CONVENZIONE QUADRO TRA INFRASTRUTTURE, RECUPERO, ENERGIA AGENZIA REGIONALE LIGURE – IRE S.P.A. E REGIONE LIGURIA PER LA REDAZIONE DI STUDI DI FATTIBILITA' E PROGETTAIOZNI DI INTERVENTI SU INFRASTRUTTURE DI INTERESSE REGIONALE

Attività:

# TORRENTE STURLA: SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO COMPRESO FRA IL VIADOTTO DI CORSO EUROPA ED IL PONTE DI VIA DELLE CASETTE

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

# RELAZIONE GEOLOGICA

Doc. n: I0030\ESE\DEF\GEO\R101

Timbro e firma

| Rev. | Data | Sez. | Pag. | Redatto | Controllato | Approvato | Descrizione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 27/02/2017 | N 8 | 98 | GS | FB | 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

**INDICE**


1 PREMESSA ..... 2
2 ESAME DEL PROGETTO ..... 3
3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO ..... 5
3.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELLA ZONA ..... 5
3.2 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI ..... 6
3.3 ASPETTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI ..... 8
4 CAMPAGNA DI INDAGINI ..... 10
5 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO ..... 12
5.1 DATI GEOTECNICI DI SINTESI ..... 16
6 RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI ..... 17
6.1 DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008 ..... 17
6.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO ..... 18
6.3 NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE ..... 18
6.4 PIANO DI BACINO ..... 19
7 INDICAZIONI OPERATIVE ..... 21
8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ..... 22


ALLEGATI

- TAVOLA A: COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO
- TAVOLA B: COROGRAFIA DEI BACINI
- TAVOLA C: CARTA GEOLOGICA
- TAVOLA D: CARTA GEOMORFOLOGICA
- TAVOLA E: CARTA IDROGEOLOGICA
- TAVOLA F: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 4,5
- TAVOLA G: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 7
- TAVOLA H: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 9,31
- RAPPORTO INDAGINI EFFETTUATE DALLA DITTA BIERREGI S.R.L.

# 1 PREMESSA

Con riferimento al Progetto Definitivo denominato "Torrente Sturla: Sistemazione idraulica del tratto compreso fra il viadotto di Corso Europa ed il ponte di Via delle Casette", che prevede la realizzazione di nuovi muri d'argine (in parte in c.a. ed in parte in massi cementati) e di un nuovo ponte sul Torrente Sturla, in Comune Genova, le scriventi – in conformità al D.M. 14.01.2008, alle Norme Geologiche di Attuazione del vigente PUC del Comune di Genova e del Piano di Bacino Ambito 14, nonché, per una parte dell'intervento, alla L.R. 4/99, sono state incaricate di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di determinare le caratteristiche geologiche, geotettoniche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito ove verranno realizzate le opere a progetto ed individuare eventuali problematiche di natura geologica, in grado di influenzare negativamente la fattibilità dell'intervento.

Lo studio si prefigge quindi, nella fase definitiva di indagine, che costituisce oggetto della presente relazione, di descrivere compiutamente il modello geologico del sito e la stratigrafia del sottosuolo, fornendo i parametri geotecnici dei terreni presenti, a supporto della progettazione definitiva dell'intervento.

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche e geotecniche dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo sono state evidenziate attraverso:

- ricerca bibliografica presso enti locali (Comuni di Genova, Regione Liguria), uffici tecnici, e Università di Genova;
- visura, presso gli enti competenti, di relazioni geologiche ivi depositate, relative a interventi svolti in aree limitrofe a quella qui in esame;
- indagini a supporto delle precedenti fasi progettuali;
- analisi della cartografia tematica esistente e delle ortofoto disponibili (Studio SIT);
- sopralluoghi e rilevamenti di campagna.

Per quanto concerne la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento e i parametri geotecnici ad essi attribuibili è stata pianificata adeguata campagna di indagini geognostiche e si è fatto riferimento alle risultanze della stessa. Tale campagna ha compreso l'esecuzione di:

- N. 2 sondaggi a carotaggio continuo denominati S5 e S6, con esecuzione di prove SPT in foro (una ogni 1.5 m di profondità, fino alla profondità di 6 m, per un totale di n. 4 SPT a sondaggio). Entrambi i fori di sondaggio sono stati strumentati con tubo fessurato per la rilevazione del livello di falda e in ciascun sondaggio è stato

prelevato un campione indisturbato, con campionatore Shelby ed uno rimaneggiato per l'esecuzione di prove di laboratorio;

- N. 1 stesa MASW 2D;
- N. 2 tomografie sismiche in onde SH;
- N. 1 tomografia sismica in onde P

Per una precisa ubicazione delle indagini sopra descritte si rimanda alla Figura 2 del "Rapporto relativo alla campagna di indagini" allegata alla presente relazione.

Il documento è stato quindi articolato nel seguente ordine:

- Esame del progetto
- Inquadramento geologico-geomorfologico del sito
- Campagna di indagini
- Caratterizzazione e modellazione geologico/geotecnica del sito
- Indicazioni operative
- Riferimenti amministrativi.

## 2 ESAME DEL PROGETTO

Il presente documento costituisce la relazione geologica relativa al Progetto Definitivo denominato "Torrente Sturla: Sistemazione idraulica del tratto compreso fra il viadotto di Corso Europa ed il ponte di Via delle Casette".

Il progetto in esame si basa sui contenuti del progetto preliminare relativo agli interventi di sistemazione idraulica del torrente Sturla nel tratto tra Via Apparizione e Via delle Casette in Comune di Genova, approvato con conferenza dei Servizi del Comune di Genova CDS 11/2015 in data 16/02/2015.

Il Progetto Preliminare prevedeva una serie di interventi idraulici sul torrente Sturla, per uno sviluppo complessivo di circa 800 m dal ponte di via Apparizione al ponte di via delle Casette, finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico dell'intero tratto, allo stato attuale insufficiente al deflusso della portata 200-ennale e in parte al deflusso della portata 50-ennale.

Nella "Tavola A – Corografia di Inquadramento" allegata al presento documento, sono riportati i limiti degli interventi oggetto della presente relazione, che si estenderà per una lunghezza di circa 350 m.

Nel tratto oggetto del presente documento è, inoltre, previsto lo sbocco della galleria deviatrice del rio Chiappeto, prevista dal Piano di Bacino sulla base del progetto delle "*Opere di adeguamento della canalizzazione del torrente Vernazza con deviatore nel torrente Sturla*" del 1996 effettuato, su incarico del Comune, da una equipe di professori universitari e professionisti coordinati dal Prof. Ing. Enrico Marchi ed oggi oggetto del Progetto Definitivo "Opere di adeguamento della canalizzazione del torrente Vernazza con deviatore nel torrente Sturla". Lo sbocco della galleria deviatrice è collocato a monte del nuovo ponte carrabile.

Il progetto preliminare "*Sistemazione idraulica del torrente Sturla nel tratto tra Via Apparizione e Via delle Casette*" è stato oggetto di valutazione da parte del Comitato Tecnico di Bacino, che ha esaminato la proposta progettuale del Preliminare nella seduta del 12/02/2015 e ha espresso il parere n. 19/2015 con le seguenti valutazioni per il tratto di torrente in esame:

- *necessità di evitare il posizionamento della fognatura nera di progetto all'interno dell'alveo attivo, cercando di prediligere un'ubicazione esterna all'alveo se compatibile con lo stato dei luoghi;*
- *necessità di verificare le influenze sul deflusso delle portate di piena del Torrente Sturla indotte dalla confluenza con il previsto deviatore del rio Chiappeto.*

La Conferenza di Servizi Deliberante sul Preliminare n. 11/2015 si è espressa il 16/02/2016, con le seguenti valutazioni per il tratto di torrente in esame:

- *l'adeguamento delle livellette stradali modificate in prossimità del nuovo ponte stradale su via Pontevecchio coerentemente con quanto previsto dal Nuovo Codice della Strada (DM 6792/2001);*
- *l'ampliamento della sezione del nuovo ponte stradale su via Pontevecchio a 8,50 m per permettere la realizzazione di due banchine da 0,25 m tali da consentire la tracciatura delle strisce di margine della carreggiata garantendo due corsie regolamentari da 2,75 m.*

Nel dettaglio il progetto in esame prevede, oltre al rifacimento del nuovo ponte come sopra descritto, la sistemazione degli argini del tratto di Torrente Sturla compreso tra il viadotto di Corso Europa ed il ponte di Via delle Casette, mediante la sistemazione degli argini attraverso differenti scelte progettuali, ossia tramite la realizzazione di nuovi muri di contenimento in c.a., fondati su pali ove ritenuto necessario dal progettista, oppure in massi cementati.

Per la realizzazione delle opere a progetto saranno necessari scavi di altezza variabile, caratterizzati da un'altezza massima stimabile in 5 m circa e che verranno condotti principalmente all'interno del materiale di riporto o dei depositi alluvionali e solo limitatamente nel cappellaccio di alterazione del substrato.

Secondo quanto emerso dalla campagna di indagini condotta, gli scavi localmente potranno interferire con la falda.

# 3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

## 3.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELLA ZONA

Il bacino idrografico del Torrente Sturla è ubicato nella porzione sud-orientale del territorio comunale di Genova, sviluppandosi dai crinali subito a ridosso della costa nel tratto tra Nervi e Albaro.

La superficie del bacino è di poco inferiore ai 13 $Km^2$, mentre la lunghezza del corso d'acqua principale è circa 9 km; si tratta perciò di un bacino di ridotte dimensioni, particolarmente acclive, con il tratto medio-terminale, tra Borgoratti e la foce, orientato circa N-S e la testata (Bavari, San Desiderio) deviata in direzione E-W.

A Nord, lo spartiacque segue i crinali di Monte Forte Ratti (570 m), M. Poggiasco (561 m), M. Castellaro (457 m), M. Riega ( 711 m); prosegue ad Est da M. Proi (833 m) e M Bastia (846 m) e a Sud da M. Fasce (832 m) e da M. Borriga (538 m).

L'andamento del T. Sturla si presenta abbastanza regolare, con un andamento sinuoso fino all'altezza del nucleo di San Desiderio, caratterizzato da ampie anse con modesti accumuli alluvionali. Il tratto successivo è distinto da meandri più marcati, incassati in roccia fino alla zona di Borgoratti, dove il corso riprende le caratteristiche ampie anse fino alla foce.

A valle di S. Desiderio, dalla località Molino Maccagno, il Torrente cambia gradualmente direzione, dalla iniziale NE-SO a N-S ricevendo in sinistra orografica il Rio Pomà, all'altezza di S. Desiderio, e i Rii Mezzano e Ciapon.

Dal punto di vista climatico la valle dello Sturla presenta una distribuzione bimodale delle precipitazione, con due massimi, uno principale autunnale e uno secondario nel periodo primaverile, mentre le temperature registrano i valori più alti nella stagione estiva (agosto) e le minime durante i mesi invernali (gennaio).

Le precipitazioni sono concentrate in massima parte nei mesi invernali ed autunnali, manifestandosi spesso sotto forma di eventi critici di forte intensità.

Mentre le porzioni a quota elevata mantengo l'assetto territoriale originale, con ampie zone a bosco e/o destinate all'attività agricola, le porzioni mediane ed inferiori denotano una sempre più forte pressione antropica con infrastrutture viarie anche di primaria importanza (linea autostradale e ferroviaria).

Le porzioni alla testata del bacino sono caratterizzate dall'accentuata acclività dei versanti, con coperture sciolte ridotte e scarsa urbanizzazione, il bacino rimane ampio fino all'abitato di San Desiderio per l'affioramento del nucleo argilloscistoso che condiziona le forme del paesaggio con frammistione tra tessuto produttivo e residenziale, invadendo talora aree di pertinenza fluviale.

A valle il corso d'acqua si restringe progressivamente ed è caratterizzato da una serie di meandri stretti, spesso interessati da nuclei abitati, insediati a pochi metri dall'alveo.

Il tratto successivo, tra il viadotto autostradale e la foce, presenta un tessuto urbano compatto, fortemente insediato, con una viabilità primaria sviluppata e presenza sporadica di aree dedicate a parco urbano e/o strutture sportive.

## 3.2 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Sulla base dell'osservazione degli affioramenti rocciosi presenti nell'area, si è constatato che le formazioni affioranti appartengono tettonicamente all'Unità del M. Antola, comprendente le formazioni delle Argilliti di Montoggio e il Flysch di M. Antola. (Servizio Geologico Italiano, 1968).

La Formazione del Flysch di Monte Antola, che rappresenta il substrato nel comparto oggetto di intervento, è costituita da depositi di corrente di torbida, in prevalenza calcari marnosi, marne calcaree, calcareniti ed argilliti, disposti in strati di potenza variabile anche nell'ordine del metro, di colore grigio scuro se freschi e grigio chiaro nelle normali condizioni d'alterazione.

La sottostante Formazione delle Argilliti di Montoggio rappresenta il complesso di base emipelagitico ed è costituita in larga parte da argilliti fittamente fogliettate, affioranti nell'area di Bavari e San Desiderio e localmente in piccoli lembi nell'area a Sud dell'abitato di Roncagli. Nella zona urbanizzata, in destra orografica, infine, è presente un limitato affioramento di marne appartenenti alla formazione delle Argille di Ortovero tra Via Timavo, il ponte di Corso Europa e l'alveo dello Sturla. Si tratta di depositi recenti, costituiti da marne argillose grigiastre alternate a sabbie fini e siltiti.

La struttura dominante è data dalla presenza di una mega-antiforme con nucleo argillitico e fianchi in flysch calcareo marnoso che attraversa in senso meridiano il bacino e che ha un marcato controllo sulle strutture geologiche e geomorfologiche di tutta l'area.

Affioramenti estesi del basamento lapideo sono visibili in gran parte del corso d'acqua e lungo i versanti; in particolare nella zona d'intervento si osservano estese zone di affioramento lungo l'alveo, impostato in larga parte nel substrato (Foto 2)

L'assetto strutturale generale è caratterizzato da assi di pieghe in direzione E-W, ai quali si sovrappone una seconda fase con direzione da meridiana ad appenninica.

Analisi strutturali regionali hanno riconosciuto tre fasi deformative principali (Marini, 1997):

- una prima fase che si esplica con pieghe isoclinali coricate, sinscistose, non cilindriche a geometria simile con direzione dell'asse mediamente est-ovest e vergenza Sud;
- una seconda fase con pieghe approssimativamente cilindriche, con estesi fianchi rovesciati, alla quale si accompagnano crenulazione (nei termini argillitici) e di frattura, a ventaglio divergente rispetto al piano assiale; direzione dell'asse meridiana;
- una terza fase, con pieghe cilindriche ad ampio raggio con piano assiale verticale e sistemi di frattura subverticali.

La giacitura dei piani di stratificazione è pertanto variabile in funzione delle deformazioni duttili e fragili che interessano l'intero settore; nel comparto in esame è stato possibile rilevare una giacitura 85/1S.

Le dorsali principali ed i settori più acclivi, nella parte superiore del versante sono caratterizzati dal substrato roccioso affiorante o subaffiorante, con coltri sottili di natura eluviale.

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse in tutta l'area di affioramento delle Argilliti di Montoggio. Queste litologie, quando sono particolarmente alterate, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura, per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, questa coltre ha una potenza superiore ai tre metri.

Spesso le coltri di questo tipo presentano fenomeni di attivazione e morfologie riconducibili a movimenti gravitativi, pertanto risulta talvolta difficile la distinzione fra coltre potente e corpo di frana; dal punto di vista delle coperture, particolare importanza rivestono due

grandi corpi di paleofrana: quello della Sella di Bavari e quello di Pomà, comunque esterni all'area di intervento.

Nell'area in esame, ove scorre il tratto di Torrente Sturla oggetto di adeguamento idraulico, nei materiali sciolti di copertura sono riconoscibili, secondo quanto emerso dalla campagna di indagini eseguita, depositi alluvionali e materiale di riporto. I depositi alluvionali, costituiti da ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa, con intercalate lenti di argilla limosa, sono caratterizzati da potenza variabile, stimabile in un massimo di 10 m circa; tale spessore è emerso dall'esecuzione della MASW 2D che ha evidenziato una potenza significativa dei depositi alluvionali in sponda destra del Torrente Sturla, nel tratto più a valle del settore oggetto di intervento. I depositi alluvionali risultano localmente sovrastati da materiale di riporto, anch'esso di potenza variabile, solitamente inferiore a 3,5 m, conseguenza dell'intensa antropizzazione del comparto, avvenuta anche in prossimità delle sponde del Torrente stesso.

L'area d'intervento, in ambito fortemente urbanizzato, è considerata in condizioni di stabilità poiché non sono stati riscontrati elementi di franosità in atto o potenziali; le opere di contenimento e le strutture d'argine nel settore d'intervento appaiono in discrete condizioni di conservazione senza evidenziare problematiche particolari.

## 3.3 ASPETTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

Il bacino idrografico del T. Sturla, seppure poco esteso, evidenzia, come molti dei bacini che si affacciano sulla città di Genova, un brusco passaggio dalle zone periurbane a caratteristiche ancora rurali ai settori fortemente urbanizzati, che si spingono fino ai nuclei di Borgoratti e Nasche e interessano con nuove edificazioni anche S. Desiderio e Bavari.

In sostanza, si possono distinguere i seguenti comparti, differenti a seconda della pressione antropica:

- una zona prettamente urbana situata nella parte bassa del bacino;
- una parte mediana della valle (stretta e molto acclive) dove si è esercitata una forte azione antropica di diboscamento (specie in destra), con le ovvie conseguenze sulla conservazione del suolo e la stabilità;
- una parte alta della valle (S. Desiderio, Bavari, Sella di Bavari, ecc.) dove una minore acclività, dovuta alle caratteristiche geolitologico-geomorfologiche, ha consentito l'instaurarsi di attività agricole, silvicole e pastorali.

La testata della valle ha, quindi, subito una razionalizzazione dell'uso del suolo, con mantenimento del bosco, il controllo delle aree destinate a pascolo, la parziale preservazione delle tradizionali coltivazioni terrazzate. Per contro l'abbandono di parte delle coltivazioni tradizionali origina gravi rischi di erosione accelerata e dissesto gravitativo, in assenza di manutenzione dei presidi idraulico-agrari.

Complessivamente, il reticolo idrografico è più sviluppato ed articolato nella parte nordorientale del bacino, a monte di S.Desiderio, dove la valle si allarga decisamente e sono presenti i principali affluenti di un certo rilievo. A valle di San Desiderio esistono tre soli affluenti che presentino un qualche sviluppo: il rio Nasche (in destra), il rio Premanico ed il Rio Penego (in sinistra) che, dopo un tratto parallelo allo Sturla, confluisce bruscamente poco a monte della foce.

I corsi d'acqua tributari dello Sturla, brevi e poco ramificati, sono tutti in erosione, in genere forte, con alvei molto incisi e frequenti fenomeni di scalzamento della base dei versanti e conseguenti dissesti gravitativi.

Nello sviluppo e nell'articolazione del reticolo idrografico è evidente il controllo litologico e tettonico-strutturale. Il bacino presenta, così, un tratto più aperto a monte; il corso d'acqua in questa zona segue una direzione NE-SW e presenta un andamento sostanzialmente rettilineo, ed è impostato sulle Argilliti di Montoggio. A partire dalla località Moglie il corso d'acqua incontra la Formazione dei Calcari dell'Antola ed assume un andamento meandriforme cambiando gradualmente direzione, che diventa globalmente N-S; la valle assume una configurazione abbastanza incassata con meandri a curvature anche molto accentuate.

Per quanto riguarda gli affluenti laterali è possibile evidenziare che mentre quelli di destra hanno un andamento prevalente NW-SE circa perpendicolare al torrente principale, quelli di sinistra hanno un andamento più vicino alla direzione E-W.

Sia l'andamento delle aste dei torrenti, sia la morfologia dei meandri evidenziano un reticolo idrografico strettamente controllato da lineazioni tettoniche a direzioni NE-SW e N-S.

Anche i fossi di sinistra nella parte terminale, Rio Penego e Rio Beatella sono impostati sulle medesime direttrici.

A valle di Borgoratti il torrente scorre sui sedimenti della sua piana alluvionale che gradualmente si apre procedendo verso Sud fino alla foce. L'andamento in questo tratto appare meandriforme con anse ampie che scorrono fra le superfici pianeggianti sopraelevate di poco più di un metro rispetto all'alveo delineate dai terrazzi fluviali, in

questo tratto prevalentemente urbanizzati. Gli ampi meandri descritti dal torrente in questo tratto, sebbene potenzialmente liberi di spostarsi sulla piana, sono confinati tra arginature in pietra e opere di contenimento.

La forma del Bacino e il modellamento dei versanti risultano influenzati, oltre che dalla tettonica, dall'assetto strutturale e dalla litologia, in particolare dall'erodibilità dei diversi litotipi. Le pendenze sono elevate nelle zone di affioramento dei Calcari dell'Antola mentre, dove affiorano le Argilliti di Montoggio, l'acclività è assai minore.

La rete superficiale è comunque condizionata dalla presenza delle strade e delle pedonali che attraversano il bacino che funzionano spesso come canale di gronda delle acque superficiali, raccogliendo e smaltendo le acque meteoriche nel reticolo idrografico naturale.

Le aree di affioramento delle Argilliti di Montoggio possono essere considerate impermeabili mentre la permeabilità della Formazione dell'Antola è molto variabile a seconda della facies e della sua fratturazione. Nel complesso i calcari marnosi dell'Antola si possono considerare impermeabili localmente ma permeabili a grande scala per fratturazione, talvolta accentuata da corrosione carsica.

Tale caratteristica è molto importante in quanto spesso le acque di infiltrazione formano una vera e propria falda (o meglio "acqua di fondo") al contatto tra i calcari dell'Antola e le sottostanti argilliti generando, nelle zone di affioramento della falda, aree di impregnazione caratterizzate da marcata instabilità.

Le aree urbanizzate, a elevata densità, sono praticamente impermeabili a causa dell'alto grado di copertura dei suoli e la scarsa presenza di aree a verde pubblico e di superfici esposte che, se presenti, permetterebbero la filtrazione nel sottosuolo.

Da segnalare anche, nel bacino del rio Pomà, la presenza di due piccole sorgenti carsiche che fuoriescono da due cavità impostate su bancate più calcaree della Formazione dell'Antola (Tana Suia e Pertuso do Paolin).

# 4 CAMPAGNA DI INDAGINI

Nell'area oggetto di intervento è stata eseguita un'approfondita campagna di indagini finalizzata alla ricostruzione del modello geologico del sito e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti in sottosuolo. Date le caratteristiche dell'intervento a progetto, la zona in esame molto estesa e i luoghi intensamente antropizzati, non sempre di facile accessibilità, a campagna di indagini è stata programmata in modo da ovviare ad impedimenti logistici e nel contempo fornire le informazioni necessarie alla corretta

progettazione. Le indagini dirette sono state concentrate nelle aree in cui sono previste opere strutturali di maggiore rilievo, quali le nuove spalle del ponte o i nuovi muri in c.a. fondati su pali, mentre indagini indirette, di tipo geofisico, sono state programmate su entrambe le sponde del torrente, per estendere la caratterizzazione dei terreni alle aree interessate dalla costruzione delle nuove arginature (per la precisa ubicazione delle indagini si rimanda alla Figura 2 del "Rapporto relativo alla campagna d'indagine eseguita", allegato a fondo testo.

La campagna di indagine ha compreso le seguenti indagini geognostiche e geofisiche in situ:

1. n°2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici perforati a carotaggio continuo sono stati spinti fino alla profondità di 15.00 m (S5) e 13.50 m (S6) da p.c. In corso di perforazione sono state eseguite n°8 prove S.P.T. in foro (4 per ciascun sondaggio) a differenti profondità (ogni 1,5 m fino alla profondità di 6 m) e sono stati prelevati n°2 campioni indisturbati (uno in ciascun foro di sondaggio), mediante campionatore Shelby, e n°2 campioni rimaneggiati di terreno (sempre uno per ciascun foro), da sottoporre ad analisi e prove di laboratorio, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni indagati, i cui risultati sono dettagliatamente riportati nell'allegato ""Rapporto relativo alla campagna di indagini"; nel seguito si indica quanto svolto:

- scheda generale descrittiva del campione;
- prove di identificazione;
- limiti di Atterberg;
- analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- prova di taglio diretta.

Sulle carote di terreno estratte e raccolte nelle cassette catalogatrici sono stati inoltre condotti alcuni test speditivi per stimarne le caratteristiche di resistenza (pocket penetrometer, vane test).

I fori di sondaggio sono stati infine attrezzati con tubo piezometrico, cieco nei primi tre metri, per il monitoraggio dell'andamento della falda.

Le letture freatimetriche si riassumono nella seguente tabella:

| Sondaggio n. | Data lettura | Profondità della falda dal p.c. |
|---|---|---|
| S5 | 16.05.2016 | - 4,05 m |
| | 21.09.2016 | - 4,08 m |
| | 18.10.2016 | - 4,10 m |
| S6 | 05.05.2016 | - 4,10 m |
| | 16.05.2016 | - 4,27 m |
| | 21.09.2016 | - 4,30 m |
| | 18.10.2016 | - 4.30 m |

2. n°1 stesa sismica con onde P (Tomografia sismica)

La tomografia sismica in onde P è stata eseguita a 24 canali, per una lunghezza totale dello stendimento pari a 72 m in sponda sinistra del Torrente Sturla, nel settore immediatamente a valle del ponte oggetto di demolizione e spostamento

3 n°2 stese sismiche con onde SH (Tomografia sismica)

Le due stese sismiche con onde SH sono invece state condotte a 12 canali, con geofoni posizionati ogni 3,5 m nella stesa con stendimento pari a 60 m, ossia quella realizzata in sponda sinistra in prossimità del viadotto di Corso Europa e ogni 5 m nella stesa con stendimento pari a 42 m, realizzata nel settore di valle dell'intervento sul piazzale antistante il capannone industriale con accesso da Via Nino Franchi.

4 n°1 stesa sismica MASW 2D

La stesa sismica MASW 2D, avente lunghezza pari a 265 m, per una porzione interpretata di 216 m, è stata eseguita con 24 geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz, posizionati a distanza di 2 m l'uno dall'altro (lunghezza del singolo array sismico pari a 46 m) ed è stata realizzata in sponda destra del torrente Sturla, lungo Via Pontevecchio.

## 5 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Tutti i risultati emersi dalla campagna di indagini svolta, contenuti nel relativo rapporto, vengono riportati in calce alla presente. In merito all'interpretazione dei dati da essa emersi si rimanda a quanto riportato nel seguente capitolo.

In base alle risultanze delle indagini effettuate è stata definita la stratigrafia del sito ed è stato ricostruito il modello geologico di riferimento, così come riportato nelle tre sezioni geologiche interpretative in allegato (Tavole F – G - H). In dettaglio, le stratigrafie dei sondaggi hanno mostrato la presenza di quattro distinti orizzonti, ciascuno dei quali è stato

successivamente sottoposto a prove in situ e analisi di laboratorio per la relativa caratterizzazione geotecnica. Nel seguito si descrivono brevemente le caratteristiche delle diverse tipologie di terreno:

MATERIALE DI RIPORTO

Questo materiale, riporto e terreno rimaneggiato costituito da ghiaia sabbioso-limosa mediamente addensata con abbondanti frammenti lapidei eterometricil, è stato reperito in entrambi i sondaggi al di sotto del piano stradale e presenta uno spessore compreso tra 1,3 m e 3,5 m.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Depositi alluvionali rappresentati da ciottoli e ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso limosa, con locali lenti decimetriche di argilla limosa, con spessore complessivo del deposito variabile da 8,2 m in S5 a 5,3 m in S6. Le alluvioni sono sede di falda acquifera, la cui superficie, in livello ordinario, si attesta a profondità variabili tra 4,08 m (S5) e 4,30 m (S6) da p.c.

CAPPELLACCIO DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO

Calcari marnosi di colore grigio, alterati, molto fratturati e destrutturati immersi in abbondante matrice limoso argillosa di colore ocra.

SUBSTRATO ROCCIOSO (FLYSCH DI M. ANTOLA)

Substrato roccioso di natura calcareo-marnosa di colore grigio, con struttura tipicamente litoide e grado di fratturazione medio. Sono presenti frequenti vene calcitiche di colore bianco. I parametri di resistenza riportati nei paragrafi successivi relativi ai calcari marnosi sono stati desunti da numerosi studi ed indagini pregresse effettuate dalle scriventi sulla medesima formazione rocciosa in aree limitrofe a quella in esame.

Le caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti presenti sono state desunte dalle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio. Sono state sviluppate le interpretazioni dei dati così ottenuti, attraverso l'impiego di correlazioni empiriche note in letteratura e ritenute idonee ai terreni attraversati [Gibbs – Holtz, 1957 – Bazaara, 1967 – NAVFAC DM- 7, 1971 – Terzaghi – Peck, 1967 – Bjerrum – Simmons, 1960 – Karlsson – Viberg, 1967]. I dati ottenuti sono stati poi analizzati statisticamente, al fine di ottenere i parametri geotecnici caratteristici da attribuire ai materiali sciolti, rappresentati nell'area in esame da materiali di

riporto e depositi alluvionali. In particolare, avendo a disposizione un ridotto numero di dati (ncampioni< 30) si è fatto riferimento alla distribuzione di Student.

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive delle prove SPT effettuate, con i relativi valori ottenuti per l'angolo di attrito efficace e l'analisi statistica dei dati così ricavati.

| SONDAGGIO S5 | | |
|---|---|---|
| **Profondità da p.c.** | **Terreno** | **Φ (°) (da SPT)** |
| 1.50 m | Depositi alluvionali | 31 |
| 3.00 m | | 44 |
| 4.50 m | | 35 |
| 6.00 m | | 38 |

| SONDAGGIO S6 | | |
|---|---|---|
| **Profondità da p.c.** | **Terreno** | **Φ (°) (da SPT)** |
| 1.50 m | Materiale di riporto | 31 |
| 3.00 m | | 37 |
| 4.50 m | Depositi alluvionali | 32 |
| 6.00 m | | 33 |

Sulla base dell'analisi statistica condotta sui valori ottenuti dalle prove SPT e dalle prove di laboratorio è pertanto possibile attribuire all'angolo di attrito dei livelli individuati il seguente valore caratteristico:

- Materiale di Riporto:

$$\phi'k = 28°$$

- Depositi alluvionali:

$$\phi'k = 30°$$

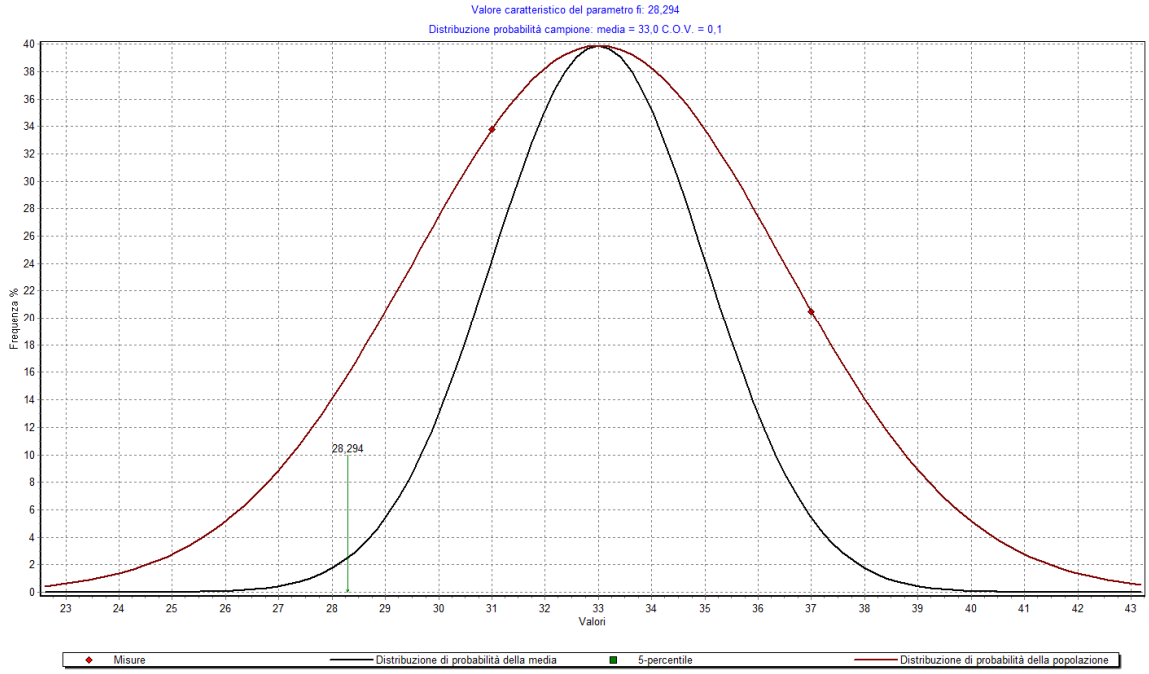



Fig. 1 - Distribuzione statistica dei valori ottenuti per l'angolo di attrito per il materiale di riporto

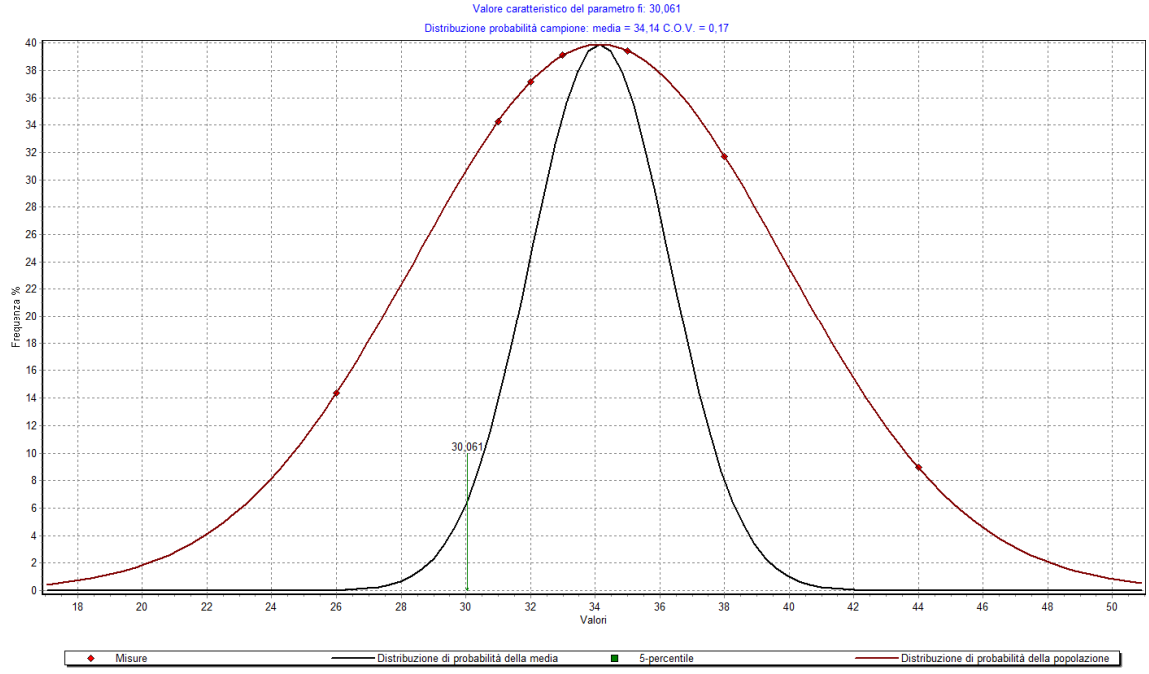



Fig. 2 - Distribuzione statistica dei valori ottenuti per l'angolo di attrito per i depositi alluvionali

In base alle indagini geofisiche condotte è stato possibile stimare la velocità delle onde Vs nei primi 30 m dal p.c. ($V_s30$), per il dettaglio delle quali si rimanda alla Tabella 1 del "Rapporto relativo alla campagna d'indagine eseguita", in allegato alla presente relazione. In sintesi, le $V_s30$, calcolate a partire dal piano campagna, variano indicativamente tra i 620 m/s e i 1240 m/s; il dato ricavato da ogni singola indagine MASW, in base alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D,M,14-01-2008), sulla base dei valori di VS,30 individuati e considerato che il substrato (bedrock) è stato individuato nei primi 20 metri, fa ricadere principalmente l'area di studio nella Categoria di Suolo Sismico E, ovvero: "*Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s)*". Da tale considerazione va esclusa la porzione che va dalla verticale 1 alla 6, in quanto in tale settore sarebbe possibile assumere la Categoria di Suolo A.

Preso in considerazione l'effettivo piano d'imposta delle fondazioni delle nuove opere, che varia in funzione dei differenti interventi, e considerata la soluzione progettuale di realizzare pali di fondazione per alcuni tratti dei nuovi muri d'argine, valuti il progettista se considerare distintamente i due differenti suoli di fondazione (Suolo E ovvero Suolo A) oppure se procedere cautelativamente a considerare in modo omogeneo un unico suolo di fondazione (Suolo E).

## 5.1 DATI GEOTECNICI DI SINTESI

In base alle indagini effettuate e all'esperienza delle scriventi si definiscono i seguenti parametri geotecnici per i materiali presenti nell'area in studio, da impiegare nella progettazione esecutiva dell'intervento di sistemazione idraulica.

In merito alla stratigrafia del sito, cui i parametri si riferiscono, si rimanda alle sezioni geologiche interpretative allegate a fondo testo. Di seguito si riportano i dati di sintesi di quanto emerso dalle prove realizzate, dalle analisi di laboratorio condotte sui campioni prelevati o, per quanto concerne unicamente il substrato roccioso, da studi ed indagini pregresse svolte sulla medesima formazione (ove la stessa è meglio esposta e caratterizzabile).

MATERIALE DI RIPORTO

- Densità relativa (Dr): 45%
- Peso di volume ($\gamma_{nat}$): 19 kN/m$^3$
- Angolo di attrito efficace ($\phi_k$'): 28°
- Coesione (c): 0 kg/cm$^2$

DEPOSITI ALLUVIONALI

- Densità relativa (Dr): 60%
- Peso di volume ($\gamma_{nat}$): 19 kN/m$^3$
- Angolo di attrito efficace ($\phi'_k$): 30°
- Coesione (c): 0 kg/cm$^2$

CAPPELLACCIO DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO

- Peso di volume ($\gamma$): 22 kN/m$^3$
- Angolo di attrito efficace ($\phi'_k$): 35°
- Coesione (c'): 0,5 kg/cm$^2$

SUBSTRATO ROCCIOSO (CALCARI M.TE ANTOLA)

- Peso di volume ($\gamma$): 24 kN/m$^3$
- Angolo di attrito efficace ($\phi'_k$): 40°
- Coesione (c'): 2 kg/cm$^2$

# 6 RIFERIMENTI AMMINISTRATIVI

## 6.1 DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Sono state prese in esame le prescrizioni generali inerenti gli interventi proposti (§ 6.1.2), le indicazioni sulla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1) e quelle sulla caratterizzazione e modellazione geotecnica (§ 6.2.2).

Si è fatto infine riferimento alle prescrizioni relative alla posa delle fondazioni su pali (§ 6.4.3). Vista la situazione geologica, stratigrafica, idrogeologica e geotecnica del sito e l'esito della campagna d'indagini effettuata, in riferimento a quanto precedentemente riportato, preso in considerazione l'effettivo piano d'imposta delle fondazioni delle nuove opere, che varia in funzione dei differenti interventi, e considerata la soluzione progettuale di realizzare pali di fondazione per alcuni tratti dei nuovi muri d'argine, valuti il progettista se considerare distintamente i due differenti suoli di fondazione (Suolo E ovvero Suolo A) oppure se procedere cautelativamente a considerare in modo omogeneo un unico suolo di fondazione (Suolo E).

## 6.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista amministrativo la zona in esame risulta parzialmente soggetta a vincolo idrogeologico: in particolare, la sponda sinistra del Torrente Sturla ricade in area sottoposta a vincolo (L.R. 4/99), mentre la sponda destra ricade all'esterno della zona vincolata.




Fig. 3: Carta del Vincolo Idrogeologico

A seguito delle indagini effettuate e in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo, regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali, si può affermare che l'intervento proposto risulta conforme con quanto prescritto in detta normativa e che l'intervento a progetto, trattandosi della sistemazione idraulica del torrente, con la realizzazione di nuovi argini e sistemazioni spondali, risulta comunque migliorativo nei confronti dell'assetto idrogeologico dell'intero comparto.

## 6.3 NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE

L'area interessata dall'intervento a progetto è individuata, nella cartografia del PUC del Comune di Genova, in zona B - urbanizzata, ovvero in "Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata", come riportato in Figura 3.

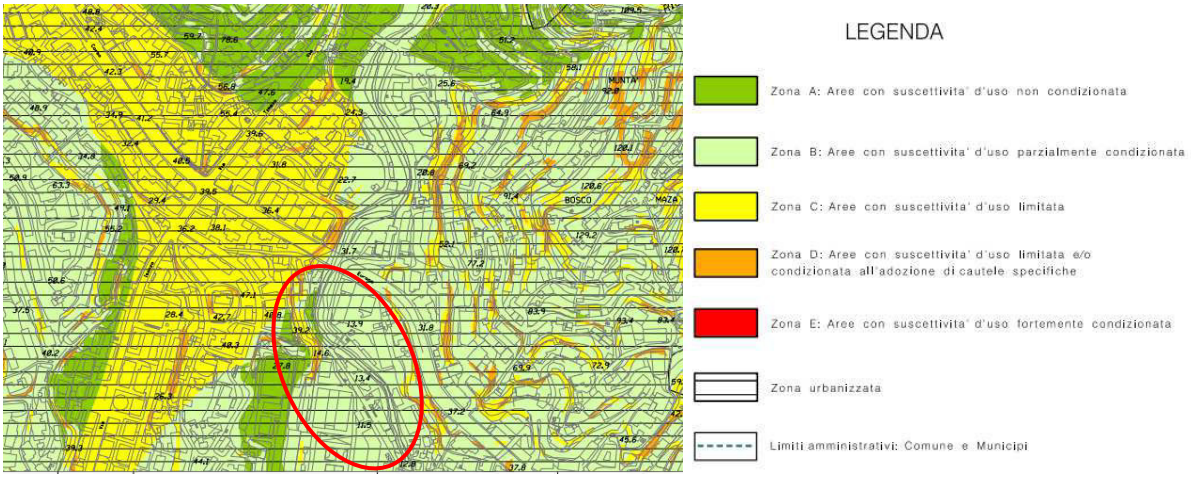



Fig. 4: Carta della zonizzazione geologica del territorio

Per completezza in Fig. 4 si riporta lo stralcio della Carta dei Vincoli geomorfologici ed idraulici, nella quale sono perimetrate le aree relative all'"Alveo attuale" e alle "Aree inondabili con diversi tempi di ritorno".

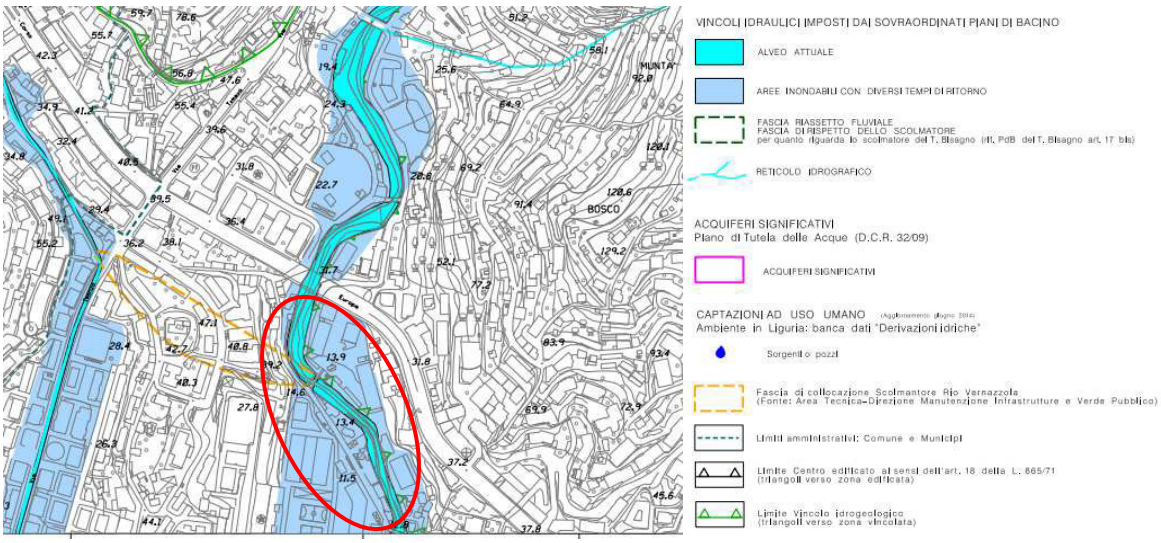



Fig. 5: Carta dei Vincoli geomorfologici ed idraulici

## 6.4 PIANO DI BACINO

La zona in esame ricade all'interno del Piano di Bacino - Ambito 14, approvato con D.C.P. n°66 del 12.12.2002 e successivamente modificato con D.G.R. n°998 del 28/10/2016, variante entrata in vigore il 23/11/2016.

Nella carta della suscettività al dissesto (Fig. 5), la zona in esame viene classificata, in parte, come "Pg0" ossia "*area caratterizzata da una suscettività al dissesto molto bassa*" e, in parte, come "Pg1" ossia "*area caratterizzata da una suscettività al dissesto bassa*".

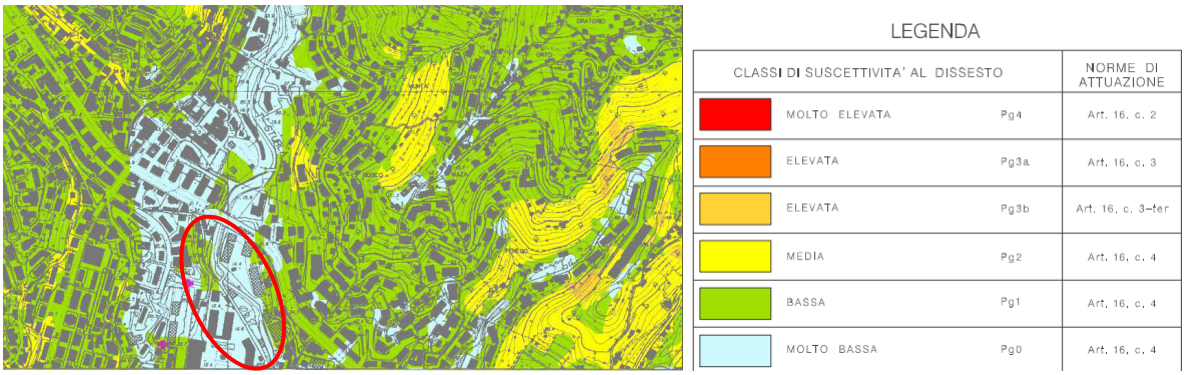



Fig. 6: Carta della suscettività al dissesto

Secondo quanto previsto dalle norme di attuazione (Sezione II – art. 16, c. 4), per le aree classificate "Pg0" e "Pg1" si demanda ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione dei relativi strumenti urbanistici, la definizione della disciplina specifica. Pertanto, in riferimento a quanto fin qui esposto, non emergono, a giudizio delle scriventi, elementi ostativi alla realizzazione dell'opera.

In Figura 6 viene riportato lo stralcio fuori scala della Carta delle fasce di inondabilità, dalla quale si evince che l'area oggetto di intervento si colloca quasi interamente in "Fascia A". L'obiettivo delle opere a progetto è proprio la riduzione del rischio idraulico connesso con tale sito.

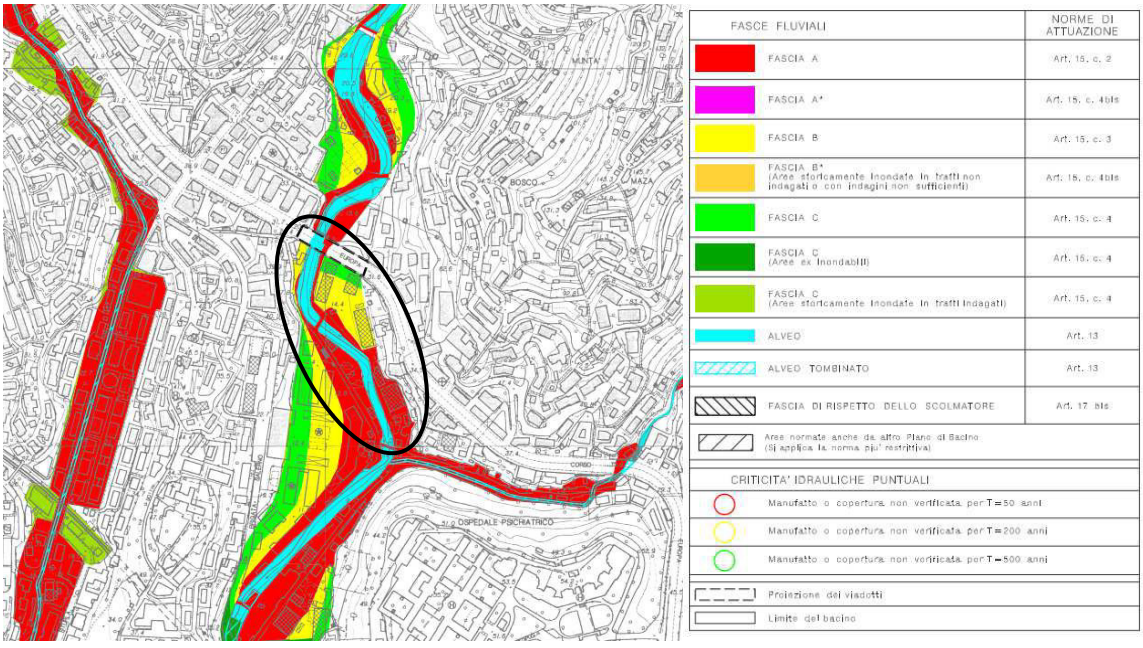



Fig. 7: Carta delle fasce di inondabilità

# 7 INDICAZIONI OPERATIVE

Le indagini svolte hanno avuto come obiettivo principale quello di chiarire l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'area in studio, allo scopo di individuare la tipologia fondazionale e di scavo più idonea per gli interventi a progetto.

Le maggiori difficoltà emergenti dalla visione del progetto appaiono quelle derivanti dalla necessità di dover eseguire gli scavi senza pregiudicare la stabilità del comparto e dei manufatti ad esso adiacenti e di dover in ultimo assicurare la totale stabilità del complesso terreno-manufatti.

In stato di progetto, in relazione alla tipologia di intervento previsto e alla stratigrafia del sito, la stabilità del pendio è unicamente vincolata al corretto dimensionamento delle strutture e delle opere di contenimento dei fronti realizzati.

In questa sede si ricorda come, in relazione alla tipologia dei materiali presenti ed alla quota della falda freatica, dovranno essere valutati sistemi di protezione contro i fenomeni di sifonamento, nei quali si potrebbe incorrere durante le fasi di scavo e realizzazione delle opere.

Viste le principali caratteristiche geologico-geotecniche individuate nell'area sottoposta ad indagine si indicano le seguenti modalità operative per la realizzazione dell'opera:

- per la realizzazione delle fondazioni valuterà il progettista se fare ricorso a fondazioni di tipo diretto, appoggiate sui depositi alluvionali presenti o se ricorrere a fondazioni profonde;
- si sottolinea la necessità di creare un adeguato sottofondo di materiale inerte prima di procedere alla realizzazione delle opere di fondazione;
- i fronti di scavo non dovranno mai rimanere aperti a lungo, dovranno essere eseguiti per campioni di lunghezza non eccessiva e sagomati secondo angoli compatibili con le caratteristiche di resistenza indicate nei precedenti capitoli;
- in relazione alla tipologia dei materiali presenti ed alla quota della falda freatica, dovranno essere valutati sistemi di protezione contro i fenomeni di sifonamento, nei quali si potrebbe incorrere durante le fasi di scavo e realizzazione dell'opera;
- predisporre, nel caso si rendesse necessario, sistemi di pompaggio atti ad allontanare l'acqua dalle zone di scavo durante le fasi di realizzazione dell'opera;

- effettuare una efficiente regimazione delle acque del comparto e munire i nuovi muri di contenimento di un numero adeguato di barbacani, che consentano lo smaltimento delle acque a tergo delle nuove opere di contenimento;
- per il dimensionamento delle opere fare riferimento alle sezioni geologiche allegate alla presente e ai parametri geotecnici precedentemente riportati.

## 8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di quanto fin qui esposto e considerando:

- il contesto idro-geomorfologico in cui l'opera a progetto si inserisce,
- le condizioni del sito interessato,
- la tipologia e dell'entità dell'intervento,

si può affermare che quanto previsto dal progetto preso in esame è conforme al D.M. 14.01.2008, alla L.R. 4/99, alle norme geologiche di attuazione del PUC del Comune di Genova ed al Piano di Bacino – Ambito 14, vigente per l'area esaminata.

Nulla osta quindi, a giudizio delle scriventi e per quanto di loro competenza, alla fattibilità dell'intervento a progetto, tenuto debito di quanto contenuto nel presente documento.

Dott. Geol. Alessandra FANTINI




Dott. Geol. Michela RACCOSTA



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



Foto 1 – Vista del ponte che verrà demolito e ricostruito



Foto 2 – Vista del tratto di Torrente Sturla, oggetto di intervento posto a monte del ponte di Via Pontevecchio (di cui alla Foto 1).
La freccia indica il substrato affiorante in sponda destra




Foto 3 – Vista del tratto di Torrente Sturla, oggetto di intervento posto a valle del ponte di Via Pontevecchio (di cui alla foto 1)

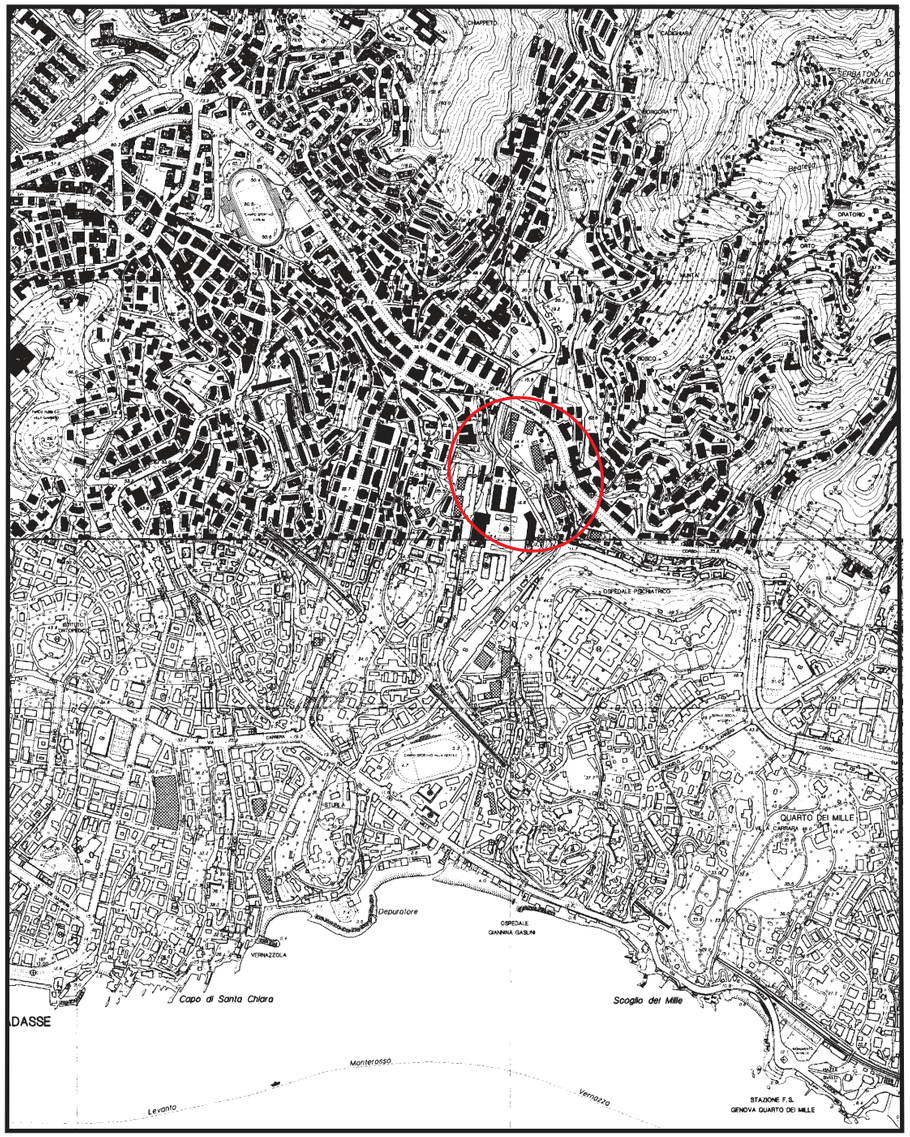


Foto 4 – Vista dell'ultimo settore di valle (sponda sinistra) dell'area oggetto di intervento

## COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO
in scala 1:25000



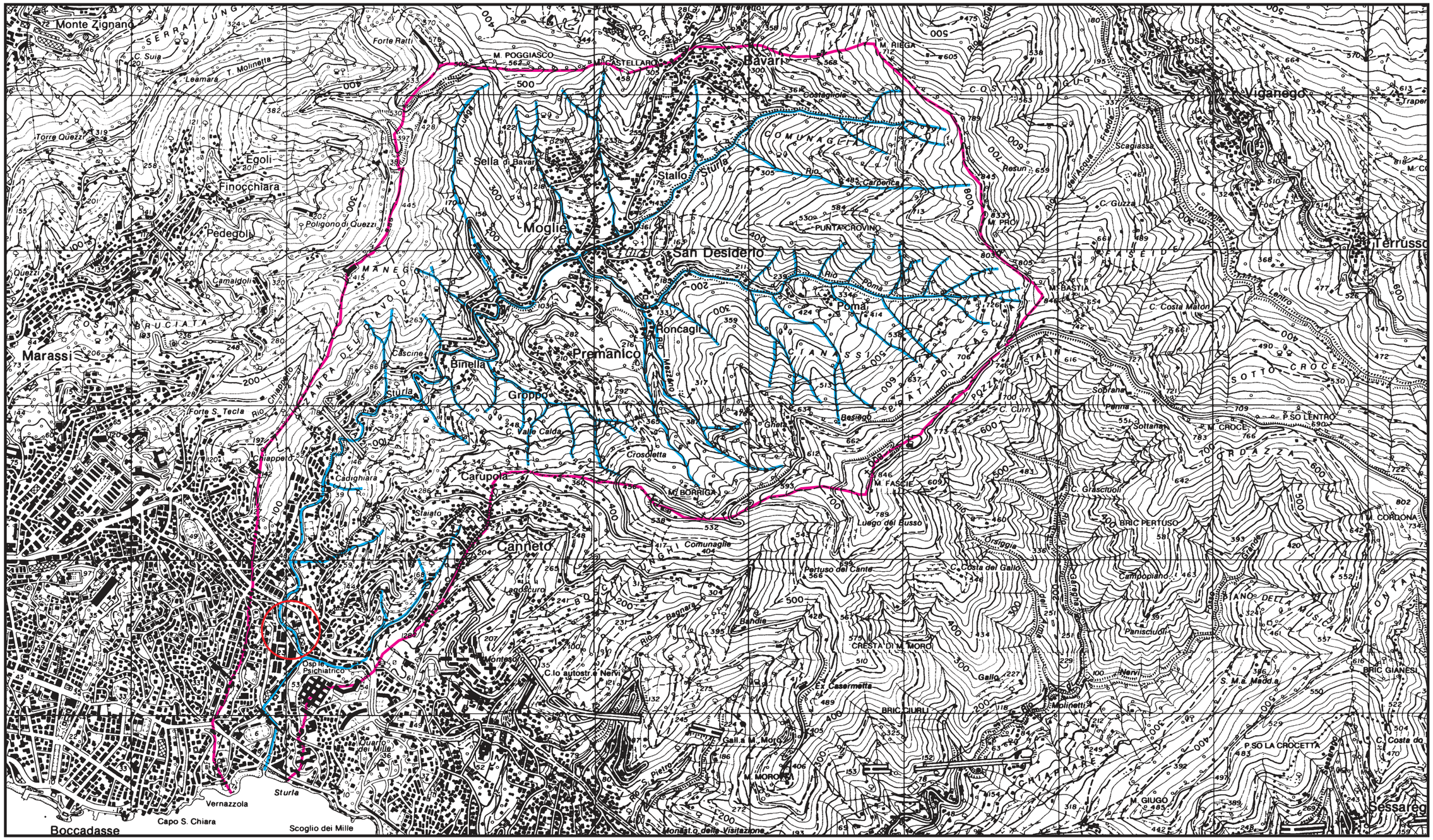

## COROGRAFIA GENERALE
in scala 1:10000




Tratto del Torrente Sturla oggetto di sistemazione idraulica

| | | |
|---|---|---|
| TAVOLA A | COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO E COROGRAFIA GENERALE | SCALA 1:25000 / 1:10000 |


GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel./Fax 010.3198881 - Cell. 339.3335866 Cell. 335.5704033



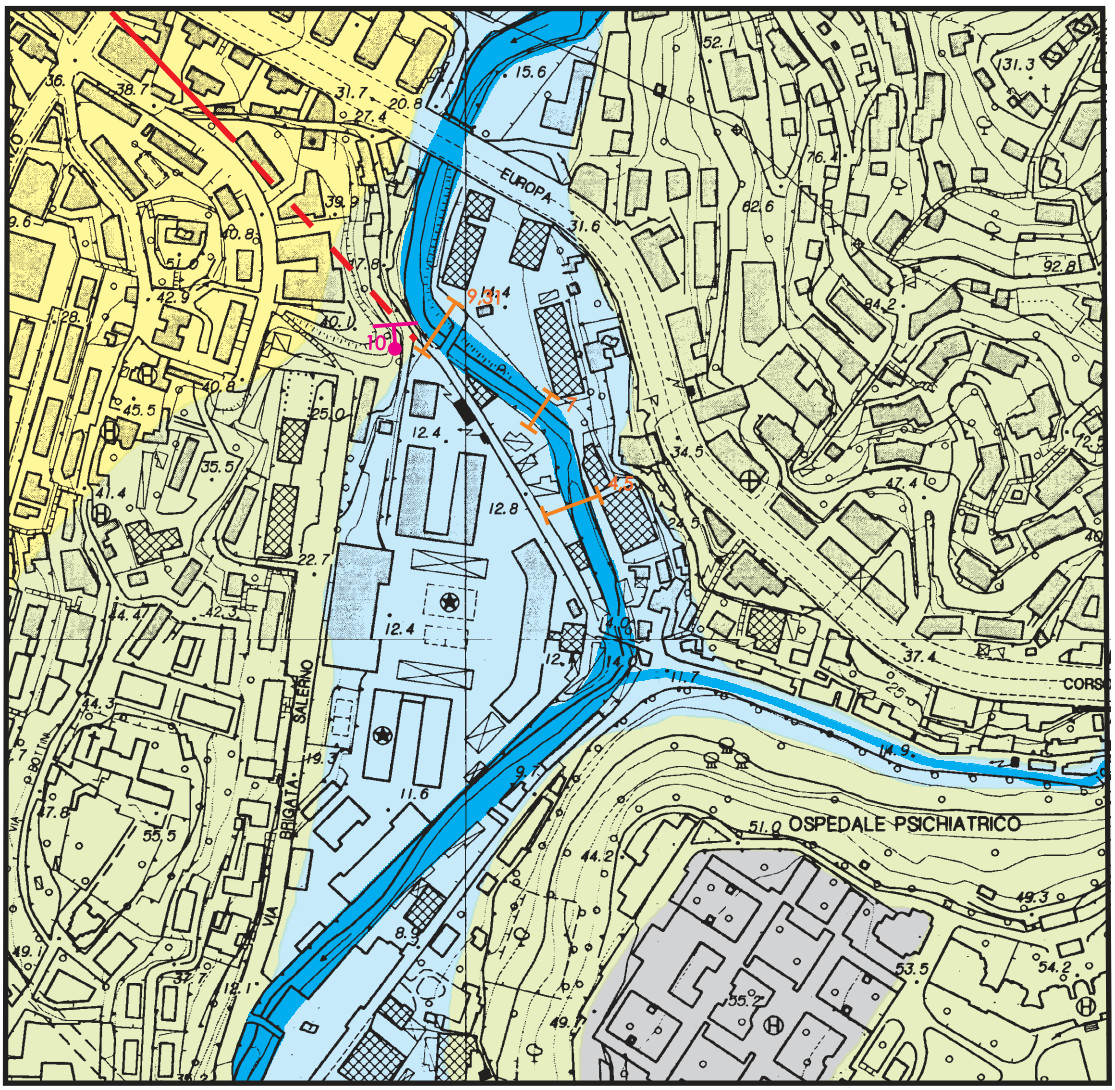

Reticolo idrografico afferente al Torrente Sturla

Spartiacque idrologico

Area d'intervento

| TAVOLA B | COROGRAFIA DEI BACINI | SCALA 1:25000 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel./Fax 010.3198881 - Cell. 339.3335866 Cell. 335.5704033




Alveo attuale

Depositi alluvionali (Ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa con lenti di argilla limosa)

Formazione del M.Antola: torbiditi calcareo-marnose, alternate ad arglilliti emipelagiche

Formazione Argille di Ortovero: argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini

Riporti di origine antropica

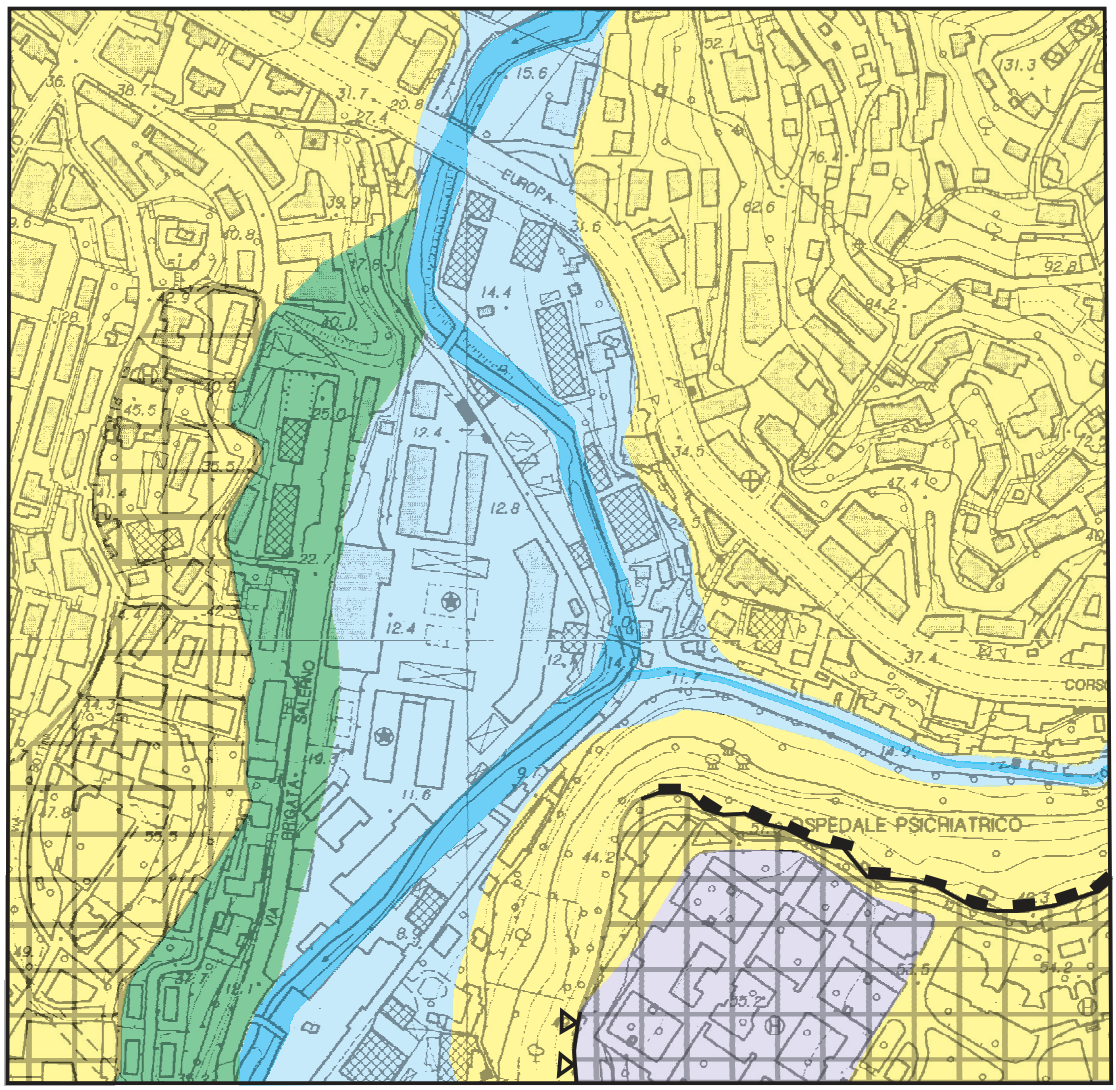
Lineazione tettonica certa o presunta

60 Giacitura delle superfici di strato

X Traccia sezione geologica interpretativa n X

| TAVOLA C | CARTA GEOLOGICA | SCALA 1:5000 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel./Fax 010.3198881 - Cell. 339.3335866 Cell. 335.5704033




Alveo attuale

Depositi alluvionali antichi e recenti terrazzati

Roccia affiorante e/o subaffiorante con coperture detritiche inferiori a 1 m (Formazione dei Calcari di Monte Antola)

Coltri eluvio-colluviali e/o miste di spessore compreso tra 1 e 3 m

Terrazzi marini

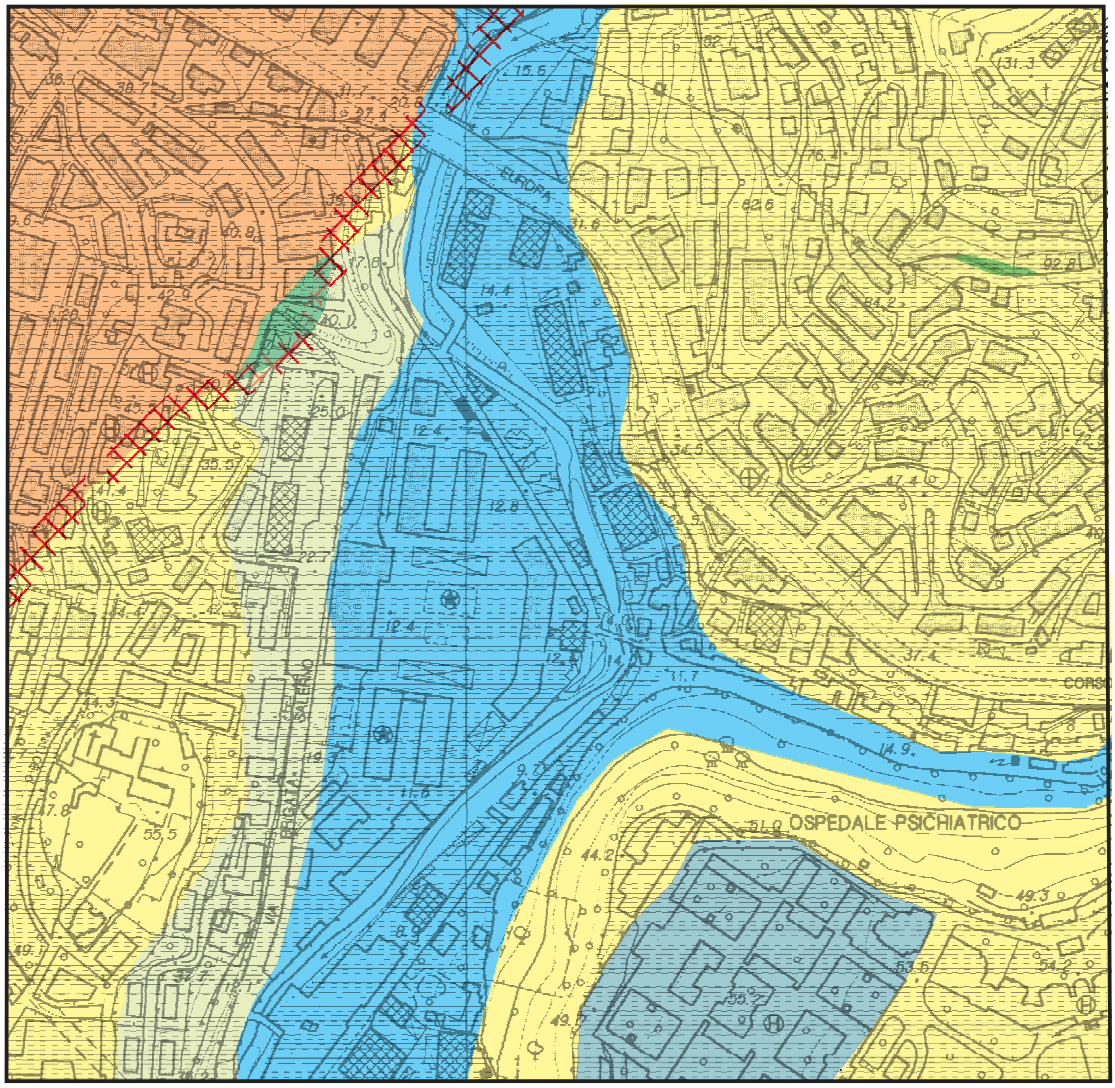
Superfici ampiamente rimaneggiate: riporti

Orlo di terrazzo marino

Scarpata di origine antropica

| TAVOLA D | CARTA GEOMORFOLOGICA | SCALA 1:5000 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel./Fax 010.3198881 - Cell. 339.3335866 Cell. 335.5704033




Zone permeabili per porosità
(Depositi alluvionali).

Zone permeabili per porosità su substrati permeabili o semipermeabili
(Coperture sciolte)

Zone permeabili per porosità su substrati impermeabili
(Coperture sciolte)

Zone permeabili per fessurazione e/o carsismo.
(Ammassi rocciosi)

Zone impermeabili.

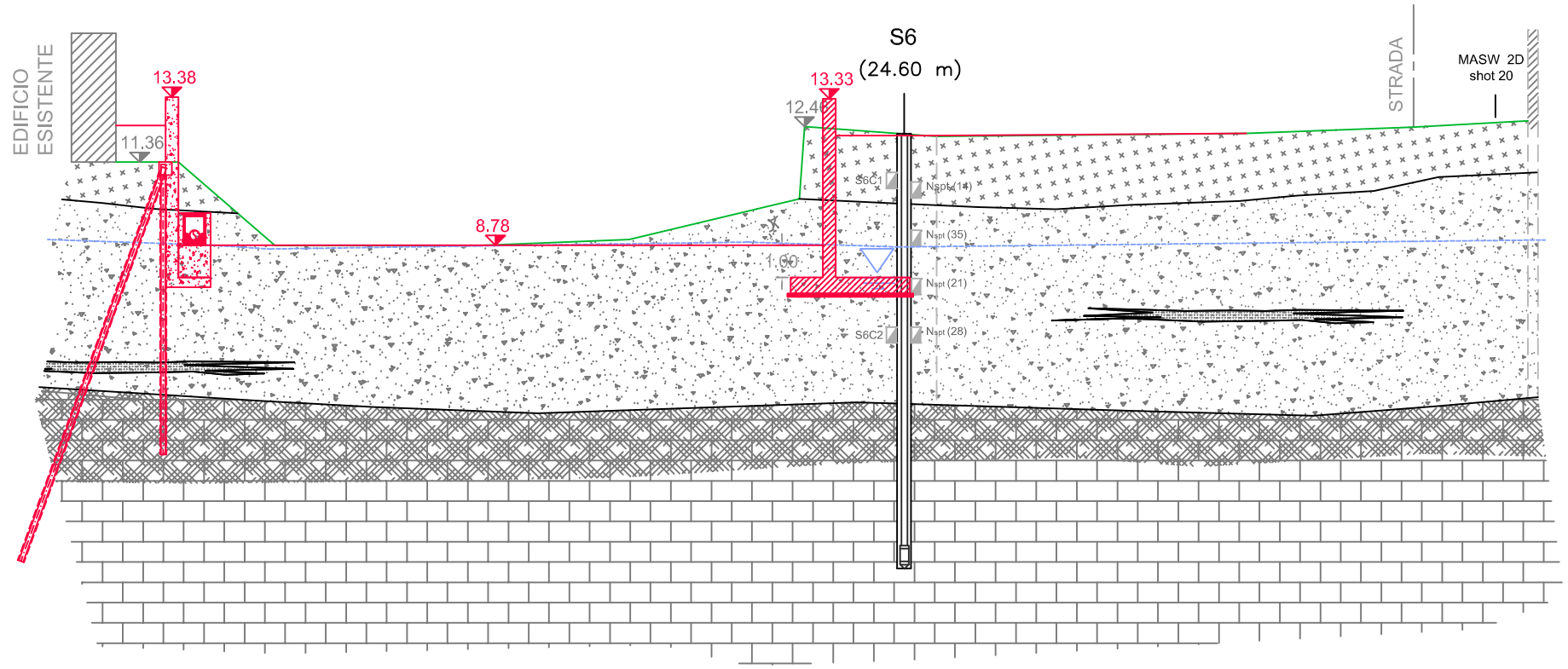
Zone a permeabilità variabile.
(Riporti)

Zone ad alto contrasto di permeabilità.

Zone urbanizzate sostanzialmente impermeabili.

| TAVOLA E | CARTA IDROGEOLOGICA | SCALA 1:5000 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14/1 - 16145 GENOVA
Tel./Fax 010.3198881 - Cell. 339.3335866 Cell. 335.5704033




## LEGENDA

Riporto e terreno rimaneggiato costituito da ghiaia sabbioso-limosa mediamente addensata con abbondanti frammenti lapidei eterometrici

Depositi alluvionali rappresentati da ciottoli e ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso limosa con lenti decimetriche di argilla limosa

a. Substrato roccioso di natura calcareo-marnosa (Flysch di M.Antola): a. molto alterato e fratturato, cappellaccio d'alterazione;
b. b. con struttura tipicamente litoide e grado di fratturazione medio

Profilo stato di progetto

Profilo stato attuale

ST01 (shot 3) — Prospezioni geofisiche in onde SH, P e tipo Masw (tra parentesi è indicato il numero di shot intercettato)

S6 (24.60 m) — Sondaggio geognostico eseguito a carotaggio continuo ad asse verticale con recupero di materiale (tra parentesi è indicata la distanza dall'asse della sezione)

$N_{spt}$ (10) — Prova SPT con indicazione del numero di colpi/piede

S6C1 — Campione prelevato con indicazione del sondaggio di riferimento

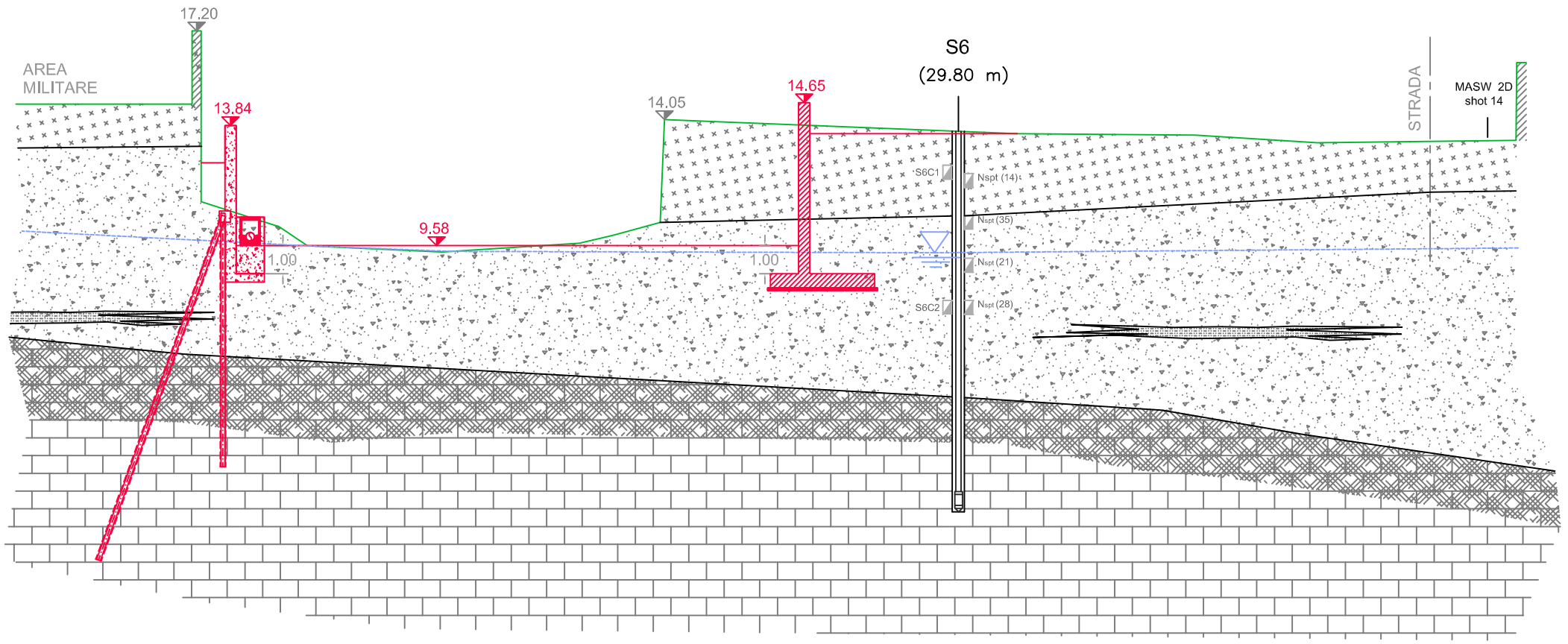
Sondaggio geognostico condizionato con tubo piezometrico

Livello di falda misurato

Livello di falda in regime ordinario

| TAVOLA F | SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 4.5 | SCALA 1:200 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14 int. 1 - 16145 GENOVA
Tel. - Fax. 010.3198881 - Cell. 339.3335866 - Cell. 335.5704033




## LEGENDA

Riporto e terreno rimaneggiato costituito da ghiaia sabbioso-limosa mediamente addensata con abbondanti frammenti lapidei eterometrici

Depositi alluvionali rappresentati da ciottoli e ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso limosa con lenti decimetriche di argilla limosa

Substrato roccioso di natura calcareo-marnosa (Flysch di M.Antola):
a. molto alterato e fratturato, cappellaccio d'alterazione;
b. con struttura tipicamente litoide e grado di fratturazione medio

Profilo stato di progetto

Profilo stato attuale

ST01
shot 3
Prospezioni geofisiche in onde SH, P e tipo Masw (tra parentesi è indicato il numero di shot intercettato)

S6
(24.60 m)
Sondaggio geognostico eseguito a carotaggio continuo ad asse verticale con recupero di materiale (tra parentesi è indicata la distanza dall'asse della sezione)

$N_{spt}$ (10)
Prova SPT con indicazione del numero di colpi/piede

S6C1
Campione prelevato con indicazione del sondaggio di riferimento

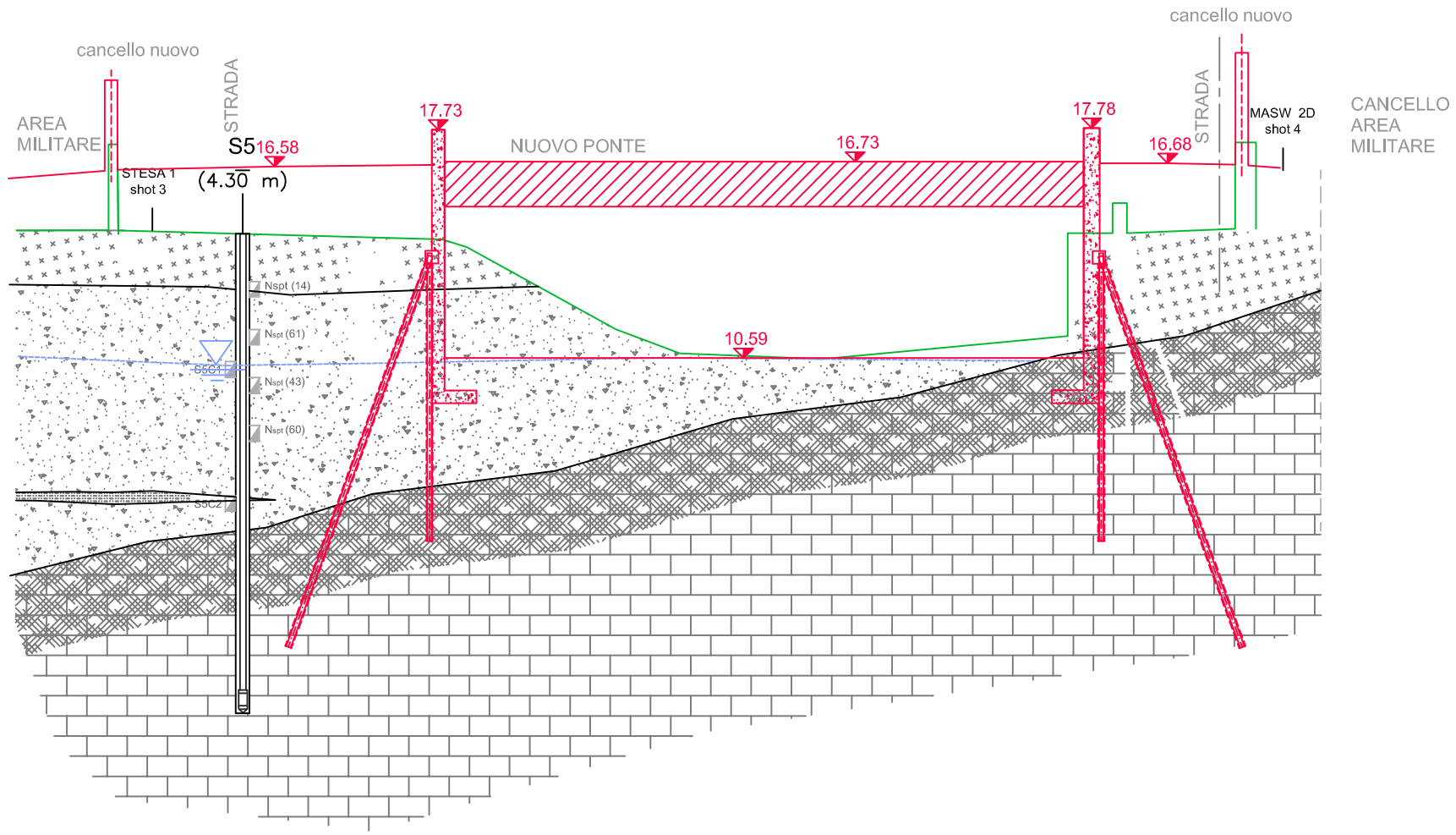
Sondaggio geognostico condizionato con tubo piezometrico

Livello di falda misurato

Livello di falda in regime ordinario

| TAVOLA G | SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 7 | SCALA 1:200 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14 int. 1 - 16145 GENOVA
Tel. - Fax. 010.3198881 - Cell. 339.3335866 - Cell. 335.5704033




## LEGENDA

Riporto e terreno rimaneggiato costituito da ghiaia sabbioso-limosa mediamente addensata con abbondanti frammenti lapidei eterometrici

Depositi alluvionali rappresentati da ciottoli e ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso limosa con lenti decimetriche di argilla limosa

a. Substrato roccioso di natura calcareo-marnosa (Flysch di M.Antola): a. molto alterato e fratturato, cappellaccio d'alterazione;
b. b. con struttura tipicamente litoide e grado di fratturazione medio

Profilo stato di progetto

Profilo stato attuale

ST01 shot 3 — Prospezioni geofisiche in onde SH, P e tipo Masw (tra parentesi è indicato il numero di shot intercettato)

S6 (24.60 m) — Sondaggio geognostico eseguito a carotaggio continuo ad asse verticale con recupero di materiale (tra parentesi è indicata la distanza dall'asse della sezione)

$N_{spt}$ (10) — Prova SPT con indicazione del numero di colpi/piede

S6C1 — Campione prelevato con indicazione del sondaggio di riferimento

Sondaggio geognostico condizionato con tubo piezometrico

Livello di falda misurato

Livello di falda in regime ordinario

| TAVOLA H | SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 9.31 | SCALA 1:200 |
|---|---|---|

GEOSOUND STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI FANTINI & RACCOSTA
Corso Italia 14 int. 1 - 16145 GENOVA
Tel. - Fax. 010.3198881 - Cell. 339.3335866 - Cell. 335.5704033

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

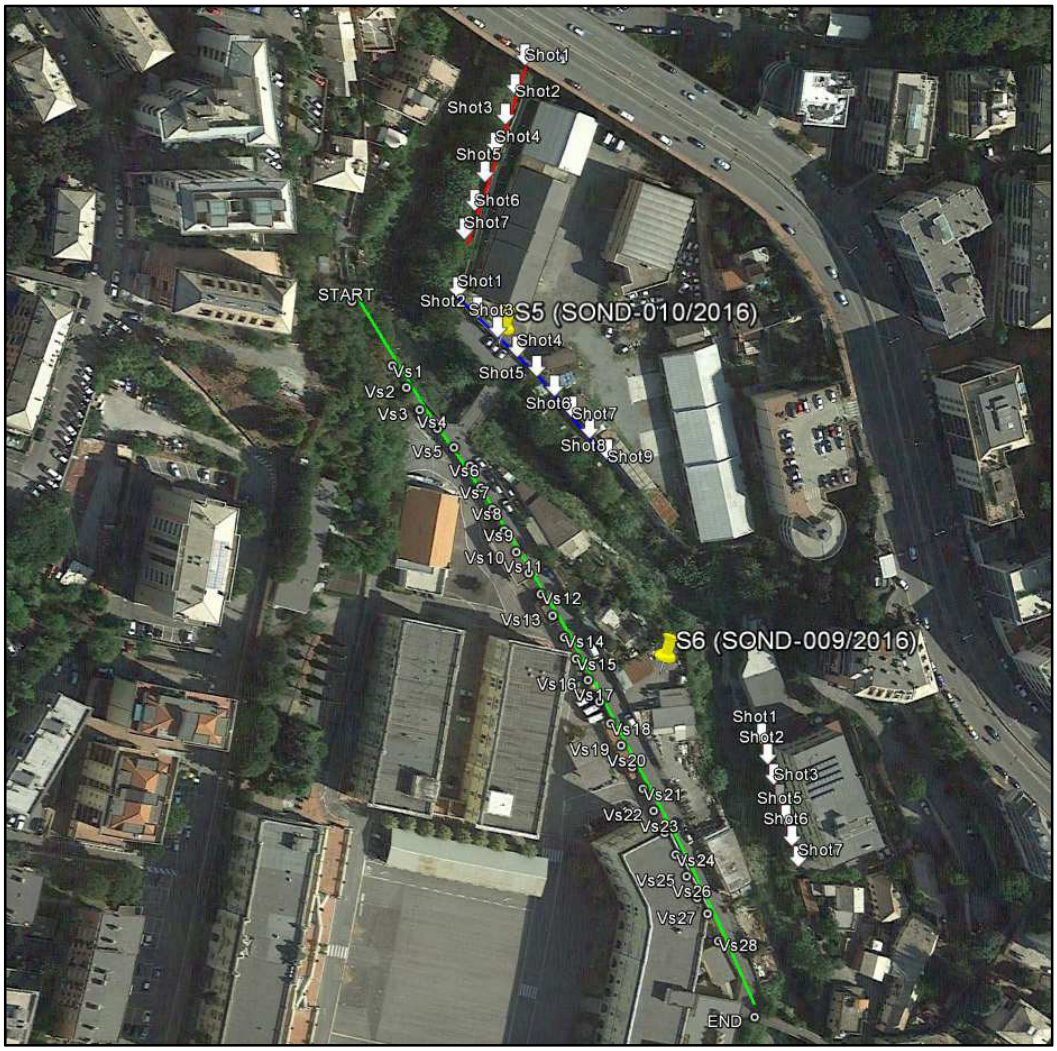
**Relazione Tecnica**

**COMMITTENTE:** IRE S.p.A.

**RICHIEDENTE:** Ing. Flavio Barbieri

**OGGETTO:** Torrente Sturla: sistemazione del tratto a valle del Ponte di Corso Europa. Indagini geognostiche e geofisiche.

**CANTIERE:** Via delle Casette/Via Pontevecchio - Genova (GE)




**RAPPORTO RELATIVO ALLA CAMPAGNA D'INDAGINE ESEGUITA DAL GIORNO 21 APRILE AL 06 GIUGNO 2016**

## I N D I C E

1. - Premessa ..... 2
2. - Sondaggi Geognostici ..... 2
2.1 - Standard Penetration Test (SPT) ..... 3
2.2 - Analisi di Laboratorio ..... 4
3. - MASW 2D ..... 5
3.1 - Teoria ..... 5
3.2 - Strumentazione ..... 6
3.3 - Elaborazione ..... 6
3.4 - Modellazione 2D ..... 8
4. - Tomografia Sismica ..... 8
4.1 - Cenni teorici ..... 8
4.2 - Sistema d'acquisizione ..... 9
4.3 - Elaborazione tomografica ..... 10
4.4 - Risultati tomografia sismica STESA 1 ..... 11
4.5 - Risultati tomografia sismica STESA 2 ..... 13
4.6 - Risultati tomografia sismica STESA 3 ..... 14
5. - Conclusioni ..... 16

## F I G U R E

Fig. 1 : COROGRAFIA
Fig. 2 : PLANIMETRIA DELLE INDAGINI
Fig. 3 : SEZIONE SISMICA MASW 2D

## A L L E G A T I

All. A : CERTIFICATI DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI
All. B : ANALISI DI LABORATORIO
All. C : ELABORATI TOMOGRAFIA SISMICA - STESA 1 - Onde P (STP160516A)
All. D : ELABORATI TOMOGRAFIA SISMICA - STESA 2 - Onde SH (STSH060616A)
All. E : ELABORATI TOMOGRAFIA SISMICA - STESA 3 - Onde SH (STSH060616A)
All. F : DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI

## 1. - Premessa

Per incarico ricevuto dalla IRE SpA e su richiesta dell'Ing. Flavio Barbieri, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche in situ finalizzate alla caratterizzazione dei terreni dell'area oggetto di studio siti lungo Via delle Casette/Via Pontevecchio, Genova (GE), inerenti al progetto di sistemazione del Torrente Sturla del tratto a valle del Ponte di Corso Europa.

Nell'area oggetto di studio sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n° 1 Stesa sismica con onde P (Tomografia sismica);
- n° 2 Stese sismiche con onde SH (Tomografia sismica);
- n° 1 stesa sismica MASW 2D.

L'area e la logistica delle indagini sono riportate rispettivamente in figura 1 (*Corografia*) e in figura 2 (*Planimetria delle indagini*).

## 2. - Sondaggi Geognostici

I sondaggi geognostici (*"Norme di riferimento ASTM D1586-84", "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - AGI, 1977" e "Raccomandazioni ISSMGE"*) sono stati eseguiti mediante una Sonda CMV modello MK600 dalla ditta Bierregi S.r.l. di Lucca, laboratorio autorizzato con Decreto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 00007464 del 04/08/2011. A seguire si riporta schematicamente un quadro riassuntivo delle specifiche dei sondaggi eseguiti:

| Sondaggio n° | Data di esecuzione | Certificato | Profondità (m) | Falda (m) | Coordinate Gauss-Boaga | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | X | Y |
| S.5 | 5÷6/05/16 | Sond-010/2016 | 15,00 | -4,05 | 1498938,2124 | 4916431,7093 |
| S.6 | 3÷4/05/16 | Sond-009/2016 | 13,50 | -4,27 | 1498997,1086 | 4916327,4547 |

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, costantemente seguiti e diretti da un Geologo di cantiere, sono state effettuate le seguenti operazioni:

- Raccolta in apposite cassette catalogatrici del materiale estratto (totale n. 6);
- Prove S.P.T. standard (totale n. 8);
- Prelievo di campioni indisturbati - Shelby (totale n. 2);
- Prelievo di campioni rimaneggiati (totale n. 2);
- Prove speditive sulle carote estratte (pocket, vane test);
- Documentazione fotografica.

I campioni sono stati utilizzati per eseguire analisi di laboratorio.

Tutte le informazioni raccolte durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono contenute nei relativi logs stratigrafici, riportati dettagliatamente in allegato (All.A) e nella relativa documentazione fotografica (All.F).

*2.1 - Standard Penetration Test (SPT)*

La prova SPT, consiste nella misura del numero di colpi necessari per l'infissione di un campionatore Raymond sotto i colpi di un maglio della massa di 63,5 kg (±0,5 kg) e volata di 0,76 m (±0,02 m). La prova viene eseguita al fondo di un foro di sondaggio spinto alla profondità desiderata. In presenza di terreni molto duri o con elementi grandi, come nel nostro caso, la prova è eseguita "a punta chiusa".

Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 150 mm ciascuno. Il primo tratto, detto di avviamento, comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio; se sotto un numero di colpi $N_1 = 50$ l'avanzamento è minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa, la prova è considerata conclusa, e si annota la relativa penetrazione (ad esempio $N_1 = 50/13$ cm).

La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto da 150 mm:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

In questo modo si elimina o si riduce al minimo l'influenza di fattori estranei quali presenza di detrito a fondo foro e i disturbo prodotto dal rilascio tensionale durante la perforazione.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono state eseguite in totale n. 7 prove SPT standard. Di seguito sono riportati i dati raccolti per ogni sondaggio, relativi al numero di colpi delle prove S.P.T.:

**SONDAGGIO S5**

| N° SPT | Profondità d'indagine | $N_1$ | $N_2$ | $N_3$ | $N_{SPT}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,50 ÷ 1,95 | 6 | 7 | 7 | 14 |
| 2 | 3,00 ÷ 3,45 | 21 | 25 | 36 | 61 |
| 3 | 4,50 ÷ 4,95 | 18 | 20 | 23 | 43 |
| 4 | 6,00 ÷ 6,45 | 16 | 23 | 37 | 60 |

**SONDAGGIO S6**

| N° SPT | Profondità d'indagine | $N_1$ | $N_2$ | $N_3$ | $N_{SPT}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,50 ÷ 1,95 | 15 | 8 | 6 | 14 |
| 2 | 3,00 ÷ 3,45 | 3 | 16 | 19 | 35 |
| 3 | 4,50 ÷ 4,95 | 14 | 10 | 11 | 21 |
| 4 | 6,00 ÷ 6,45 | 18 | 11 | 17 | 28 |

Inoltre, i sondaggi sono stati attrezzati con tubo piezometrico fino a fondo foro, per monitorare l'andamento della falda presente nel terreno.

*2.2 - Analisi di Laboratorio*

Al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico i terreni indagati, sono state eseguite delle analisi geotecniche di laboratorio dal laboratorio certificato Elletipi s.rl. di Ferrara su n.2 campioni indisturbati e su n.6 campioni rimaneggiati, sigillati in cantiere immediatamente dopo il prelievo. Di seguito si indicano sinteticamente le analisi svolte sui campioni raccolti:

A. scheda generale del campione
B. limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
C. analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D 422)
D. prova di taglio diretto (ASTM D3080)

Sulla base di questo elenco, si riporta una tabella di sintesi dei test di laboratorio effettuati sui campioni prelevati:

| Sondaggio | Campione | Quota prelievo | Tipo | Prove eseguite | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (n°) | (n°) | (m) | - | A | B | C | D |
| S5 | C1 | 4,00÷5,00 | rimaneggiato | SI | SI | SI | - |
| S5 | C2 | 8,20÷8,60 | indisturbato | SI | SI | SI | SI |
| S6 | C1 | 1,20÷1,60 | indisturbato | SI | SI | SI | SI |
| S6 | C2 | 6,00÷6,50 | rimaneggiato | SI | SI | SI | - |

A seguire, per i campioni S5C2 e S6C1, si riporta una tabella di sintesi dei parametri geotecnici ottenuti dai test di laboratorio:

| Sondaggio | Campione | Quota prelievo | Valori di picco | |
|---|---|---|---|---|
| | | | c' | ϕ' |
| (n°) | (n°) | (m) | (kPa) | (°) |
| S5 | C2 | 8,20÷8,60 | 1,26 | 26,0 |
| S6 | C1 | 1,20÷1,60 | 15,17 | 31,0 |

dove:

- c' Coesione consolidata drenata;
- ϕ' Angolo di attrito consolidato drenato;

Per una visione dettagliata dei grafici e tabulati delle prove di laboratorio effettuate si veda l'All.B.

## 3. - MASW 2D

Come accennato in premessa, il piano d'indagine ha previsto la realizzazione di una sezione MASW 2D lungo Via delle Casette, di lunghezza pari a 265 metri (Start-End) e porzione interpretata pari a 216 metri (A-B). A tal proposito si veda figura 2 (Planimetria delle indagini).

La sezione è stata realizzata mediante il trascinamento di un cavo mobile (land streamer), costituito da 24 geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, interspaziati di 2 metri. La lunghezza di un singolo array sismico risulta quindi pari a 46 metri.

L'energizzazione, per ogni singolo stendimento, è stata effettuata mediante mazza da 10 kg ad una distanza di 5 metri dall'ultimo geofono (offset). Inoltre, per ogni punto di energizzazione sono stati generati e sommati più impulsi sismici (stacking), in modo tale da migliorare il rapporto segnale/rumore.

In totale sono stati eseguiti n.28 profili sismici, traslando (spostando) il "land streamer" ogni 8 metri. Ciascun profilo 1D di Vs, ottenuto da un singolo stendimento, viene attribuito al punto centrale dello stendimento stesso.

### *3.1 - Teoria*

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di volume o di corpo (onde P e S – "*Body Waves*"), più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di ONDE SUPERFICIALI ("Surface Waves"), la cui componente principale è rappresentata dalle onde di Rayleigh ("*Ground Roll*").

Il metodo MASW (Multichannel Analisys of Surface Waves) è una tecnica geofisica limitatamente invasiva di recente applicazione che, attraverso l'analisi delle onde di superficie (dispersione), ha lo scopo di ottenere profili $V_S$-Z (velocità delle onde di taglio – profondità).

Il fenomeno dispersivo delle onde superficiali (nel nostro caso onde di Rayleigh) si manifesta in un mezzo stratificato, in quanto diverse lunghezze d'onda si propagano con velocità di fase differente. A sua volta la velocità di fase dipende dalla frequenza e tale dipendenza viene espressa attraverso la curva di dispersione.

Esiste un relazione fondamentale che lega i tre parametri fondamentali che descrivono la propagazione nello spazio di un'oscillazione:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dove:

- $\lambda$ lunghezza d'onda (misurata in metri);
- $f$ frequenza (in Hz);
- $v$ velocità di propagazione (in m/s).

A tal proposito, la profondità di esplorazione massima raggiungibile dipende dalle caratteristiche del mezzo dalla superficie fino ad una profondità indicativamente pari al valore di λ/2 o λ/3. In riferimento a quest'ultimo aspetto, è buona regola operare che geometrie di acquisizione di lunghezza D prossima al doppio della profondità che si vuole indagare. Inoltre, è utile adoperare una distanza intergeofonica piccola (non superiore ai 2 metri) in modo tale da ottenere informazioni anche sugli strati più superficiali.

### *3.2 - Strumentazione*

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo a 48 canali ECHO 24-48/2012 dell'AMBROGEO di Piacenza, collegato ad un pc portatile su cui è installato programma di acquisizione Echo2012, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Numero di canali: 48+1
- A/D conversion: 24 bit;
- Gain: 0 dB – 72 dB (step 6 dB);
- Sampling interval: 32,64,128,256,480,960 μs;
- Distorsion: 0,0004%;
- Noise: 0,25μs, 2ms 36dB;

Inoltre, il land "streamer" è composto da un cavo sismico a 24 takes out spaziati di 2,00 m, con connetori cannon a cui vengono attaccati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5Hz per la ricezione delle onde R (Rayleigh). Questi ultimi sono montati su piastra circolare in polietilene. Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg battente su piastra in duralluminio.

### *3.3 - Elaborazione*

Il software qui utilizzato per il processing dei dati sismici acquisiti in campagna è *WinMASW 7.0 ver. Academy*, che consente di ricavare il profilo verticale delle Vs. Tale risultato viene ottenuto tramite l'inversione delle curve di dispersione delle Onde di Rayleigh. Il metodo MASW si articola in tre passaggi successivi:

- Acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh ("*Ground Roll*") da effettuarsi in campagna con apposita strumentazione;
- Costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs-1D.

Il primo punto riguarda la prova MASW eseguita "in situ" per ottenere il sismogramma relativo alle onde di Rayleigh. I passaggi successivi fanno riferimento all'elaborazione dei dati acquisiti in campagna mediante pc, utilizzando il software winMASW 7.0 ver. Academy. Il primo passo, una volta caricati i dati di campagna (sismogramma delle onde di Rayleigh) è quello di calcolare lo spettro di velocità e successivamente procedere con il *picking* della curva di dispersione.

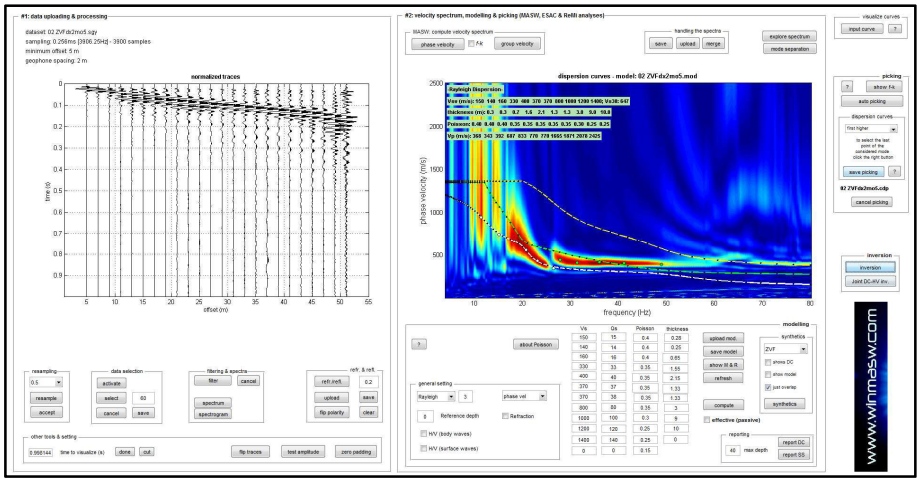



**Figura 1: Sismogramma (a sinistra) e relativo spettro di dispersione delle onde superficiali Rayleigh (a destra), con relativa curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase.**

Infine, l'ultimo passaggio riguarda l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Questa viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) da parte del software utilizzato. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione.

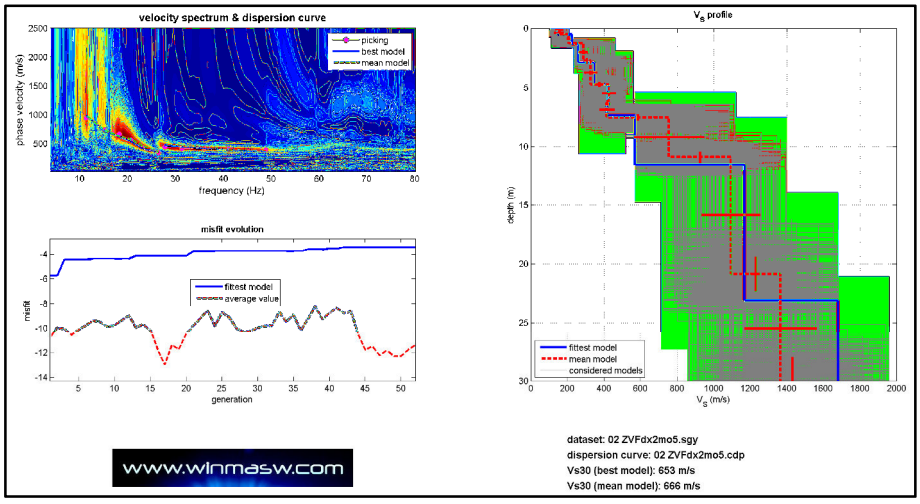



**Figura 2: Modello 1D di propagazione delle velocità delle onde Vs.**

Attualmente la tecnica MASW, seppur presentando alcuni vantaggi rispetto alla sismica a rifrazione (es. operare in contesti con spazio limitato), è soggetta a limitazioni di tipo teorico (es. strati piano paralleli) e pratico (es. necessità di sorgenti energetiche a bassa frequenza), che unite alle difficoltà interpretative in assenza di un valido modello sismo-stratigrafico, pongono la massima cautela per l'utilizzo di questa tecnica come unico sistema di analisi.

Infatti, l'ottimizzazione di tali prospezioni può essere ottenuta con la realizzazione di più stese (sismica a rifrazione per ricostruire l'andamento dei sismostrati) ed eventuali operazioni di taratura con la realizzazione di sondaggi di tipo puntuale (carotaggi, penetrometrie…). Nel nostro caso abbiamo preso come riferimento il sondaggio eseguito nei pressi della sezione MASW 2D, ovvero S6.

### *3.4 - Modellazione 2D*

Il modello 2-D (Fig.3) viene ricostruito sulla base della modellazione 1-D di ogni singolo stendimento acquisito ed elaborato singolarmente, come visto nei paragrafi precedenti.

I 28 profili Vs 1-D, ovvero i profili verticali di velocità delle onde di taglio e relativi spessori, consentono di costruire una griglia (grid) la quale permette mediante un'adeguata interpolazione (lineare, kriging, ecc…) di creare la mappa 2-D (Fig.3).

## 4. - Tomografia Sismica

Nell'area oggetto di studio (Via Pontevecchio – Sinistra idrografica del Torrente Sturla), sono state eseguite tre tomografie sismiche con le seguenti caratteristiche:

| PROSPEZIONE | TIPO | IDENTIFICATIVO | CANALI (n°) | LUNGHEZZA (m) | SPARI (n°) | D.I. (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tomografia Sismica | Onde P | STESA 1 (STP160516A) | 24 | 72,0 | 9 | 3,00 |
| Tomografia Sismica | Onde SH | STESA 2 (STSH060616A) | 12 | 60,0 | 7 | 5,00 |
| Tomografia Sismica | Onde SH | STESA 3 (STSH060616B) | 12 | 42,0 | 7 | 3,50 |

**NOTE:** Onde L - Love; D.I. - Distanza intergeofonica

### *4.1 - Cenni teorici*

Tra le prospezioni di tipo indiretto la sismica a rifrazione rappresenta ad oggi un valido supporto sia per la ricostruzione delle geometrie sepolte sia per la caratterizzazione del sottosuolo. Le onde, generate artificialmente dall'operatore, vengono prodotte tramite martello percussore, massa battente o tramite esplosivo. La prospezione può essere eseguita energizzando onde compressionali (tipo "P") o onde di taglio (tipo "SH") a seconda delle finalità dell'indagine e delle caratteristiche geologiche/idrogeologiche locali.

L'apparecchiatura necessaria per eseguire le prospezioni è composta da una serie di ricevitori (geofoni - receivers) che vengono disposti e spaziati sul terreno lungo un determinato allineamento (stesa sismica – sismic array) e da un sismografo

che registra l'istante d'inizio della perturbazione elastica generata dall'operatore e i tempi di arrivo delle onde a ciascun ricevitore. In questo modo stabilendo i tempi di primo arrivo, siamo in grado di ricostruire per ogni punto sorgente una curva tempo-distanza (dromocrona – travel time).

La velocità delle onde sismiche nel suolo è compresa tra ampi limiti; per lo stesso tipo di roccia la velocità infatti diminuisce all'aumentare del grado di alterazione, fatturazione e/o fessurazione, dall'altro lato aumenta con l'aumentare della profondità e con l'età geologica del deposito.

Le velocità delle onde compressionali (P), a differenza di quelle trasversali (SH) che non si propagano nell'acqua, è influenzata dalla presenza di acqua e di conseguenza dal grado di saturazione del deposito in esame. Questo aspetto comporta che litotipi differenti possano avere stessa velocità delle onde compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione corrisponderà alla reale situazione geologico-stratigrafica.

### *4.2 - Sistema d'acquisizione*

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo a 48 canali ECHO 24-48/2012 dell'AMBROGEO di Piacenza, collegato ad un pc portatile su cui è installato programma di acquisizione Echo2012, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Numero di canali: 48+1;
- A/D conversion: 24 bit;
- Gain: 0 dB – 72 dB (step 6 dB);
- Sampling interval: 32, 64, 128, 256, 480, 960 μs;
- Distorsion: 0,0004%;
- Noise: 0,25μs, 2ms 36dB;
- Stacking trigger accurancy: 1/32 of sample interval;
- Max input signal: 5Vpp, 0dB.

L'attrezzatura è completata da due cavi sismici a 12 takes out spaziaiti di 5.0 m, con connetori cannon a cui vengono collegati sia geofoni verticali che geofoni orizzontali, entrambi con frequenza propria di 4.5Hz per la ricezione delle onde P e SH.

Come sorgente energizzante delle onde P è stata ultilizzata una massa battente (Mazza da 8 Kg) su una piastra in duralluminio, mentre per le onde SH è stata utilizzata una traversina in polietilene sovraccaricata con due/tre operatori e a seconda della logistica, sovraccaricata con penetrometro (TG-63/200 kN) e sollecitata trasversalmente da ambo i lati con mazza da 5 Kg.

Tutte le registrazioni SH sono state realizzate con metodo CROSS-OVER utilizzando la funzione sommatoria e inversione di polarità appartenete al sismografo AMBROGEO. In questo modo, facendo la differenza fra uno stesso numero di battute a destra e a sinistra con polarità invertita, è esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH ed eventualmente eleminato l'arrivo delle onde P spurie.

Il segnale acquisito in campagna è stato poi comunque filtrato in fase di elaborazione, mediante utilizzo di filtri in frequenza. In allegato vengono presentati i sismogrammi "grezzi" acquisiti in campagna.

### *4.3 - Elaborazione tomografica*

Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Tale metodo ha un alto potere risolutivo e offre la possibilità all'operatore di individuare anomalie e discontinuità nel terreno anche complesse.

Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza. Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shots effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shots per mantenere costante il dettaglio.

Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo della triangolazione con interpolazione lineare.

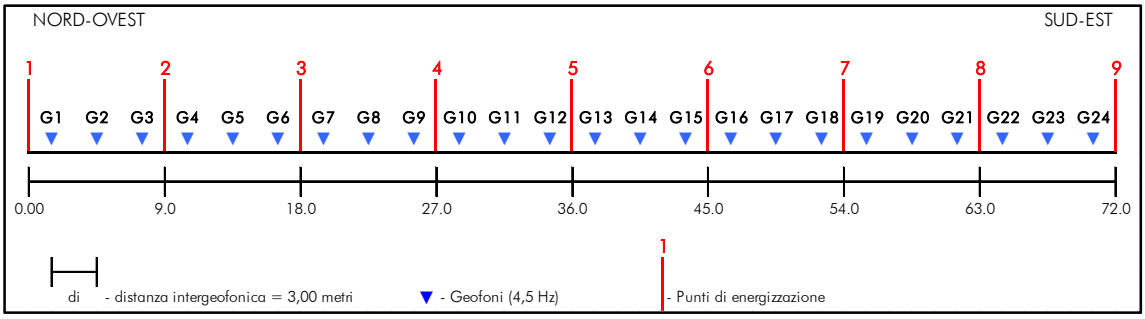
I dati acquisiti in campagna e registrati sul pc (formato *.sgy/sg2*) vengono poi processati in studio tramite il programma di elaborazione **WINSISM V.16.1.40** con i quali si svolgono le operazioni di picking dei primi arrivi di ciascuna traccia. Il processing dei dati è stato eseguito con il software Rayfract v. 3.19, (distribuito dalla Intelligent Resources Inc.). Una volta stabilito il picking (definizione dei primi arrivi) il processing dei dati prosegue con la fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Successivamente, con la fase di imaging, si otterrà con un software dedicato (SURFER 9) l'immagine della sezione tomografica.

*4.4 - Risultati tomografia sismica STESA 1*

A seguire si riporta la relativa configurazione (schema d'esecuzione) e i risultati ottenuti:

**STESA 1 - ONDE P - STP160516A**




Sono state eseguite nove registrazioni; sono stati utilizzati 24 geofoni interspaziati di 3,00 metri (lunghezza stesa 72 metri). L'azimuth della stesa (riferito al G1) è N 300° (NW-SE). Le registrazioni, per ciascun punto di sparo, sono state campionate con un intervallo di 0,128 millisecondi per un tempo totale di acquisizione pari a 200 ms (per un totale di 1560 campioni).

Le coordinate Gauss-Boaga dei punti di energizzazione (shot) sono le seguenti:

| STESA 1 (STP160516A) | | |
|---|---|---|
| ID punto | COORDINATE (Gauss-Boaga) | |
| | X | Y |
| SHOT 1 | 1498924.2936 | 4916445.3664 |
| SHOT 2 | 1498931.0344 | 4916439.4030 |
| SHOT 3 | 1498937.7752 | 4916433.4397 |
| SHOT 4 | 1498944.5160 | 4916427.4763 |
| SHOT 5 | 1498951.2568 | 4916421.5130 |
| SHOT 6 | 1498957.4602 | 4916415.3998 |
| SHOT 7 | 1498963.6127 | 4916408.8312 |
| SHOT 8 | 1498969.7653 | 4916402.2626 |
| SHOT 9 | 1498976.0899 | 4916395.5103 |

- dal piano campagna fino alla profondità di circa 3,00÷4,00 metri si ha un primo sismostrato con andamento irregolare con velocità Vp media di circa 400 m/s (Vp limite 800 m/s), riconducibile probabilmente a terreno di riporto e terreno alluvionale poco addensato;

- segue un secondo sismostrato con andamento irregolare caratterizzato da velocità Vp media di circa 1500 m/s (Vs limite 2000 m/s) sino ad una profondità massima di circa 9,00÷10,00metri, riconducibile probabilmente alle alluvioni sature;

- segue un terzo sismostrato con andamento abbastanza regolare caratterizzato da velocità Vp media di circa 2250 m/s (Vs limite 2500 m/s) sino ad una

profondità massima di circa 12,00÷14,00metri, riconducibile probabilmente all'alterazione del Bedrock;

- segue un quarto ed ultimo sismostrato caratterizzato da velocità Vp media maggiore di 2500 m/s sino ad una profondità massima di circa 26,00 metri, riconducibile al bedrock (substrato litoide).

L'attribuzione delle litologie è stata effettuata sulla base del sondaggio S5.

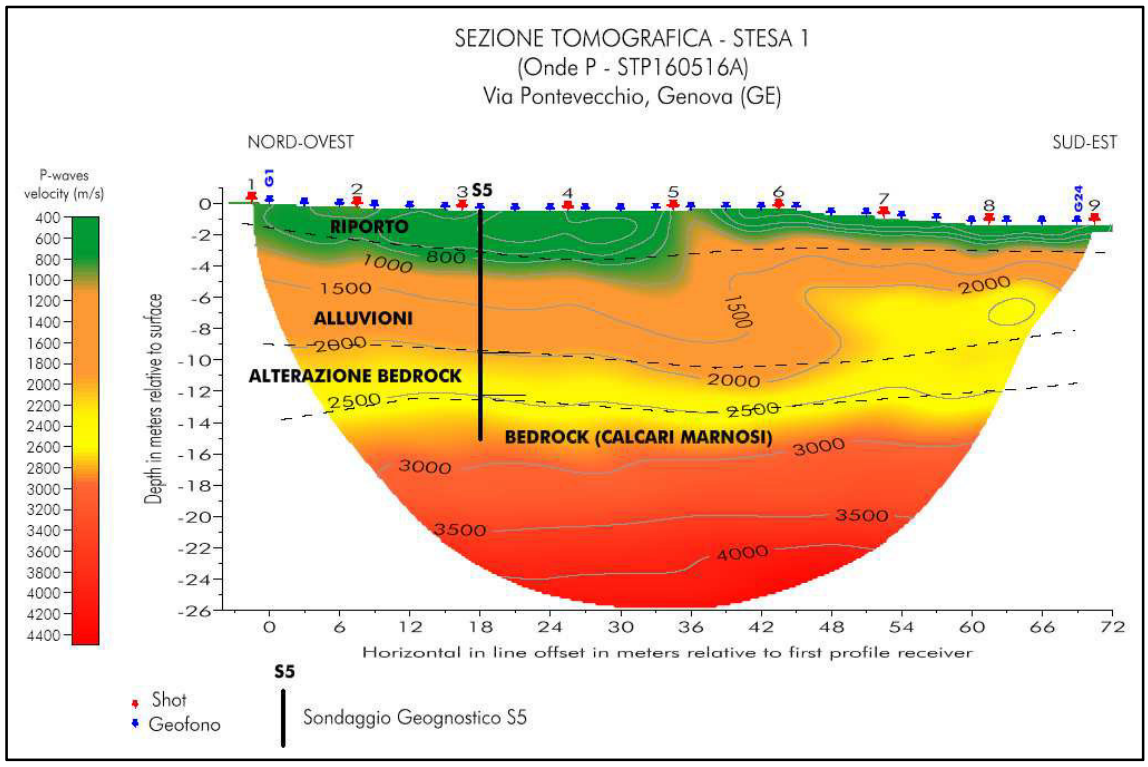


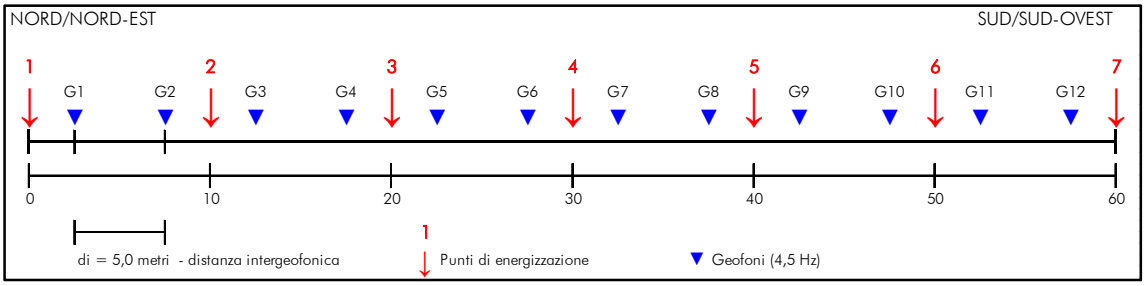

**Figura 1 - Sezione tomografica STESA 1 - ONDE P.**

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione eseguita si rimanda al relativo allegato (All. C).

*4.5 - Risultati tomografia sismica STESA 2*

A seguire si riporta la relativa configurazione (schema d'esecuzione) e i risultati ottenuti:

**STESA 2 - ONDE SH - STSH060616A**




Sono state eseguite sette registrazioni; sono stati utilizzati 12 geofoni interspaziati di 5,00 metri (lunghezza stesa 60 metri). L'azimuth della stesa (riferito al G1) è N 020° (NNE-SSW). Le registrazioni, per ciascun punto di sparo, sono state campionate con un intervallo di 0,128 millisecondi per un tempo totale di acquisizione pari a 400 ms (per un totale di 3120 campioni).

Le coordinate Gauss-Boaga dei punti di energizzazione (shot) sono le seguenti:

| STESA 2 (STSH060616A) | | |
|---|---|---|
| ID punto | COORDINATE (Gauss-Boaga) | |
| | X | Y |
| SHOT 1 | 1498941.8528 | 4916522.4005 |
| SHOT 2 | 1498939.0785 | 4916512.7930 |
| SHOT 3 | 1498936.3041 | 4916503.1856 |
| SHOT 4 | 1498933.5298 | 4916493.5781 |
| SHOT 5 | 1498930.7555 | 4916483.9706 |
| SHOT 6 | 1498927.9812 | 4916474.3632 |
| SHOT 7 | 1498925.2069 | 4916464.7557 |

- dal piano campagna fino alla profondità di circa 2,00÷4,00 metri si ha un primo sismostrato con andamento irregolare con velocità Vs media di circa 200 m/s (Vp limite 400 m/s), riconducibile probabilmente a terreno di riporto e terreno alluvionale poco addensato;

- segue un secondo sismostrato con andamento abbastanza regolare caratterizzato da velocità Vs media di circa 550 m/s (Vs limite 700 m/s) sino ad una profondità massima di circa 9,00÷10,00metri, riconducibile probabilmente alle alluvioni addensate sature;

- segue un terzo sismostrato con andamento abbastanza regolare caratterizzato da velocità Vs media di circa 800 m/s (Vs limite 900 m/s) sino ad una profondità massima di circa 12,00÷14,00metri, riconducibile probabilmente all'alterazione del Bedrock;

- segue un quarto ed ultimo sismostrato caratterizzato da velocità Vs media maggiore di 900 m/s sino ad una profondità massima di circa 21,00 metri, riconducibile al bedrock (substrato litoide).

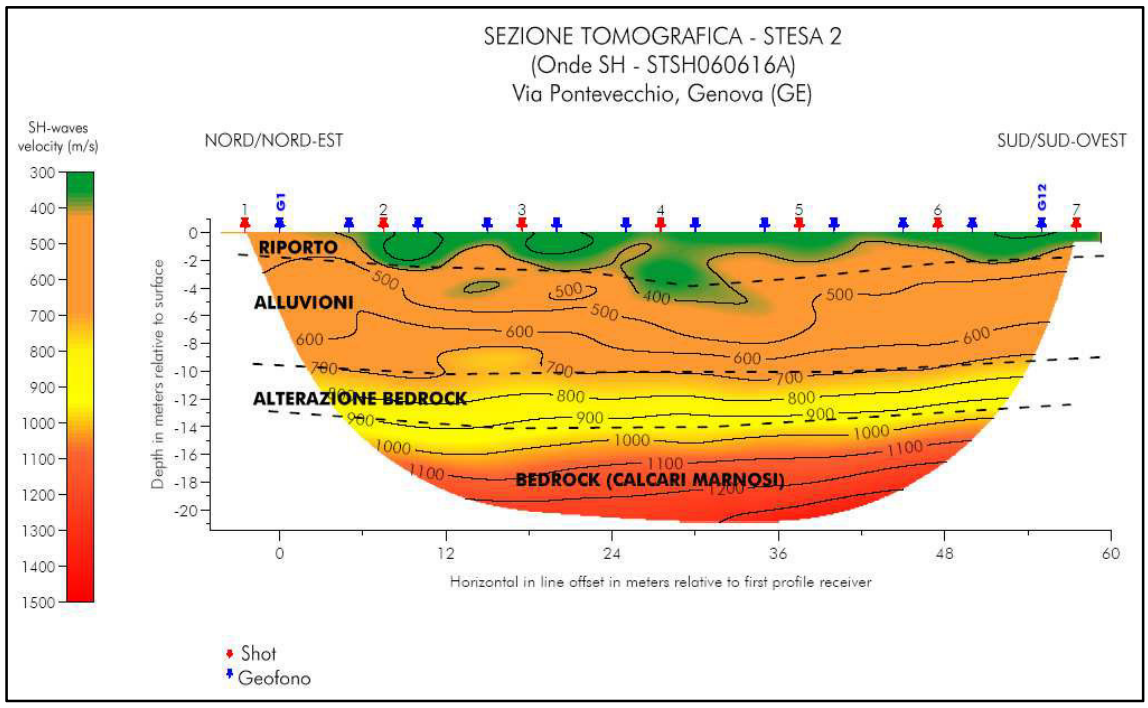


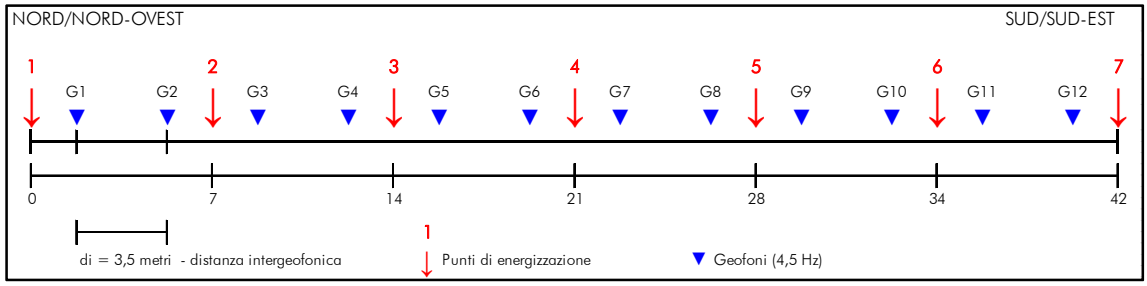

**Figura 2 - Sezione tomografica STESA 2 - ONDE SH.**

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione eseguita si rimanda al relativo allegato (All. D).

*4.6 - Risultati tomografia sismica STESA 3*

A seguire si riporta la relativa configurazione (schema d'esecuzione) e i risultati ottenuti:

**STESA 3 – ONDE SH – STSH060616B**




Sono state eseguite sette registrazioni; sono stati utilizzati 12 geofoni interspaziati di 3,50 metri (lunghezza stesa 42 metri). L'azimuth della stesa (riferito al G1) è N 350° (NNW-SSE). Le registrazioni, per ciascun punto di sparo, sono state campionate con un intervallo di 0,128 millisecondi per un tempo totale di acquisizione pari a 200 ms (per un totale di 15600 campioni).

Le coordinate Gauss-Boaga dei punti di energizzazione (shot) sono le seguenti:

| STESA 3 (STSH060616B) | | |
|---|---|---|
| ID punto | COORDINATE (Gauss-Boaga) | |
| | X | Y |
| SHOT 1 | 1499031.9264 | 4916305.2820 |
| SHOT 2 | 1499034.3045 | 4916298.6983 |
| SHOT 3 | 1499036.6827 | 4916292.1146 |
| SHOT 4 | 1499039.0608 | 4916285.5310 |
| SHOT 5 | 1499041.4389 | 4916278.9473 |
| SHOT 6 | 1499043.8170 | 4916272.3637 |
| SHOT 7 | 1499046.1951 | 4916265.7800 |

- dal piano campagna fino alla profondità di circa 1,00÷2,00 metri si ha un primo sismostrato con andamento irregolare con velocità Vs media di circa 200 m/s (Vp limite 300 m/s), riconducibile probabilmente a terreno di riporto e terreno alluvionale poco addensato;

- segue un secondo sismostrato con andamento abbastanza regolare caratterizzato da velocità Vs media di circa 450 m/s (Vs limite 700 m/s) sino ad una profondità massima di circa 7,00÷8,00metri, riconducibile probabilmente alle alluvioni addensate sature;

- segue un terzo sismostrato con andamento abbastanza regolare caratterizzato da velocità Vs media di circa 800 m/s (Vs limite 900 m/s) sino ad una profondità massima di circa 8,00÷11,00metri, riconducibile probabilmente all'alterazione del Bedrock;

- segue un quarto ed ultimo sismostrato caratterizzato da velocità Vs media maggiore di 900 m/s sino ad una profondità massima di circa 13,00 metri, riconducibile al bedrock (substrato litoide).

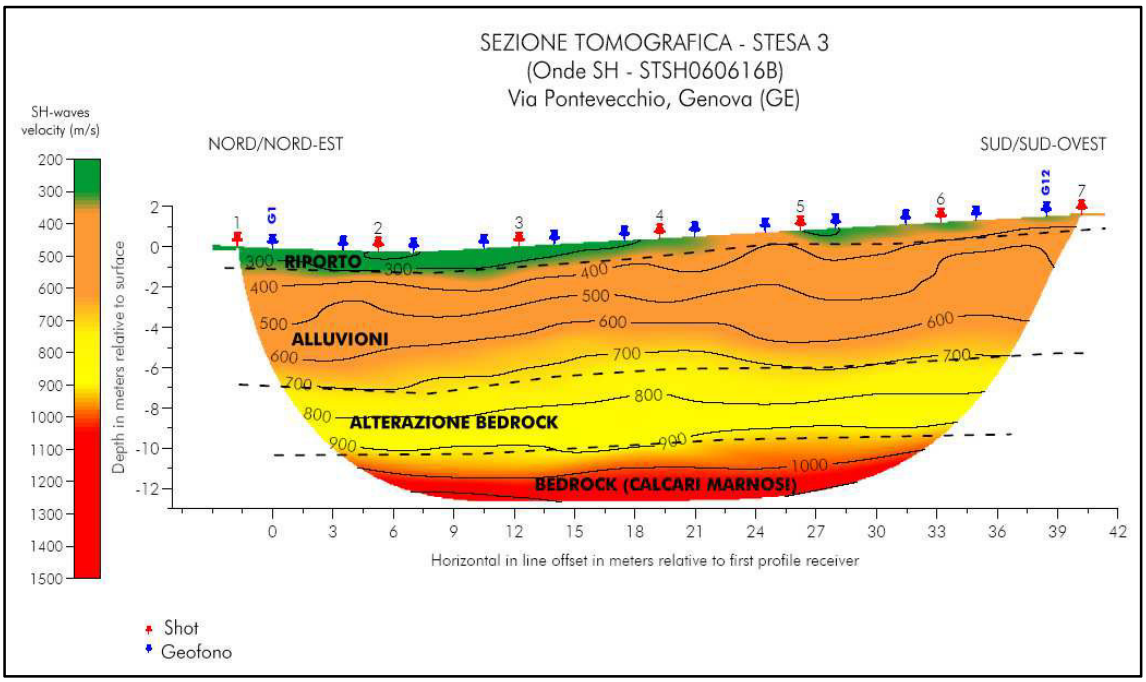



**Figura 3 - Sezione tomografica STESA 3 - ONDE SH.**

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione eseguita si rimanda al relativo allegato (All. E).

## 5. - Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti sul campo e sulle elaborazioni prodotte, è stato possibile evidenziare quanto segue:

I sondaggi e le analisi di laboratorio hanno permesso di ricavare la stratigrafia e i parametri geomeccanici del terreno investigato (Fig.2 – All.A-B).

Le tomografie sismiche (Onde P e SH) hanno permesso di ricostruire l'assetto dei vari sismostrati individuati, indicando una geometria sepolta abbastanza regolare. Maggiori dettagli sono riportati nel paragrafo

La sezione MASW 2D prodotta (Fig.3), ha messo in evidenza la presenza di un substrato rigido (bedrock) con Vs > 800 m/s, riconducibile sulla base dei sondaggi effettuati ai calcari marnosi compatti (Calcari di Antola), individuato a profondità variabili (2,10÷12,40 metri). Dalla sezione (Fig.3) è possibile notare che l'andamento del bedrock si approfondisce verso Sud-Est (A) ovvero verso il Sondaggio S6, mentre risulta più superficiale nella porzione nord-occidentale (B). In quest'ultima porzione il substrato è prossimo alla superficie topografica.

Si fa presente che la lunghezza della Sezione MASW 2D è pari a 216 metri, ma la lunghezza complessiva risulta essere di 265 metri, in quanto come detto in

precedenza la verticale Vs-1D si pone al centro di ogni singolo stendimento, quindi per i punti 1 e 28 (Fig.2) è stato necessario andare oltre di 23÷28 metri.

Nella tabella a seguire (Tabella 1) si riportano le coordinate Gauss-Boaga dei punti iniziali e finali (Start-End) di posizionamento del "land streamer" e delle verticali Vs-1D investigate (punti 1÷28) e il relativo parametro della $V_{S,30}$:

**Tabella 1: Coordinate dei punti della Sezione MASW 2D e relativo parametro $V_{S,30}$**

| MASW 2D VIA DELLE CASETTE | | | |
|---|---|---|---|
| ID punto | COORDINATE (Gauss-Boaga) | | $V_{S,30}$ |
| | X | Y | (m/s) |
| START | 1498892.5338 | 4916441.6888 | |
| Shot 1 (B) | 1498905.6993 | 4916422.3452 | 1243 |
| Shot 2 | 1498910.2165 | 4916415.7426 | 1040 |
| Shot 3 | 1498914.5054 | 4916408.9894 | 1056 |
| Shot 4 | 1498920.2020 | 4916403.3726 | 1237 |
| Shot 5 | 1498925.7340 | 4916397.5936 | 1072 |
| Shot 6 | 1498931.3178 | 4916391.8646 | 983 |
| Shot 7 | 1498935.2911 | 4916384.9211 | 773 |
| Shot 8 | 1498939.5480 | 4916378.1477 | 661 |
| Shot 9 | 1498943.7538 | 4916371.3424 | 732 |
| Shot 10 | 1498948.1263 | 4916364.6431 | 723 |
| Shot 11 | 1498952.6047 | 4916358.0141 | 705 |
| Shot 12 | 1498957.0174 | 4916351.3411 | 689 |
| Shot 13 | 1498961.2647 | 4916344.5617 | 623 |
| Shot 14 | 1498965.4482 | 4916337.7427 | 647 |
| Shot 15 | 1498969.7057 | 4916330.9698 | 662 |
| Shot 16 | 1498973.9971 | 4916324.2182 | 653 |
| Shot 17 | 1498978.1321 | 4916317.3697 | 761 |
| Shot 18 | 1498982.1684 | 4916310.4626 | 727 |
| Shot 19 | 1498986.0395 | 4916303.4616 | 734 |
| Shot 20 | 1498989.9702 | 4916296.4938 | 728 |
| Shot 21 | 1498993.9226 | 4916289.5383 | 699 |
| Shot 22 | 1498997.8755 | 4916282.5831 | 674 |
| Shot 23 | 1499001.9043 | 4916275.6716 | 667 |
| Shot 24 | 1499005.8914 | 4916268.7360 | 657 |
| Shot 25 | 1499009.9347 | 4916261.8330 | 640 |
| Shot 26 | 1499013.7796 | 4916254.8175 | 661 |
| Shot 27 | 1499017.6366 | 4916247.8087 | 648 |
| Shot 28 (A) | 1499021.5047 | 4916240.8060 | 660 |
| END | 1499034.9570 | 4916216.2492 | |

Il dato ricavato da ogni singola indagine MASW, in base alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D,M,14-01-2008), sulla base dei valori di $V_{S,30}$ individuati e considerato che il substrato (bedrock) è stato individuato nei primi 20 metri, fa

ricadere principalmente l'area di studio **nella Categoria di Suolo Sismico E**, ovvero:

"*Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S$ > 800 m/s)*".

In quest'ultima considerazione è da escludere la porzione che va dalla verticale 1 alla 6, in quanto in questo caso è possibile assumere la Categoria di Suolo A.

Da considerare il fatto che la valutazione della $V_{S,30}$ è stata calcolata a partire dal piano campagna. In fase di progetto andrà valutato l'effettivo piano d'imposta delle fondazioni e calcolata la $V_{S,30}$ a partire da quest'ultimo.

L'analisi specifica dei dati elaborati rimane comunque a carico del "geologo/ingegnere" responsabile delle indagini; le considerazioni sopra esposte in merito alla "categoria di suolo", si devono intendere come mera interpretazione dei risultati ottenuti.

Per ulteriori dettagli sulle indagini svolte si rimanda ai relativi allegati (All.A - B - C - D – E - F).

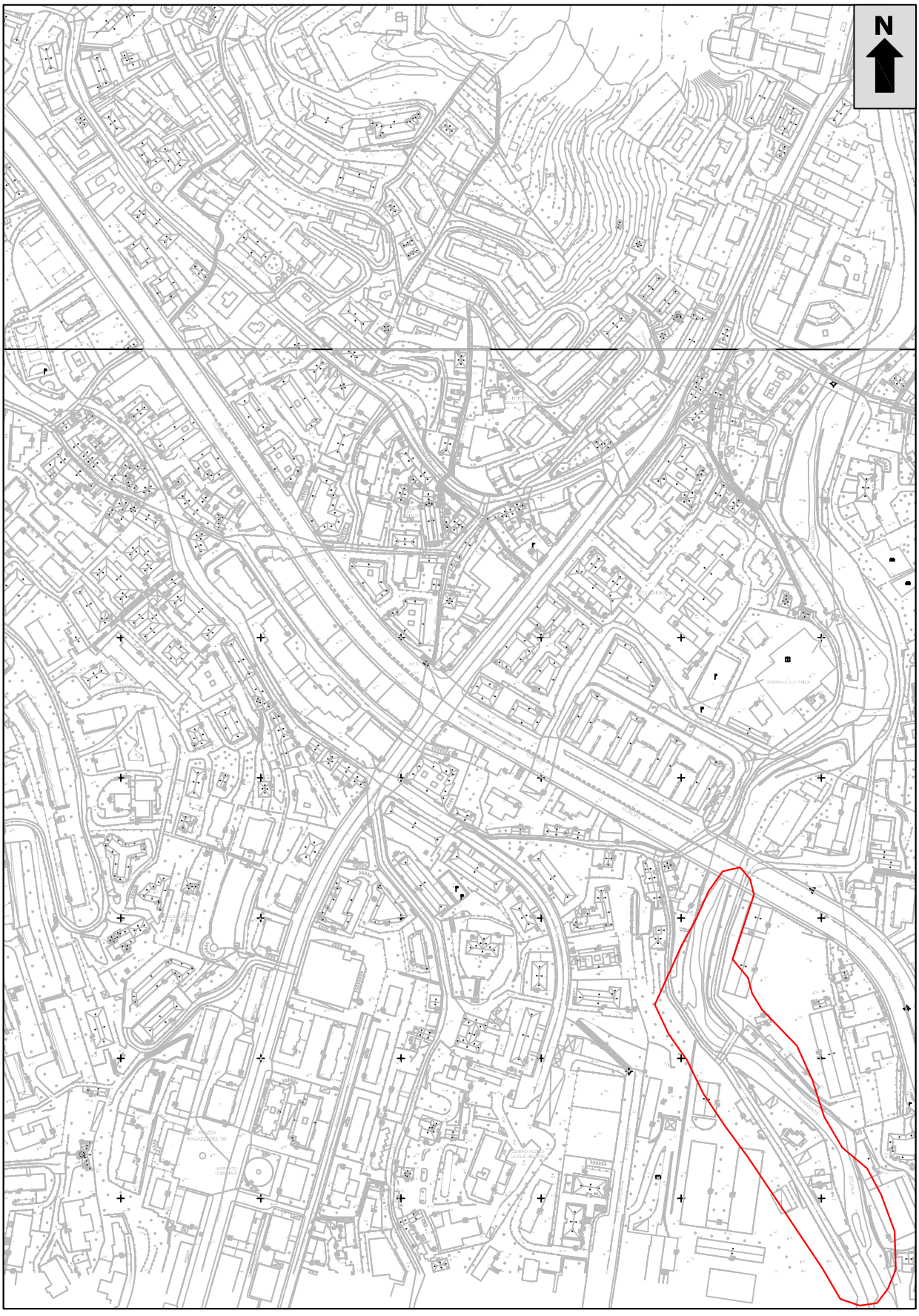
*Lucca, Giugno 2016*

**BIERREGI srl**
*Il Responsabile Tecnico*
*Dott. Geol. Francesco Rossi*

BIERREGI s.r.l.
IL RESPONSABILE TECNICO
Dott. Geol. Francesco Rossi

# FIG.1 - COROGRAFIA

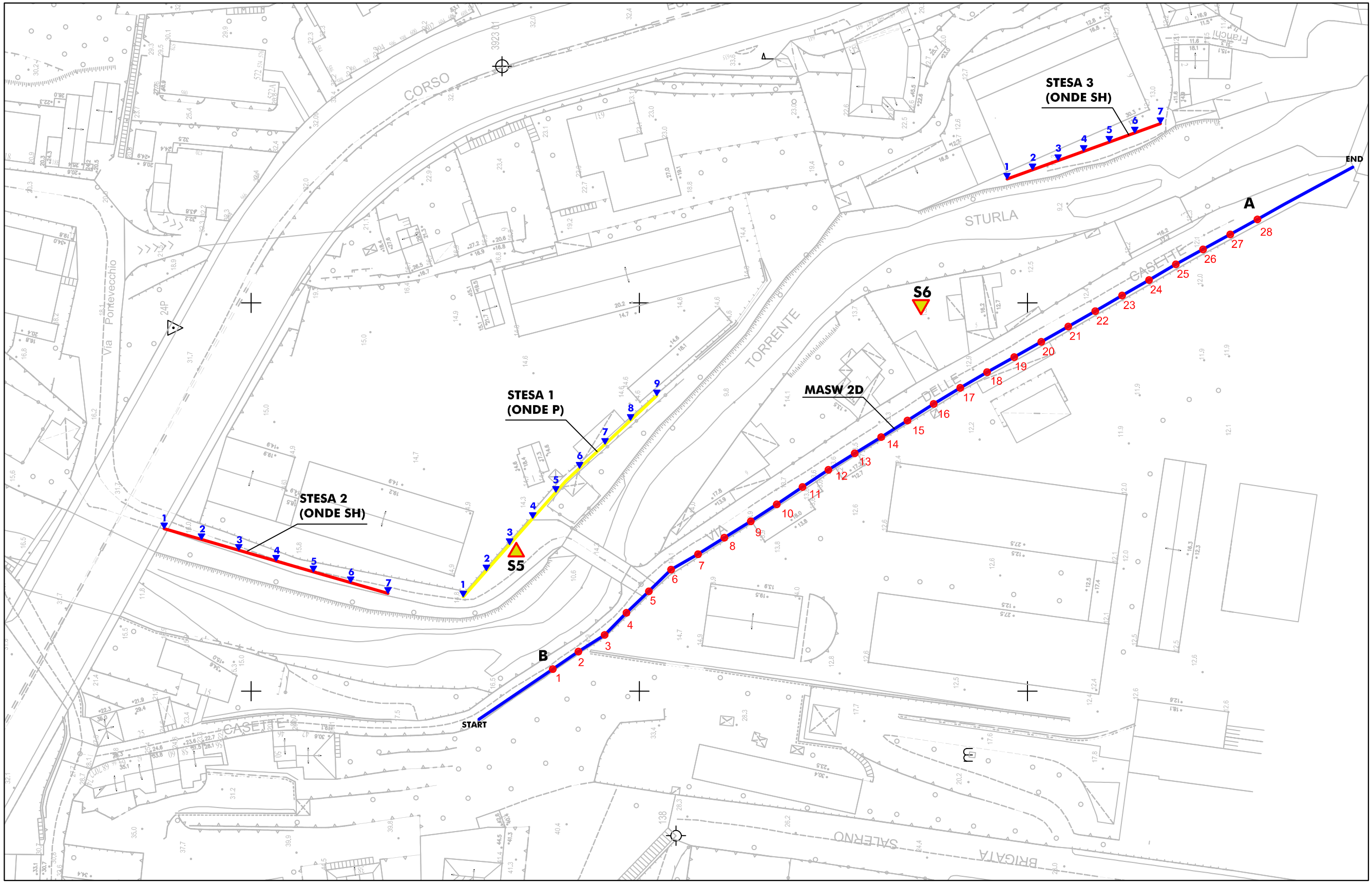
(Via delle Casette, Genova - C.T.R. della Regione Liguria - Scala 1:4000)




- Aree oggetto d'indagine

## FIG.2 - PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

(Via delle Casette/Via Pontevecchio, Genova - C.T.R. della Regione Liguria - Scala 1:1000)




S5 - Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

- Sezione Sismica MASW 2D (A-B)

1 - Verticali indagate

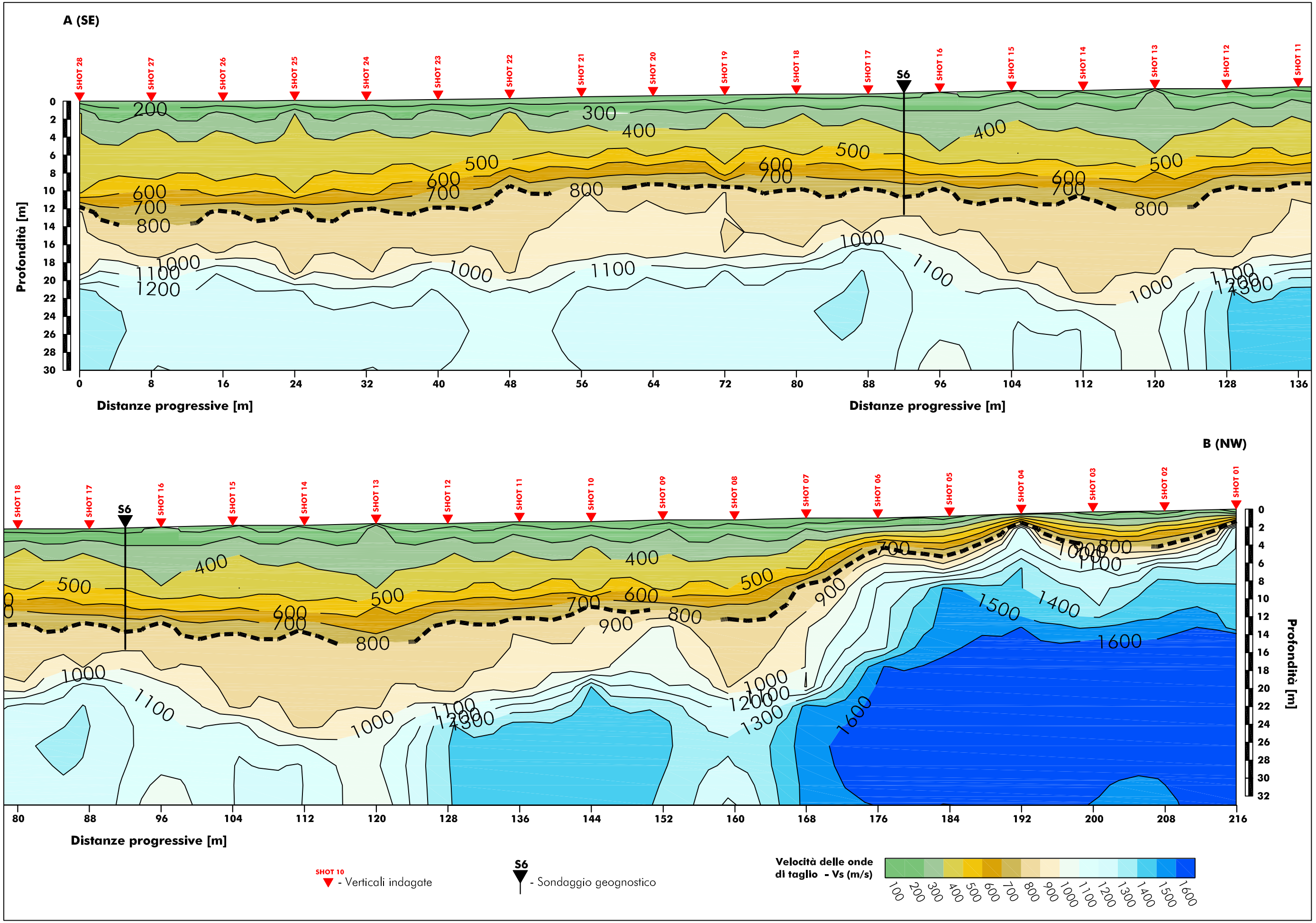
- Stesa sismica Onde P (Stesa 1 - STP160516A)

- Stesa sismica Onde SH (Stesa 2 - STSH060616A) (Stesa 3 - STSH060616B)

1 - Punti di sparo stese sismiche P/SH (shot)

**FIG.3 - SEZIONE SISMICA MASW 2D (A-B)**

(Via delle Casette, Genova - Scala 1:400)



**Allegato A**

## Certificati dei Sondaggi Geognostici

S5 (SOND-010/2016) – Profondità 15,00 metri
S6 (SOND-009/2016) – Profondità 13,50 metri

**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE
GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

OS 21
OS 20 - B

Aut. n. 300007464

Cert. No. 98514-2011-AQ-ITA-ACCREDIA

**Certificato n°:** SOND-010/2016

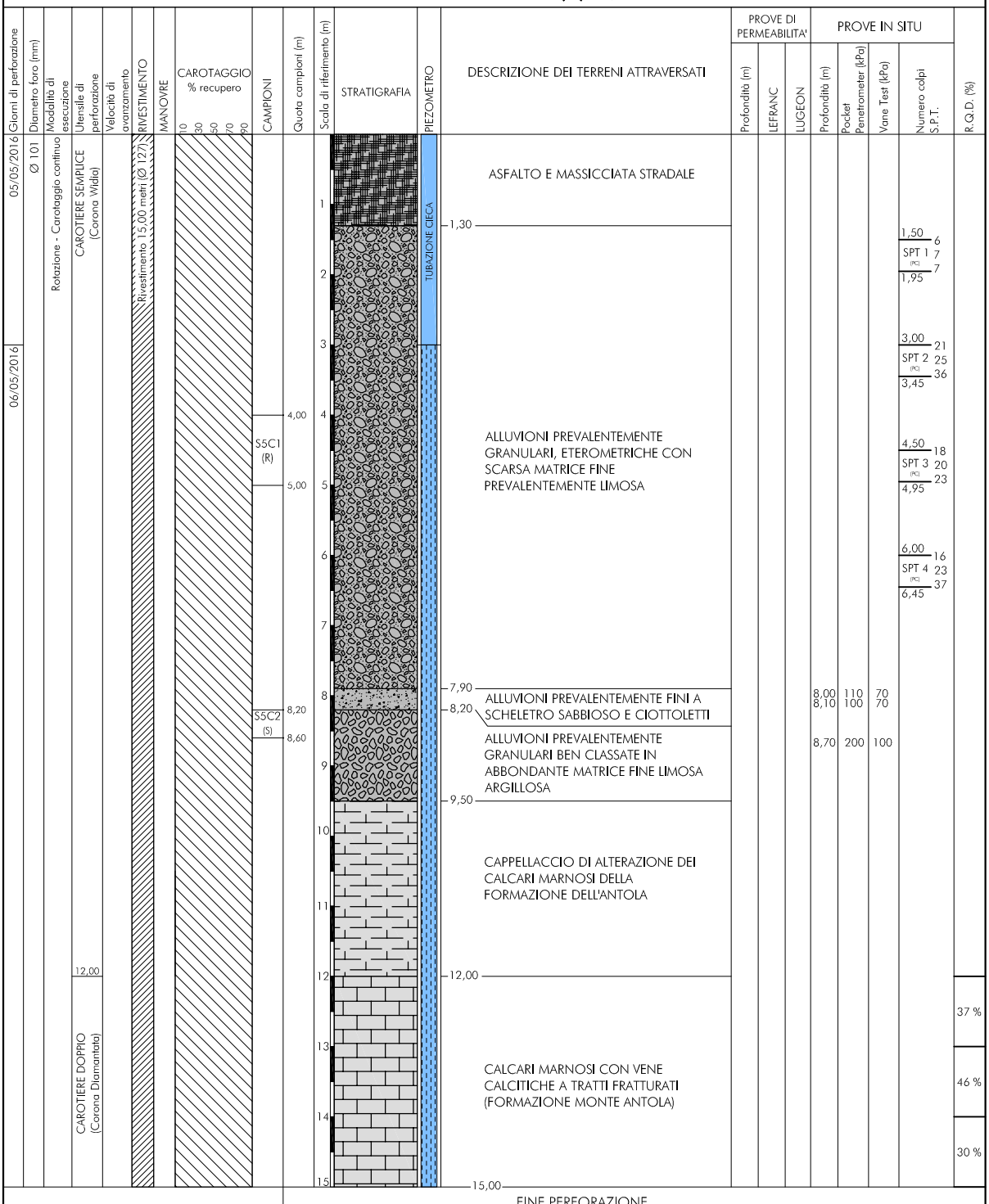
**Data emissione certificato:** 06 Giugno 2016

**Committente:** IRE SpA | **Richiedente:** Ing. Flavio Barbieri | **Commessa n°:** 16 016

**Cantiere:** Via Pontevecchio, GENOVA | **Operatore:** Baddredine Saoudi | **Sondaggio n°:** S5

**Coordinate (Gauss-Boaga):** X=1498938,2124 Y=4916431,7093 | **Data inizio lavori:** 5 Maggio 2016 | **Data fine lavori:** 6 Maggio 2016

**Attrezzatura:** Sonda CMV MK600 | **Profondità foro (m):** 15,00 metri | **Quota:** ≈ 14,4 metri s.l.m.




CAMPIONI:
S = Shelby (n° 1) | D = Denison (n° ) | O = Osterberg (n° ) | P = Percussione (n° ) | M = Mazier (n° ) | R = Rimaneggiati (n° 1) | SD = Semidisturbati (n° ) | CL = Litoide (n° )

NOTE:
Cassette: n. 3
SPT eseguiti: n. 4
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Dati stratigrafici forniti dal Dott. Geol. Francesco Rossi

| | |
|---|---|
| Piezometro (Ø 40) | SI |
| Piezometro di Casagrande: | - |
| Tubo inclinometrico (Ø 88,9): | - |
| Tubo Down-Hole (Ø 114): | - |

MISURA FALDA ACQUIFERA:
-4,05 m. dal p.d.c. (16.05.2016)

Direttore del Laboratorio:
Dott. Geol. Luigi Giammattei

Direttore Tecnico:
Dott. Geol. Francesco Rossi

Sperimentatore:
Dott. Geol. Andrea Gambini


Sede Legale: Via Acquacalda 840/A - 55100 LUCCA - Sede Operativa: Via di Tiglio, 433 - 55100 LUCCA
C.C.I.A.A./Tribunale R.E.A. n° 168603 Lucca - P.I. 01757090467
Telefono: +39 0583 48682 Fax: +39 0583 464539 - e-mail: bierregilucca@pec.it WEB: www.bierregilucca.it

**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE
GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

OS 21
OS 20 - B

Aut. n. :00007464

Cert. No. 98514-2011-AQ-ITA-ACCREDIA

**Certificato n°:** SOND-009/2016

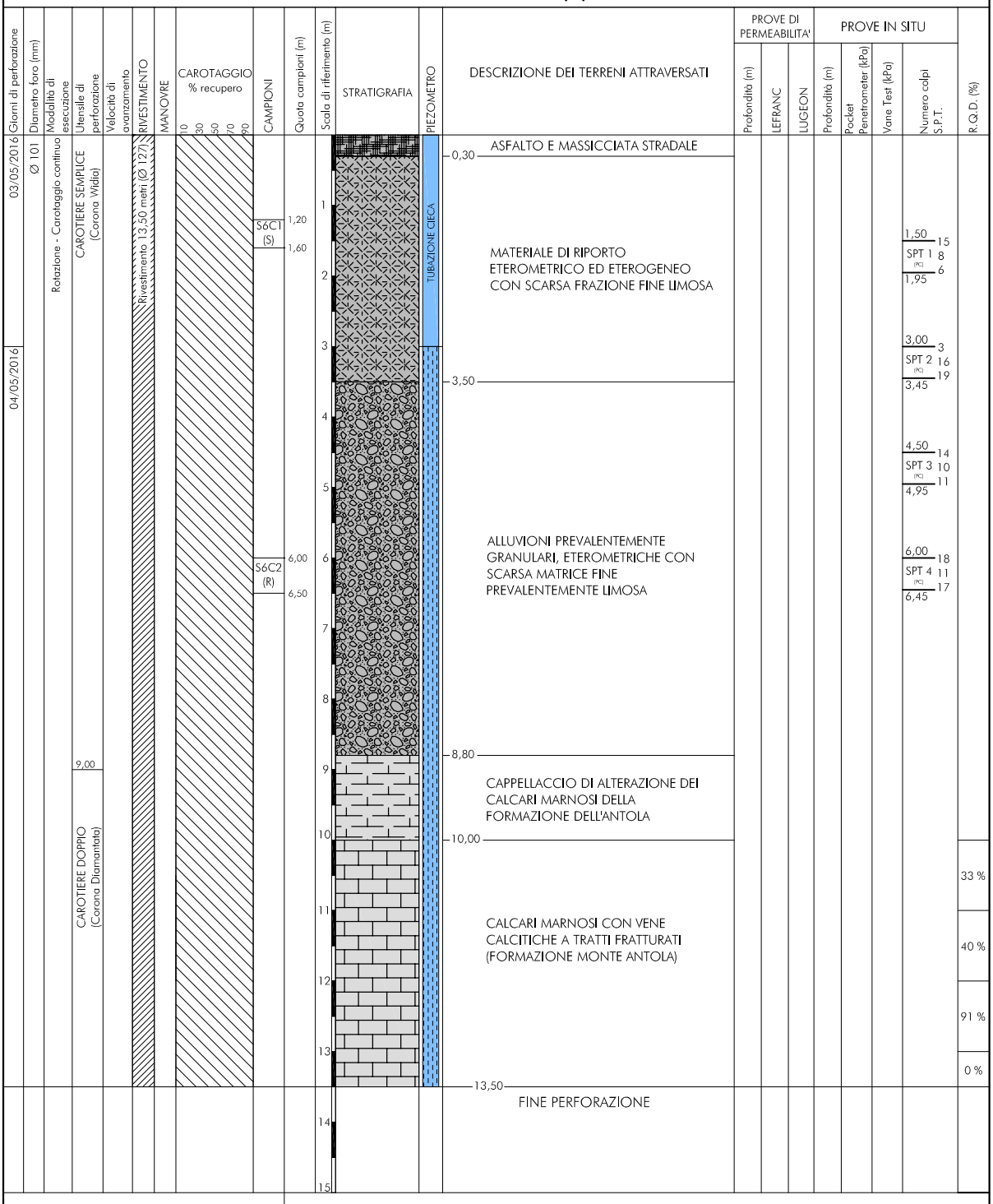
**Data emissione certificato:** 06 Giugno 2016

**Committente:** IRE SpA | **Richiedente:** Ing. Flavio Barbieri | **Commessa n°:** 16 016

**Cantiere:** Via delle Casette, GENOVA | **Operatore:** Baddredine Saoudi | **Sondaggio n°:** S6

**Coordinate (Gauss-Boaga):** X=1498997,1086 Y=4916327,4547 | **Data inizio lavori:** 3 Maggio 2016 | **Data fine lavori:** 4 Maggio 2016

**Attrezzatura:** Sonda CMV MK600 | **Profondità foro (m):** 13,50 metri | **Quota:** ≈ 13,0 metri s.l.m.




CAMPIONI:

S = Shelby (n° 1) | D = Denison (n° ) | O = Osterberg (n° ) | P = Percussione (n° ) | M = Mazier (n° ) | R = Rimaneggiati (n° 1) | SD = Semidisturbati (n° ) | CL = Litoide (n° )

NOTE:

Cassette: n. 3
SPT eseguiti: n. 4
Pozzetto d'ispezione: SI (Carrabile)
Dati stratigrafici forniti dal Dott. Geol. Francesco Rossi

| | |
|---|---|
| Piezometro (Ø 40) | SI |
| Piezometro di Casagrande: | - |
| Tubo inclinometrico (Ø 88,9): | - |
| Tubo Down-Hole (Ø 114): | - |

MISURA FALDA ACQUIFERA:

-4,10 m. dal p.d.c. (05.05.2016)
-4,27 m. dal p.d.c. (16.05.2016)

Direttore del Laboratorio:
Dott. Geol. Luigi Giammattei

Direttore Tecnico:
Dott. Geol. Francesco Rossi

Sperimentatore:
Dott. Geol. Andrea Gambini


Sede Legale: Via Acquacalda 840/A - 55100 LUCCA - Sede Operativa: Via di Tiglio, 433 - 55100 LUCCA
C.C.I.A.A./Tribunale R.E.A. n° 168603 Lucca - P.I. 01757090467
Telefono: +39 0583 48682 Fax: +39 0583 464539 - e-mail: bierregilucca@pec.it WEB: www.bierregilucca.it

**Allegato B**

# Analisi di Laboratorio

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

| | |
|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** |
| CANTIERE: | **Genova - Pontevecchio** |
| CAMPIONE: | **S5 C1 m 4.00 - 5.00** |
| COMMESSA: | 15454/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 |
| DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

**alto**
**4.00**




**5.00**
**basso**

LUNGHEZZA (cm): -

GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3

DESCRIZIONE:
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa marrone chiaro grigiastro

| | |
|---|---|
| W naturale (%) | 2.1 |
| γ naturale(Mg/m$^3$) | - |
| γ secco (Mg/m$^3$) | - |
| γ immerso (Mg/m$^3$) | - |
| porosità (%) | - |
| indice dei vuoti | - |
| grado di saturazione (%) | - |
| massa specifica (Mg/m$^3$) (stimato) | 2.700 |

PROVE ESEGUITE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Umidità Naturale | - | Trassiale UU | - |
| Limiti Atterberg | SI | Trassiale CIU | - |
| Gran. Setacciatura | SI | Edometria | - |
| Gran. Sedimentazione | SI | Taglio Diretto | - |
| Peso di Volume | - | Espansione L.L. | - |
| Peso Specifico | - | Trassiale Cicl. + C.M. | - |
| Analisi Chimica | - | Colonna Risonante | - |
| | | Taglio Torsionale Cicl. | - |

NOTE: -

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Pontevecchio** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C1** | **m 4.00 - 5.00** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

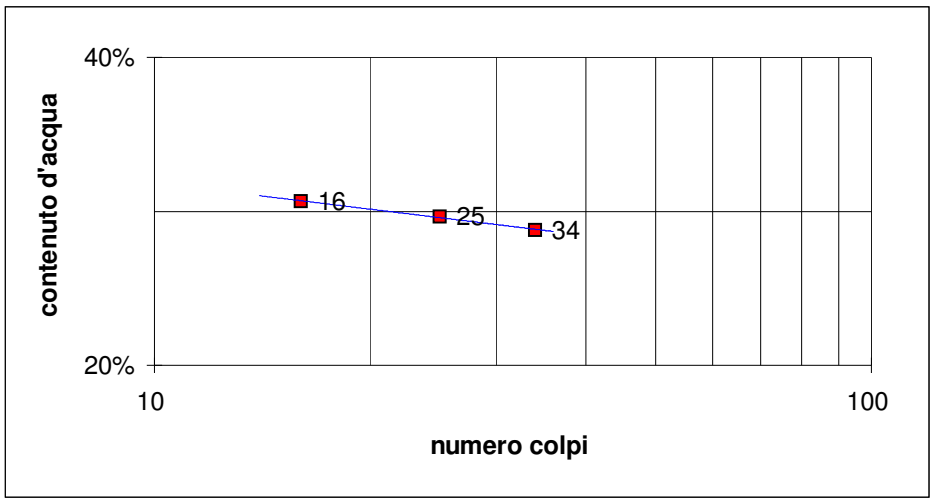
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Ghiaia sabbiosa debolmente limosa marrone chiaro grigiastro**

codice cucchiaio: 344; codice bilancia: 480.

| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | UMIDITA' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| impasto | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| N° colpi | 34 | 25 | 16 | | | |
| massa umida+ tara (g) | 17.05 | 17.15 | 24.98 | 14.33 | 14.95 | 3568.47 |
| massa secca+ tara (g) | 13.88 | 13.76 | 19.66 | 12.49 | 13.01 | 3504.09 |
| acqua contenuta (g) | 3.17 | 3.39 | 5.32 | 1.84 | 1.94 | 64.38 |
| tara (g) | 2.87 | 2.33 | 2.31 | 2.29 | 2.32 | 495.54 |
| peso secco (g) | 11.01 | 11.43 | 17.35 | 10.20 | 10.69 | 3008.55 |
| contenuto d'acqua | 28.8% | 29.7% | 30.7% | 18.0% | 18.1% | 2.1% |

| | | |
|---|---|---|
| **Umidità Naturale** | **Wn =** | **2%** |
| **Limite Liquido** | **LL =** | **30%** |
| **Limite Plastico** | **LP =** | **18%** |
| **Indice Plastico** | **IP =** | **11%** |




Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# ANALISI GRANULOMETRICA

**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Pontevecchio** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C1** | **m 4.00 - 5.00** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

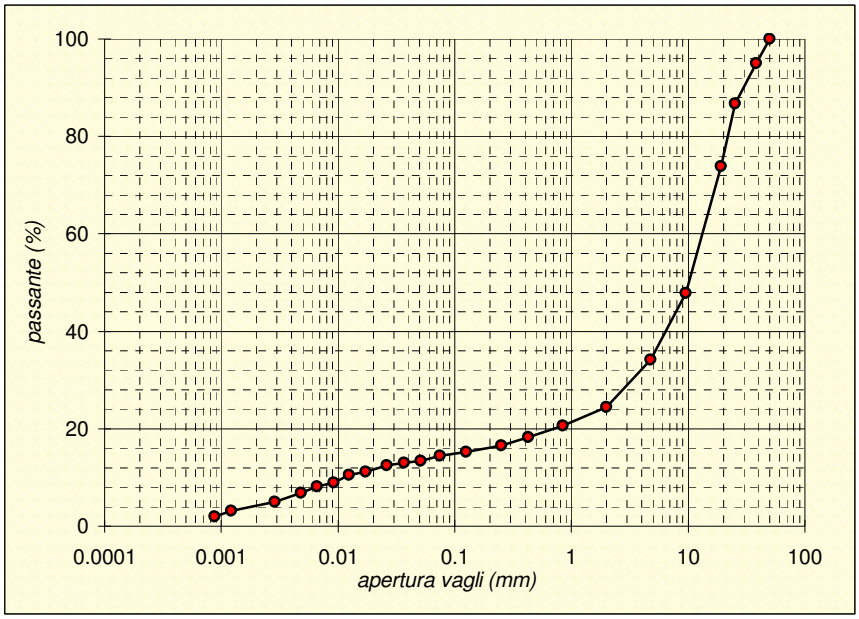
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Ghiaia sabbiosa debolmente limosa marrone chiaro grigiastro**

| codici | | vaglio (mm) | trattenuto (g) | trattenuto (%) | cum. tratt. (%) | passante (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 569 | setaccio | 50.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 570 | setaccio | 38.1 | 150.08 | 4.99 | 4.99 | 95.01 |
| 571 | setaccio | 25.4 | 250.74 | 8.33 | 13.32 | 86.68 |
| 572 | setaccio | 19.1 | 385.21 | 12.80 | 26.13 | 73.87 |
| 573 | setaccio | 9.51 | 784.92 | 26.09 | 52.22 | 47.78 |
| 290 | setaccio | 4.75 | 409.87 | 13.62 | 65.84 | 34.16 |
| 291 | setaccio | 2.0 | 292.15 | 9.71 | 75.55 | 24.45 |
| 292 | setaccio | 0.850 | 114.37 | 3.80 | 79.35 | 20.65 |
| 293 | setaccio | 0.425 | 70.31 | 2.34 | 81.69 | 18.31 |
| 282 | setaccio | 0.250 | 53.56 | 1.78 | 83.47 | 16.53 |
| 283 | setaccio | 0.125 | 39.82 | 1.32 | 84.79 | 15.21 |
| 286 | setaccio | 0.075 | 22.90 | 0.76 | 85.55 | 14.45 |
| - | calcolato | 0.0512 | 29.98 | 1.00 | 86.55 | 13.45 |
| - | calcolato | 0.0367 | 13.77 | 0.46 | 87.01 | 12.99 |
| - | calcolato | 0.0263 | 13.77 | 0.46 | 87.47 | 12.53 |
| - | calcolato | 0.0173 | 41.30 | 1.37 | 88.84 | 11.16 |
| - | calcolato | 0.0125 | 20.65 | 0.69 | 89.52 | 10.48 |
| - | calcolato | 0.0092 | 48.18 | 1.60 | 91.13 | 8.87 |
| - | calcolato | 0.0066 | 20.65 | 0.69 | 91.81 | 8.19 |
| - | calcolato | 0.0048 | 41.30 | 1.37 | 93.18 | 6.82 |
| - | calcolato | 0.0029 | 53.85 | 1.79 | 94.97 | 5.03 |
| - | calcolato | 0.0012 | 57.50 | 1.91 | 96.89 | 3.11 |
| - | calcolato | 0.0009 | 33.20 | 1.10 | 97.99 | 2.01 |
| | | fondo | 60.49 | 2.01 | 100.00 | 0.00 |
| | | TOTALE | 3008.55 | | ϕ max (mm) = | 38.1 |

| Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro | | 50.00 |
|---|---|---|
| t° C | Tempo (s) | Lettura |
| 25 | 30 | 32.0 |
| 25 | 60 | 31.0 |
| 25 | 120 | 30.0 |
| 25 | 300 | 27.0 |
| 25 | 600 | 25.5 |
| 25 | 1200 | 22.0 |
| 25 | 2400 | 20.5 |
| 25 | 4800 | 17.5 |
| 25.5 | 14400 | 13.5 |
| 24.5 | 86400 | 9.5 |
| 25 | 172800 | 7.0 |

| Rapporti granulometrici | USCS | UNI |
|---|---|---|
| GHIAIA | > 4,75 mm | > 2,00 mm |
| | 65.8% | 75.6% |
| SABBIA | > 0,075 mm | > 0,063 mm |
| | 19.7% | 10.5% |
| LIMO | > 2 μ | > 2 μ |
| | 10.2% | 9.8% |
| ARGILLA | < 2 μ | < 2 μ |
| | 4.2% | 4.2% |




Soluzione disperdente preparata al momento

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

| | |
|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** |
| CANTIERE: | **Genova - Via Pontevecchio** |
| CAMPIONE: | **S5 C2 m 8.20 - 8.60** |
| COMMESSA: | 15454/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 |
| DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica — bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

**alto**
**8.20**




**8.60**
**basso**

| P.P. kPa | T.V. kPa |
|---|---|
| 80 | 34 |
| 70 | 30 |

LUNGHEZZA (cm): 38
GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1

DESCRIZIONE:
Limo con argilla sabbioso grigio

| | |
|---|---|
| W naturale (%) | 27.9 |
| $\gamma$ naturale(Mg/m$^3$) | 1.96 |
| $\gamma$ secco (Mg/m$^3$) | 1.53 |
| $\gamma$ immerso (Mg/m$^3$) | 0.97 |
| porosità (%) | 43 |
| indice dei vuoti | 0.76 |
| grado di saturazione (%) | 99 |
| massa specifica (Mg/m$^3$) (stimato) | 2.700 |

PROVE ESEGUITE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Umidità Naturale | - | Trassiale UU | - |
| Limiti Atterberg | SI | Trassiale CIU | - |
| Gran. Setacciatura | SI | Edometria | - |
| Gran. Sedimentazione | SI | Taglio Diretto | SI |
| Peso di Volume | - | Espansione L.L. | - |
| Peso Specifico | - | Trassiale Cicl. + C.M. | - |
| Analisi Chimica | - | Colonna Risonante | - |
| | | Taglio Torsionale Cicl. | - |

NOTE: -

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Pontevecchio** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C2** | **m 8.20 - 8.60** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

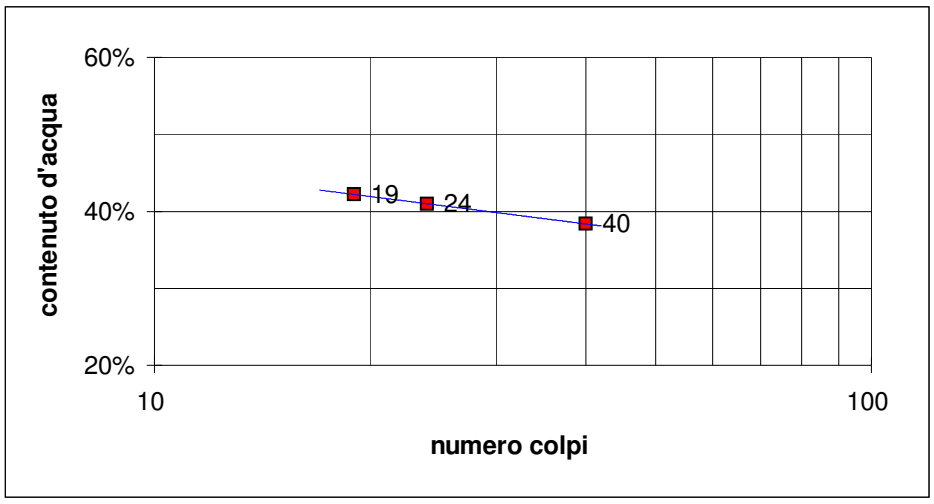
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con argilla sabbioso grigio**

codice cucchiaio: 344; codice bilancia: 480.

| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | UMIDITA' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| impasto | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| N° colpi | 40 | 19 | 24 | | | |
| massa umida+ tara (g) | 18.96 | 25.05 | 18.86 | 13.42 | 15.59 | 798.54 |
| massa secca+ tara (g) | 14.33 | 18.29 | 14.21 | 11.41 | 13.19 | 712.46 |
| acqua contenuta (g) | 4.63 | 6.76 | 4.65 | 2.01 | 2.40 | 86.08 |
| tara (g) | 2.26 | 2.27 | 2.86 | 2.29 | 2.43 | 403.39 |
| peso secco (g) | 12.07 | 16.02 | 11.35 | 9.12 | 10.76 | 309.07 |
| contenuto d'acqua | 38.4% | 42.2% | 41.0% | 22.0% | 22.3% | 27.9% |

| | | |
|---|---|---|
| **Umidità Naturale** | **Wn =** | **28%** |
| **Limite Liquido** | **LL =** | **41%** |
| **Limite Plastico** | **LP =** | **22%** |
| **Indice Plastico** | **IP =** | **19%** |




Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# ANALISI GRANULOMETRICA

**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Pontevecchio** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C2** | **m 8.20 - 8.60** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

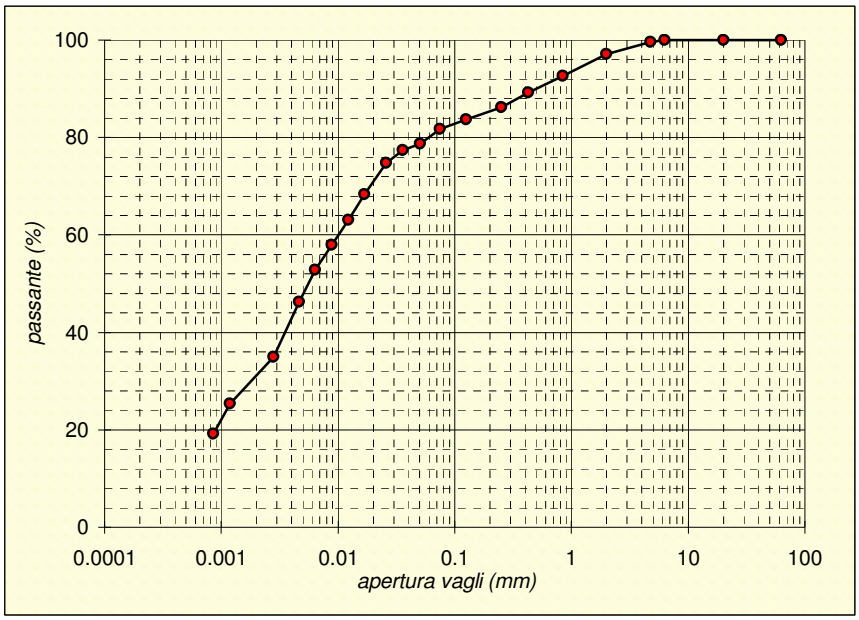
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Limo con argilla sabbioso grigio**

| codici | | vaglio (mm) | trattenuto (g) | trattenuto (%) | cum. tratt. (%) | passante (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 571 | setaccio | 63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 572 | setaccio | 20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 573 | setaccio | 6.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 290 | setaccio | 4.75 | 1.02 | 0.33 | 0.33 | 99.67 |
| 291 | setaccio | 2.0 | 8.07 | 2.61 | 2.94 | 97.06 |
| 292 | setaccio | 0.850 | 13.84 | 4.48 | 7.42 | 92.58 |
| 293 | setaccio | 0.425 | 10.46 | 3.38 | 10.80 | 89.20 |
| 282 | setaccio | 0.250 | 9.33 | 3.02 | 13.82 | 86.18 |
| 283 | setaccio | 0.125 | 7.45 | 2.41 | 16.23 | 83.77 |
| 286 | setaccio | 0.075 | 6.28 | 2.03 | 18.26 | 81.74 |
| - | calcolato | 0.0505 | 9.52 | 3.08 | 21.34 | 78.66 |
| - | calcolato | 0.0360 | 4.00 | 1.29 | 22.64 | 77.36 |
| - | calcolato | 0.0258 | 8.00 | 2.59 | 25.23 | 74.77 |
| - | calcolato | 0.0169 | 20.00 | 6.47 | 31.70 | 68.30 |
| - | calcolato | 0.0122 | 16.00 | 5.18 | 36.87 | 63.13 |
| - | calcolato | 0.0089 | 16.00 | 5.18 | 42.05 | 57.95 |
| - | calcolato | 0.0064 | 16.00 | 5.18 | 47.22 | 52.78 |
| - | calcolato | 0.0047 | 20.00 | 6.47 | 53.69 | 46.31 |
| - | calcolato | 0.0028 | 35.29 | 11.42 | 65.11 | 34.89 |
| - | calcolato | 0.0012 | 29.40 | 9.51 | 74.62 | 25.38 |
| - | calcolato | 0.0009 | 19.29 | 6.24 | 80.86 | 19.14 |
| | fondo | | 59.14 | 19.14 | 100.00 | 0.00 |
| | TOTALE | | 309.07 | | ϕ max (mm) = | 5.1 |

| Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro | | 50.02 |
|---|---|---|
| t° C | Tempo (s) | Lettura |
| 25 | 30 | 33.0 |
| 25 | 60 | 32.5 |
| 25 | 120 | 31.5 |
| 25 | 300 | 29.0 |
| 25 | 600 | 27.0 |
| 25 | 1200 | 25.0 |
| 25 | 2400 | 23.0 |
| 25 | 4800 | 20.5 |
| 25.5 | 14400 | 16.0 |
| 24.5 | 86400 | 12.5 |
| 25 | 172800 | 10.0 |

| Rapporti granulometrici | USCS | UNI |
|---|---|---|
| GHIAIA | > 4,75 mm | > 2,00 mm |
| | 0.3% | 2.9% |
| SABBIA | > 0,075 mm | > 0,063 mm |
| | 17.9% | 16.7% |
| LIMO | > 2 μ | > 2 μ |
| | 50.6% | 49.2% |
| ARGILLA | < 2 μ | < 2 μ |
| | 31.1% | 31.1% |




Soluzione disperdente preparata al momento

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

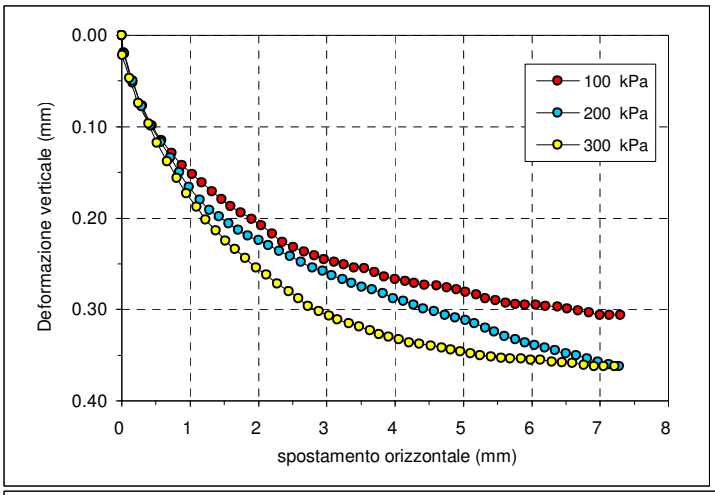
| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C2** **m 8.20 - 8.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

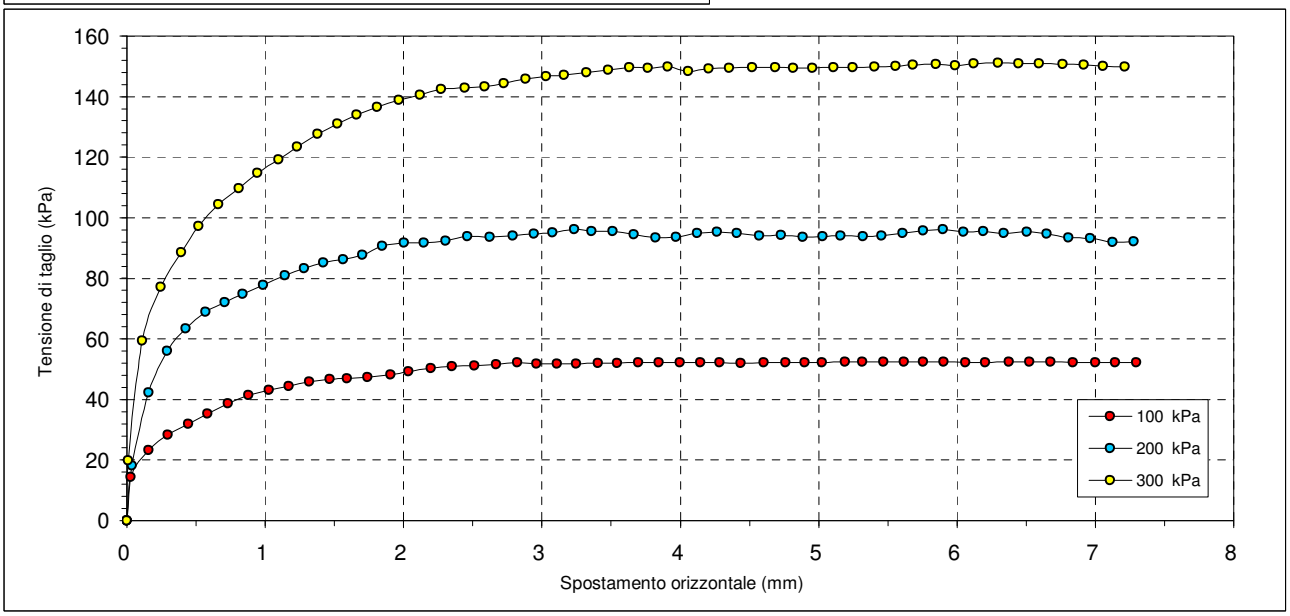
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

| | |
|---|---|
| Macchina: | CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital |
| Prova: | CONSOLIDATA DRENATA |
| Dimensioni provino: | ϕ x h = 60 x 20 mm |
| Velocità prova: | 0,004 mm/min |

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con argilla sabbioso grigio




| | PROVINO 1 | PROVINO 2 | PROVINO 3 |
|---|---|---|---|
| σv (kPa) | 100 | 200 | 300 |
| W ini (%) | 27.9 | 27.9 | 27.9 |
| γ ini (Mg/m$^3$) | 1.95 | 1.95 | 1.97 |
| γd ini (Mg/m$^3$) | 1.53 | 1.53 | 1.54 |
| S ini (%) | 98 | 98 | 100 |
| W fin (%) | 22.9 | 19.8 | 17.4 |
| γ fin (Mg/m$^3$) | 2.05 | 2.11 | 2.16 |
| γd fin (Mg/m$^3$) | 1.67 | 1.76 | 1.84 |
| S fin (%) | 100 | 100 | 100 |
| G (Mg/m$^3$) | 2.700 | | |
| H fine cons (mm) | 19.392 | 18.883 | 18.618 |




Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C2** **m 8.20 - 8.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

| PROVINO 1 | 100 | kPa | PROVINO 2 | 200 | kPa | PROVINO 3 | 300 | kPa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) | Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) | Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.026 | 14.361 | 0.019 | 0.037 | 18.111 | 0.020 | 0.010 | 19.833 | 0.022 |
| 0.157 | 23.306 | 0.052 | 0.158 | 42.167 | 0.050 | 0.110 | 59.472 | 0.047 |
| 0.296 | 28.244 | 0.077 | 0.292 | 56.111 | 0.078 | 0.247 | 77.167 | 0.074 |
| 0.443 | 31.998 | 0.099 | 0.424 | 63.361 | 0.099 | 0.393 | 88.611 | 0.097 |
| 0.585 | 35.324 | 0.115 | 0.571 | 68.861 | 0.117 | 0.519 | 97.222 | 0.118 |
| 0.733 | 38.574 | 0.129 | 0.709 | 72.000 | 0.134 | 0.663 | 104.389 | 0.138 |
| 0.881 | 41.396 | 0.142 | 0.839 | 74.778 | 0.150 | 0.809 | 109.694 | 0.156 |
| 1.026 | 43.185 | 0.152 | 0.985 | 77.833 | 0.166 | 0.942 | 114.750 | 0.173 |
| 1.169 | 44.470 | 0.161 | 1.141 | 81.056 | 0.180 | 1.098 | 119.278 | 0.188 |
| 1.318 | 45.780 | 0.171 | 1.281 | 83.250 | 0.191 | 1.231 | 123.333 | 0.202 |
| 1.465 | 46.636 | 0.179 | 1.422 | 85.083 | 0.198 | 1.380 | 127.639 | 0.214 |
| 1.593 | 46.914 | 0.187 | 1.564 | 86.222 | 0.206 | 1.521 | 130.944 | 0.225 |
| 1.742 | 47.443 | 0.194 | 1.703 | 87.778 | 0.213 | 1.662 | 134.056 | 0.234 |
| 1.906 | 48.123 | 0.201 | 1.848 | 90.750 | 0.219 | 1.808 | 136.611 | 0.244 |
| 2.038 | 49.232 | 0.208 | 2.005 | 91.722 | 0.224 | 1.965 | 138.833 | 0.254 |
| 2.200 | 50.214 | 0.217 | 2.145 | 91.722 | 0.230 | 2.120 | 140.639 | 0.262 |
| 2.351 | 50.894 | 0.226 | 2.304 | 92.333 | 0.236 | 2.272 | 142.417 | 0.272 |
| 2.512 | 51.247 | 0.232 | 2.460 | 93.944 | 0.242 | 2.444 | 142.944 | 0.280 |
| 2.671 | 51.524 | 0.237 | 2.624 | 93.667 | 0.248 | 2.586 | 143.306 | 0.288 |
| 2.821 | 52.230 | 0.241 | 2.789 | 94.111 | 0.254 | 2.725 | 144.361 | 0.296 |
| 2.959 | 51.877 | 0.245 | 2.944 | 94.667 | 0.258 | 2.882 | 145.833 | 0.302 |
| 3.108 | 51.751 | 0.248 | 3.076 | 95.139 | 0.263 | 3.031 | 146.778 | 0.307 |
| 3.249 | 51.852 | 0.251 | 3.234 | 96.111 | 0.267 | 3.159 | 147.083 | 0.311 |
| 3.404 | 51.953 | 0.254 | 3.361 | 95.639 | 0.271 | 3.323 | 147.889 | 0.315 |
| 3.546 | 52.079 | 0.255 | 3.514 | 95.528 | 0.275 | 3.478 | 148.861 | 0.319 |
| 3.696 | 52.179 | 0.259 | 3.666 | 94.528 | 0.278 | 3.631 | 149.556 | 0.323 |
| 3.843 | 52.305 | 0.264 | 3.824 | 93.444 | 0.282 | 3.768 | 149.333 | 0.327 |
| 3.998 | 52.305 | 0.267 | 3.972 | 93.556 | 0.288 | 3.910 | 149.750 | 0.330 |
| 4.147 | 52.104 | 0.269 | 4.124 | 94.806 | 0.291 | 4.056 | 148.361 | 0.333 |
| 4.283 | 52.230 | 0.271 | 4.267 | 95.361 | 0.295 | 4.205 | 149.222 | 0.336 |
| 4.435 | 52.079 | 0.273 | 4.410 | 95.000 | 0.299 | 4.356 | 149.333 | 0.338 |
| 4.605 | 52.129 | 0.274 | 4.570 | 94.139 | 0.302 | 4.522 | 149.639 | 0.340 |
| 4.759 | 52.154 | 0.276 | 4.731 | 94.194 | 0.306 | 4.685 | 149.722 | 0.342 |
| 4.900 | 52.230 | 0.278 | 4.884 | 93.639 | 0.309 | 4.817 | 149.444 | 0.344 |
| 5.026 | 52.255 | 0.281 | 5.028 | 93.778 | 0.312 | 4.955 | 149.528 | 0.346 |
| 5.190 | 52.331 | 0.284 | 5.159 | 94.056 | 0.315 | 5.108 | 149.583 | 0.348 |
| 5.318 | 52.381 | 0.288 | 5.323 | 93.944 | 0.320 | 5.246 | 149.667 | 0.350 |
| 5.468 | 52.406 | 0.290 | 5.453 | 94.083 | 0.324 | 5.403 | 149.944 | 0.352 |
| 5.616 | 52.457 | 0.293 | 5.606 | 94.917 | 0.329 | 5.556 | 150.083 | 0.353 |
| 5.757 | 52.457 | 0.294 | 5.758 | 95.667 | 0.333 | 5.682 | 150.556 | 0.354 |
| 5.904 | 52.457 | 0.295 | 5.899 | 96.111 | 0.336 | 5.849 | 150.639 | 0.354 |
| 6.059 | 52.280 | 0.295 | 6.046 | 95.417 | 0.339 | 5.987 | 150.333 | 0.355 |
| 6.204 | 52.255 | 0.296 | 6.191 | 95.472 | 0.342 | 6.123 | 150.833 | 0.355 |
| 6.377 | 52.331 | 0.297 | 6.338 | 94.917 | 0.345 | 6.299 | 151.083 | 0.357 |
| 6.524 | 52.356 | 0.299 | 6.505 | 95.222 | 0.348 | 6.447 | 150.972 | 0.358 |
| 6.675 | 52.331 | 0.301 | 6.651 | 94.611 | 0.350 | 6.593 | 150.944 | 0.359 |
| 6.837 | 52.205 | 0.303 | 6.808 | 93.444 | 0.354 | 6.766 | 150.667 | 0.361 |
| 6.999 | 52.129 | 0.306 | 6.965 | 93.167 | 0.357 | 6.918 | 150.500 | 0.362 |
| 7.142 | 52.129 | 0.306 | 7.127 | 91.917 | 0.360 | 7.058 | 150.139 | 0.362 |
| 7.295 | 52.104 | 0.306 | 7.276 | 92.139 | 0.362 | 7.215 | 149.806 | 0.362 |

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S5 C2** **m 8.20 - 8.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

**Consolidazione Provino 1**

**100 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.077 |
| 0.14 | 0.082 |
| 0.23 | 0.095 |
| 0.39 | 0.110 |
| 1.08 | 0.162 |
| 1.81 | 0.196 |
| 5.05 | 0.308 |
| 8.44 | 0.385 |
| 14.09 | 0.467 |
| 39.29 | 0.559 |
| 65.61 | 0.581 |
| 109.58 | 0.600 |
| 182.98 | 0.611 |
| 305.58 | 0.617 |
| 510.33 | 0.625 |
| 852.27 | 0.630 |

**Consolidazione Provino 2**

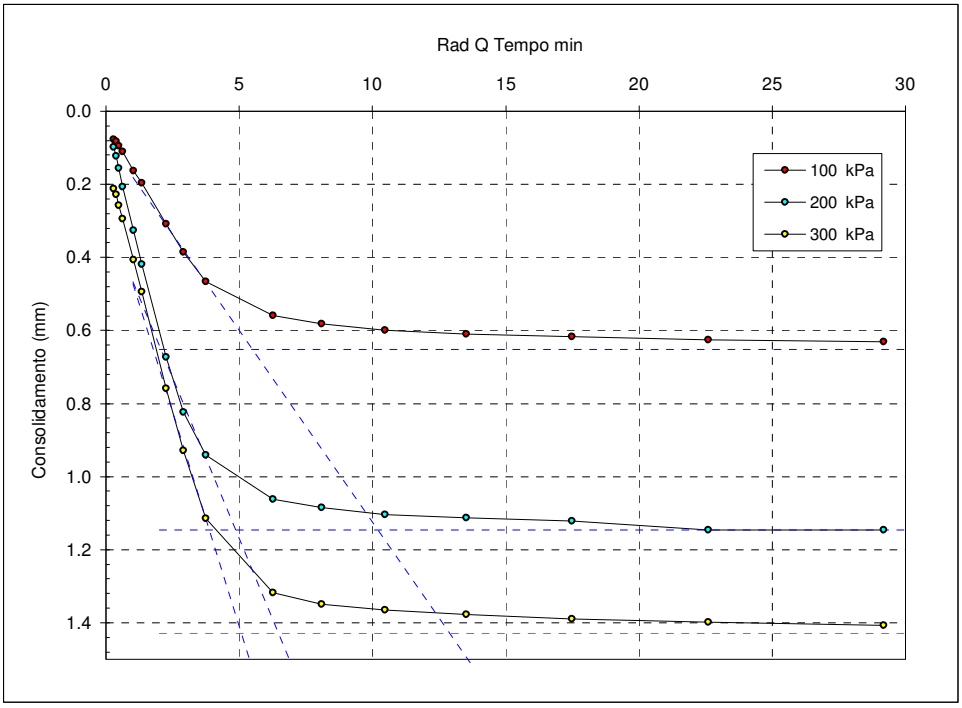
**200 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.099 |
| 0.14 | 0.123 |
| 0.23 | 0.156 |
| 0.39 | 0.208 |
| 1.08 | 0.326 |
| 1.81 | 0.419 |
| 5.05 | 0.673 |
| 8.44 | 0.823 |
| 14.09 | 0.941 |
| 39.29 | 1.062 |
| 65.61 | 1.085 |
| 109.58 | 1.104 |
| 182.98 | 1.112 |
| 305.58 | 1.121 |
| 510.33 | 1.147 |
| 852.27 | 1.147 |

**Consolidazione Provino 3**

**300 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.212 |
| 0.14 | 0.227 |
| 0.23 | 0.258 |
| 0.39 | 0.294 |
| 1.08 | 0.407 |
| 1.81 | 0.494 |
| 5.05 | 0.760 |
| 8.44 | 0.929 |
| 14.09 | 1.115 |
| 39.29 | 1.318 |
| 65.61 | 1.349 |
| 109.58 | 1.366 |
| 182.98 | 1.378 |
| 305.58 | 1.389 |
| 510.33 | 1.398 |
| 852.27 | 1.408 |




$t_{100}$ min
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

30.1

Provino 2

23.7

Provino 3

25.6

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC

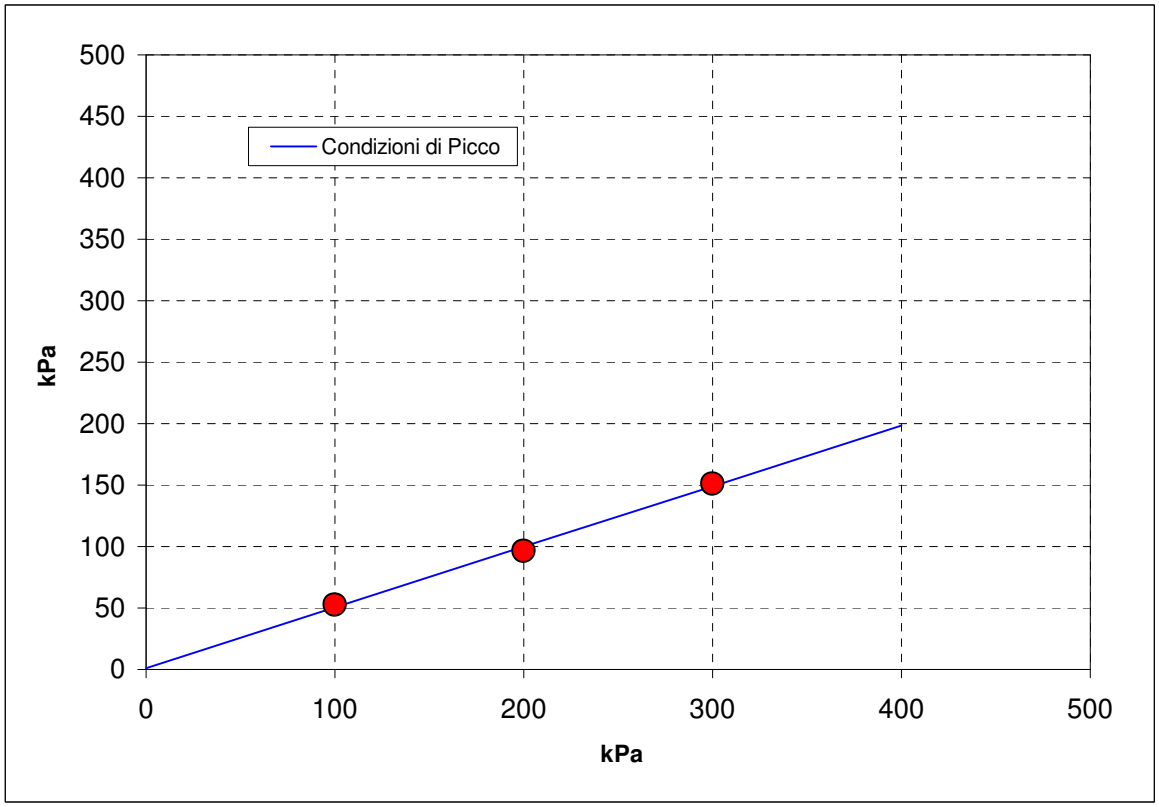
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA | | |
| CANTIERE: | Genova - Via Bottini | | |
| CAMPIONE: | S5 C2 | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

***Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpreazione soggettiva dei risultati di prova.***

| | PROVINO 1 | PROVINO 2 | PROVINO 3 |
|---|---|---|---|
| Pressione verticale (kPa) | **100** | **200** | **300** |
| Tensione di taglio (kPa) | **52.46** | **96.11** | **151.08** |

**Condizioni di Picco** **Coesione:** **1.26 kPa** **Angolo di attrito:** **26°**



**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

| | |
|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** |
| CAMPIONE: | **S6 C1 m 1.20 - 1.60** |
| COMMESSA: | 15454/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 |
| DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica — bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

**alto 1.20**




**1.60 basso**

| P.P. kPa | T.V. kPa |
|---|---|
| 200 | 85 |
| 275 | 120 |

LUNGHEZZA (cm): 32
GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1

DESCRIZIONE:
Sabbia con limo ghiaioso argillosa marrone

| | |
|---|---|
| W naturale (%) | 14.7 |
| γ naturale(Mg/m$^3$) | 1.97 |
| γ secco (Mg/m$^3$) | 1.72 |
| γ immerso (Mg/m$^3$) | 1.08 |
| porosità (%) | 36 |
| indice dei vuoti | 0.57 |
| grado di saturazione (%) | 70 |
| massa specifica (Mg/m$^3$) (stimato) | 2.700 |

PROVE ESEGUITE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Umidità Naturale | - | Trassiale UU | - |
| Limiti Atterberg | SI | Trassiale CIU | - |
| Gran. Setacciatura | SI | Edometria | - |
| Gran. Sedimentazione | SI | Taglio Diretto | SI |
| Peso di Volume | - | Espansione L.L. | - |
| Peso Specifico | - | Trassiale Cicl. + C.M. | - |
| Analisi Chimica | - | Colonna Risonante | - |
| | | Taglio Torsionale Cicl. | - |

NOTE: -

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C1** | **m 1.20 - 1.60** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

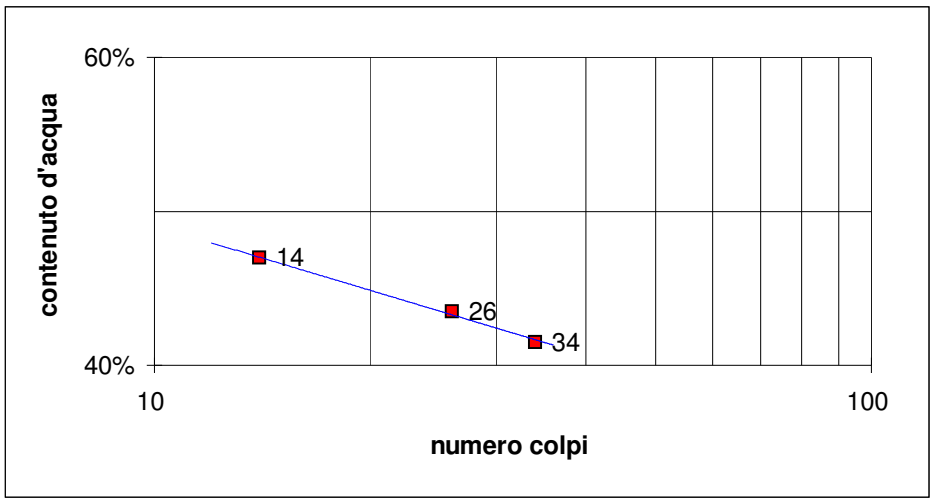
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Sabbia con limo ghiaioso argillosa marrone**

codice cucchiaio: 344; codice bilancia: 480.

| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | UMIDITA' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| impasto | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| N° colpi | 34 | 14 | 26 | | | |
| massa umida+ tara (g) | 19.87 | 26.52 | 18.37 | 13.86 | 17.46 | 1049.71 |
| massa secca+ tara (g) | 14.71 | 18.78 | 13.53 | 11.56 | 14.38 | 993.89 |
| acqua contenuta (g) | 5.16 | 7.74 | 4.84 | 2.30 | 3.08 | 55.82 |
| tara (g) | 2.28 | 2.30 | 2.40 | 2.29 | 2.05 | 613.37 |
| peso secco (g) | 12.43 | 16.48 | 11.13 | 9.27 | 12.33 | 380.52 |
| contenuto d'acqua | 41.5% | 47.0% | 43.5% | 24.8% | 25.0% | 14.7% |

| | | |
|---|---|---|
| **Umidità Naturale** | **Wn =** | **15%** |
| **Limite Liquido** | **LL =** | **44%** |
| **Limite Plastico** | **LP =** | **25%** |
| **Indice Plastico** | **IP =** | **19%** |




Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# ANALISI GRANULOMETRICA

**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C1** | **m 1.20 - 1.60** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

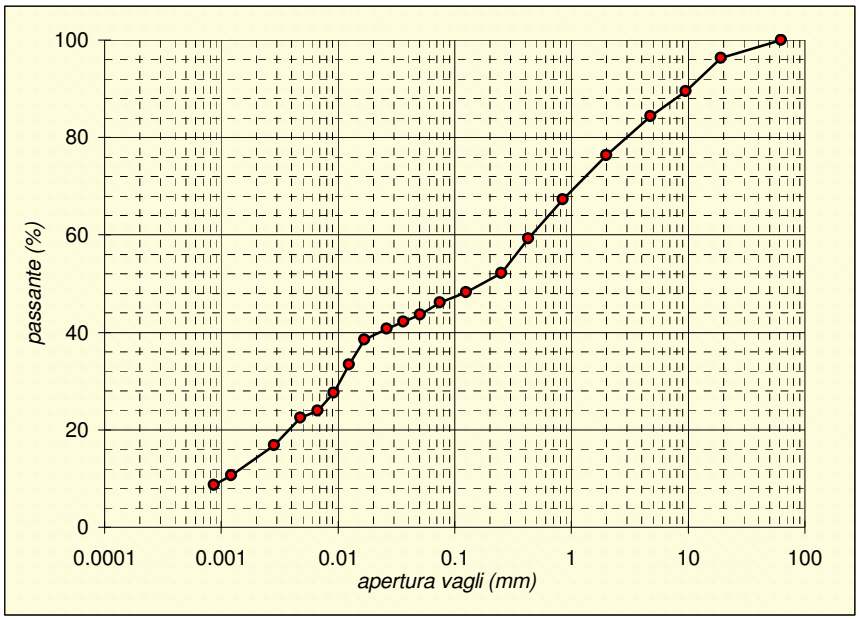
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Sabbia con limo ghiaioso argillosa marrone**

| codici | | vaglio (mm) | trattenuto (g) | trattenuto (%) | cum. tratt. (%) | passante (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 571 | setaccio | 63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 572 | setaccio | 19.1 | 13.96 | 3.67 | 3.67 | 96.33 |
| 573 | setaccio | 9.51 | 26.25 | 6.90 | 10.57 | 89.43 |
| 290 | setaccio | 4.75 | 19.20 | 5.05 | 15.61 | 84.39 |
| 291 | setaccio | 2.0 | 30.41 | 7.99 | 23.60 | 76.40 |
| 292 | setaccio | 0.850 | 34.46 | 9.06 | 32.66 | 67.34 |
| 293 | setaccio | 0.425 | 30.48 | 8.01 | 40.67 | 59.33 |
| 282 | setaccio | 0.250 | 27.05 | 7.11 | 47.78 | 52.22 |
| 283 | setaccio | 0.125 | 15.32 | 4.03 | 51.81 | 48.19 |
| 286 | setaccio | 0.075 | 7.96 | 2.09 | 53.90 | 46.10 |
| - | calcolato | 0.0509 | 9.32 | 2.45 | 56.35 | 43.65 |
| - | calcolato | 0.0365 | 5.56 | 1.46 | 57.81 | 42.19 |
| - | calcolato | 0.0261 | 5.56 | 1.46 | 59.27 | 40.73 |
| - | calcolato | 0.0169 | 8.33 | 2.19 | 61.46 | 38.54 |
| - | calcolato | 0.0125 | 19.45 | 5.11 | 66.57 | 33.43 |
| - | calcolato | 0.0092 | 22.23 | 5.84 | 72.41 | 27.59 |
| - | calcolato | 0.0067 | 13.89 | 3.65 | 76.06 | 23.94 |
| - | calcolato | 0.0048 | 5.56 | 1.46 | 77.52 | 22.48 |
| - | calcolato | 0.0029 | 21.74 | 5.71 | 83.23 | 16.77 |
| - | calcolato | 0.0012 | 23.21 | 6.10 | 89.33 | 10.67 |
| - | calcolato | 0.0009 | 7.84 | 2.06 | 91.39 | 8.61 |
| | fondo | | 32.75 | 8.61 | 100.00 | 0.00 |
| | TOTALE | | 380.52 | | ϕ max (mm) = | 22.4 |

| Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro | | 50.00 |
|---|---|---|
| t° C | Tempo (s) | Lettura |
| 25 | 30 | 32.5 |
| 25 | 60 | 31.5 |
| 25 | 120 | 30.5 |
| 25 | 300 | 29.0 |
| 25 | 600 | 25.5 |
| 25 | 1200 | 21.5 |
| 25 | 2400 | 19.0 |
| 25 | 4800 | 18.0 |
| 25.5 | 14400 | 14.0 |
| 24.5 | 86400 | 10.0 |
| 25 | 172800 | 8.5 |

| Rapporti granulometrici | USCS | UNI |
|---|---|---|
| GHIAIA | > 4,75 mm | > 2,00 mm |
| | 15.6% | 23.6% |
| SABBIA | > 0,075 mm | > 0,063 mm |
| | 38.3% | 31.4% |
| LIMO | > 2 μ | > 2 μ |
| | 31.9% | 30.8% |
| ARGILLA | < 2 μ | < 2 μ |
| | 14.2% | 14.2% |




Soluzione disperdente preparata al momento

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

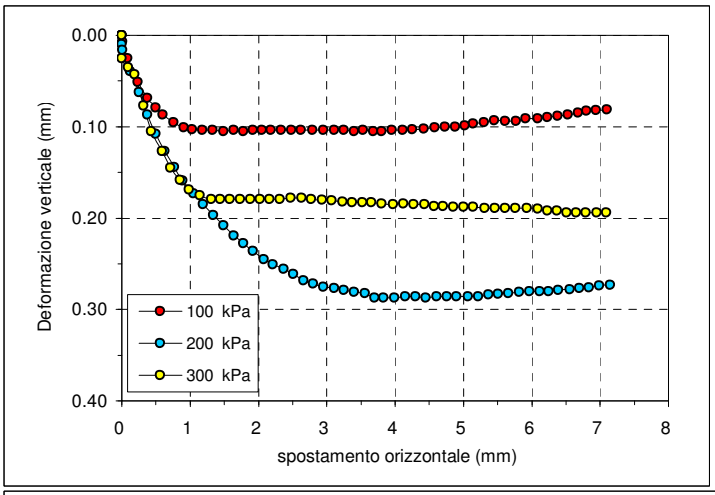
| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C1** **m 1.20 - 1.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

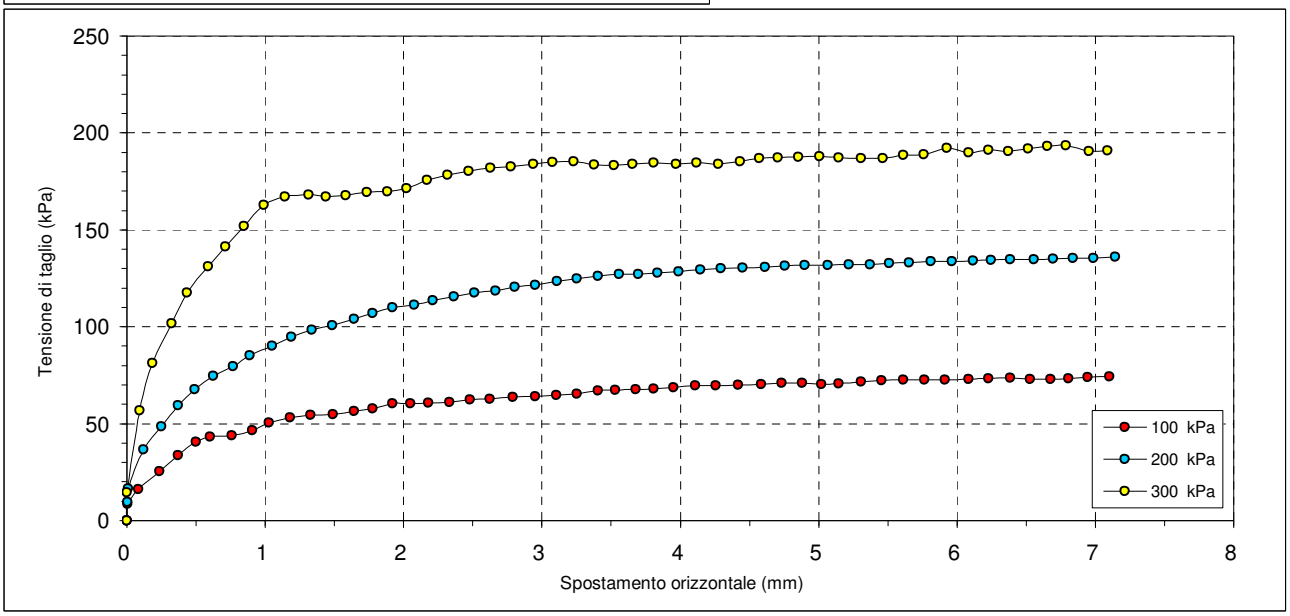
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

| | |
|---|---|
| Macchina: | CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital |
| Prova: | CONSOLIDATA DRENATA |
| Dimensioni provino: | ϕ x h = 60 x 20 mm |
| Velocità prova: | 0,004 mm/min |

NATURA DEL CAMPIONE: Sabbia con limo ghiaioso argillosa marrone




| | PROVINO 1 | PROVINO 2 | PROVINO 3 |
|---|---|---|---|
| σv (kPa) | 100 | 200 | 300 |
| W ini (%) | 14.7 | 14.7 | 14.7 |
| γ ini (Mg/m$^3$) | 1.99 | 1.96 | 1.97 |
| γd ini (Mg/m$^3$) | 1.73 | 1.71 | 1.71 |
| S ini (%) | 71 | 68 | 69 |
| W fin (%) | 22.3 | 19.8 | 18.4 |
| γ fin (Mg/m$^3$) | 2.06 | 2.11 | 2.14 |
| γd fin (Mg/m$^3$) | 1.68 | 1.76 | 1.80 |
| S fin (%) | 100 | 100 | 100 |
| G (Mg/m$^3$) | 2.700 | | |
| H fine cons (mm) | 19.432 | 18.923 | 18.658 |




Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C1** **m 1.20 - 1.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

| PROVINO 1 | 100 | kPa | PROVINO 2 | 200 | kPa | PROVINO 3 | 300 | kPa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) | Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) | Def.or. (mm) | Tensione (kPa) | Def.ver. (mm) |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.005 | 8.593 | 0.007 | 0.004 | 9.665 | 0.010 | 0.002 | 14.642 | 0.025 |
| 0.085 | 16.018 | 0.025 | 0.010 | 16.521 | 0.016 | 0.093 | 56.907 | 0.035 |
| 0.237 | 25.371 | 0.051 | 0.121 | 36.539 | 0.039 | 0.186 | 81.169 | 0.043 |
| 0.371 | 33.731 | 0.069 | 0.250 | 48.628 | 0.062 | 0.323 | 101.647 | 0.077 |
| 0.500 | 40.600 | 0.079 | 0.372 | 59.366 | 0.087 | 0.435 | 117.527 | 0.105 |
| 0.603 | 43.113 | 0.087 | 0.492 | 67.544 | 0.108 | 0.587 | 131.108 | 0.127 |
| 0.761 | 44.078 | 0.095 | 0.623 | 74.483 | 0.127 | 0.714 | 141.259 | 0.145 |
| 0.906 | 46.650 | 0.101 | 0.766 | 79.715 | 0.144 | 0.848 | 151.975 | 0.158 |
| 1.029 | 50.392 | 0.103 | 0.889 | 85.277 | 0.159 | 0.988 | 162.904 | 0.169 |
| 1.180 | 53.110 | 0.104 | 1.051 | 90.261 | 0.173 | 1.143 | 167.254 | 0.175 |
| 1.330 | 54.338 | 0.104 | 1.191 | 94.667 | 0.185 | 1.315 | 168.067 | 0.179 |
| 1.488 | 54.776 | 0.105 | 1.336 | 98.494 | 0.197 | 1.438 | 167.006 | 0.179 |
| 1.643 | 56.325 | 0.104 | 1.486 | 100.862 | 0.208 | 1.582 | 167.714 | 0.179 |
| 1.778 | 57.845 | 0.105 | 1.641 | 103.919 | 0.219 | 1.733 | 169.340 | 0.179 |
| 1.919 | 60.359 | 0.104 | 1.778 | 107.113 | 0.228 | 1.885 | 169.871 | 0.179 |
| 2.048 | 60.564 | 0.104 | 1.922 | 109.976 | 0.236 | 2.023 | 171.392 | 0.179 |
| 2.179 | 60.827 | 0.104 | 2.078 | 111.215 | 0.245 | 2.168 | 175.530 | 0.179 |
| 2.333 | 61.236 | 0.104 | 2.213 | 113.611 | 0.251 | 2.316 | 178.182 | 0.179 |
| 2.480 | 62.317 | 0.104 | 2.366 | 115.566 | 0.256 | 2.473 | 180.304 | 0.178 |
| 2.623 | 62.873 | 0.104 | 2.513 | 117.604 | 0.261 | 2.628 | 182.002 | 0.178 |
| 2.791 | 63.603 | 0.104 | 2.663 | 118.650 | 0.268 | 2.777 | 182.497 | 0.179 |
| 2.954 | 63.983 | 0.104 | 2.802 | 120.440 | 0.272 | 2.936 | 184.018 | 0.180 |
| 3.106 | 64.743 | 0.104 | 2.953 | 121.679 | 0.275 | 3.075 | 185.008 | 0.181 |
| 3.252 | 65.503 | 0.104 | 3.109 | 123.579 | 0.277 | 3.229 | 185.291 | 0.182 |
| 3.404 | 67.111 | 0.105 | 3.253 | 124.928 | 0.279 | 3.376 | 183.664 | 0.183 |
| 3.532 | 67.286 | 0.104 | 3.405 | 126.195 | 0.281 | 3.522 | 183.169 | 0.183 |
| 3.678 | 67.608 | 0.105 | 3.556 | 126.993 | 0.282 | 3.655 | 184.053 | 0.183 |
| 3.806 | 68.017 | 0.105 | 3.699 | 127.048 | 0.287 | 3.807 | 184.725 | 0.184 |
| 3.950 | 68.835 | 0.104 | 3.835 | 127.957 | 0.287 | 3.970 | 183.806 | 0.185 |
| 4.111 | 69.625 | 0.104 | 3.987 | 128.590 | 0.287 | 4.118 | 184.584 | 0.184 |
| 4.256 | 69.800 | 0.103 | 4.147 | 129.526 | 0.286 | 4.275 | 184.089 | 0.185 |
| 4.420 | 69.946 | 0.102 | 4.296 | 130.022 | 0.286 | 4.434 | 185.327 | 0.185 |
| 4.584 | 70.180 | 0.101 | 4.451 | 130.380 | 0.287 | 4.571 | 186.989 | 0.187 |
| 4.734 | 71.115 | 0.100 | 4.613 | 130.793 | 0.286 | 4.704 | 187.095 | 0.187 |
| 4.882 | 71.028 | 0.100 | 4.755 | 131.592 | 0.286 | 4.853 | 187.696 | 0.188 |
| 5.021 | 70.414 | 0.099 | 4.899 | 131.839 | 0.286 | 5.006 | 187.802 | 0.188 |
| 5.147 | 70.706 | 0.097 | 5.065 | 131.619 | 0.286 | 5.145 | 187.237 | 0.188 |
| 5.305 | 71.788 | 0.095 | 5.221 | 131.977 | 0.286 | 5.308 | 187.060 | 0.189 |
| 5.453 | 72.314 | 0.093 | 5.370 | 132.115 | 0.284 | 5.463 | 186.989 | 0.189 |
| 5.614 | 72.606 | 0.094 | 5.512 | 132.721 | 0.283 | 5.612 | 188.651 | 0.189 |
| 5.766 | 72.665 | 0.094 | 5.656 | 133.051 | 0.282 | 5.761 | 189.040 | 0.189 |
| 5.911 | 72.811 | 0.091 | 5.813 | 133.739 | 0.281 | 5.927 | 192.223 | 0.189 |
| 6.085 | 72.840 | 0.091 | 5.965 | 133.602 | 0.280 | 6.085 | 189.783 | 0.190 |
| 6.230 | 73.424 | 0.090 | 6.115 | 134.015 | 0.280 | 6.226 | 191.092 | 0.192 |
| 6.384 | 73.775 | 0.088 | 6.248 | 134.400 | 0.280 | 6.370 | 190.667 | 0.192 |
| 6.527 | 73.015 | 0.087 | 6.387 | 134.786 | 0.279 | 6.514 | 191.728 | 0.194 |
| 6.679 | 72.986 | 0.085 | 6.555 | 134.813 | 0.278 | 6.652 | 193.108 | 0.194 |
| 6.804 | 73.249 | 0.083 | 6.694 | 135.061 | 0.277 | 6.788 | 193.638 | 0.194 |
| 6.945 | 74.009 | 0.082 | 6.838 | 135.336 | 0.276 | 6.955 | 190.667 | 0.194 |
| 7.102 | 74.184 | 0.081 | 6.988 | 135.529 | 0.274 | 7.090 | 190.738 | 0.194 |
| | | | 7.144 | 136.052 | 0.273 | | | |

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Bottini** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C1** **m 1.20 - 1.60** | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | | rev.00 del: | |

**Consolidazione Provino 1**

**100 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.077 |
| 0.14 | 0.082 |
| 0.23 | 0.095 |
| 0.39 | 0.110 |
| 1.08 | 0.162 |
| 1.81 | 0.196 |
| 5.05 | 0.308 |
| 8.44 | 0.385 |
| 14.09 | 0.467 |
| 39.29 | 0.559 |
| 65.61 | 0.581 |
| 109.58 | 0.600 |
| 182.98 | 0.611 |
| 305.58 | 0.617 |
| 510.33 | 0.625 |
| 852.27 | 0.630 |

**Consolidazione Provino 2**

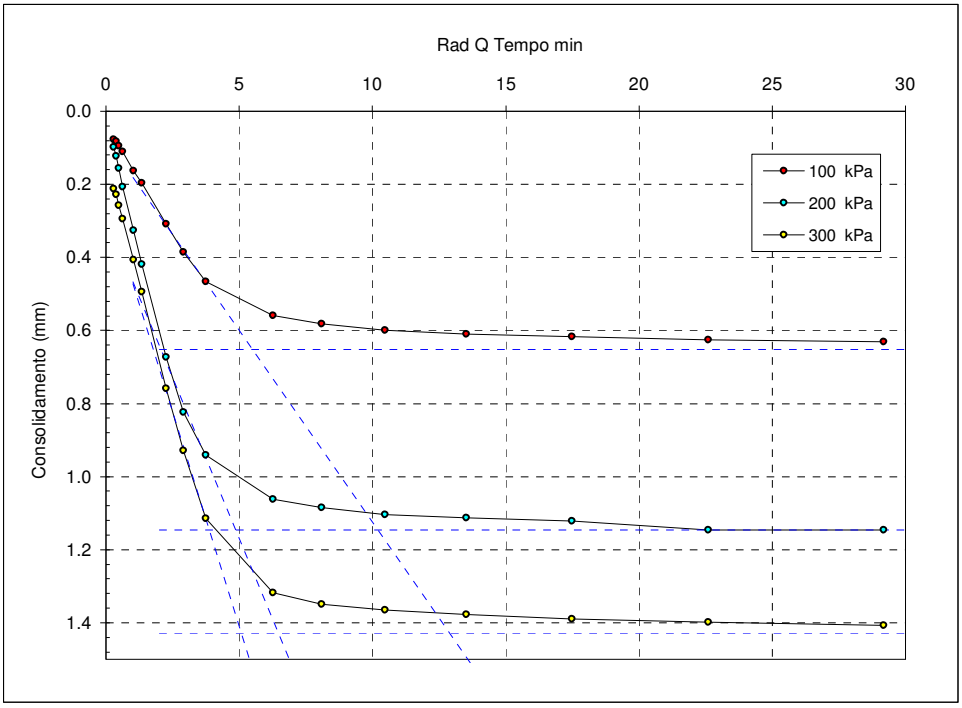
**200 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.099 |
| 0.14 | 0.123 |
| 0.23 | 0.156 |
| 0.39 | 0.208 |
| 1.08 | 0.326 |
| 1.81 | 0.419 |
| 5.05 | 0.673 |
| 8.44 | 0.823 |
| 14.09 | 0.941 |
| 39.29 | 1.062 |
| 65.61 | 1.085 |
| 109.58 | 1.104 |
| 182.98 | 1.112 |
| 305.58 | 1.121 |
| 510.33 | 1.147 |
| 852.27 | 1.147 |

**Consolidazione Provino 3**

**300 kPa**

| Tempo (min) | Dh (mm) |
|---|---|
| H0 | 0.000 |
| 0.08 | 0.212 |
| 0.14 | 0.227 |
| 0.23 | 0.258 |
| 0.39 | 0.294 |
| 1.08 | 0.407 |
| 1.81 | 0.494 |
| 5.05 | 0.760 |
| 8.44 | 0.929 |
| 14.09 | 1.115 |
| 39.29 | 1.318 |
| 65.61 | 1.349 |
| 109.58 | 1.366 |
| 182.98 | 1.378 |
| 305.58 | 1.389 |
| 510.33 | 1.398 |
| 852.27 | 1.408 |




$t_{100}$ min
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

30.1

Provino 2

23.7

Provino 3

25.6

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC

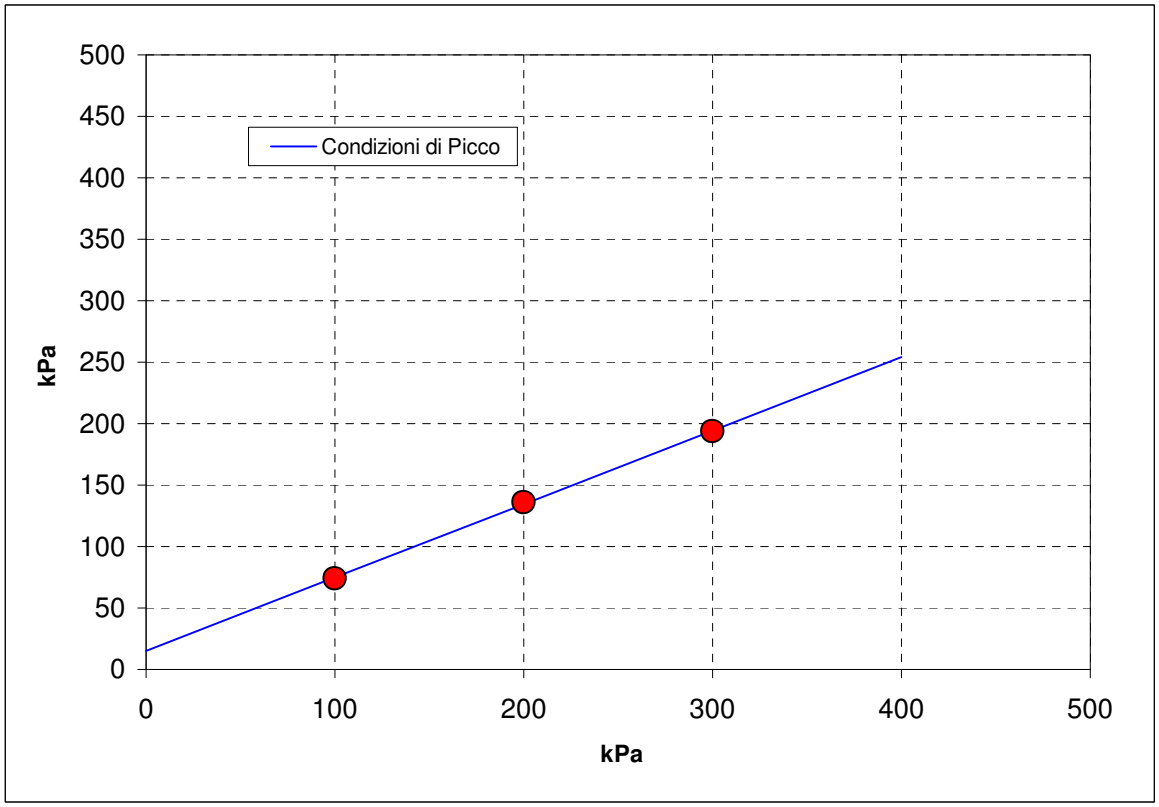
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA | | |
| CANTIERE: | Genova - Via Bottini | | |
| CAMPIONE: | S6 C1 | | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

***Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpreazione soggettiva dei risultati di prova.***

| | PROVINO 1 | PROVINO 2 | PROVINO 3 |
|---|---|---|---|
| Pressione verticale (kPa) | **100** | **200** | **300** |
| Tensione di taglio (kPa) | **74.18** | **136.05** | **193.64** |

**Condizioni di Picco** **Coesione:** **15.17 kPa** **Angolo di attrito:** **31°**



**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

| | |
|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** |
| CAMPIONE: | **S6 C2 m 6.00 - 6.50** |
| COMMESSA: | 15454/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 |
| DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

**alto**
**6.00**



**6.50**
**basso**

LUNGHEZZA (cm): -

GRADO DI QUALITA': AGI Q3 EC 7-3 Q3

DESCRIZIONE:
Ghiaia sabbioso limosa marrone

| | |
|---|---|
| W naturale (%) | 4.7 |
| $\gamma$ naturale(Mg/m$^3$) | - |
| $\gamma$ secco (Mg/m$^3$) | - |
| $\gamma$ immerso (Mg/m$^3$) | - |
| porosità (%) | - |
| indice dei vuoti | - |
| grado di saturazione (%) | - |
| massa specifica (Mg/m$^3$) (stimato) | 2.700 |

PROVE ESEGUITE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Umidità Naturale | - | Trassiale UU | - |
| Limiti Atterberg | SI | Trassiale CIU | - |
| Gran. Setacciatura | SI | Edometria | - |
| Gran. Sedimentazione | SI | Taglio Diretto | - |
| Peso di Volume | - | Espansione L.L. | - |
| Peso Specifico | - | Trassiale Cicl. + C.M. | - |
| Analisi Chimica | - | Colonna Risonante | - |
| | | Taglio Torsionale Cicl. | - |

NOTE: -

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

# LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C2** | **m 6.00 - 6.50** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

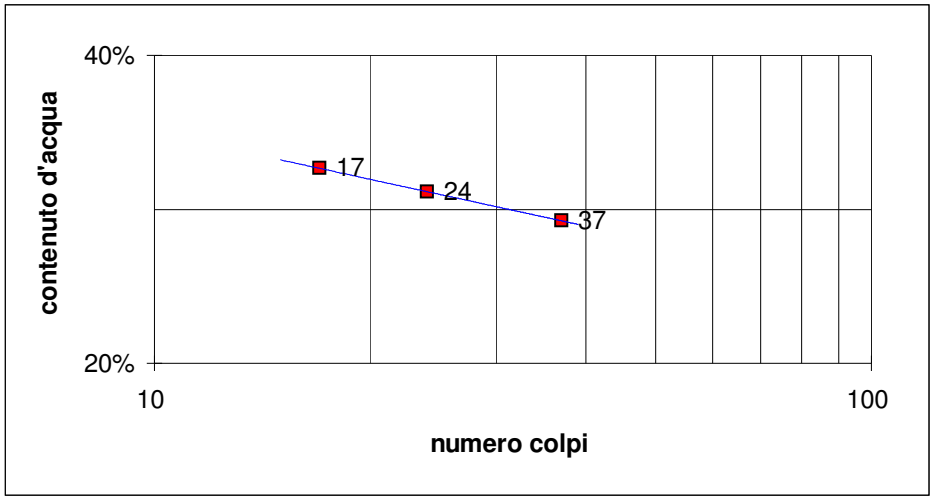
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Ghiaia sabbioso limosa marrone**

codice cucchiaio: 344; codice bilancia: 480.

| | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | UMIDITA' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| impasto | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| N° colpi | 37 | 24 | 17 | | | |
| massa umida+ tara (g) | 21.19 | 17.19 | 22.22 | 13.50 | 17.15 | 3646.94 |
| massa secca+ tara (g) | 16.91 | 13.65 | 17.32 | 11.68 | 14.76 | 3502.31 |
| acqua contenuta (g) | 4.28 | 3.54 | 4.90 | 1.82 | 2.39 | 144.63 |
| tara (g) | 2.28 | 2.28 | 2.32 | 2.30 | 2.40 | 431.71 |
| peso secco (g) | 14.63 | 11.37 | 15.00 | 9.38 | 12.36 | 3070.60 |
| contenuto d'acqua | 29.3% | 31.1% | 32.7% | 19.4% | 19.3% | 4.7% |

| | | |
|---|---|---|
| **Umidità Naturale** | **Wn =** | **5%** |
| **Limite Liquido** | **LL =** | **31%** |
| **Limite Plastico** | **LP =** | **19%** |
| **Indice Plastico** | **IP =** | **12%** |




Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**elletipi s.r.l.**
Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007
CERTIQUALITY
SISTEMI DI GESTIONE CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

# ANALISI GRANULOMETRICA

**(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422**

| | | | |
|---|---|---|---|
| COMMITTENTE: | **BIERREGI S.r.l. per conto IRE LIGURIA** | | |
| CANTIERE: | **Genova - Via Casette** | | |
| CAMPIONE: | **S6 C2** | **m 6.00 - 6.50** | |
| COMMESSA: | 15454/16 | DURATA PROVE: | 03 - 17/06/16 |
| VERBALE ACC.: | 233/16 | DATA CONSEGNA: | 03/06/16 |
| GEO - CERT. n°: | 0 | rev.00 del: | 00/01/00 |

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

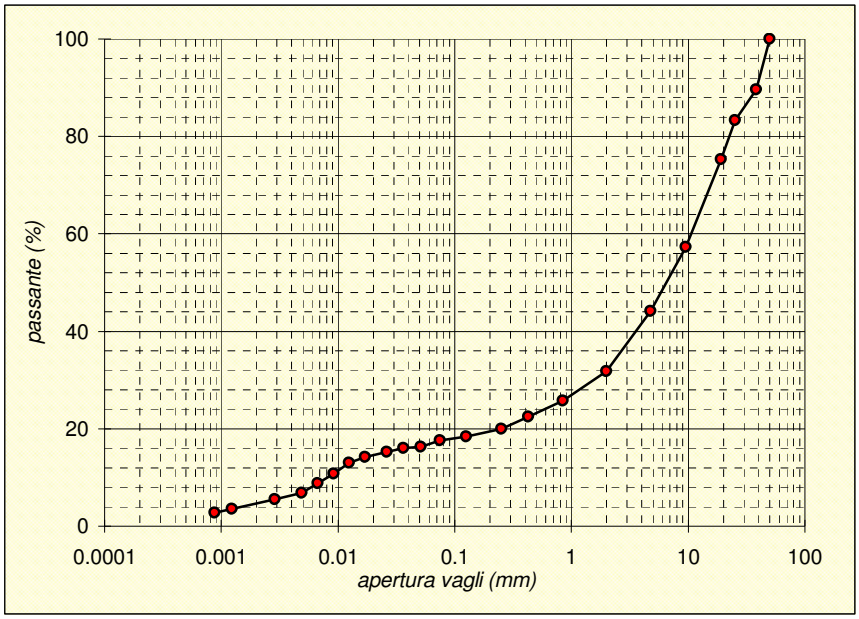
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

**Ghiaia sabbioso limosa marrone**

| codici | | vaglio (mm) | trattenuto (g) | trattenuto (%) | cum. tratt. (%) | passante (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 569 | setaccio | 50.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 570 | setaccio | 38.1 | 320.65 | 10.44 | 10.44 | 89.56 |
| 571 | setaccio | 25.4 | 192.69 | 6.28 | 16.72 | 83.28 |
| 572 | setaccio | 19.1 | 245.06 | 7.98 | 24.70 | 75.30 |
| 573 | setaccio | 9.51 | 553.01 | 18.01 | 42.71 | 57.29 |
| 290 | setaccio | 4.75 | 405.34 | 13.20 | 55.91 | 44.09 |
| 291 | setaccio | 2.0 | 378.59 | 12.33 | 68.24 | 31.76 |
| 292 | setaccio | 0.850 | 185.88 | 6.05 | 74.29 | 25.71 |
| 293 | setaccio | 0.425 | 101.10 | 3.29 | 77.58 | 22.42 |
| 282 | setaccio | 0.250 | 73.00 | 2.38 | 79.96 | 20.04 |
| 283 | setaccio | 0.125 | 48.44 | 1.58 | 81.54 | 18.46 |
| 286 | setaccio | 0.075 | 27.18 | 0.89 | 82.42 | 17.58 |
| - | calcolato | 0.0512 | 37.32 | 1.22 | 83.64 | 16.36 |
| - | calcolato | 0.0365 | 8.54 | 0.28 | 83.92 | 16.08 |
| - | calcolato | 0.0263 | 25.63 | 0.83 | 84.75 | 15.25 |
| - | calcolato | 0.0171 | 34.18 | 1.11 | 85.87 | 14.13 |
| - | calcolato | 0.0124 | 34.18 | 1.11 | 86.98 | 13.02 |
| - | calcolato | 0.0092 | 68.36 | 2.23 | 89.21 | 10.79 |
| - | calcolato | 0.0067 | 59.81 | 1.95 | 91.15 | 8.85 |
| - | calcolato | 0.0049 | 59.81 | 1.95 | 93.10 | 6.90 |
| - | calcolato | 0.0029 | 41.22 | 1.34 | 94.44 | 5.56 |
| - | calcolato | 0.0012 | 62.84 | 2.05 | 96.49 | 3.51 |
| - | calcolato | 0.0009 | 24.12 | 0.79 | 97.28 | 2.72 |
| | fondo | | 83.64 | 2.72 | 100.00 | 0.00 |
| | TOTALE | | 3070.60 | | ϕ max (mm) = | 38.1 |

| Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro | | 50.01 |
|---|---|---|
| t° C | Tempo (s) | Lettura |
| 25 | 30 | 32.0 |
| 25 | 60 | 31.5 |
| 25 | 120 | 30.0 |
| 25 | 300 | 28.0 |
| 25 | 600 | 26.0 |
| 25 | 1200 | 22.0 |
| 25 | 2400 | 18.5 |
| 25 | 4800 | 15.0 |
| 25.5 | 14400 | 12.5 |
| 24.5 | 86400 | 9.0 |
| 25 | 172800 | 7.5 |

| Rapporti granulometrici | USCS | UNI |
|---|---|---|
| GHIAIA | > 4,75 mm | > 2,00 mm |
| | 55.9% | 68.2% |
| SABBIA | > 0,075 mm | > 0,063 mm |
| | 26.5% | 14.7% |
| LIMO | > 2 μ | > 2 μ |
| | 12.9% | 12.3% |
| ARGILLA | < 2 μ | < 2 μ |
| | 4.7% | 4.7% |




Soluzione disperdente preparata al momento

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

**Allegato C**

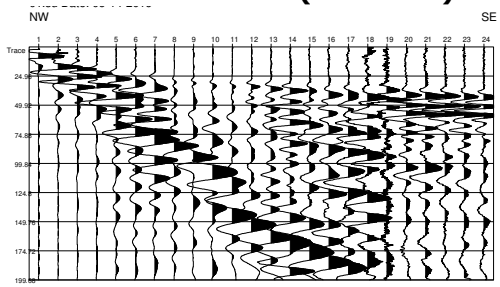
## Elaborati Tomografia Sismica
## (STESA 1 - ONDE P - STP160516A)

- Registrazioni di campagna
- Dromocrone (Travel Time)
- Tabella riassuntiva
- Sezione Tomografica

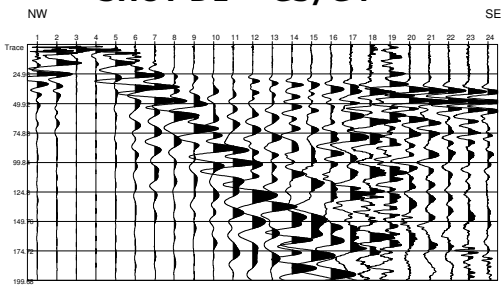
**Committente:** IRE SpA – Ing. Flavio Barbieri
**Località:** Via Pontevecchio, Genova
**ID Stesa:** STESA 1 **-** STP160516A
**Onde:** P

## REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

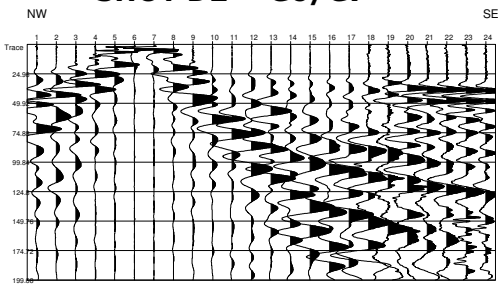
### SHOT A = G1 (end shot)



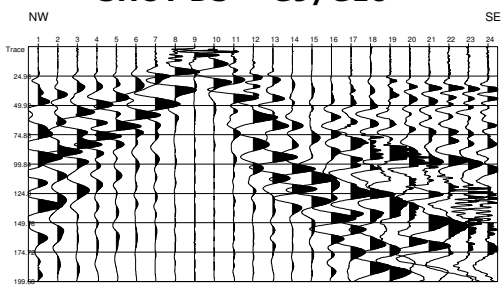

### SHOT D1 = G3/G4



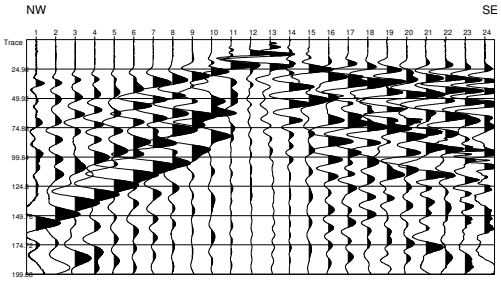

### SHOT D2 = G6/G7



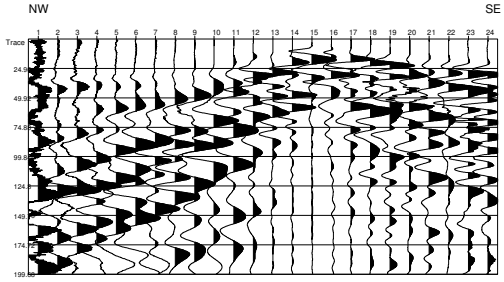

### SHOT D3 = G9/G10



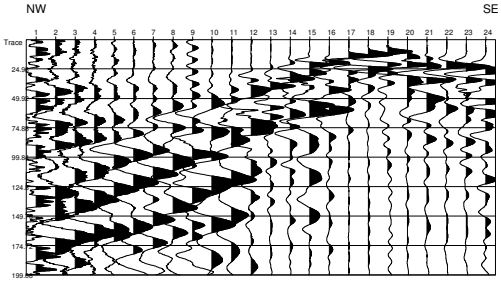

### SHOT C = G12/G13



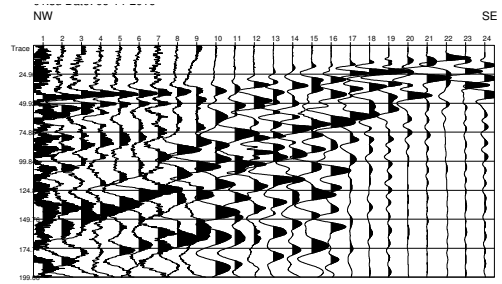

### SHOT D4 = G15/G16

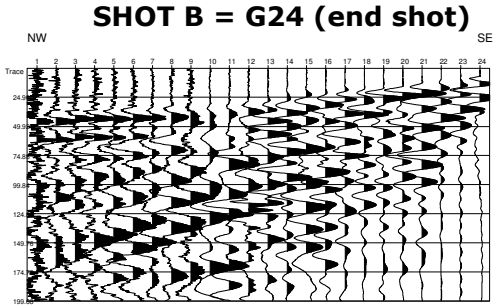



### SHOT D5 = G18/G19



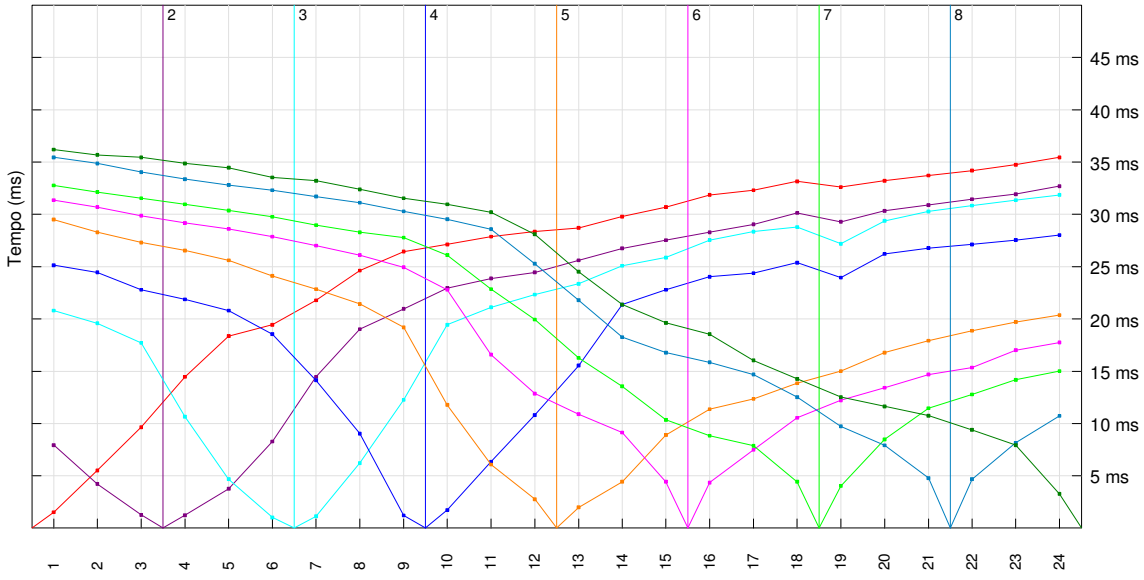

### SHOT D6 = G21/G22






## DROMOCRONE (Travel Time+Delay time)

NW SE



## SPREAD ARRAY - FIRST BREAK POINT VALUES

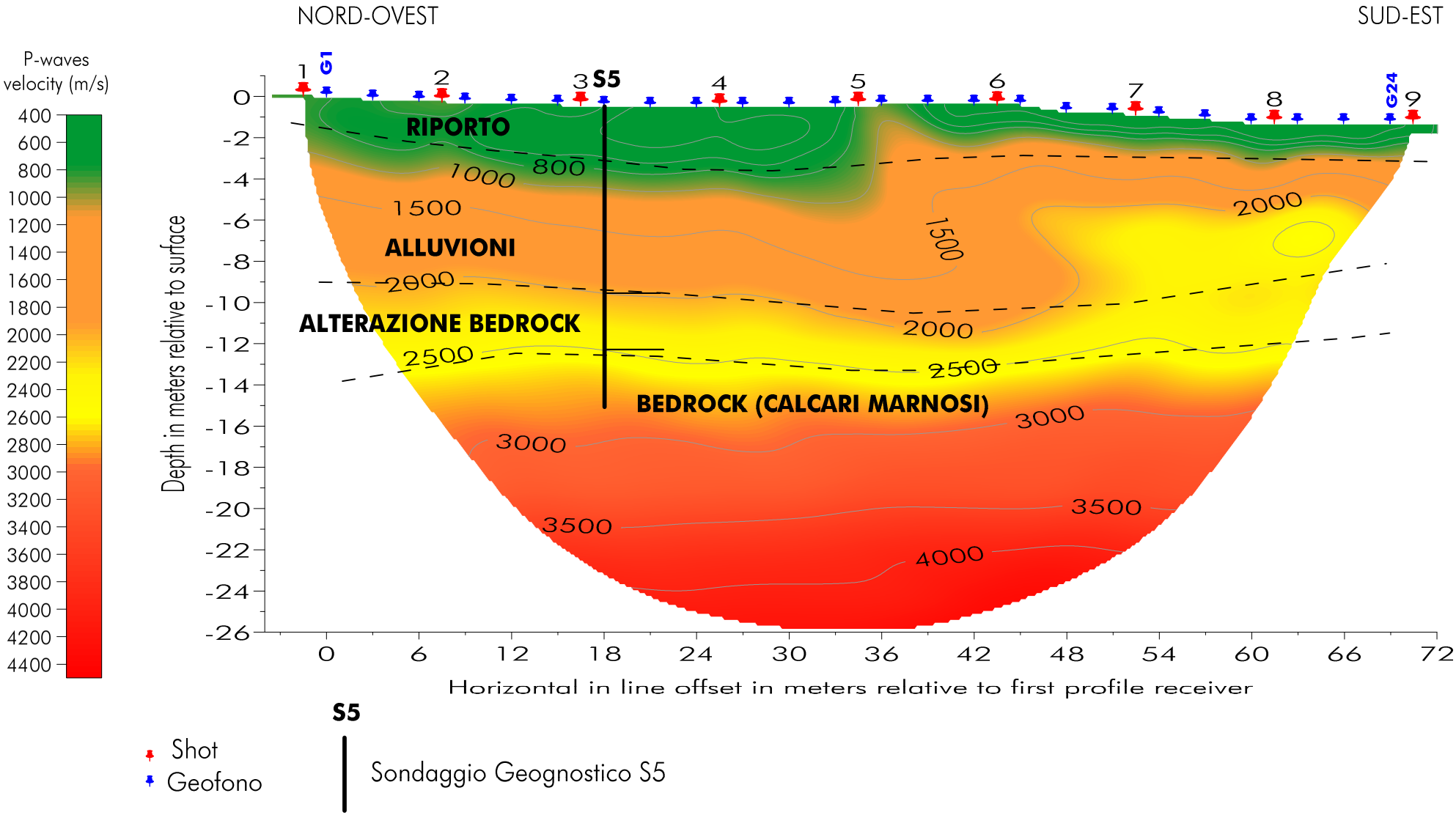
| | |
|---|---|
| **Committente:** IRE SpA | **Cantiere:** Via Pontevecchio, Genova (GE) |
| **Richiedente:** Ing. Flavio Barbieri | **Data di esecuzione:** 16 Maggio 2016 |

| | |
|---|---|
| **ID Stesa:** STESA 1 - STP160516A | **Distanza integeofonica:** 3,00 metri |
| **Onde:** P waves | **Lunghezza stesa:** 72 metri |
| **Numero di Canali:** 24 | **Numero energizzazioni:** 9 |

| | Spread Array (m) | | First Break Point Values (ms) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Receiver Number** | **Receiver distances** | **Receiver elevation** | **Shot 1** | **Shot 2** | **Shot 3** | **Shot 4** | **Shot 5** | **Shot 6** | **Shot 7** | **Shot 8** | **Shot 9** |
| 1 | 1.50 | -0.05 | 1.51 | 7.94 | 20.79 | 25.12 | 29.50 | 31.36 | 32.77 | 35.45 | 36.20 |
| 2 | 4.50 | -0.20 | 5.50 | 4.21 | 19.59 | 24.45 | 28.29 | 30.70 | 32.13 | 34.88 | 35.70 |
| 3 | 7.50 | -0.25 | 9.64 | 1.25 | 17.70 | 22.78 | 27.30 | 29.87 | 31.54 | 34.04 | 35.45 |
| 4 | 10.50 | -0.35 | 14.46 | 1.22 | 10.64 | 21.87 | 26.54 | 29.18 | 30.95 | 33.38 | 34.88 |
| 5 | 13.50 | -0.40 | 18.37 | 3.75 | 4.67 | 20.79 | 25.60 | 28.61 | 30.37 | 32.81 | 34.45 |
| 6 | 16.50 | -0.45 | 19.45 | 8.26 | 1.00 | 18.54 | 24.12 | 27.87 | 29.76 | 32.31 | 33.54 |
| 7 | 19.50 | -0.50 | 21.76 | 14.46 | 1.12 | 14.14 | 22.85 | 27.01 | 28.96 | 31.70 | 33.22 |
| 8 | 22.50 | -0.55 | 24.62 | 19.01 | 6.21 | 9.02 | 21.44 | 26.11 | 28.29 | 31.12 | 32.38 |
| 9 | 25.50 | -0.55 | 26.43 | 20.96 | 12.27 | 1.19 | 19.20 | 24.95 | 27.78 | 30.29 | 31.54 |
| 10 | 28.50 | -0.55 | 27.12 | 22.95 | 19.45 | 1.73 | 11.77 | 22.78 | 26.11 | 29.54 | 30.95 |
| 11 | 31.50 | -0.55 | 27.87 | 23.87 | 21.12 | 6.34 | 6.07 | 16.59 | 22.85 | 28.59 | 30.20 |
| 12 | 34.50 | -0.50 | 28.35 | 24.45 | 22.34 | 10.81 | 2.75 | 12.85 | 19.95 | 25.28 | 28.10 |
| 13 | 37.50 | -0.5 | 28.71 | 25.60 | 23.36 | 15.55 | 1.98 | 10.88 | 16.26 | 21.79 | 24.51 |
| 14 | 40.50 | -0.5 | 29.79 | 26.75 | 25.09 | 21.37 | 4.42 | 9.14 | 13.56 | 18.25 | 21.37 |
| 15 | 43.50 | -0.5 | 30.70 | 27.52 | 25.86 | 22.78 | 8.89 | 4.42 | 10.35 | 16.76 | 19.62 |
| 16 | 46.50 | -0.5 | 31.87 | 28.29 | 27.55 | 24.04 | 11.38 | 4.34 | 8.81 | 15.85 | 18.54 |
| 17 | 49.50 | -0.8 | 32.31 | 29.04 | 28.35 | 24.37 | 12.35 | 7.48 | 7.86 | 14.68 | 16.04 |
| 18 | 52.50 | -0.9 | 33.15 | 30.12 | 28.79 | 25.38 | 13.85 | 10.55 | 4.42 | 12.52 | 14.27 |
| 19 | 55.50 | -1.0 | 32.63 | 29.29 | 27.20 | 23.95 | 15.02 | 12.21 | 4.01 | 9.72 | 12.52 |
| 20 | 58.50 | -1.2 | 33.22 | 30.34 | 29.37 | 26.21 | 16.76 | 13.43 | 8.47 | 7.90 | 11.64 |
| 21 | 61.50 | -1.4 | 33.72 | 30.88 | 30.27 | 26.79 | 17.92 | 14.68 | 11.46 | 4.76 | 10.75 |
| 22 | 64.50 | -1.4 | 34.18 | 31.46 | 30.85 | 27.12 | 18.87 | 15.35 | 12.77 | 4.67 | 9.39 |
| 23 | 67.50 | -1.4 | 34.75 | 31.94 | 31.36 | 27.55 | 19.70 | 17.01 | 14.18 | 8.14 | 7.94 |
| 24 | 70.50 | -1.4 | 35.45 | 32.70 | 31.87 | 28.03 | 20.37 | 17.75 | 15.02 | 10.72 | 3.25 |

| **Shot Number** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Shot Distance (m)** | 0.00 | 9.00 | 18.00 | 27.00 | 36.00 | 45.00 | 54.00 | 63.00 | 72.00 |
| **Shot Elevation (m)** | 0.00 | -0.30 | -0.45 | -0.55 | -0.45 | -0.45 | -0.90 | -1.35 | -1.35 |

# SEZIONE TOMOGRAFICA - STESA 1
## (Onde P - STP160516A)
## Via Pontevecchio, Genova (GE)




STP160516A, 20 WET iterations, RMS error 2.8 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.19

**BIERREGI srl**

**Allegato D**

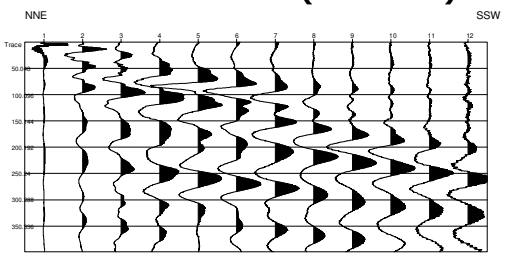
## Elaborati Tomografia Sismica
## (STESA 2 - ONDE SH - STP060616A)

- Registrazioni di campagna
- Dromocrone (Travel Time)
- Tabella riassuntiva
- Sezione Tomografica

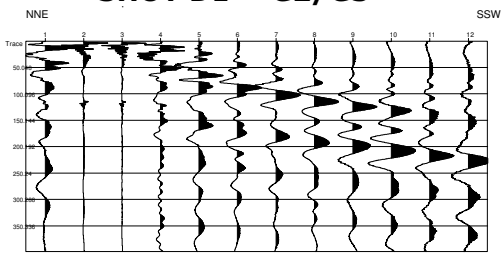
**Committente:** IRE SpA – Ing. Flavio Barbieri
**Località:** Via Pontevecchio, Genova
**ID Stesa:** STESA 2 – STSH060616A
**Onde:** SH

# REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

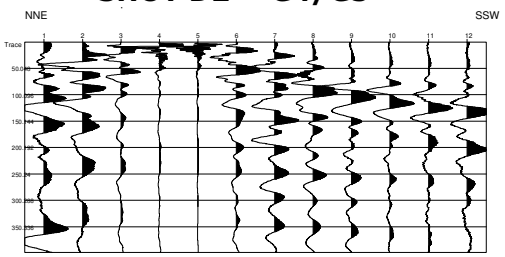
## SHOT A = G1 (end shot)



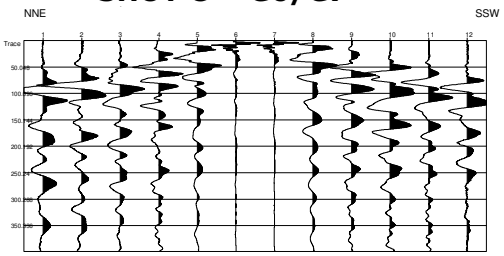

## SHOT D1 = G2/G3



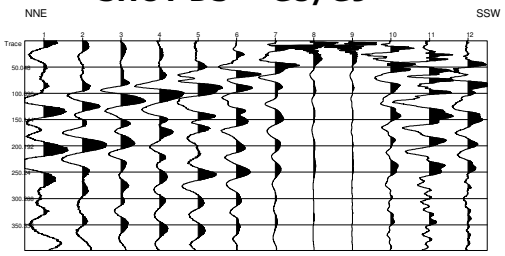

## SHOT D2 = G4/G5



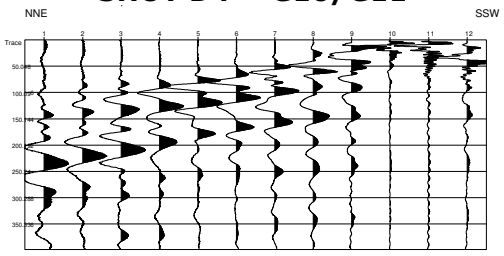

## SHOT C = G6/G7



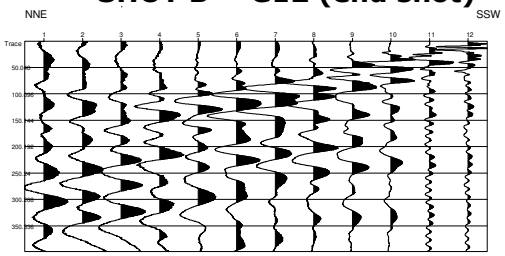

## SHOT D3 = G8/G9




## SHOT D4 = G10/G11

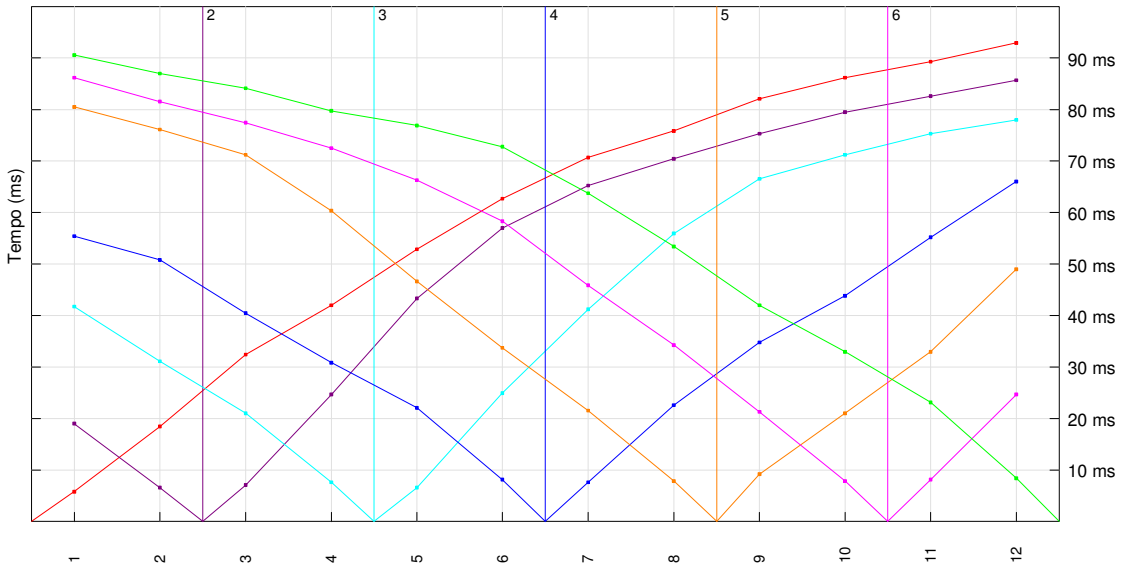



## SHOT B = G12 (end shot)



# DROMOCRONE (Travel Time+Delay time)

NNE SSW



## SPREAD ARRAY - FIRST BREAK POINT VALUES

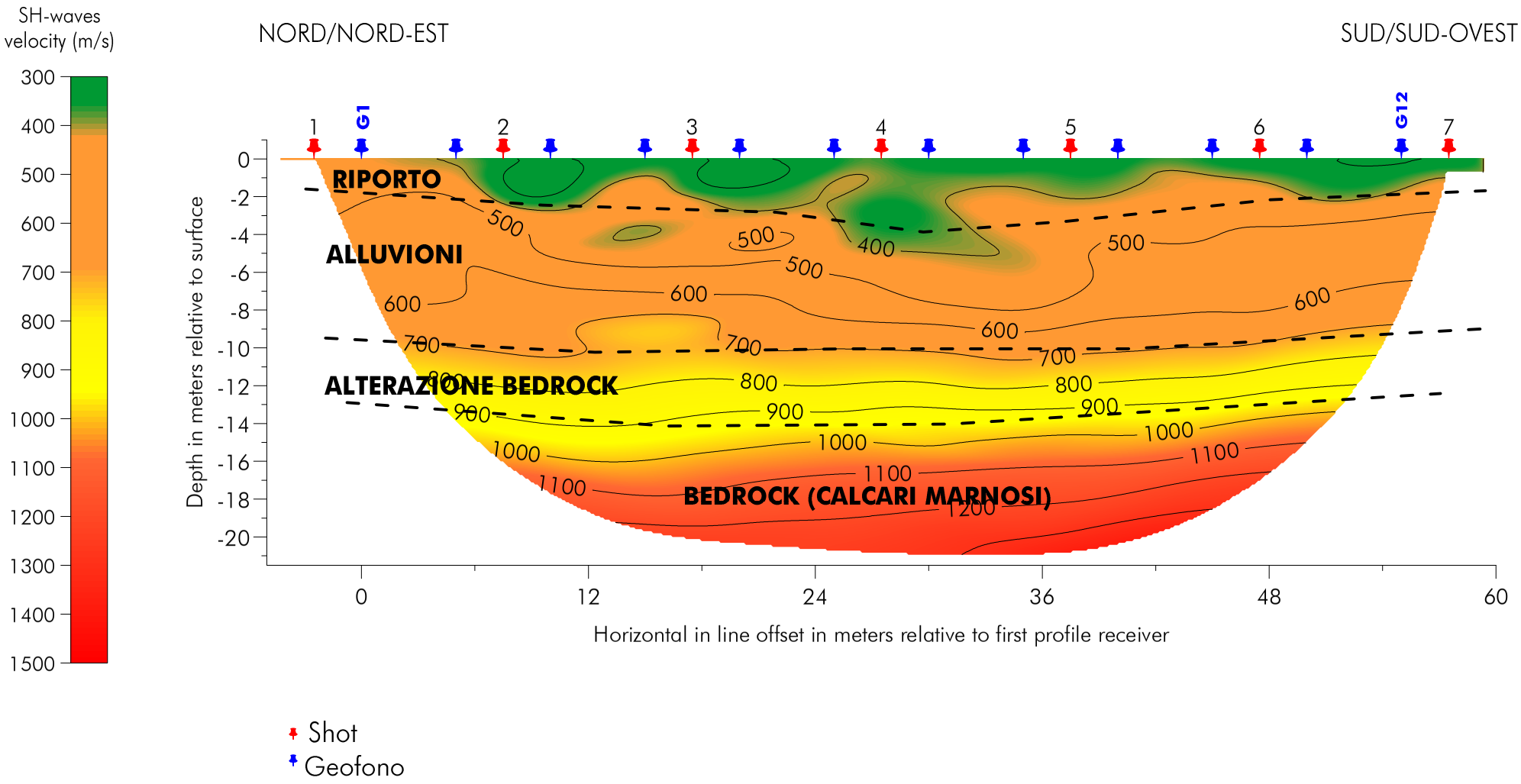
| | |
|---|---|
| **Committente:** IRE SpA | **Cantiere:** Via Pontevecchio, Genova (GE) |
| **Richiedente:** Ing. Flavio Barbieri | **Data di esecuzione:** 06 Giugno 2016 |

| | |
|---|---|
| **ID Stesa:** STESA 2 - STP060616A | **Distanza integeofonica:** 5,00 metri |
| **Onde:** SH waves | **Lunghezza stesa:** 60 metri |
| **Numero di Canali:** 12 | **Numero energizzazioni:** 7 |

| | Spread Array (m) | | First Break Point Values (ms) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Receiver Number** | **Receiver distances** | **Receiver elevation** | **Shot 1** | **Shot 2** | **Shot 3** | **Shot 4** | **Shot 5** | **Shot 6** | **Shot 7** | **Shot 8** | **Shot 9** |
| 1 | 2.50 | 0.00 | 5.80 | 19.00 | 41.74 | 55.43 | 80.51 | 86.19 | 90.58 | | |
| 2 | 7.50 | 0.00 | 18.45 | 6.59 | 31.12 | 50.79 | 76.12 | 81.55 | 86.98 | | |
| 3 | 12.50 | 0.00 | 32.43 | 7.11 | 21.04 | 40.45 | 71.19 | 77.41 | 84.12 | | |
| 4 | 17.50 | 0.00 | 42.00 | 24.68 | 7.61 | 30.87 | 60.36 | 72.50 | 79.73 | | |
| 5 | 22.50 | 0.00 | 52.86 | 43.29 | 6.59 | 22.10 | 46.65 | 66.30 | 76.90 | | |
| 6 | 27.50 | 0.00 | 62.68 | 57.00 | 24.94 | 8.14 | 33.72 | 58.29 | 72.76 | | |
| 7 | 32.50 | 0.00 | 70.69 | 65.26 | 41.22 | 7.61 | 21.54 | 45.88 | 63.72 | | |
| 8 | 37.50 | 0.00 | 75.86 | 70.44 | 55.95 | 22.62 | 7.88 | 34.25 | 53.38 | | |
| 9 | 42.50 | 0.00 | 82.05 | 75.33 | 66.55 | 34.77 | 9.18 | 21.29 | 42.00 | | |
| 10 | 47.50 | 0.00 | 86.19 | 79.48 | 71.19 | 43.81 | 21.04 | 7.88 | 32.95 | | |
| 11 | 52.50 | 0.00 | 89.30 | 82.58 | 75.33 | 55.18 | 32.95 | 8.14 | 23.12 | | |
| 12 | 57.50 | 0.00 | 92.91 | 85.69 | 77.93 | 66.04 | 48.97 | 24.68 | 8.39 | | |

| **Shot Number** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Shot Distance (m)** | 0.00 | 10.00 | 20.00 | 30.00 | 40.00 | 50.00 | 60.00 | | |
| **Shot Elevation (m)** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

# SEZIONE TOMOGRAFICA - STESA 2
## (Onde SH - STSH060616A)
## Via Pontevecchio, Genova (GE)




STSH060616A, 20 WET iterations, RMS error 2.2 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.19

BIERREGI srl

**Allegato E**

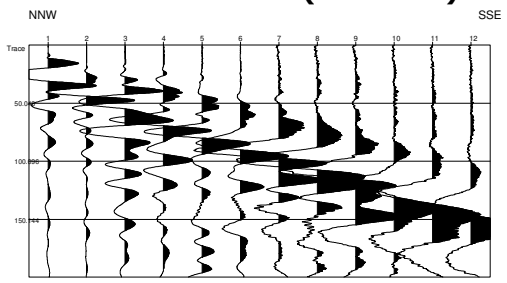
## Elaborati Tomografia Sismica
## (STESA 3 - ONDE SH - STP060616B)

- Registrazioni di campagna
- Dromocrone (Travel Time)
- Tabella riassuntiva
- Sezione Tomografica

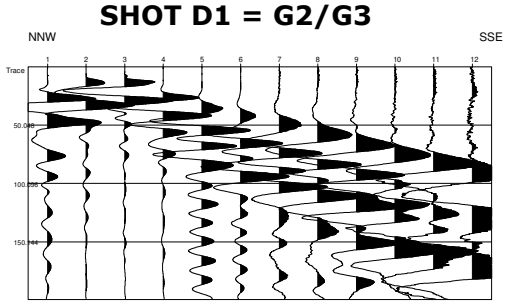
**Committente:** IRE SpA – Ing. Flavio Barbieri
**Località:** Via Pontevecchio, Genova
**ID Stesa:** STESA 3 – STSH060616B
**Onde:** SH

# REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

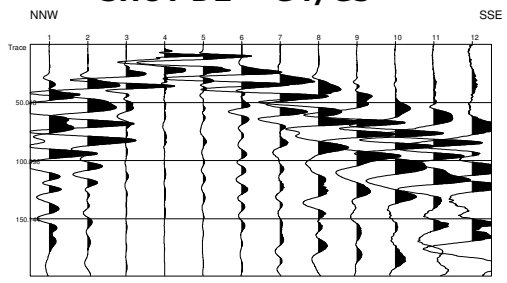
## SHOT A = G1 (end shot)



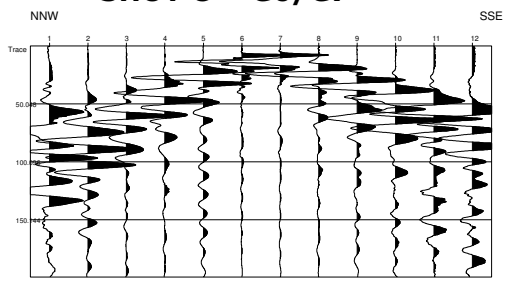

## SHOT D1 = G2/G3



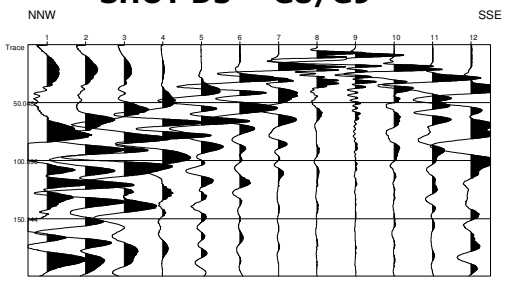

## SHOT D2 = G4/G5



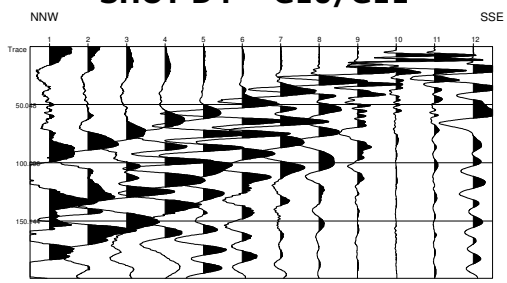

## SHOT C = G6/G7



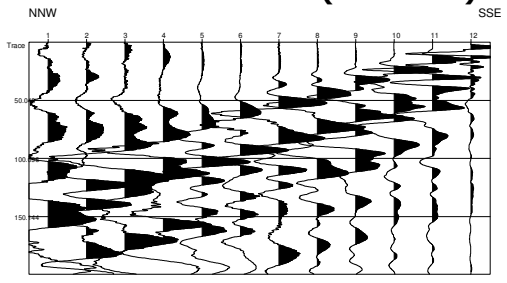

## SHOT D3 = G8/G9




## SHOT D4 = G10/G11

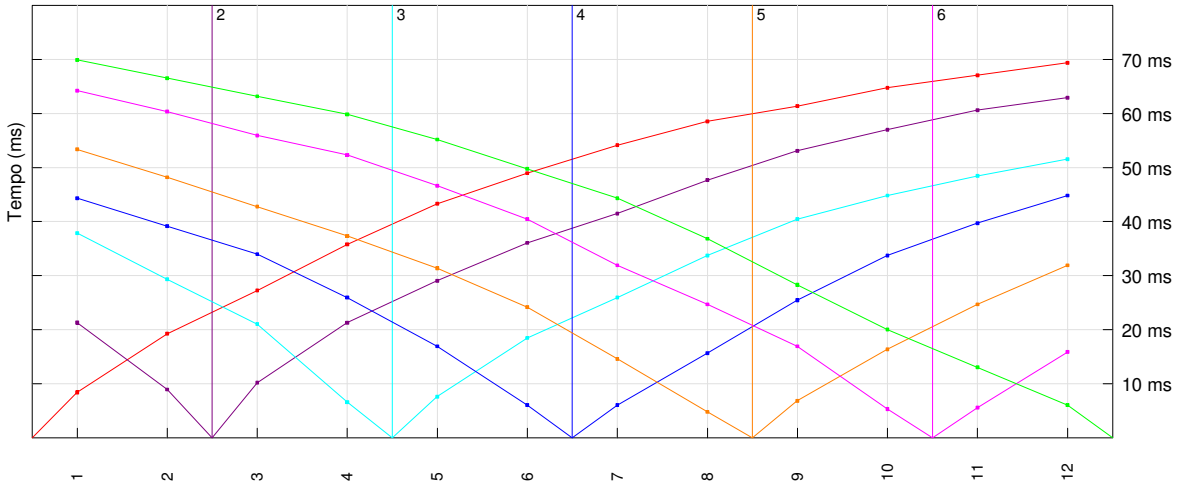



## SHOT B = G12 (end shot)



# DROMOCRONE (Travel Time+Delay time)

NNW SSE



## SPREAD ARRAY - FIRST BREAK POINT VALUES

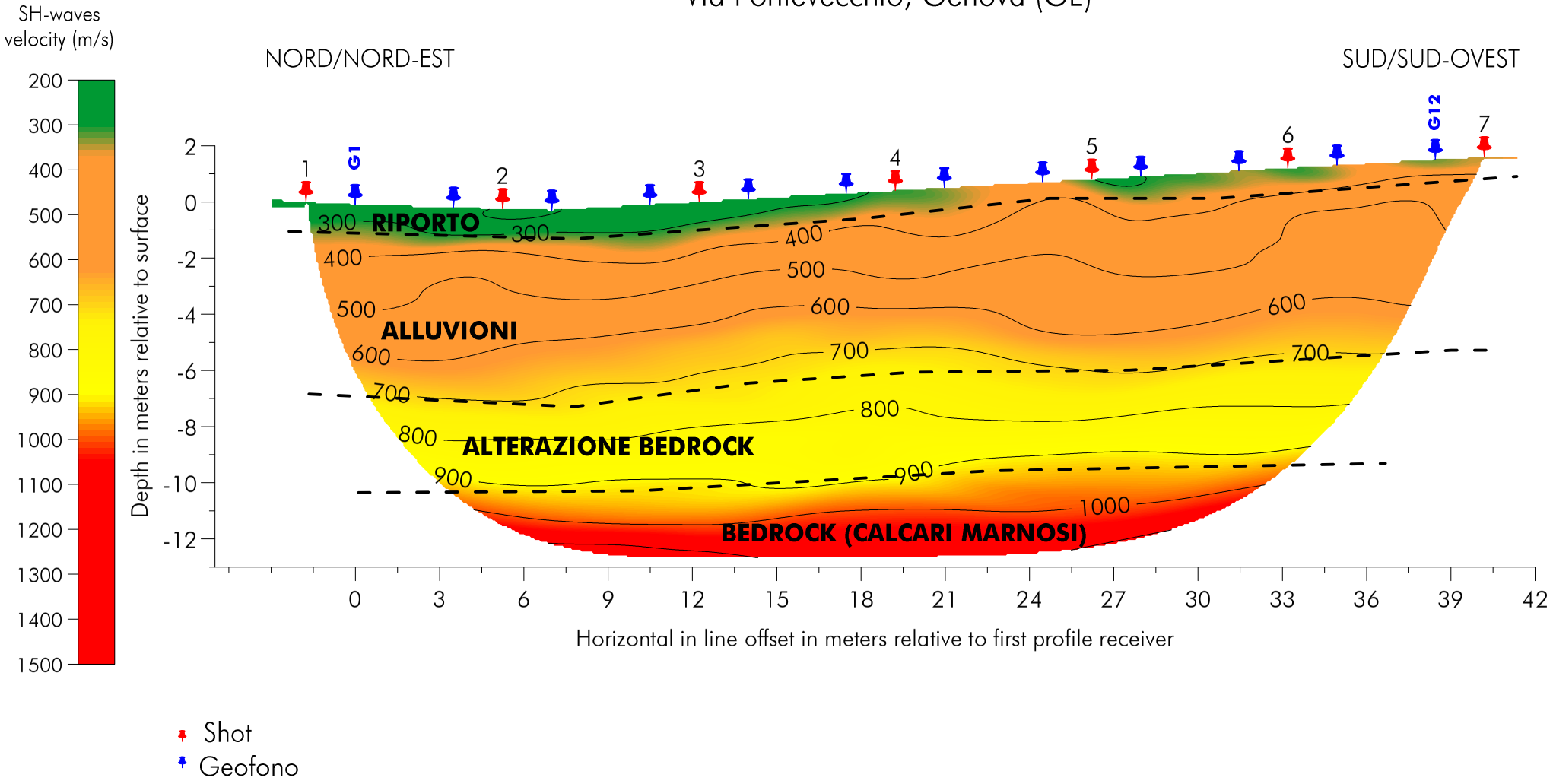
| | |
|---|---|
| **Committente:** IRE SpA | **Cantiere:** Via Pontevecchio, Genova (GE) |
| **Richiedente:** Ing. Flavio Barbieri | **Data di esecuzione:** 06 Giugno 2016 |

| | |
|---|---|
| **ID Stesa:** STESA 3 - STP060616B | **Distanza integeofonica:** 3,50 metri |
| **Onde:** SH waves | **Lunghezza stesa:** 42 metri |
| **Numero di Canali:** 12 | **Numero energizzazioni:** 7 |

| | Spread Array (m) | | First Break Point Values (ms) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Receiver Number** | **Receiver distances** | **Receiver elevation** | **Shot 1** | **Shot 2** | **Shot 3** | **Shot 4** | **Shot 5** | **Shot 6** | **Shot 7** | **Shot 8** | **Shot 9** |
| 1 | 1.75 | -0.10 | 8.39 | 21.31 | 37.86 | 44.33 | 53.38 | 64.23 | 69.91 | | |
| 2 | 5.25 | -0.20 | 19.26 | 8.92 | 29.34 | 39.15 | 48.20 | 60.36 | 66.55 | | |
| 3 | 8.75 | -0.30 | 27.27 | 10.21 | 21.04 | 33.99 | 42.77 | 55.95 | 63.20 | | |
| 4 | 12.25 | -0.10 | 35.79 | 21.29 | 6.59 | 25.97 | 37.34 | 52.34 | 59.84 | | |
| 5 | 15.75 | 0.10 | 43.29 | 29.07 | 7.61 | 16.93 | 31.39 | 46.65 | 55.18 | | |
| 6 | 19.25 | 0.30 | 48.97 | 36.06 | 18.45 | 6.07 | 24.17 | 40.45 | 49.75 | | |
| 7 | 22.75 | 0.50 | 54.15 | 41.49 | 25.97 | 6.07 | 14.60 | 31.92 | 44.33 | | |
| 8 | 26.25 | 0.70 | 58.54 | 47.68 | 33.72 | 15.64 | 4.78 | 24.68 | 36.83 | | |
| 9 | 29.75 | 0.90 | 61.38 | 53.11 | 40.45 | 25.45 | 6.84 | 16.93 | 28.29 | | |
| 10 | 33.25 | 1.10 | 64.75 | 57.00 | 44.84 | 33.72 | 16.37 | 5.30 | 20.03 | | |
| 11 | 36.75 | 1.30 | 67.08 | 60.61 | 48.47 | 39.68 | 24.68 | 5.55 | 13.05 | | |
| 12 | 40.25 | 1.50 | 69.40 | 62.93 | 51.56 | 44.84 | 31.92 | 15.89 | 6.07 | | |

| **Shot Number** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Shot Distance (m)** | 0.00 | 7.00 | 14.00 | 21.00 | 28.00 | 35.00 | 42.00 | | |
| **Shot Elevation (m)** | 0.00 | -0.25 | 0.00 | 0.40 | 0.80 | 1.20 | 1.60 | | |

# SEZIONE TOMOGRAFICA - STESA 3
## (Onde SH - STSH060616B)
## Via Pontevecchio, Genova (GE)




STSH060616B, 20 WET iterations, RMS error 1.4 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.19

BIERREGI srl

**Allegato F**

# Documentazione Fotografica delle Indagini

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI

*Via delle Casette/Via Pontevecchio - Genova (GE)*

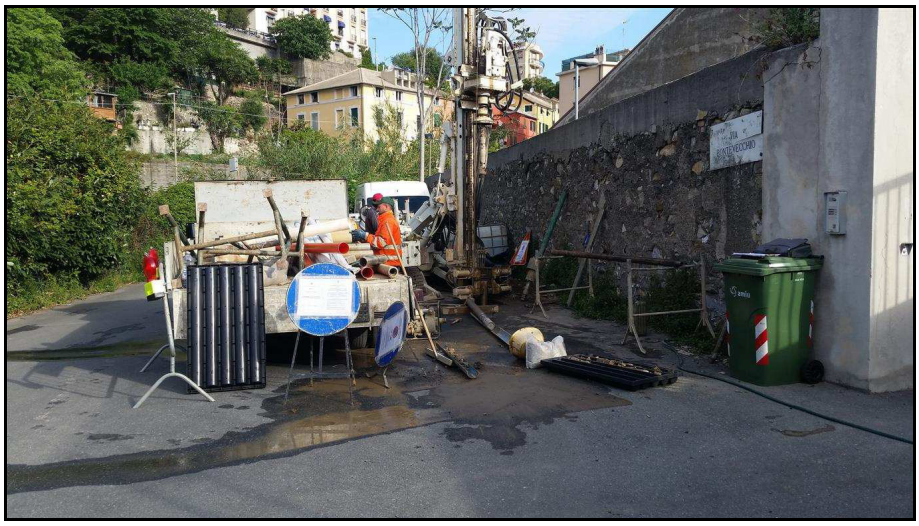


**Fig. 1:** Postazione sondaggio S5 (Via Pontevecchio)



**Fig. 2:** Sondaggio S5 - Cassetta n.1 (da 0 a 5 metri)




**Fig. 3:** Sondaggio S5 - Cassetta n.2 (da 5 a 10 metri)



**Fig. 4:** Sondaggio S5 - Cassetta n.3 (da 10 a 15 metri)



**Fig. 5:** Postazione sondaggio S6 (Via delle Casette)



**Fig. 6:** Sondaggio S6 - Cassetta n.1 (da 0 a 5 metri)



**Fig. 7:** Sondaggio S6 - Cassetta n.2 (da 5 a 10 metri)



**Fig. 8:** Sondaggio S6 - Cassetta n.3 (da 10 a 13,50 metri)



**Fig. 9:** Land Streamer (Stesa Sismica MASW 2D Via Pontetti)



**Fig. 10:** STESA 1 – ONDE P (Via Pontevecchio)



**Fig. 11:** STESA 2 – ONDE SH (Via Pontevecchio)



**Fig. 12:** STESA 3 – ONDE SH (Via Pontevecchio)