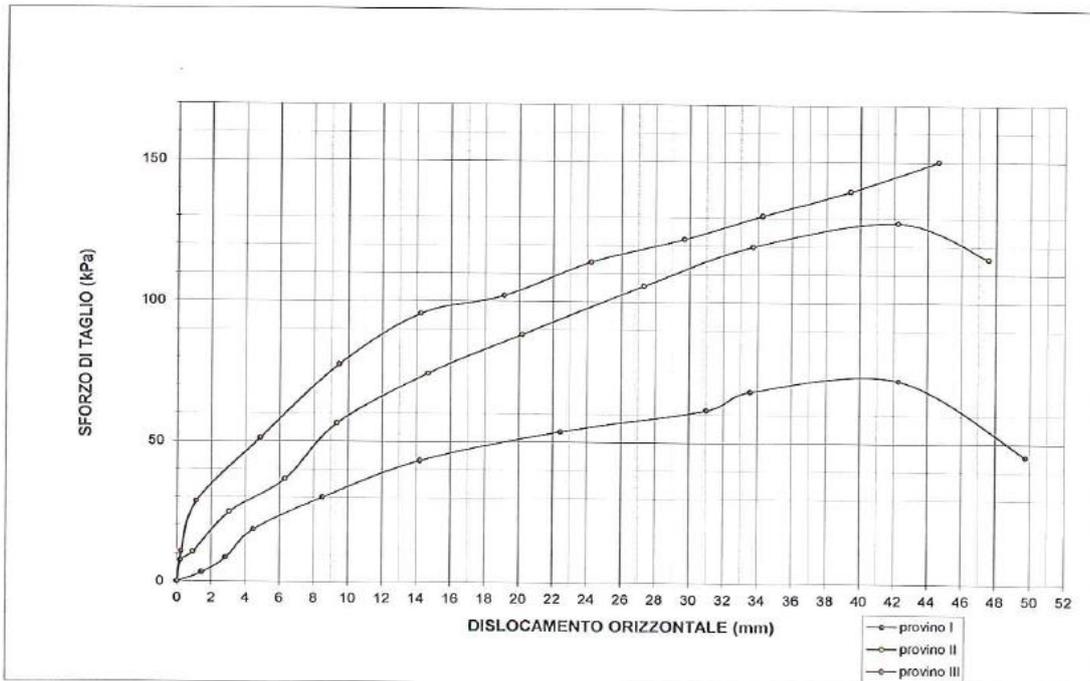


CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio material: via G. Cerchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza
 Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
 Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - Bologna
 Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

Rapp. prova R13PC_040 pag. 3 di 4

 Data emissione 09/01/2014
 M 29 ISO

TAGLIO DIRETTO- sintesi del gruppo di prove


Commissa:

Verbale di accettazione:

A_0223_02_2013

Il responsabile:

Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio:

Ing. Davide Galli



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cerchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

Rapp. prova R13PC_040 pag. 4 di 4

Data emissione 09/01/2014
M 29 ISO**TAGLIO DIRETTO- Risultati Finali**

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	98	147	196
sforzo di taglio (kPa)	72,30	128,30	150,10

c' (kPa) = 0,2
 ϕ' (radianti) = 0,671
 ϕ' (° sessadecimali) = 38,43

Commissa:
----Verbale di accettazione:
A_0223_02_2013Il responsabile:
Dott. Massimo Maugeriil Direttore del Laboratorio:
Ing. Davide Galli



Scatola con materiale



Sistema di tiro



Vista generale