COMUNE DI GENOVA

CONVENZIONE TRA COMUNE DI GENOVA E SOCIETA' INFRASTRUTTURE RECUPERO ENERGIA LIGURE I.R.E. S.P.A. PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DELLA "SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO RUSCAROLO NEL TRATTO COMPRESO TRA IL CAMPO SPORTIVO DI BORZOLI E L'ATTRAVERSAMENTO DI VIA GIOTTO" E ATTIVITA' ACCESSORIE

Attività:

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO RUSCAROLO NEL TRATTO COMPRESO TRA IL CAMPO SPORTIVO DI BORZOLI E L'ATTRAVERSAMENTO DI VIA GIOTTO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE - *INTEGRAZIONE*

Doc. n: I0055\ESE\DEF\GEO\R002

Timbro e firma

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
1	24/05/2016	-	-	LM	MI	SB	Per Emissione

Infrastrutture Recupero Energia Agenzia Regionale Ligure I.R.E. S.p.A.
Sede Legale Via Peschiera 16, 16122 Genova
info@ireliguria.it irespa@legalmail.it www.ireliguria.it
Capitale Sociale € 372.972,00 Codice fiscale e Partita IVA 02264880994
Registro Imprese Genova R.E.A. n. 473022
Soggetta alla direzione ed al coordinamento di FI.L.S.E. S.p.A.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE SANITA' RECUPERO RIQUALIFICAZIONE
Via XX Settembre 41, 16121 Genova
tel. +39 0105488834 fax +39 0105700490
infrastrutture@ireliguria.it

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Member of CISQ Federation RINA ISO 9001:2008 Sistema Qualità Certificato

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

ire SPA agenzia regionale ligure

COMMITTENTE

INTEGRAZIONE AL

RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO RUSCAROLO NEL TRATTO COMPRESO TRA IL CAMPO SPORTIVO DI BORZOLI E L'ATTRAVERSAMENTO DI VIA GIOTTO IN COMUNE DI GENOVA

- INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE APRILE 2016 -

COMUNE DI GENOVA

PROVINCIA DI GENOVA

Genova, 11_05_2016

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 16-03-99

Dott. Geol. Luca Maldotti
(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Member of CISQ Federation RINA ISO 9001:2008 Sistema Qualità Certificato

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

INDICE

1. PREMESSA 03

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 04

2.1 PERFORAZIONE

2.2 STRATIGRAFIA

2.3 STANDARD PENETRATION TEST

2.4 PRELIEVO CAMPIONI DI TERRE E ROCCE

3. INDAGINI SISMICHE 09

ALLEGATI AL TESTO

1. COROGRAFIA

2. PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI

3. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

4. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S8

5. INDAGINI SISMICHE

6. CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Member of CISQ Federation RINA ISO 9001:2008 Sistema Qualità Certificato

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

1. PREMESSA

Ad integrazione del ns. documento "Rapporto Indagini Geognostiche" Rif. M3D012_16 LM del 15_01_2016 relativo alla campagna di indagini geognostiche nell'ambito del progetto di sistemazione idraulica del Rio Ruscarolo nel tratto compreso tra Passo Ruscarolo ed il Civ.39 di Via Borzoli, la scrivente Impresa M3D Costruzioni Speciali S.r.l. è stata incaricata da IRE S.p.A., ad eseguire una ulteriore campagna di indagini geognostiche finalizzata ad investigare le caratteristiche geotecniche dei terreni ricadenti nel tratto di tombinatura del Rio Ruscarolo tra Piazzale Minoletti e l'attraversamento di Via Giotto.
L'incarico, per quanto di nostra competenza, ha previsto la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

1. esecuzione di N°02 sondaggi geognostici, a rotazione e carotaggio continuo, identificati con le sigle S7 e S8, ad andamento verticale sospinti rispettivamente a 10 e 12 ml. da p.c.;
2. Prelievo di campioni indisturbati di terre mediante campionatore a pareti sottili tipo Shelby da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio;
3. Prelievo di campioni rimaneggiati di terre e di roccia da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio;
4. esecuzione di n.1 stendimento geofisico tipo abbinato rifrazione-MASW;

Le lavorazioni hanno avuto inizio il giorno 18 Aprile 2016 e sono state concluse il giorno 19 Aprile 2016.

Si rimanda ai paragrafi successivi per la verifica delle singole voci.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Member of CISQ Federation RINA ISO 9001:2008 Sistema Qualità Certificato

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

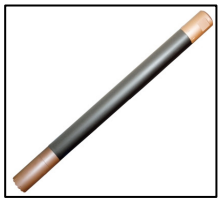
La perforazione per ogni verticale, è stata condotta eseguendo un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con una perforatrice idraulica Beretta T45 montata su cingoli gommati, avente le seguenti caratteristiche:

- Vel. di rotazione: 400 rpm
- Coppia massima: 620 Kgm
- Corsa continua: 350 cm
- Pompa per fluidi di perforazione pressione 50 Bar portata 200 lt.

Durante l'avanzamento nei terreni sciolti sono stati utilizzati carotieri semplici con valvola a sfera in testa e calice per perforazione a secco, muniti di corone ad inserti di widia, con le seguenti caratteristiche:
Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
Lunghezza utile L = 150 cm.



Per il campionamento del substrato roccioso è stato utilizzato un carotiere doppio (T2/T6/T6S), con una debole circolazione di acqua, utilizzando corone diamantate, con le seguenti caratteristiche:
Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
Lunghezza utile L = 150 cm.



In assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro ad ogni manovra di carotaggio è seguita una manovra di rivestimento utilizzando tubi di diametro 127 / 140 mm, dotati



P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

di una scarpa ad inserti di widia. Le operazioni di rivestimento, viste le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, hanno richiesto un debole circolazione di acqua.



Le carote provenienti dalle perforazioni sono state ordinate in successione continua, entro apposite cassette catalogatrici in PVC di centimetri 100 x 50 e d'altezza adeguata. Le cassette sono state in seguito fotografate da un'angolazione di circa 90°, previa l'installazione di un riferimento indicante la località del cantiere, il numero del sondaggio e le quote di riferimento delle carote. Le fotografie sono state eseguite con una fotocamera digitale.

2.2 STRATIGRAFIE

Per ogni sondaggio geognostico è stata redatta la relativa stratigrafia allegata alla presente relazione, riportante tutte le informazioni riguardanti le operazioni di perforazione e le caratteristiche delle carote e dei terreni, come di seguito indicato:

a) informazioni generali del sondaggio:
- metodo di perforazione;
- diametro del foro;
- utensili utilizzati;
- lunghezza del tratto rivestito;
- metri realizzati con i diversi carotieri e le diverse corone.

b) informazioni relative ai terreni:
- tipo di terreno;
- colore;

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

- massime dimensioni dei clasti e forma predominante per i terreni ghiaiosi;
- uniformità dei terreni granulari;
- struttura del terreno;
- presenza di materiale organico.

Nella stesura della descrizione è stato elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25% ed il 50 %;
- eguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Per le carote è stato inoltre determinato in sito il recupero percentuale.

Nella descrizione dei terreni sciolti è stato fatto riferimento alla seguente tabella:

Definizione		*Diametro dei grani [mm]*	*Criteri d'identificazione*
blocchi		>200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60-200	Visibili ad occhio nudo
Ghiaia	grossolana	20-60	Visibile ad occhio nudo
	media	6-20	
	fine	2-6	
Sabbia	grossolana	0.6-2	Visibile ad occhio nudo
	media	0.2-0.6	
	fine	0.06-0.2	
Limo		0.002-0.06	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita
Argilla		<0.002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto, appiccica alle dita, si disgrega in acqua lentamente, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione, i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita
terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano i resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

2.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

Durante l'esecuzione della perforazione è stata richiesta l'esecuzione di alcune prove Standard Penetration Test; tale prova consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione della prova S.P.T. è stata quella di dimensioni standard (Raccomandazioni A.G.I. per la programmazione e l'esecuzione delle indagini geotecniche, 1977).



Il dispositivo di percussione comprende: testa di battitura avvitata sulle aste, un maglio del peso di 63.5 kg (± 0.5 kg), ed un sistema di guida sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 75 cm. La prova d'infissione, avvenuta in fondo al foro precedentemente pulito, consiste nel far penetrare il campionatore in questo caso a punta aperta per tratti successivi di 15 cm., registrando ogni volta il numero di colpi necessari (N_1, N_2, N_3). Con il primo tratto, detto di "avviamento", s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione; se con N_1 = 50 colpi l'avviamento è minore di 15 cm., l'infissione deve essere sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

Se il tratto di avviamento è stato superato, si conteggiano N_2 e N_3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ($N_2 + N_3$), raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto. Il parametro caratteristico della prova $N_{S.P.T.}$ è: $N_{S.P.T.} = N_2 + N_3$
Di seguito si riportano i singoli valori rilevati:

	da mt.	a mt.	N° Colpi	Punta
SONDAGGIO S7	1.50	1.95	5 – 7 – 8	Chiusa
	3.00	3.45	6 – 2 – 2	Chiusa

	da mt.	a mt.	N° Colpi	Punta
SONDAGGIO S8	1.50	1.95	6 – 40 – 48	Chiusa
	3.00	3.45	50 – R(13 cm)	Chiusa

2.4 PRELIEVO CAMPIONI DI TERRE E DI ROCCE

Durante le operazioni di carotaggio, secondo quanto richiesto dal capitolato d'appalto, sono stati prelevati campioni di terre e di roccia:

- indisturbati per mezzo del campionatore a pareti sottili del tipo Shelby;
- rimaneggiati;

che sono stati recapitati presso il laboratorio geotecnico G.E.T. Srl di Genova per essere sottoposti a prove geotecniche per la determinazione delle caratteristiche meccaniche.

Si rimanda all'Allegato per la verifica dei dati ottenuti.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

3. INDAGINI SISMICHE

Nell'ambito della campagna geognostica sono stati eseguiti n° 1 stendimenti sismici tomografici e n° 1 stendimenti MASW presso due siti di interesse ubicati nel Comune di Genova in località "Borzoli".

Presso ogni sito sono stati accoppiati uno stendimento sismico tomografico a rifrazione in onde p e uno stendimento MASW.

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite in data 26.04.2016.

Nel seguito una rapida descrizione delle metodologie di indagine utilizzate e dei risultati ottenuti.

3.1. PROSPEZIONI SISMICHE MEDIANTE STENDIMENTI TOMOGRAFICI

3.1.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.
Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori (geofoni) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel volume solido sottostante a seguito della generazione di un'onda elastica ad un istante noto; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (± mV) sull'asse verticale.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (nel presente metodo le riflessioni, sebbene spesso ben riconoscibili, non vengono considerate).

Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto percorso sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza temporale della registrazione, ecc.) è necessariamente definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e delle finalità dell'indagine.

Le velocità sismiche sono proporzionali al grado di addensamento dei materiali entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

3.1.2. CENNI SULLA TECNICA DI MODELLIZZAZIONE TOMOGRAFICA

Il metodo sismico tomografico costituisce una tecnica geofisica particolarmente utile per la ricostruzione della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nei terreni e negli ammassi rocciosi. L'elevato potere risolutivo del metodo ne consente l'applicazione in svariati campi, quali:

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

- ricostruzione di strutture geologiche complesse in cui sia necessario individuare geometrie ed assetti con elevata precisione
- individuazione di anomalie di velocità (cavità, fratture, porzioni ammalorate all'interno di ammassi rocciosi)
- indagini archeologiche
- valutazione delle condizioni strutturali di manufatti

L'apporto significativo di informazioni ottenibili attraverso la metodologia di prospezione sismica tomografica non trova riscontro nelle tecniche di elaborazione tradizionali dell'indagine sismica, il cui utilizzo resta comunque di importanza cruciale per una corretta definizione dei parametri di input, e costituisce un elemento integrativo di grande importanza per la ricostruzione di dettaglio di strutture complesse.

Il metodo consiste in una particolare e complessa modalità di acquisizione, trattamento e rappresentazione grafica di dati di carattere sismico, il cui risultato finale fornisce una mappatura dettagliata della variazione dei valori di velocità sismica in una sezione piana contenente sia le sorgenti energizzanti che i sensori (geofoni).

Poiché le caratteristiche meccaniche di un materiale influenzano in modo determinante la velocità con cui un'onda elastica si propaga al suo interno, ne consegue che tanto più è dettagliata e precisa la conoscenza della distribuzione dei valori di velocità, tanto più definita è la caratterizzazione fisico -meccanica del materiale indagato.

Le velocità di propagazione delle onde elastiche vengono valutate attraverso la misura dei tempi di percorrenza necessari alle onde stesse per propagarsi dalle sorgenti (posizionate in superficie e/o in foro) ai sensori (geofoni da foro e/o da superficie).

Il piano verticale che interseca la superficie topografica lungo lo stendimento sismico viene suddiviso dal software di elaborazione, fino alla massima profondità

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

di investigazione e limitatamente al campo coperto dai "ray – paths" (si rimanda, nello specifico, alle tavole allegate relative alla distribuzione di raggi sismici), in celle elementari le cui dimensioni sono condizionate dalla spaziatura tra i sensori e dalla quantità di sorgenti di energizzazione disponibili.

Il processo prevede normalmente l'assunzione di un "modello sintetico" di partenza (pseudosezione) che viene confrontato in termini di velocità delle singole celle con i dati acquisiti.

Rayfract, ovvero il software di tomografia sismica utilizzato nello specifico, impiega le soluzioni "Eikonali" per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche.

Il modello sintetico iniziale o "modello di primo tentativo" ("*1D gradient initial model*": gradiente monodimensionale di velocità) è generato su richiesta dal software partendo dalle dromocrone: queste, nota la geometria di acquisizione, vengono ricostruite punto per punto manualmente (evitando le funzioni di "*picking* automatico") individuando il primo arrivo del fronte d'onda di pressione ad ogni geofono generato attraverso ogni energizzazione. Il modello di primo tentativo viene utilizzato come modello sintetico di partenza sul quale si procede con le inversioni tomografiche attraverso l'algoritmo di calcolo "*Wavepath Eikonal Traveltime tomography*", (Schuster 1993; Watanabe 1999).

Le inversioni numeriche, attraverso vincoli impostati dall'utente, procedono fino a raggiungere la miglior convergenza possibile tra i primi arrivi di campagna e quelli sintetici.

Il grado di convergenza (sovrapponibilità tra il modello sintetico raffinato ed il dato misurato) è quantitativamente apprezzabile attraverso il valore "*RMS Error %*" associato ad ogni modello tomografico, consultabile negli allegati sotto forma di stringa di testo individuabile a fondo pagina insieme al numero di iterazioni di calcolo eseguite ("*# WET iterations*") ed alla tipologia di modello di partenza utilizzato ("*1D-Gradient smooth initial model*"): sul piano teorico, minore è il valore "*RMS Error %*" maggiore è la "bontà" del modello finale fornito e di conseguenza il grado di affidabilità dello stesso.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

La tecnica tomografica "*Wavepath Eikonal Traveltime tomography*" modella i percorsi multipli della propagazione del segnale che contribuiscono ad un primo arrivo. Il procedimento "*Eikonal*", utilizzato per il calcolo dei tempi di percorso, è in grado di modellare sia la diffrazione che la rifrazione e la trasmissione diretta delle onde sismiche. Di conseguenza la capacità di *Rayfract* di fornire l'immagine di un'anomalia di velocità è normalmente superiore rispetto a quella degli altri codici di calcolo tomografici presenti sul mercato, che trattano il percorso di un raggio sismico in modalità convenzionale.

3.1.3. MODALITÀ OPERATIVE PER LA REGISTRAZIONE DEGLI STENDIMENTI

Gli stendimenti sismici SS1 a 24 geofoni, sono stati registrati nel dominio delle onde di pressione utilizzando geofoni verticali SunFul con frequenza centrale di 40 Hz disposti su appositi supporti per evitare di forare l'asfalto.
Lo sviluppo degli stendimenti è riportato nelle Tavole allegate al presente report tecnico.

Per la generazione delle onde di pressione (onde "p") è stata utilizza una massa battente (mazza con testa da 8.0 kg) accelerata a mano. Lo strumento di contrasto è costituito da una piastra circolare in ghisa poggiata al suolo.

Il segnale di trigger ("tempo zero", ovvero l'istante di partenza dell'impulso elastico) viene comunicato al sismografo - mediante appositi cablaggi elettrici - attraverso il cortocircuito generato dal contatto della testa della mazza con la iastra di contrasto.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it



Esempio di procedura di energizzazione

Al fine di ottenere una ricostruzione molto dettagliata delle caratteristiche stratigrafiche e fisico - meccaniche del sottosuolo, lungo gli stendimenti sono stati distribuiti nove *shot points* (punti di energizzazione) con posizioni simmetriche rispetto al centro degli *array* sismici: due in *offset* (ovvero esterni all'*array*, uno per estremo) e sette interni.

Presso ogni stazione di energizzazione sono state effettuate operazioni di *stacking* (sommatoria incrementale del segnale proveniente da più energizzazioni) al fine di ottimizzare il rapporto tra il segnale utile ed il disturbo.

Le caratteristiche specifiche degli stendimenti sono riportate nella tabella seguente.

Stendimento sismico	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
SS1	46.0	2.0	50.0	9	2.0	24

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

La registrazione dei dati è stata effettuata mediante un'unità Seismic Source "DaqLink III" di ultima generazione, dotata di convertitore A/D a 24 bit e corredata di pc portatile, cavo multipolare a 24 take-out e geofoni verticali SunFul 40 Hz.



Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

La copertura dei semipiani investigati attraverso la propagazione dei raggi sismici presso gli stendimenti tomografici è visibile in allegato ("*Ray coverage*", Tavv. 3, 5). Negli stessi allegati sono stati riportati i diagrammi dromocronici.
Il rapporto segnale-disturbo ambientale è risultato buono.

I valori "RMS ERROR" ("scarto quadratico medio"), pari rispettivamente a 1.0% indicano una ottima convergenza tra i modelli sintetici ideali ed i dati reali acquisiti in loco. I modelli tomografici finali, pertanto, sono caratterizzati da un grado di affidabilità potenziale molto elevato quanto meno dal punto di vista numerico.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Member of CISQ Federation RINA ISO 9001:2008 Sistema Qualità Certificato

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

3.1.4. RISULTATI OTTENUTI



SITO 1, stendimento sismico tomografico SS1, estremo iniziale



SITO 1, stendimento sismico tomografico SS1, estremo finale

Lo stendimento sismico è rappresentato graficamente osservando il versante da valle verso monte.

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

I risultati dell'elaborazione tomografica sono visibili nel dettaglio nella sezione allegata alla Tav. 3, alla quale si rimanda per una disanima dettagliata.

Si evidenzia quanto segue: l'interfaccia Vp = 1500 m/s indica con buona probabilità l'interfaccia superiore dei terreni saturi.

L'interfaccia superiore del substrato roccioso in posto in condizioni francamente litoidi, ovvero con caratteristiche geomeccaniche buone (linea rossa continua: Vp = 2100 m/s), è presente ad una profondità media dal piano campagna di circa 6.0 m.

Tale interfaccia, riferendoci alla stratigrafia del sondaggio S8, corrisponde al tetto del "substrato roccioso di natura basaltica" individuato alla profondità di 8.0 m.

La differenza di profondità relativa alle interfacce descritte risultante al raffronto tra la perforazione geognostica (più a valle) e lo stendimento sismico (più a monte), pari a circa 2.0 m, consente di apprezzare quantitativamente l'inclinazione locale del top del substrato roccioso verso il fondo valle (indicativamente rappresentato, oggi, dalla posizione della tombinatura attuale del rio Ruscarolo). La maggior potenza delle coperture in corrispondenza del fondo valle dovrà essere tenuta in considerazione nel calcolo della "Vs30" (si legga nel seguito)

3.2. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: CALCOLO PARAMETRO Vs30 MEDIANTE APPLICAZIONE DI METODOLOGIA SISMICA MASW

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.08 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "**sito dipendente**" e non più tramite un criterio "zona dipendente" (cfr.: "NTC: teoria ed applicazioni pratiche" del Prof. E. Aiello, Università degli Studi di Siena, CGT Centro di Geotecnologie, Giugno 2009).

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite "ultimi" e "di esercizio" presi in considerazione (SLO: Stato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di salvaguardia della

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

Vita; SLC: Stato Limite di prevenzione del Collasso) viene definita partendo dalla **PERICOLOSITA' DI BASE** del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Deve essere pertanto definita la CATEGORIA DI SOTTOSUOLO secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2008, che qui si riporta:

Categoria di sottosuolo	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs_{30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3.0 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30}>50 nei terreni a grana grossa e cu_{30}>250 kPa nei terreni a grana fine).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15<N_{SPT30}<50 nei terreni a grana grossa e 70<cu_{30}<250 kPa nei terreni a grana fine).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} inferiori a 180 m/s (ovvero N_{SPT30}<15 nei terreni a grana grossa e cu_{30}<70 kPa nei terreni a grana fine).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti su substrato di riferimento (con Vs>800 m/s).

Sono state inoltre definite altre due categorie aggiuntive con la Tab. 3.2.III delle NTC 2008, che si riportano per dovere di completezza ma che non possono essere riferite al caso specifico:

Categoria di sottosuolo	Descrizione
S1	*Depositi di terreni* caratterizzati da valori di Vs_{30} < 100 m/s, (ovvero 10<cu_{30}<20 kPa), che includono uno strato di almeno 8.0 m di terreni a grana fine di bassa consistenza oppure che includono almeno 3.0 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	*Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o di qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.*

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

La CATEGORIA DI SOTTOSUOLO è stata definita, nel rispetto dei contenuti della Normativa vigente, attraverso l'acquisizione di uno stendimento sismico MASW.

3.2.1. CENNI TEORICI SULLE INDAGINI SISMICHE METODOLOGIA MASW

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda e che a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente. In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò significa che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associati proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.
Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo, è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione. Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.
La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni: essa, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo, e posto di riuscire a misurarla

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

sperimentalmente può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo di inversione avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza del mezzo (terreni).

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo, è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo MASW è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura A.1 e A2, può essere suddiviso in tre fasi:

1) Acquisizione attiva (Figura A.1);

2) Processing (Figura A.2);

3) Inversione (Figura A.3).

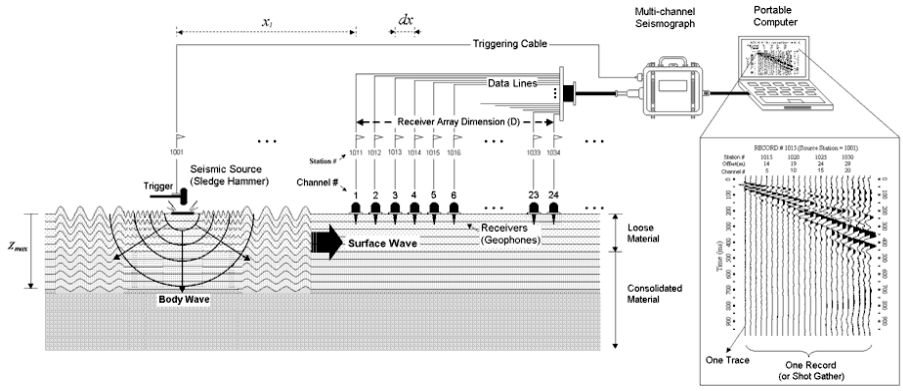


Figura A.1- Schema di acquisizione dati MASW

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh VR, determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

VR (f) = 2□f/k

Riportando le coppie di valori (VR,f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura A.2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo (visco)-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura A.3).

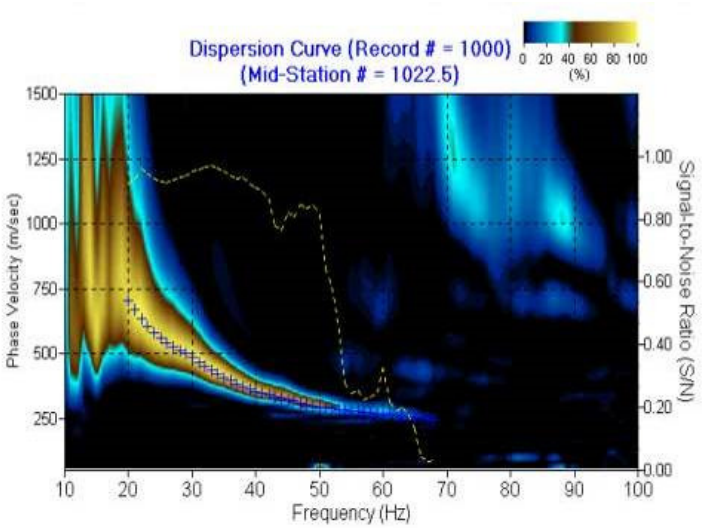


Figura A.2 Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

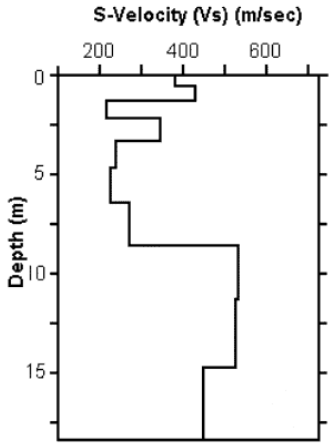


Figura A.3 Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

3.2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici da superficie con tecnica MASW è stata realizzata con il sismografo Daq LinkII a 24 bit di ultima generazione prodotto da Seismic Source ltd., associato a 24 geofoni Sunful a bassa frequenza (4.5 Hz). L'adozione di sensori a bassa frequenza congiuntamente ad un acquisitore ad elevata dinamica consente una fedele ricostruzione del segnale ed un dettagliato campionamento dell'impulso sismico.
L'energizzazione è stata ottenuta con mazza battente con testa da 8 kg e piastra di contrasto con sistema di trigger a cortocircuito.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

L'array sismico è perfettamente sovrapponibile a quello utilizzato per l'acquisizione dei dati a rifrazione.

Nella foto seguente si inquadra lo shot point più distante dall'array sismico (10 m)



La procedura di energizzazione è identica a quella adottata per la tecnica di acquisizione a rifrazione.

I punti di energizzazione ("shot points") sono stati disposti all'estremità iniziale dello stendimento a distanza di 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 m dal primo geofono. Presso ogni punto di energizzazione sono stati generati numerosi impulsi sismici (cinque) al fine di poter effettuare lo stacking (sommatoria incrementale degli impulsi). Il geophone spacing utilizzato è di 2.0 m.

3.2.3. CLASSIFICAZIONE SISMICA E RISULTATI DELLE INDAGINI MASW

La normativa sismica vigente (D.M. 14/01/08) individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

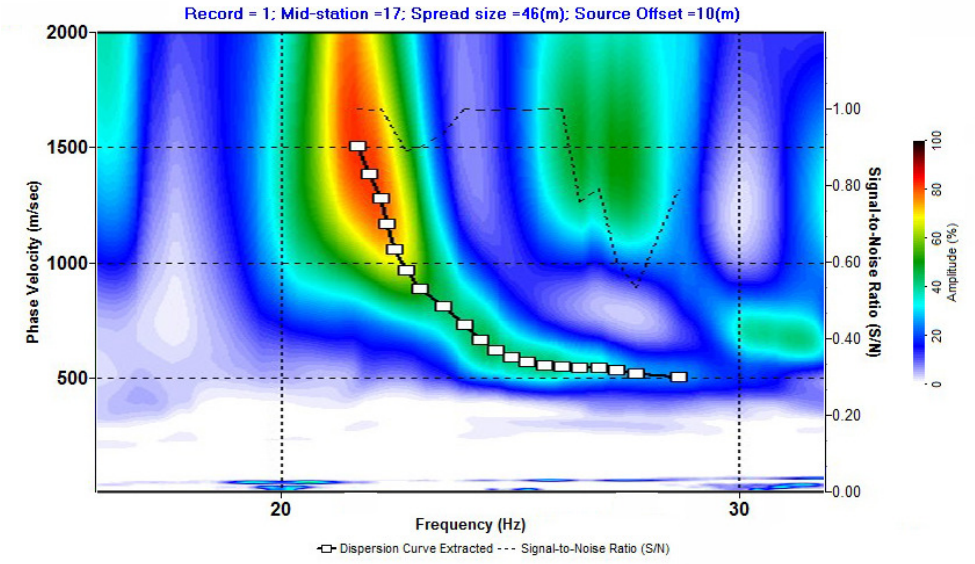
E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano di fondazione (**Vs_{30}**) e viene calcolato con la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato *i*-esimo, per un totale di *N* strati presenti nei 30 m superiori. Al Capitolo 3 della presente relazione tecnica è stata riportata la tabella che definisce le tipologie di suolo in funzione dei valori di Vs_{30}.

La curva di dispersione è risultata discretamente definita e continua. Il picking lungo i punti di massima ampiezza della curva di dispersione è risultato di conseguenza agevole.



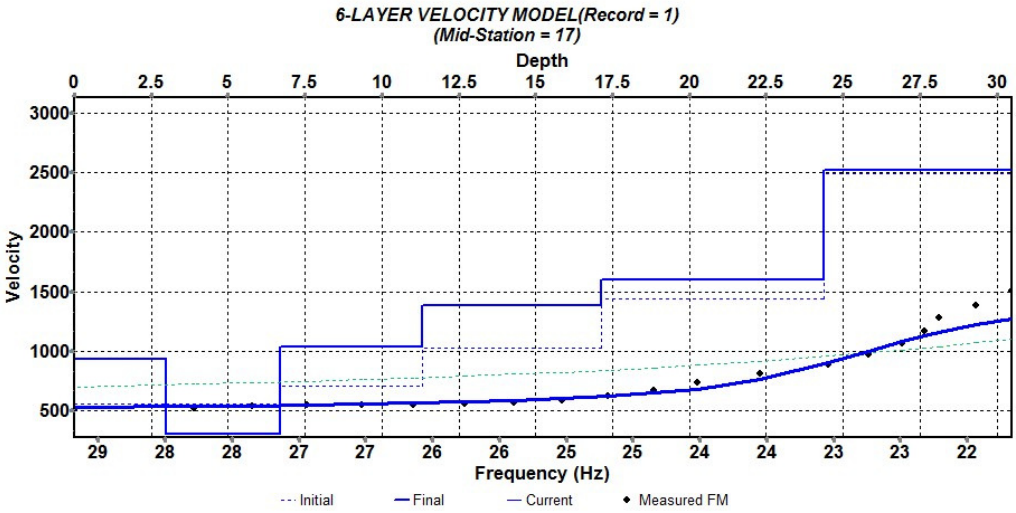
P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

Il picking scelto ha consentito di definire il profilo verticale delle onde di taglio qui illustrato a seguito delle inversioni, impostando un modello di riferimento a



sei strati. L'asse orizzontale indica le profondità dal piano campagna, l'asse verticale le velocità equivalenti delle onde di taglio.
Qui a seguire la distribuzione dei campi di velocità con la profondità.

Prof. di interfaccia (m)	Vs (m/s)
2.97	937.342
6.69	308.171
11.33	1040.280
17.14	1387.250
24.39	1598.566
30.49	2514.619

La massima profondità raggiunta dalla prospezione MASW è risultata appena superiore a 30 m.
Si evidenzia come la velocità del primo orizzonte (da 0.00 m a 2.97 m; Vs = 937 m/s) risulti sicuramente alterata (in eccesso) dalla presenza dell'asfalto e,

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

probabilmente, della fondazione del muro di contenimento adiacente (lato monte).

Essendo noto dagli elaborati progettuali che la "profondità di riferimento" (quota di fondo della nuova tombinatura del rio Ruscarolo) è pari a 3.0 m dal piano campagna, il problema risulta implicitamente risolto: la quota a partire dalla quale deve essere calcolato il parametro Vs30 corrisponde infatti alla prima profondità di interfaccia, e quindi il primo valore di Vs (937 m/s) viene stralciato dal calcolo.

Risulta perciò necessario spostare "virtualmente" l'interfaccia inferiore del layer più profondo dalla profondità di 30.49 m a quella di 33.0 m, al fine di poter definire il parametro "Vs30" nell'intervallo compreso tra -3.0 m e -33.0 m.

I risultati dell'indagine MASW sono ben raffrontabili sia a quelli dello stendimento sismico tomografico che a quelli della perforazione S8: il bedrock "francamente litoide" (Vs = 1040 m/s) è stato infatti individuato dalla MASW ad una profondità dal piano del marciapiede appena superiore a 6.0 m. Alla medesima profondità è stato individuato il bedrock sano dalla tomografia sismica.

A parere dello scrivente, però, nel calcolo del parametro "Vs30" è doveroso attribuire all'orizzonte più superficiale (Vs = 308 m/s) una potenza 2.0 m superiore rispetto a quella individuata dalla MASW: abbiamo infatti verificato in precedenza attraverso il raffronto tra gli esiti della perforazione S8 e quelli della tomografia sismica e della MASW come avvicinandosi all'asse dell'attuale tombinatura (e quindi anche all'asse della tombinatura in progetto) il bedrock risulti 2.0 m più profondo rispetto a quanto riscontrato al di sotto degli stendimenti sismici.

Applicando ai 6 layers individuati, attraverso un foglio di calcolo appositamente programmato, la formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

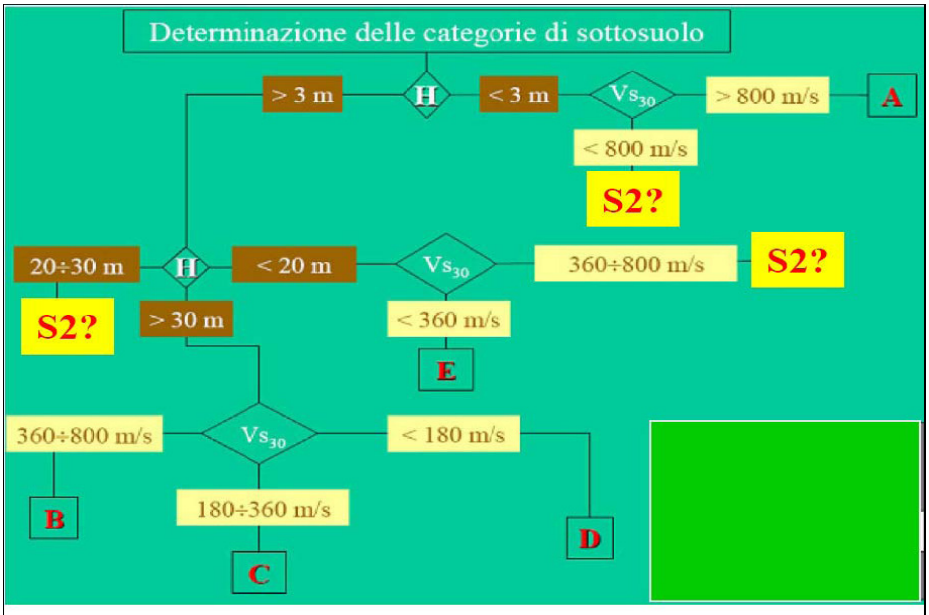
e considerando tutto quanto fin qui asserito (in particolare l'incremento della potenza delle coltri), si procede calcolando il valore del parametro Vs30 riferito alla quota di fondo tombinatura in progetto (-3.0 m dall'attuale piano campagna).

Il valore ottenuto è il seguente:

Vs30 = 948 m/s

E' stata recentemente prodotta la pubblicazione "MODELLAZIONE SISMICA E STABILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE" [quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi] prodotto dalla Commissione Interregionale NTC con il patrocinio del Consiglio Nazionale dei Geologi (Revisione scientifica: Prof. Eros Aiello). Essa fornisce delucidazioni e linee guida in materia di definizione della categoria di sottosuolo ex D.M. 14.01.08.

Si rimanda al diagramma seguente, estratto dalla pubblicazione stessa.



da Dott. Claudio Margottini – Corso OGT 2008 con modifiche

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - R.E.A.della CCIAA GE 398554 - Cap.Soc.€ 100.000,00i.v.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

Nel nostro caso, visto che Vs30 > 800 m/s, si ricadrebbe di diritto nella categoria "A" solo se l'insieme "coltri + eventuale substrato alterato (Vs < 800 m/s)" al di sotto della quota di fondo della tombinatura presentasse una potenza complessiva inferiore a 3.0 m. Nel nostro caso essa risulta invece pari a quasi il doppio (5.69 m).
Seguendo testualmente il contenuto della Normativa si rientra quindi nella classe "S2" ("qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti").

Certi di aver adempiuto correttamente ed in modo esaustivo all'incarico conferitoci, rimaniamo comunque a disposizione per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti di indagine.

Genova, 11_05_2016



Dott. Geol. Luca Maldotti
(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)

P.IVA C.F. e N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00i.v.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E-mail info@m3dsrl.com
PEC m3d@pec.it

ALLEGATI

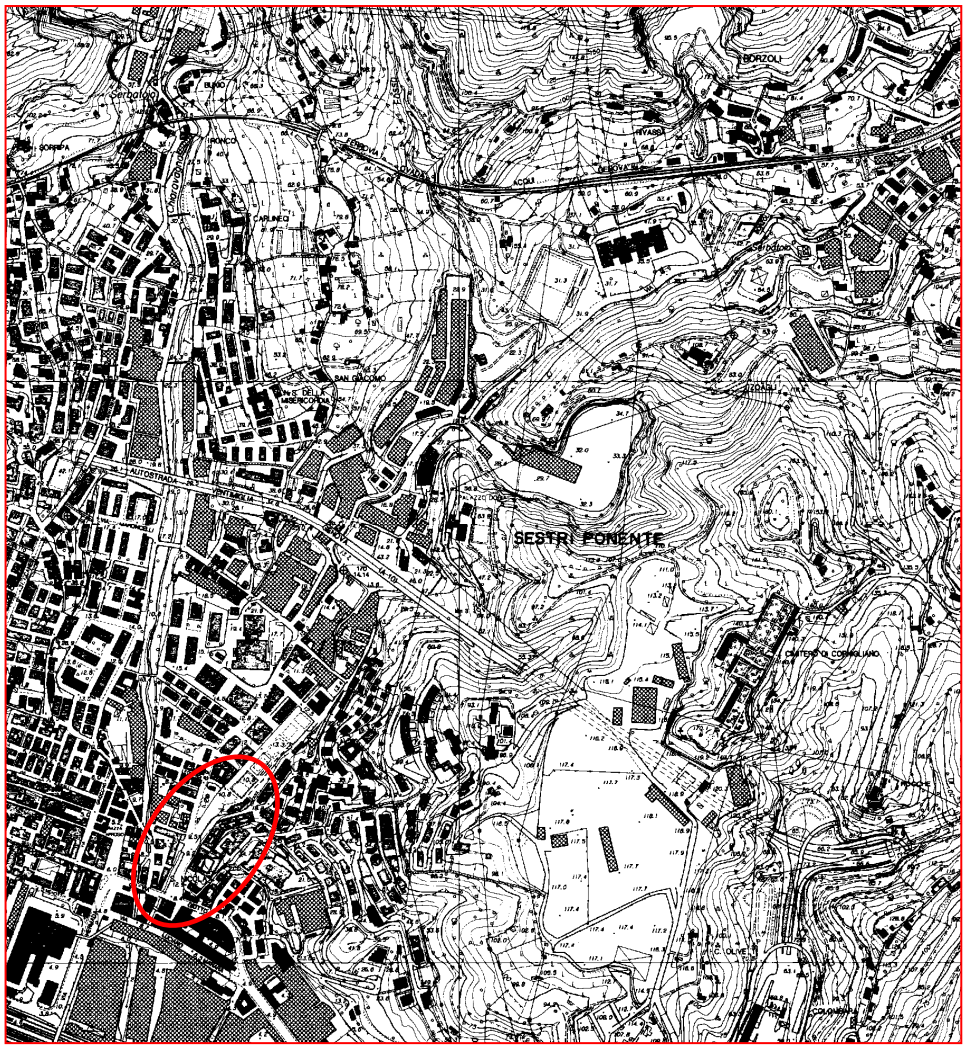
m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



N°	allegato
1	COROGRAFIA

codice	data	scala	redatto	committente
M3D012INT_16	11_05_2016	1 : 5.000	Luca Maldotti	IRE Spa

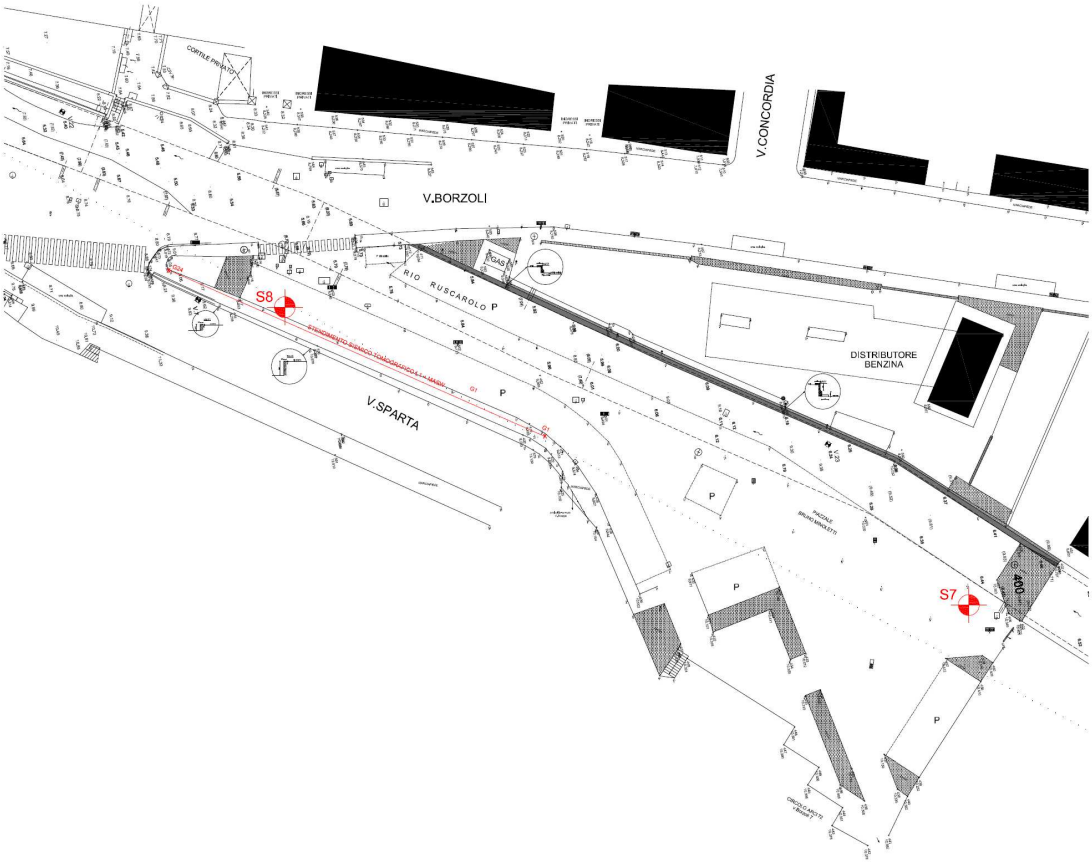
m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



2	UBICAZIONE INDAGINI
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

N°	allegato
3	DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

codice	data	scala	redatto	committente
M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



3.1	POSTAZIONI DI SONDAGGIO S7
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

3.2	STRATIGRAFIA SONDAGGIO S7
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S7

COMMITTENTE	IRE S.p.A.	LOCALITA'	Rio Ruscarolo
DATA INIZIO	19 aprile 2016	DATA FINE	19 aprile 2016
GEOLOGO:	Geol. Luca Maldotti	DIAMETRO CAROTIERE	ϕ 101 mm
PERFORAZIONE:	a rotazione a carotaggio continuo ad asse verticale	FOGLIO	1/1

PROFONDITA' FORO: 12.20 m
RILIEVO FALDA:
prof. da p.c.: 4.21 m

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0.10		Asfalto
1 – 3		Riporto e terreno rimaneggiato rappresentato da sabbia medio-grossolana con ghiaia medio-fine subarrotondata. Presenza di frammenti lapidei eterogenei, di vetro e di laterizi. Colore marrone, sciolto
3.80 – 9.00		Sabbia limoso-argillosa con ghiaia grossolana e frammenti lapidei di natura basaltica, colore marrone, scarsamente addensata.
9.00 – 12		Argilla debolmente sabbiosa con rara ghiaia, colore marrone, mediamente consistente, satura
fp – 20		

CAROTAGGIO [%] — 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

R.Q.D. [%] — 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

SPT
- 5-7-8 (1.50)
- 6-2-2 (3.00)

CAMPIONI
- C1-S7 (4.30)
- C2-S7 (7.50)
- C3-S7 (10.00)

MANOVRE
1.50, 3.00, 4.30, 6.00, 7.50, 9.00, 10.00, 11.00

NOTE

br	livelli ridotti in breccia	*W*	corona widia
S	carotiere semplice	*D*	corona diamante
T2	carotiere doppio	(101)	diametro perforazione

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

3.3	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE CATALOGATRICI S7
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

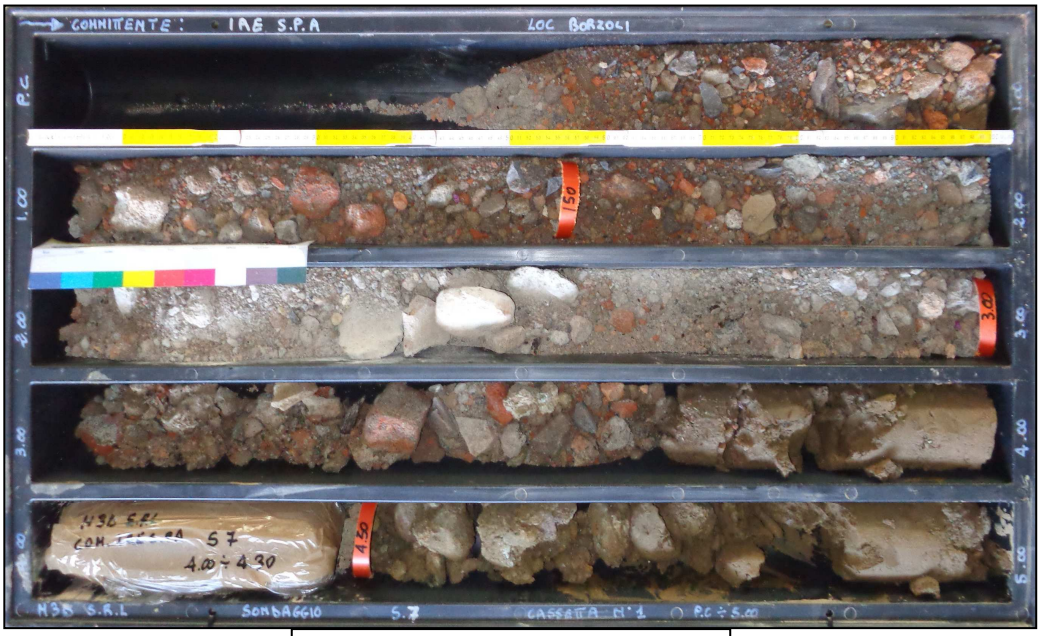
società attestata da SOA RINA

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRE S.p.A.**
Sondaggio: **S7** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →



Committente: **IRE S.p.A.**
Sondaggio: **S7** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

società attestata da SOA RINA

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRE S.p.A.**
Sondaggio: **S7** - Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 12.20 m.**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

N°	allegato
4	DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO S8

codice	data	scala	redatto	committente
M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa

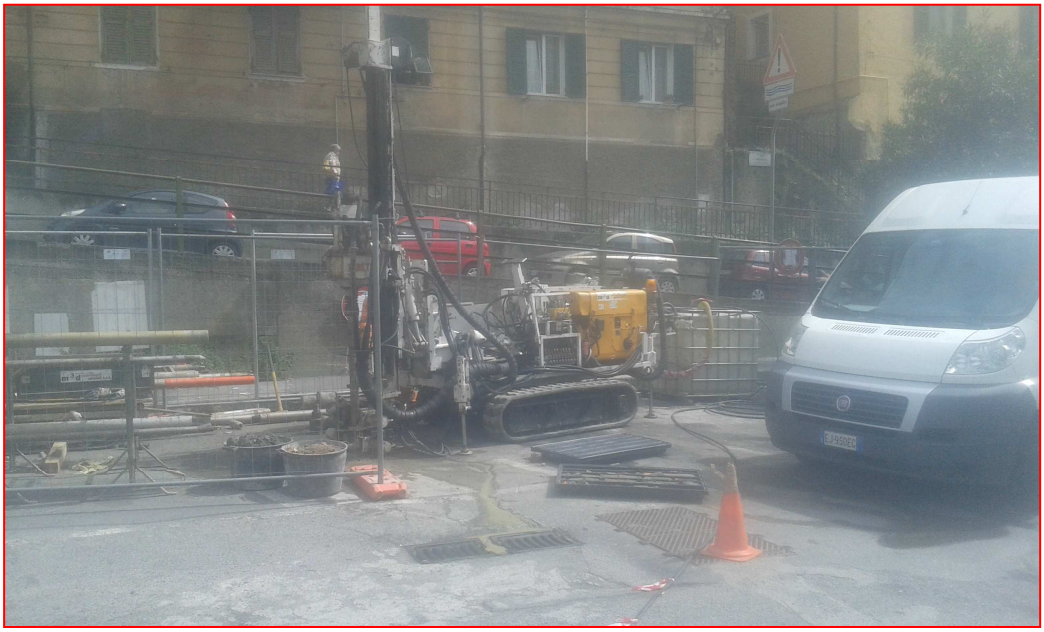
m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



4.1	POSTAZIONI DI SONDAGGIO S8
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

4.2	STRATIGRAFIA SONDAGGIO S8
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

S8

COMMITTENTE	IRE S.p.A.	LOCALITA'	Rio Ruscarolo
DATA INIZIO	18 aprile 2016	DATA FINE	18 aprile 2016
GEOLOGO:	Geol. Luca Maldotti	DIAMETRO CAROTIERE	ϕ 101 mm
PERFORAZIONE:	a rotazione a carotaggio continuo ad asse verticale	FOGLIO	1/1

PROFONDITA' FORO: 10.00 m
RILIEVO FALDA:
prof. da p.c.:

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0 – 3.00		Riporto e terreno rimaneggiato rappresentato da sabbia medio-grossolana con ghiaia medio-fine subarrotondata. Presenza di frammenti lapidei eterogenei, di vetro e di laterizi. Colore marrone, sciolto
3.00 – 5.50		Sabbia media debolmente limosa con ghiaia grossolana e frammenti lapidei di natura basaltica, colore grigio, scarsamente addensata.
5.50 – 8.00		Argilla debolmente sabbiosa con frammenti lapidei eterometrici, colore marrone, mediamente consistente, satura
8.00 – 10		Substrato roccioso di natura basaltica da fratturato a mediamente fratturato, con rare vene calcitiche, giunti scabrosi, mediamente alterati
fp		

CAROTAGGIO [%] — 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
R.Q.D. [%] — 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

SPT	CAMPIONI	MANOVRE	NOTE
6-40-48		1.50	
		2.40	
		2.60	
50-R cm13		3.00	
		4.50	
		6.00	
	C1-S8		
		7.10	
	C2-S8		
		8.40	br 5
		9.00	
	C3-S8		6

br livelli ridotti in breccia
S carotiere semplice
T2 carotiere doppio
W corona widia
D corona diamante
(101) diametro perforazione

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

4.3	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE CATALOGATRICI S8
N°	**allegato**

M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com



Committente: **IRE S.p.A.**
Sondaggio: **S8** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →



Committente: **IRE S.p.A.**
Sondaggio: **S8** - Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

N°	allegato
5	CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

codice	data	scala	redatto	committente
M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Identificazione Campione :	S7-CR2		
Profondità (m) :	7.10-7.50	Data Ricevimento :	21/04/2016
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	22/04/2016
Descrizione del Materiale :	Sabbia limoso-argillosa con ghiaia		

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.90
Altezza	(cm)	14.74
Peso lordo	(g)	1883.00
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	1883.00
Volume	(cm^3)	1167.56
Peso di volume	**(kN/m^3)**	**20.14**

Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Operatore	Dott. Elena Tortonesi

Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Identificazione Campione :	S7-CR3		
Profondità (m) :	9.50-10.00	Data Ricevimento :	21/04/2016
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	22/04/2016
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa		

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.95
Altezza	(cm)	15.27
Peso lordo	(g)	2112.09
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	2112.09
Volume	(cm^3)	1223.17
Peso di volume	**(kN/m^3)**	**21.57**

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Operatore Dott. Elena Tortonesi

Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Identificazione Campione :	S8-CR1		
Profondità (m) :	6.45-6.90	Data Ricevimento :	21/04/2016
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	22/04/2016
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa con ghiaia		

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.91
Altezza	(cm)	13.87
Peso lordo	(g)	1785.00
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	1785.00
Volume	(cm^3)	1101.11
Peso di volume	**(kN/m^3)**	**20.25**

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Operatore Dott. Elena Tortonesi

Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Identificazione Campione :	S8-CR2		
Profondità (m) :	7.60-8.00	Data Ricevimento :	21/04/2016
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	22/04/2016
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa con ghiaia		

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.91
Altezza	(cm)	17.34
Peso lordo	(g)	2184.03
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	2184.03
Volume	(cm^3)	1376.59
Peso di volume	**(kN/m^3)**	**19.82**

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Operatore Dott. Elena Tortonesi

Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA - ASTM D2850-03a

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. campione :	S7-CR3
Profondità (m) :	9.50-10.00
Tipo campione :	Semi-indisturbato
Descrizione :	Argilla sabbiosa

Data Ricevimento : 21/04/2016
Data Prova : 05/05/2016

CARATTERISTICHE INIZIALI

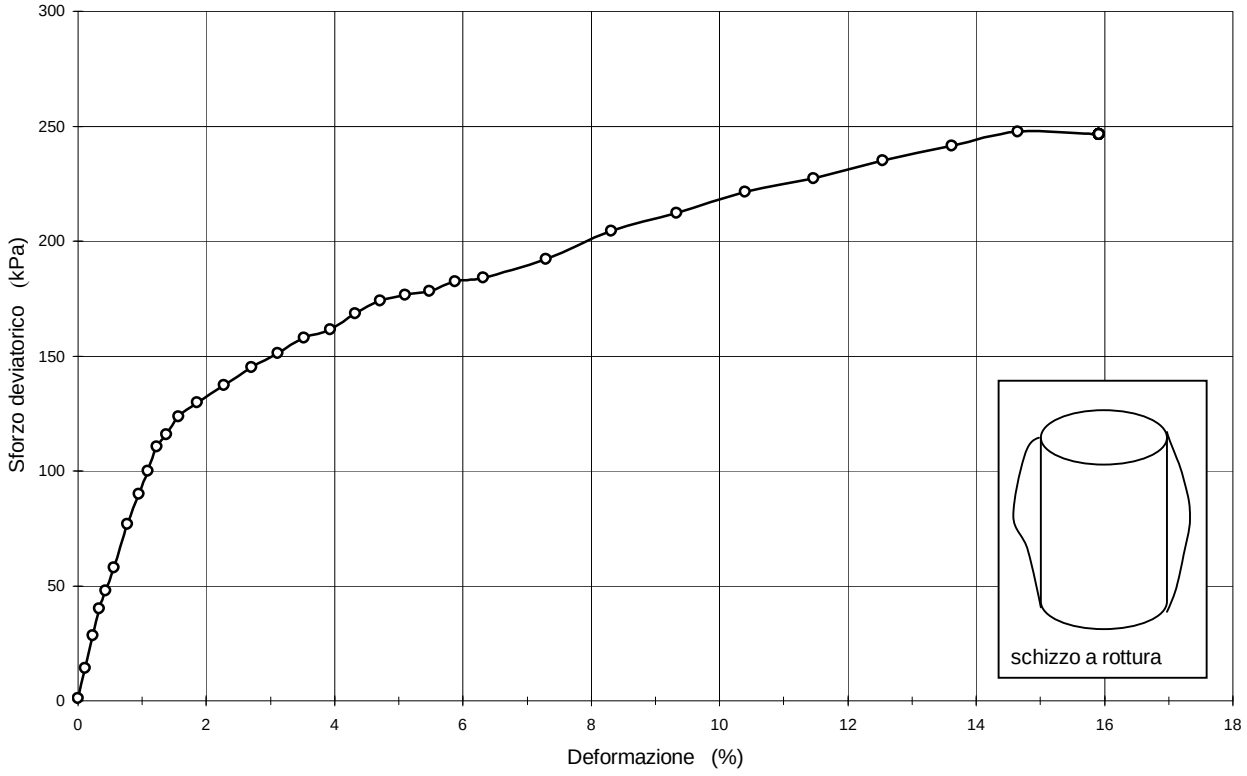
Diametro	(cm)	8.95
Altezza	(cm)	15.27
Peso di volume	(kN/m^3)	21.57
Contenuto in acqua	(%)	13.52
Densità secca	(kN/m^3)	19.00
Peso specifico	(stimato)	2.70
Indice dei vuoti	(-)	0.39
Grado di saturazione	(%)	92.6

FASE DI ROTTURA

Velocità di deformazione	(%/min)	1.0%min
σ_1	(kPa)	487.7
σ_3	(kPa)	240.0
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	247.7
Deformazione	(%)	14.6
Coesione non drenata	(kPa)	123.9

Metodo di acquisizione dati : Acquisizione elettronica mediante trasduttori di forza e deformazione

CURVA SFORZO - DEFORMAZIONE



Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA - ASTM D2850-03a

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. campione :	S8-CR2
Profondità (m) :	7.60-8.00
Tipo campione :	Semi-indisturbato
Descrizione :	Argilla sabbiosa con ghiaia

Data Ricevimento : 21/04/2016
Data Prova : 05/05/2016

CARATTERISTICHE INIZIALI

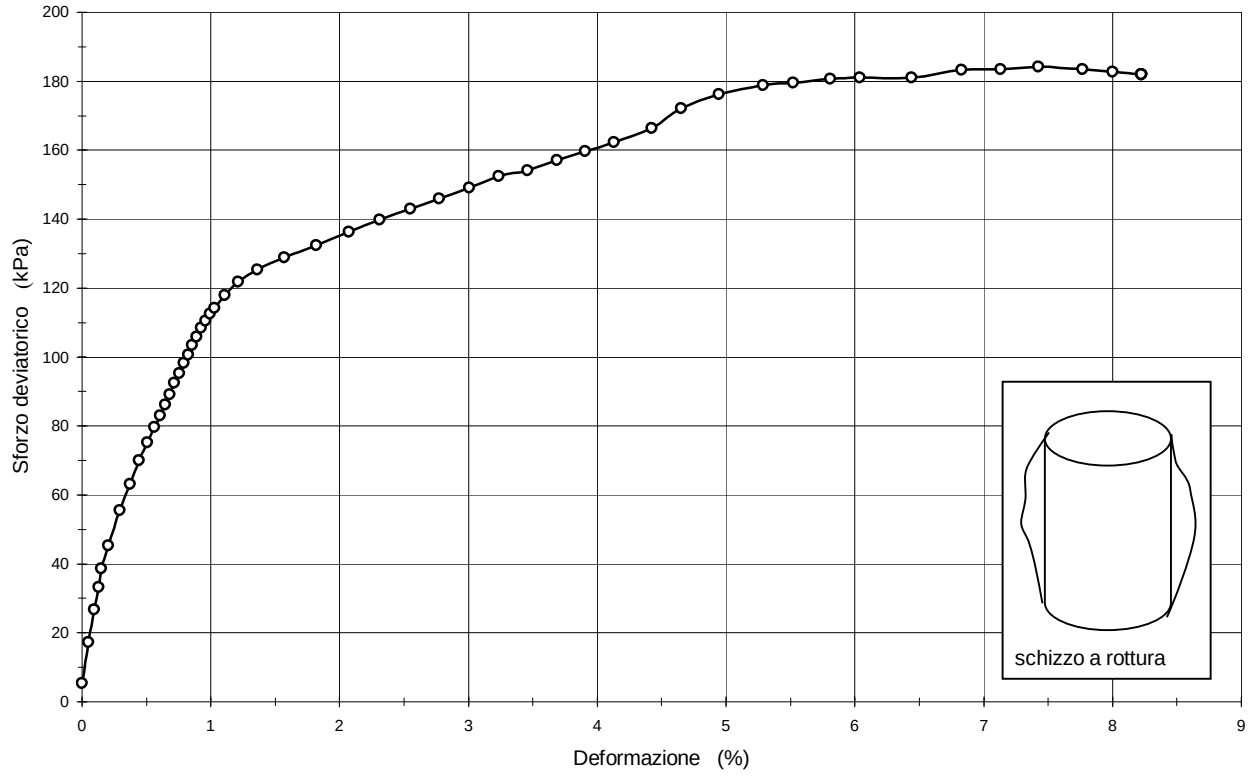
Diametro	(cm)	8.91
Altezza	(cm)	17.34
Peso di volume	(kN/m^3)	19.82
Contenuto in acqua	(%)	14.44
Densità secca	(kN/m^3)	17.32
Peso specifico	(stimato)	2.70
Indice dei vuoti	(-)	0.53
Grado di saturazione	(%)	73.6

FASE DI ROTTURA

Velocità di deformazione	(%/min)	1.0%min
σ_1	(kPa)	339.3
σ_3	(kPa)	155.0
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	184.3
Deformazione	(%)	7.4
Coesione non drenata	(kPa)	92.1

Metodo di acquisizione dati : Acquisizione elettronica mediante trasduttori di forza e deformazione

CURVA SFORZO - DEFORMAZIONE



Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

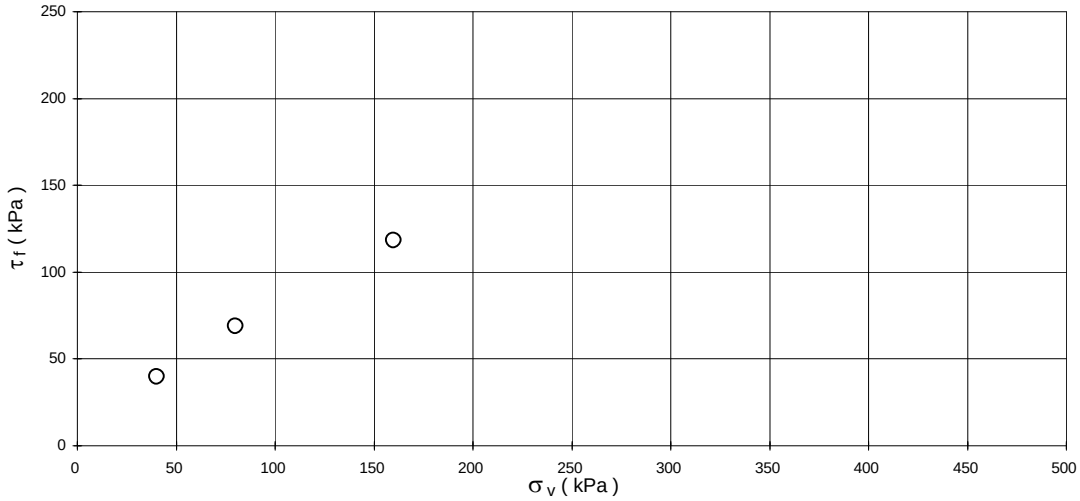
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Id. Campione :	S7 CR1		
Profondità (m) :	4.00-4.30		
Tipo del campione :	semi-indisturbato	Data ricevimento :	21/04/2016
Descrizione :	Sabbia limoso-argillosa	Data Prova :	27/04/2016

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.24	2.24	2.24
L	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		19.91	19.89	19.87
W_i	(%)		19.4	18.5	19.6
γ_d	(kN/m^3)		16.68	16.79	16.62
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.007	0.007	0.007
σ_v	(kPa)	40	80	160
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-1.06	-1.55	-2.01
ΔH a rottura	(mm)	-0.05	-0.03	-0.26
d_h	(mm)	6.01	6.89	3.09
τ_f	(kPa)	39.7	69.1	118.4
W_f	(%)	19.0	17.3	16.0
γ_{df}	(kN/m^3)	17.58	18.11	18.58

ROTTURA



Note : Test eseguito sulla frazione del campione passante al setaccio ASTM 4 (4.75 mm)

Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Simone Dellepiane

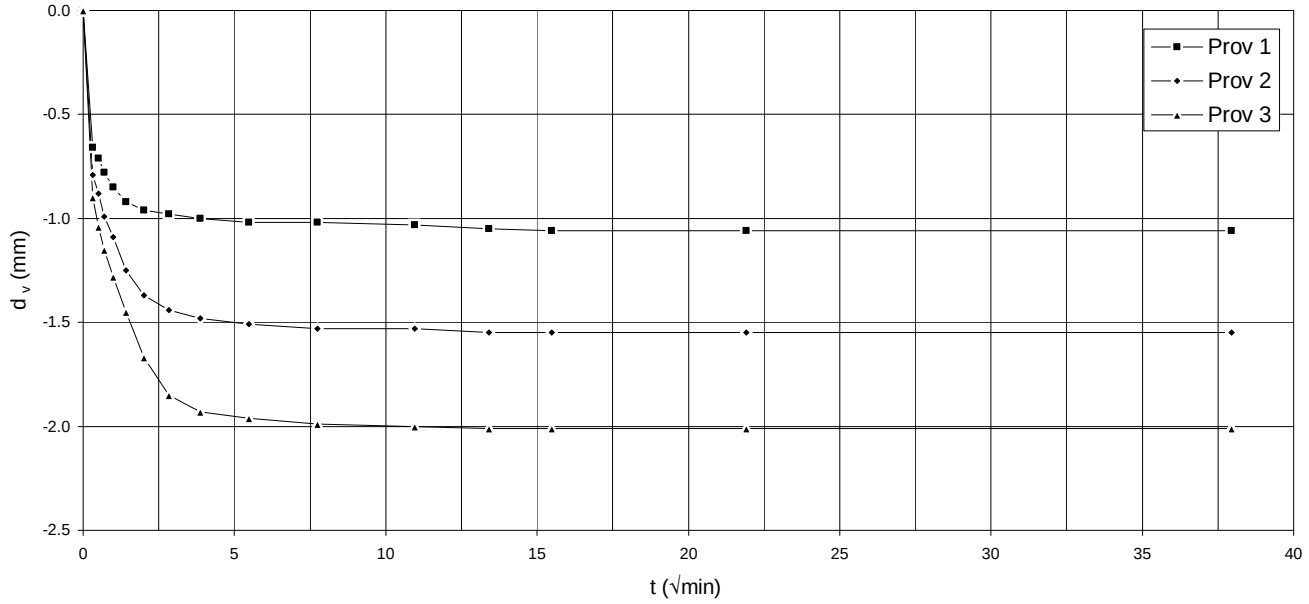
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

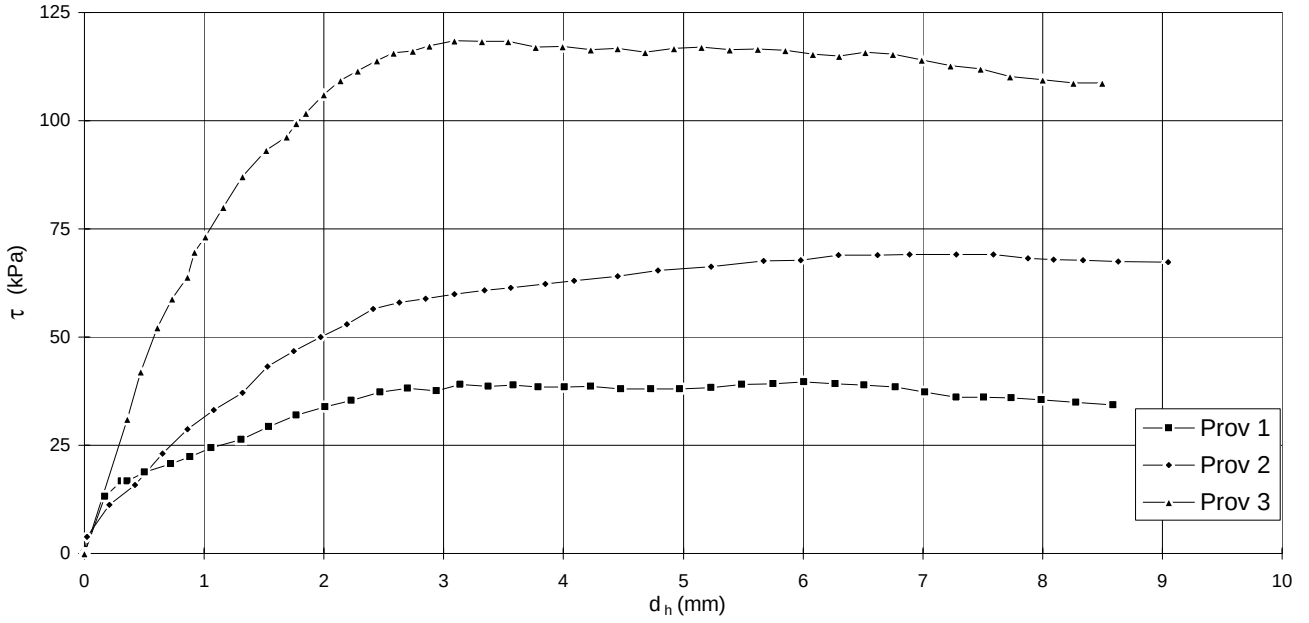
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione :	S7 CR1
Profondità (m) :	4.00-4.30

FASE DI CONSOLIDAZIONE
DEFORMAZIONE VERTICALE / RADICE DEL TEMPO



FASE DI ROTTURA
SFORZO DI TAGLIO / DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Simone Dellepiane

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

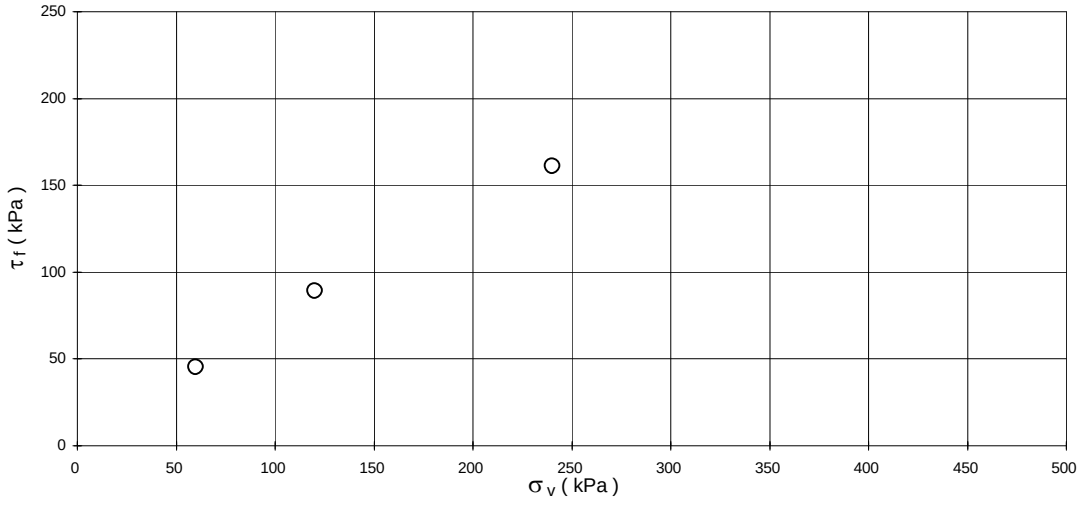
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Id. Campione :	S7 CR2		
Profondità (m) :	7.10-7.50		
Tipo del campione :	semi-indisturbato	Data ricevimento :	21/04/2016
Descrizione :	Sabbia limoso-argillosa con ghiaia	Data Prova :	05/05/2016

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.24	2.24	2.24
L	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		20.13	20.07	20.05
W_i	(%)		22.1	22.4	22.2
γ_d	(kN/m^3)		16.48	16.40	16.41
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.007	0.007	0.007
σ_v	(kPa)	60	120	240
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-1.43	-1.80	-2.39
ΔH a rottura	(mm)	-0.19	-0.28	-0.41
d_h	(mm)	5.65	6.02	5.84
τ_f	(kPa)	45.4	89.1	161.1
W_f	(%)	18.2	17.2	15.3
γ_{df}	(kN/m^3)	17.82	18.15	18.82

ROTTURA



Note : Test eseguito sulla frazione del campione passante al setaccio ASTM 4 (4.75 mm)

Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

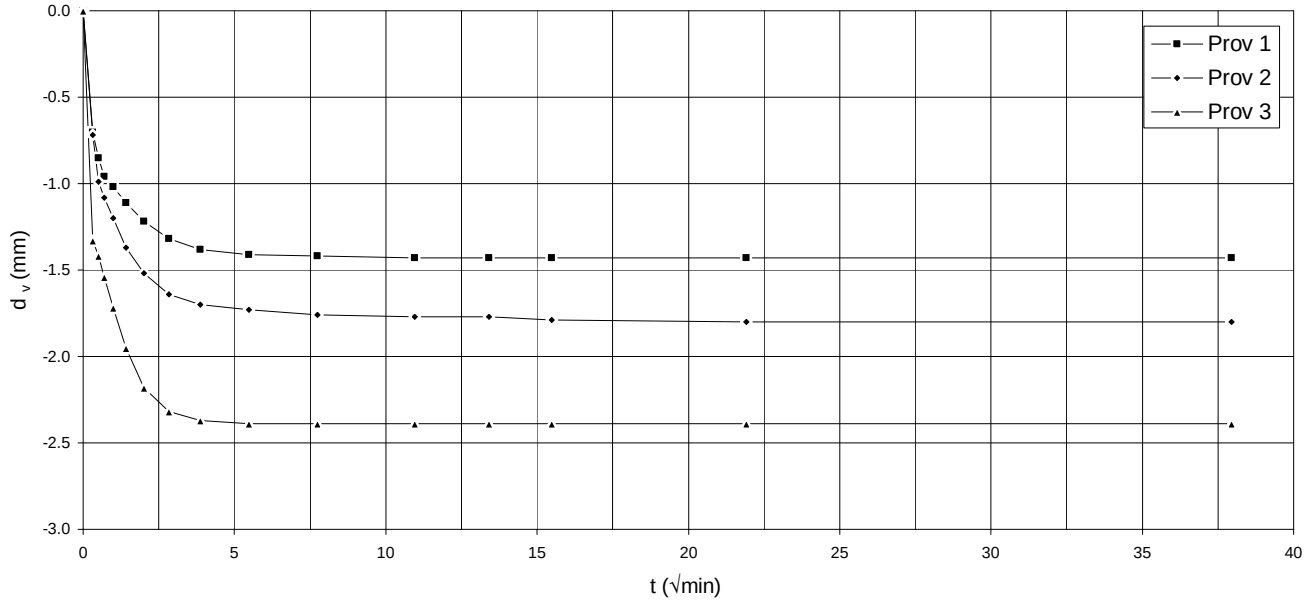
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

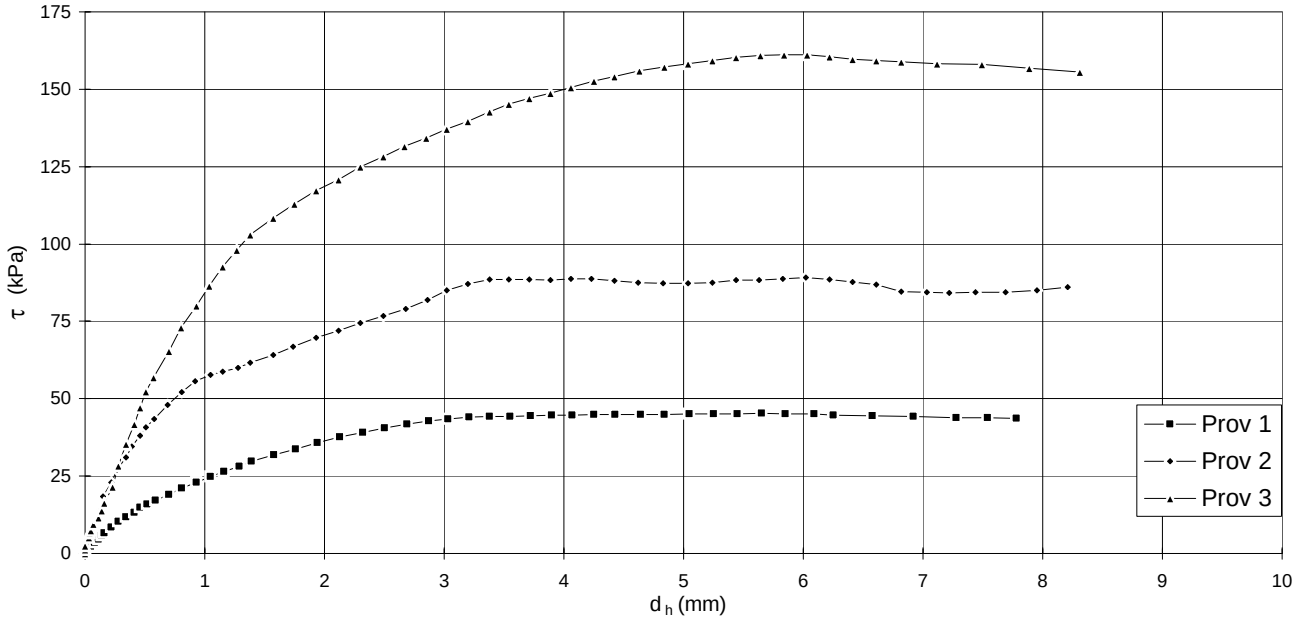
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione quadrata

Cliente : M3D Fondazioni Speciali Srl
Località : Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione : S7 CR2
Profondità (m) : 7.10-7.50

FASE DI CONSOLIDAZIONE
DEFORMAZIONE VERTICALE / RADICE DEL TEMPO



FASE DI ROTTURA
SFORZO DI TAGLIO / DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

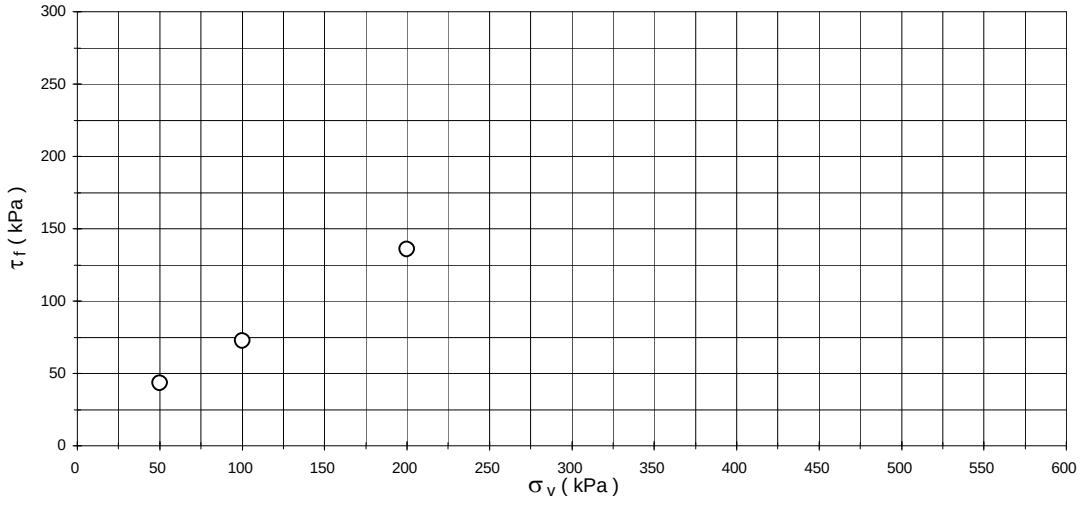
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Id. Campione :	S8-CR1		
Profondità (m) :	6.45-6.90		
Tipo del campione :	semi-indisturbato	Data ricevimento :	21/04/2016
Descrizione :	Argilla sabbiosa con ghiaia	Data Prova :	05/05/2016

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.31	2.31	2.31
D	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		20.30	20.28	20.25
W_i	(%)		19.0	19.4	19.3
γ_d	(kN/m^3)		17.05	16.99	16.98
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.006	0.006	0.006
σ_v	(kPa)	50	100	200
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-0.20	-0.60	-0.80
ΔH a rottura	(mm)	0.01	-0.38	-0.58
d_h	(mm)	5.87	7.43	4.31
τ_f	(kPa)	43.4	72.8	135.9
W_f	(%)	20.1	18.3	17.5
γ_{df}	(kN/m^3)	17.17	17.74	17.98

ROTTURA



Note : Test eseguito sulla frazione del campione passante al setaccio ASTM 4 (4.75 mm)

Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

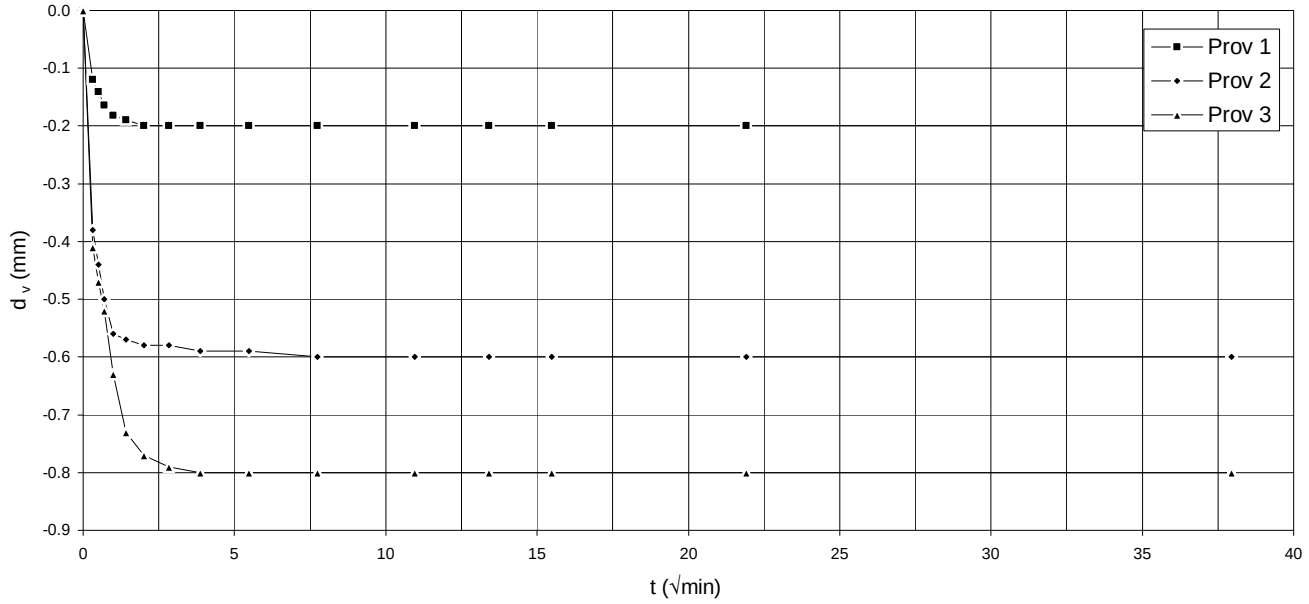
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11

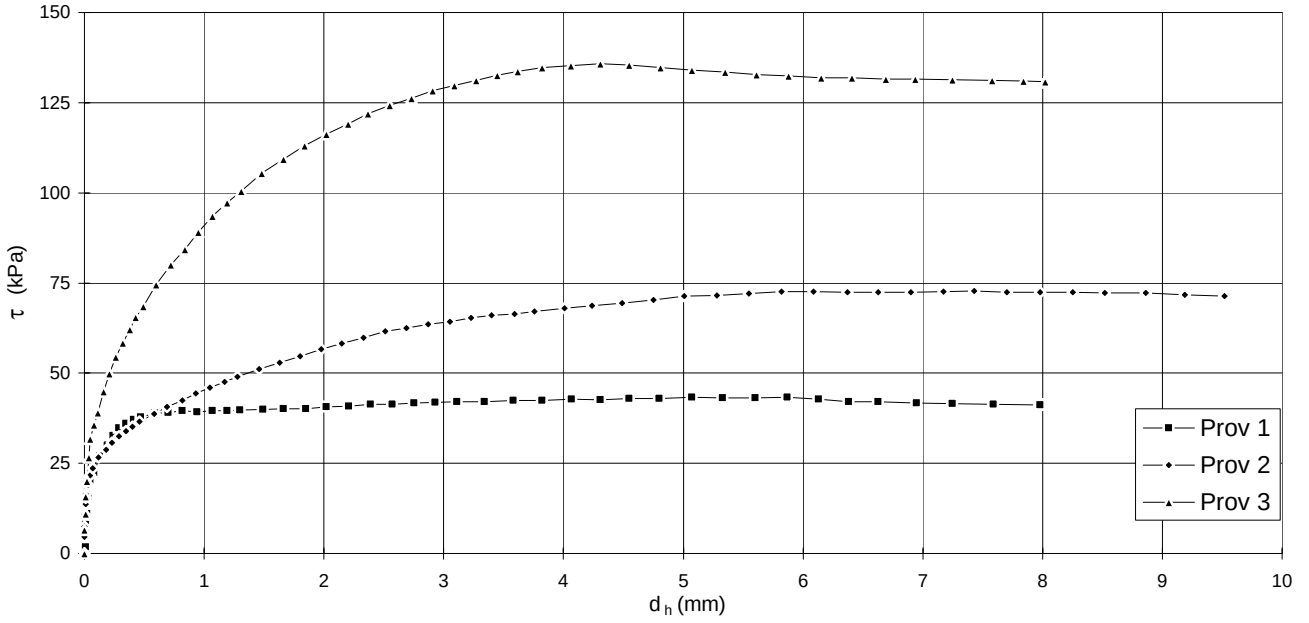
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione :	S8-CR1
Profondità (m) :	6.45-6.90

FASE DI CONSOLIDAZIONE
DEFORMAZIONE VERTICALE / RADICE DEL TEMPO



FASE DI ROTTURA
SFORZO DI TAGLIO / DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
ASTM D7012-10 METHOD D

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Id. Campione :	S8 CAR2		
Profondità (m) :	9.20-9.40		
Tipo Campione :	Spezzone di carota	Data Ricevimento :	21/04/2016
Descrizione :	Metabasalto. Colore grigio-verde	Data Test :	02/05/2016

CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro	(cm)	7.88
Altezza	(cm)	15.96
Peso di volume	(kN/m^3)	27.44

Condizioni di umidità iniziali : Come da ricevimento

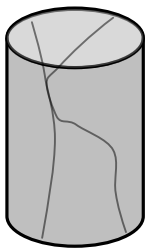
ROTTURA

Carico	(kN)	61.3	Temperatura	(°C)	20.0
σ_c	(MPa)	**12.57**	Velocità di appl. carico	(MPa/s)	0.15

MODULO DI YOUNG E COEFFICIENTE DI POISSON

E_{tan}	(GPa)	2.21
ν	-	0.24

(Valori calcolati nell'intervallo di carico 4.2 - 12.57 MPa)



Note :

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

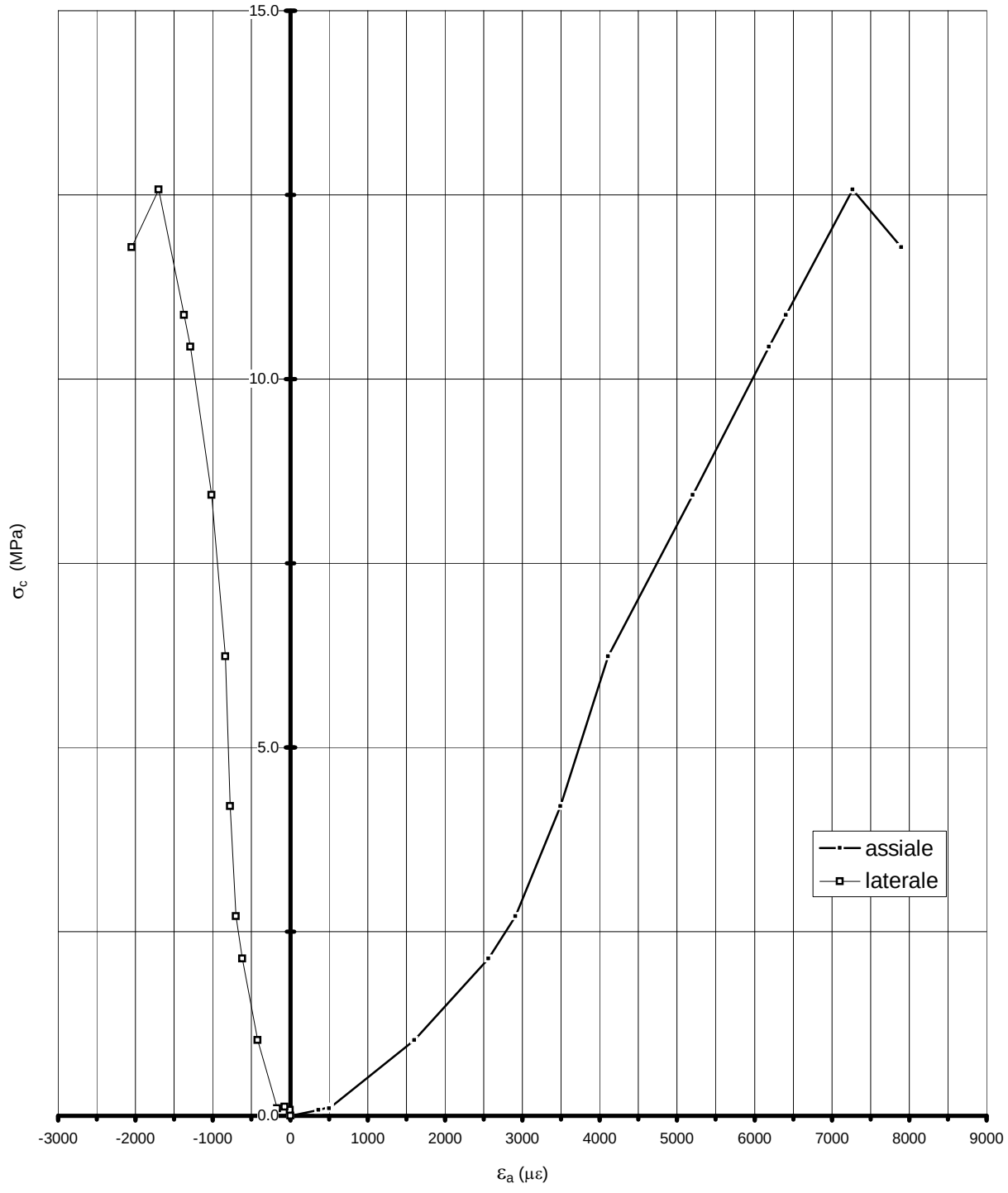
Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
ASTM D7012-10 METHOD D

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl
Località : Rio Ruscarolo - Genova Borzoli

Id. Campione : S8 CAR2 Profondità (m) : 9.20-9.40



G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
ASTM D7012-10 METHOD D

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl		
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli		
Id. Campione :	S8 CAR3		
Profondità (m) :	9.60		
Tipo Campione :	Spezzone di carota	Data Ricevimento :	21/04/2016
Descrizione :	Metabasalto. Colore grigio-verde	Data Test :	02/05/2016

CARATTERISTICHE FISICHE

Diametro	(cm)	7.89
Altezza	(cm)	16.18
Peso di volume	(kN/m^3)	27.14

Condizioni di umidità iniziali : Come da ricevimento

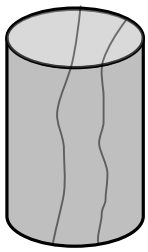
ROTTURA

Carico	(kN)	89.5	Temperatura	(°C)	20.0
σ_c	(MPa)	**18.31**	Velocità di appl. carico	(MPa/s)	0.15

MODULO DI YOUNG E COEFFICIENTE DI POISSON

E_{tan}	(GPa)	7.98
ν	-	0.27

(Valori calcolati nell'intervallo di carico 2.02 - 14.73 MPa)



Note :

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

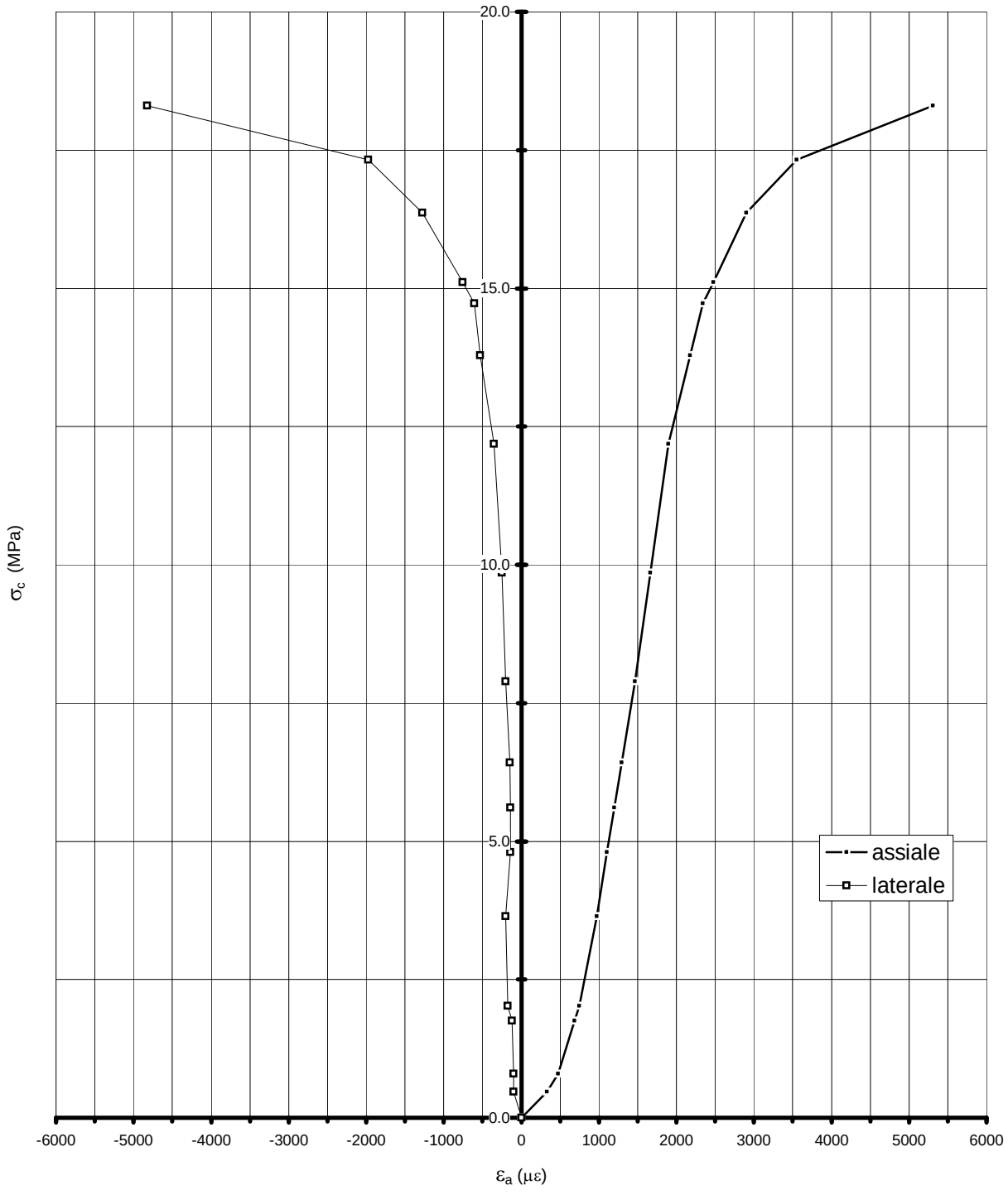
Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
ASTM D7012-10 METHOD D

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl
Località : Rio Ruscarolo - Genova Borzoli

Id. Campione : S8 CAR3 Profondità (m) : 9.60



PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11 - RISULTATI

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione :	S7 CR1
Profondità (m) :	4.00-4.30
Tipo del campione :	semi-indisturbato
Descrizione :	Sabbia limoso-argillosa

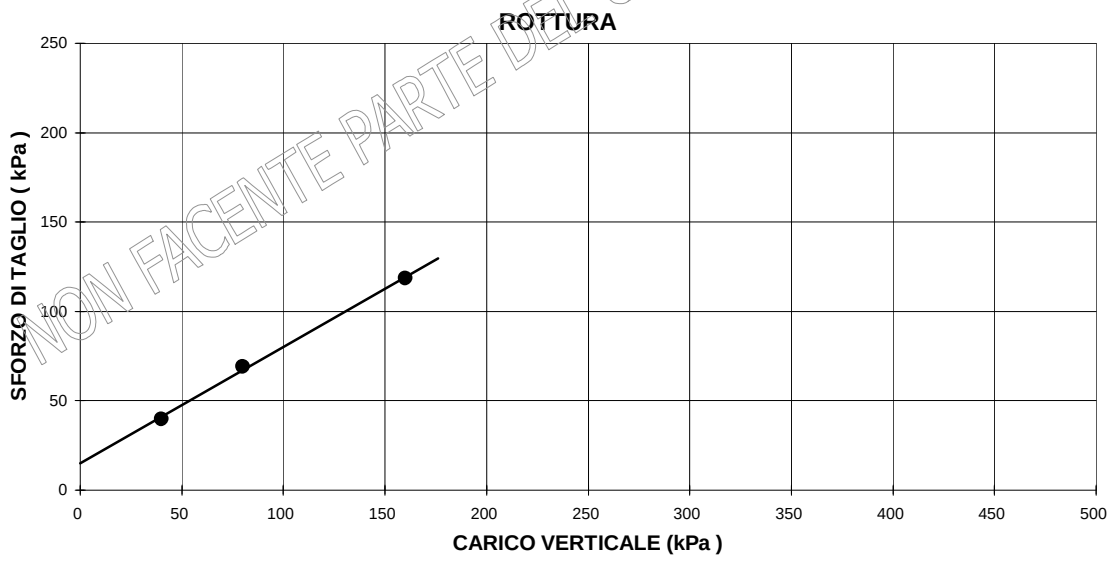
CONDIZIONI INIZIALI		Provino 1	Provino 2	Provino 3
γ_t	(kN/m^3)	19.91	19.89	19.87
W_i	(%)	19.37	18.45	19.60
γ_d	(kN/m^3)	16.68	16.79	16.62

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
σ_v	(kPa)	40	80	160
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-1.06	-1.55	-2.01
ΔH a rottura	(mm)	-0.05	-0.03	-0.26
d_h	(mm)	6.01	6.89	3.09
τ_f	(kPa)	39.7	69.1	118.4
W_f	(%)	18.97	17.32	15.96
γ_{df}	(kN/m^3)	17.58	18.11	18.58

PARAMETRI DI RESISTENZA

Angolo di attrito efficace :	(deg)	33.0
Coesione efficace :	(kPa)	15.0

NON FACENTE PARTE DEL CERTIFICATO DI PROVA



PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11 - RISULTATI

Cliente :	M3D Fondazioni Speciali Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione :	S7 CR2
Profondità (m) :	7.10-7.50
Tipo del campione :	semi-indisturbato
Descrizione :	Sabbia limoso-argillosa con ghiaia

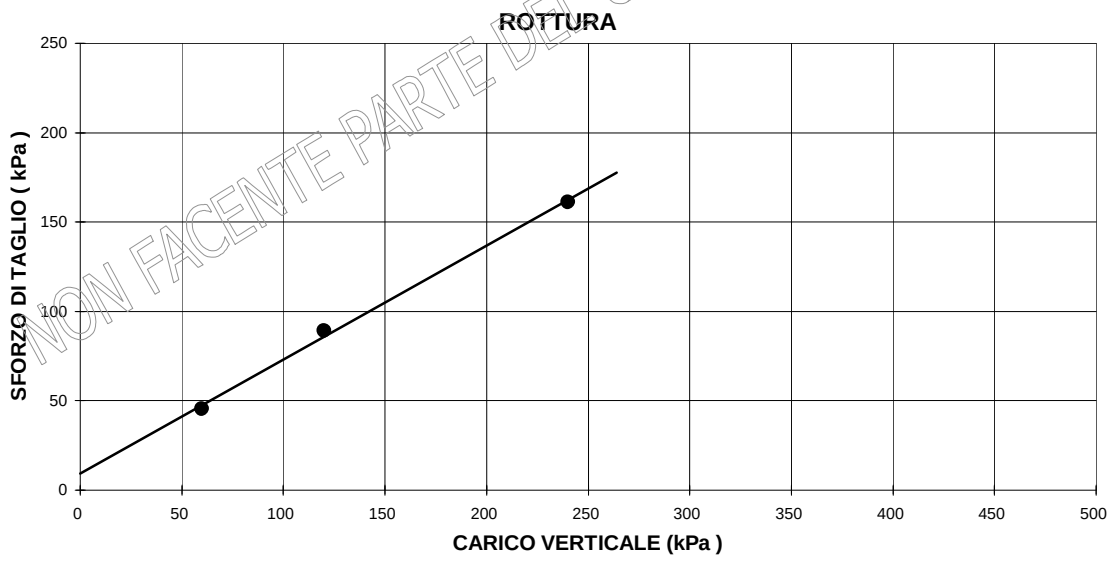
CONDIZIONI INIZIALI		Provino 1	Provino 2	Provino 3
γ_t	(kN/m^3)	20.13	20.07	20.05
W_i	(%)	22.12	22.37	22.24
γ_d	(kN/m^3)	16.48	16.40	16.41

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
σ_v	(kPa)	60	120	240
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-1.43	-1.80	-2.39
ΔH a rottura	(mm)	-0.19	-0.28	-0.41
d_h	(mm)	5.65	6.02	5.84
τ_f	(kPa)	45.4	89.1	161.1
W_f	(%)	18.21	17.22	15.28
γ_{df}	(kN/m^3)	17.82	18.15	18.82

PARAMETRI DI RESISTENZA

Angolo di attrito efficace :	(deg)	32.5
Coesione efficace :	(kPa)	9.4

NON FACENTE PARTE DEL CERTIFICATO DI PROVA



PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D 3080-11 - RISULTATI

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI Srl
Località :	Rio Ruscarolo - Genova Borzoli
Id. Campione :	S8-CR1
Profondità (m) :	6.45-6.90
Tipo del campione :	semi-indisturbato
Descrizione :	Argilla sabbiosa con ghiaia

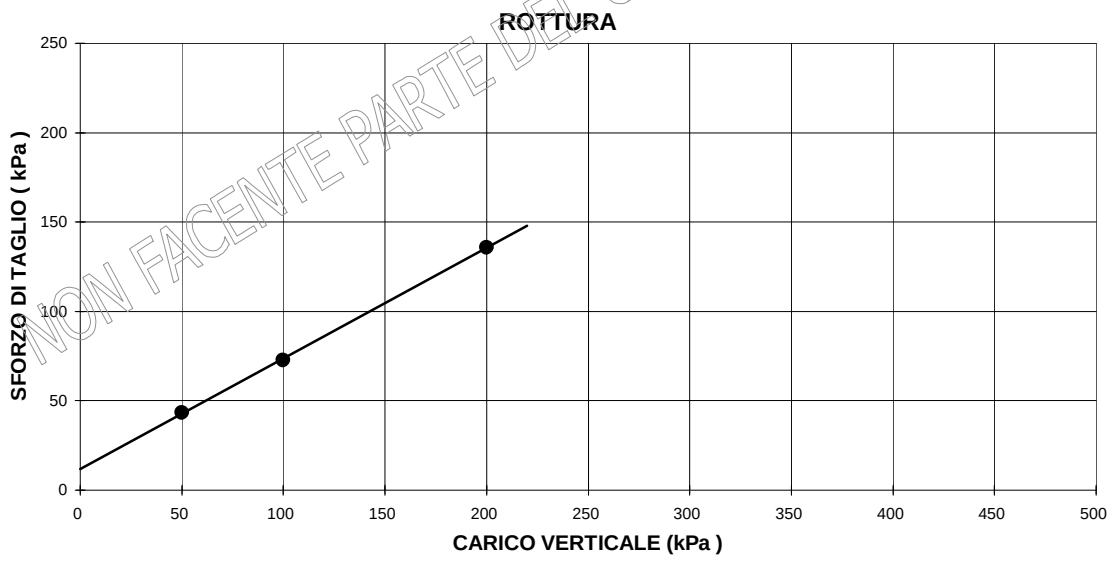
CONDIZIONI INIZIALI		Provino 1	Provino 2	Provino 3
γ_t	(kN/m^3)	20.30	20.28	20.25
W_i	(%)	19.03	19.38	19.26
γ_d	(kN/m^3)	17.05	16.99	16.98

ROTTURA		Provino 1	Provino 2	Provino 3
σ_v	(kPa)	50	100	200
ΔH dopo consolidazione	(mm)	-0.20	-0.60	-0.80
ΔH a rottura	(mm)	0.01	-0.38	-0.58
d_h	(mm)	5.87	7.43	4.31
τ_f	(kPa)	43.4	72.8	135.9
W_f	(%)	20.09	18.26	17.53
γ_{df}	(kN/m^3)	17.17	17.74	17.98

PARAMETRI DI RESISTENZA

Angolo di attrito efficace :	(deg)	31.7
Coesione efficace :	(kPa)	11.8

NON FACENTE PARTE DEL CERTIFICATO DI PROVA



m3d costruzioni speciali s.r.l.

società attestata da SOA RINA

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

N°	allegato
6	INDAGINI SIMICHE

codice	data	scala	redatto	committente
M3D012INT_16	11_05_2016	-	Luca Maldotti	IRE Spa

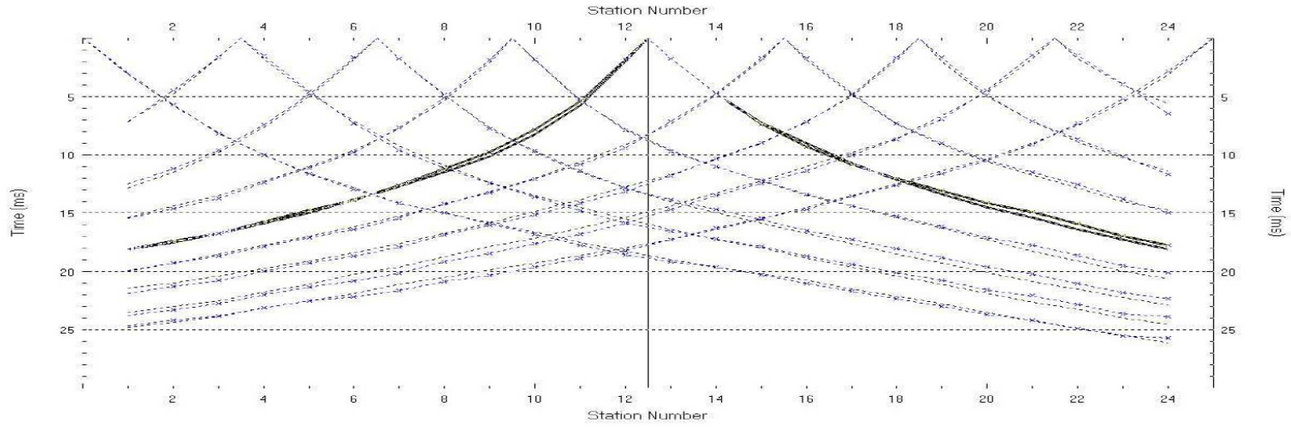
Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

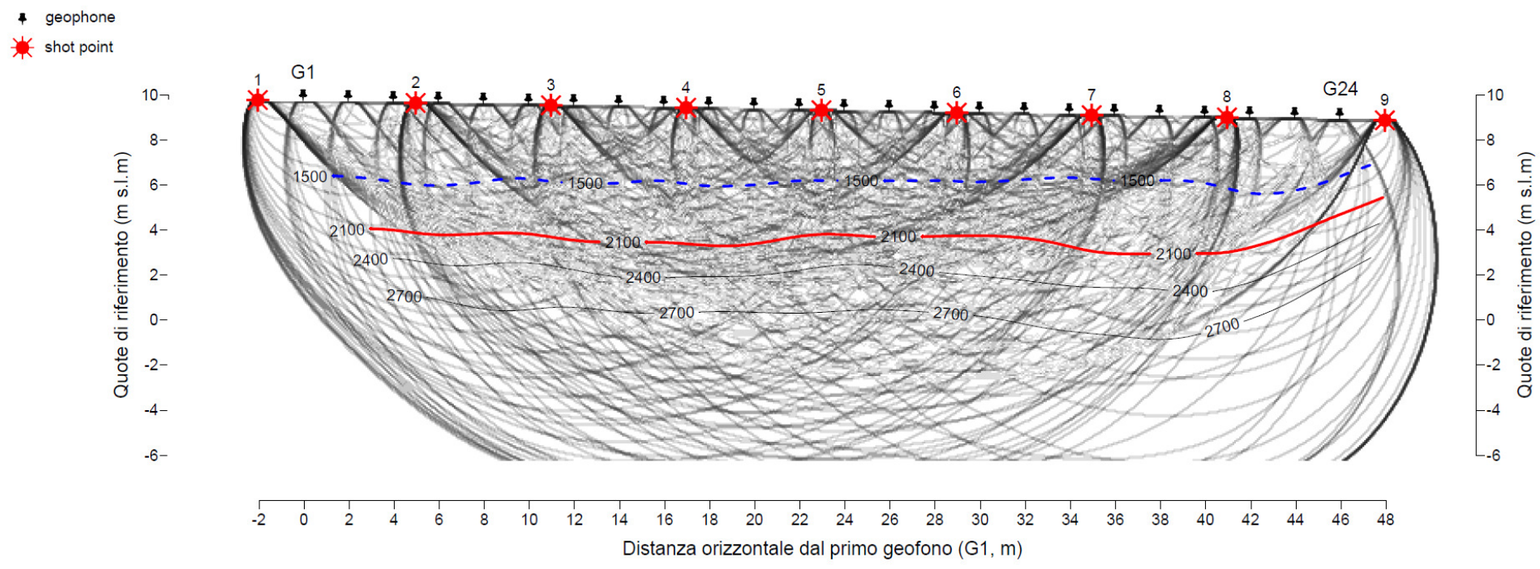
T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

società attestata da SOA RINA

STENDIMENTO SISMICO L1: DROMOCRONE E RAY COVERAGE, SCALA 1:200





m3d costruzioni speciali s.r.l.

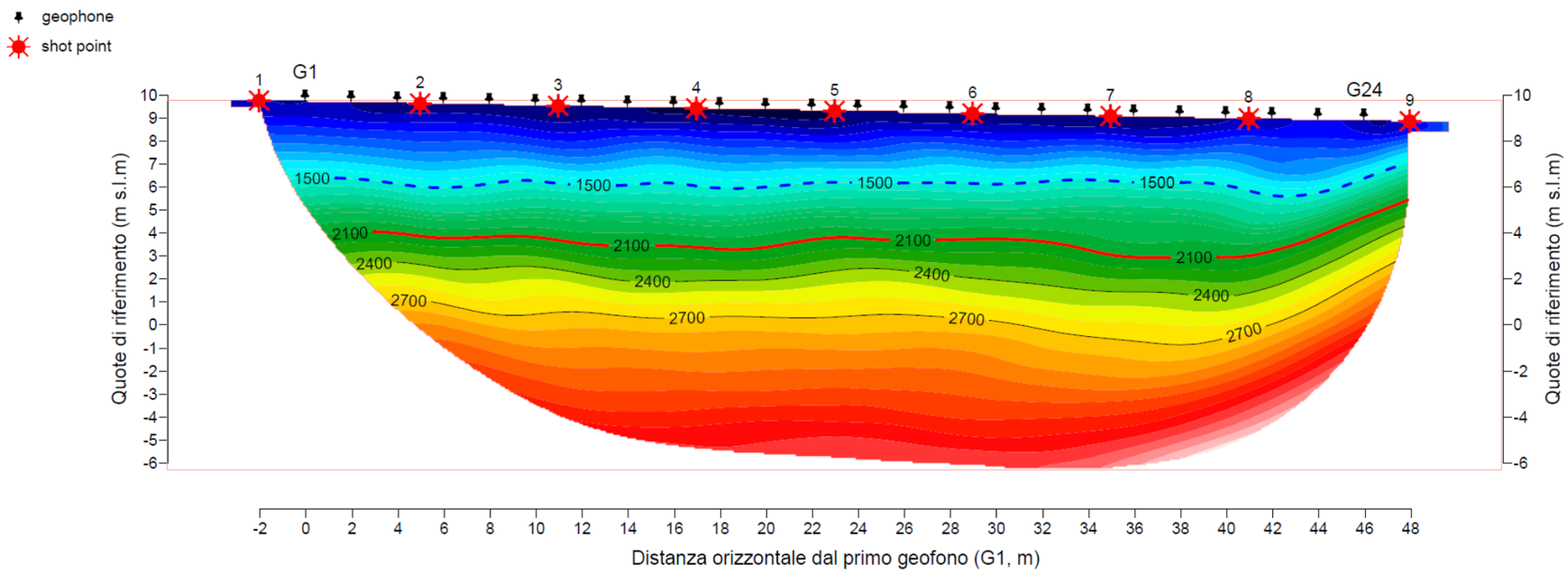
Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

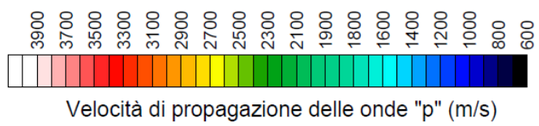
Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

società attestata da SOA RINA

STENDIMENTO SISMICO L1: ELABORAZIONE TOMOGRAFICA, SCALA 1:200



L1, 30 WET iterations, RMS error 1.0 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.20



IPOTESI INTERPRETATIVA

Vp = 530 - 1500 m/s: sottofondo stradale, riporti, eluvio. Condizioni di densità da medie ad elevate
Vp = 1500 - 2100 m/s: terreni in condizioni di densità reali difficilmente apprezzabili in quanto verosimilmente saturi. Non si esclude, entro questo orizzonte, la transizione al bedrock alterato-destrutturato.
Vp = 2100 - 2400 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie buone (II classe Bieniawski).
Vp = 2400 - 2700 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie da buone a ottime (II-I classe Bieniawski).
Vp > 2700 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie ottime (I classe Bieniawski).