

Accordo con Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e Comune di Genova del 14/10/2021

## COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

### PROGETTO DEFINITIVO

#### DOCUMENTAZIONE GENERALE

#### GEOTECNICA

Scheda frana 046-36, 046-12 e 046-14 (PG3b)  
Località Arboccò - Comune di Rapallo

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO  Ing. Elisabetta Ferraris Ord. Ingg. Prov. Milano n. A24976  T.L. Geotecnica all'aperto	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Andrea Federico Ceppi Ord. Ingg. Milano N. A26059	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Piero Bongio Ord. Ingg. Sondrio N. A538  T.A. - Geologia e Geotecnica
---	---	---

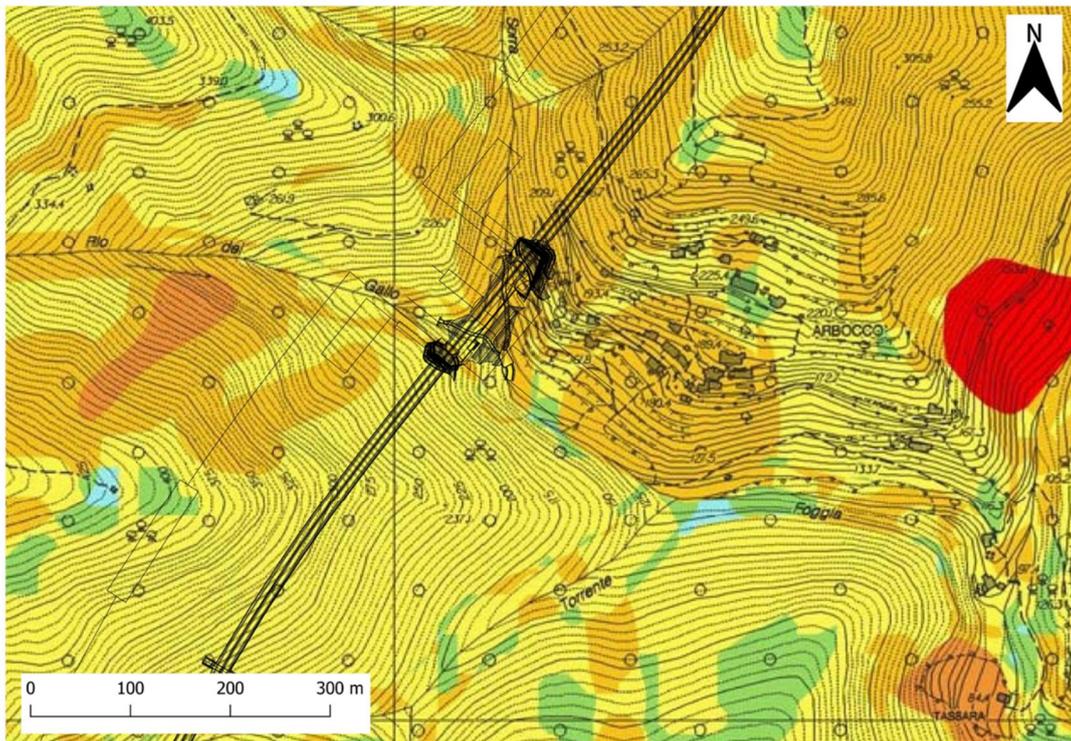
CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
1100A3	LL00	PD	DG	GTA	00000	00000	R	GTA	7003	00	SCALA --

	ENGINEER COORDINATOR:	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE	
	Ing. Andrea Federico Ceppi Ord. Ingg. Milano N. A26059		n.	data
			0	GIUGNO 2023
REDATTO:		VERIFICATO:		

	VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Laura Tripoli	VISTO DEL CONCEDENTE    Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
--	--	---

## **SCHEDA AREA ARBOCCO' (PG3B)**

**OPERA INTERFERENTE: RIMODELLAMENTO MORFOLOGICO  
– PORTALI IMBOCCO GALLERIE CARAVAGGIO (PORTALE NORD)  
E FONTANABUONA (PORTALE SUD)**



## Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	METODOLOGIA DI LAVORO.....	4
3	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	6
3.1	VERIFICHE CON LE CARTOGRAFIE DEGLI ENTI .....	6
3.1.1	Suscettività al dissesto da Piano di Bacino.....	6
3.1.2	Dissesti segnalati dall'Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI).....	11
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	12
3.2.1	Analisi delle risultanze delle indagini geognostiche.....	13
3.3	RISULTANZE GEOLOGICHE GEOMORFOLOGICHE DA RILEVAMENTO IN SITO .....	15
4	ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI .....	20
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	20
4.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	20
4.3	RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI.....	22
5	INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO.....	23
6	CONCLUSIONI.....	24

### Allegati alla Scheda:

*Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite (aggiornata ottobre 2022)

*Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata dicembre 2014)

*Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata dicembre 2014)

*Allegato n.4* - Stralcio planimetria ubicazione delle indagini (aggiornata dicembre 2014)

*Allegato n.5* - Scheda di sintesi

*Allegato n.6* - Stratigrafia sondaggi e geofisica

*Allegato n.7* - Prove di laboratorio

## 1 PREMESSA

Il presente documento è finalizzato a riscontrare la richiesta di integrazione avanzata dalla Regione Liguria nel proprio parere MiTE-2022-0097034 del 09/08/2022, (paragrafo 4-Difesa del suolo), che recita:

*“In via generale si richiama la necessità di attenersi per intero alle disposizioni degli artt. 5 (Indirizzi tecnici vincolanti a carattere generale), 16 (Aree a diversa suscettività al dissesto) e 16-ter (Misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico) delle Norme di Attuazione del PdB. In particolare, si rammenta che nelle zone Pg3b, nelle more dell’adeguamento dello strumento urbanistico comunale ai PdB, occorre ottenere il parere vincolante del Settore Regionale di Difesa del Suolo circa la compatibilità delle opere in progetto rispetto alle condizioni di elevata suscettività al dissesto”.*

*Su questa zona specifica il Comitato spontaneo popolazione residente comune di Rapallo e frazioni collinari ha inoltre osservato:*

*“Prendendo in esame il Piano di Bacino stralcio, piano per l’assetto idrogeologico, Ambito 15, dalla “Carta della suscettività al dissesto” ultima modifica dell’elaborato anno 2018 in vigore dal 21/03/2018 , presa in esame la cartina della zona 231030 sopra riportata , si evince che l’area del Monte Caravaggio e dell’adiacente zona di Arbocò, hanno una classe di “suscettività” elevata (Pg3b-art.16, c.3- ter) e in un punto, lungo la strada carrabile a meno di un km dall’area di cantiere, molto elevata (Pg4-art. 16, c.2).”*

Al fine di ottemperare alla richiesta citata per l’area in questione, classificata dalle cartografie dei piani di bacino “a suscettività di dissesto elevata (Pg3b)”, viene predisposta un’apposita scheda, in cui viene mostrato come gli interventi previsti in progetto contribuiscano alla stabilizzazione dell’area oggetto di interferenza con il rimodellamento morfologico, determinando di fatto un effetto positivo.

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche- geomorfologiche e geotecniche- ingegneristiche relative ad alcune aree classificate **Pg3b** interferenti principalmente con le opere e il rimodellamento previsto per il portale sud della galleria Fontanabuona e molto limitatamente con le opere previste nell’area del portale nord della Caravaggio

Nel **capitolo 2** si descrive la metodologia di lavoro utilizzata nell’ambito della progettazione definitiva delle opere interferenti con le aree oggetto del presente documento.

Nel **capitolo 3** si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell’area del dissesto, fornendo una sintesi degli elementi cartografici pubblicati dagli Enti con i relativi interventi previsti e degli elementi rilevabili in sito utilizzabili per verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto.

Nel **capitolo 4** si riassumono gli aspetti geotecnico-ingegneristici dell’area in esame, fornendo una sintesi delle azioni intraprese dal progettista al fine di valutare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto, evidenziando gli effetti positivi sull’area in frana derivanti previste dal progetto.

Nei **capitoli 5 e 6** sono presentate le raccomandazioni in corso di realizzazione e le indagini integrative propedeutiche al monitoraggio geotecnico previsto.

Per l’inquadramento generale dell’intero progetto e per il dettaglio delle attività di progettazione, si rimanda agli specifici elaborati del Progetto Definitivo.

Si fa in particolare riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

*GEO0001: Relazione geologica, geomorfologica e di inquadramento idrogeologico*

*GEO0002÷0003: Carta geologica*

*GEO0004÷0005: Carta geomorfologica*

*GEO0010: Profilo geologico e sezioni*

*APE0001: Relazione geotecnica*

*APE0120: Galleria CARAVAGGIO - Imbocco lato Valfontanabuona - Planimetria, Profilo Longitudinale e Sezioni tipo*

*APE0140: Galleria FONTANABUONA- Imbocco lato Valfontanabuona - Planimetria, Profilo Longitudinale e Sezioni tipo*

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche-geomorfologiche e geotecniche- ingegneristiche relative all’area di rimodellamento morfologico in prossimità dell’imbocco nord della Galleria Caravaggio e quello sud della Galleria Fontanabuona, localizzate nell’area di Arbocò’.

Nel progetto definitivo, in questa area le opere di imbocco della Galleria Caraggio e Fontanabuona lato Valfontanabuona..

## 2 METODOLOGIA DI LAVORO

Ai fini dell'inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di interesse, la prima fase del lavoro è consistita nel reperimento di tutti i dati disponibili presso vari Enti e Biblioteche universitarie, e di ogni altro dato disponibile ritenuto significativo per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area. Sono, inoltre, stati utilizzati i dati di campagne geognostiche appositamente realizzate per il Progetto Preliminare e Definitivo.

La disponibilità, per l'area d'interesse, di documentazioni geologiche di dettaglio e di modelli geologico-strutturali di riferimento ha permesso di inquadrare fin le attività di studio e di analisi all'interno di un modello generale adatto alle finalità del progetto.

Lo studio (cfr. elaborato GEO001 "Relazione geologica, geomorfologica e di inquadramento idrogeologico") si è svolto mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5.000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Realizzazione di apposite campagne geognostiche in sito (sondaggi, geofisica e rilievi geomeccanici) ed in laboratorio;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio sulle specifiche aree in frana.

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio (che interessa una fascia di larghezza di circa 2 km) e sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici (a scala 1: 5.000):

- carta dei vincoli (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 1);
- carta geologica (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 2);
- carta geomorfologica (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 3);
- carta di ubicazione delle indagini (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 4).

La caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche presenti lungo il tracciato di progetto fa riferimento alle indagini geotecniche effettuate sia nell'ambito della fase di progettazione preliminare (2011) sia definitiva (2013-2014).

Le attività propedeutiche effettuate sono:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove geofisiche in foro (CH e DH) per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione  $V_p$  e di taglio  $V_s$ ;
- prove di laboratorio di classificazione su campioni rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini di roccia prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica);
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche (cfr. elaborato APE0001) tengono conto del fatto che lungo il tracciato in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso – argillosi, sabbioso – ghiaiosi e unità tettoniche complesse, in cui si incontrano alternanze di rocce sedimentarie (calcarei marnosi, marne calcaree, marne) e rocce metamorfiche (ardesie, scisti manganeseiferi ed argilloscisti). I parametri progettuali adottati ed i criteri di dimensionamento delle opere sono conformi ai risultati ottenuti. Le opere sono state dimensionate in conformità alla normativa vigente (NTC2008).

Tenendo conto delle necessità e della funzionalità delle opere, nella progettazione, si è cercato, per quanto possibile, di **limitare le ampiezze dei fronti di scavo**, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio.

In particolare, le opere di maggior impatto riguardano il progetto delle aree d'imbocco. Lo sviluppo di tali progetti contempla i seguenti aspetti:

- tracciato stradale;

- geologia;
- geomorfologia;
- geotecnica;
- tunnelling;
- scavi meccanizzati;
- impianti;
- idraulica;
- strutture;
- cantierizzazione;
- vincoli ambientali, paesaggistici, Enti vari, ecc.;
- inserimento finale delle opere nell'ambiente.

Lo schema generale della metodologia di lavoro adottata è riportato nella Figura seguente.

Nel caso specifico, non si è ritenuto necessario procedere alla back analysis del versante, non essendo presente alcuna opera direttamente interferente.

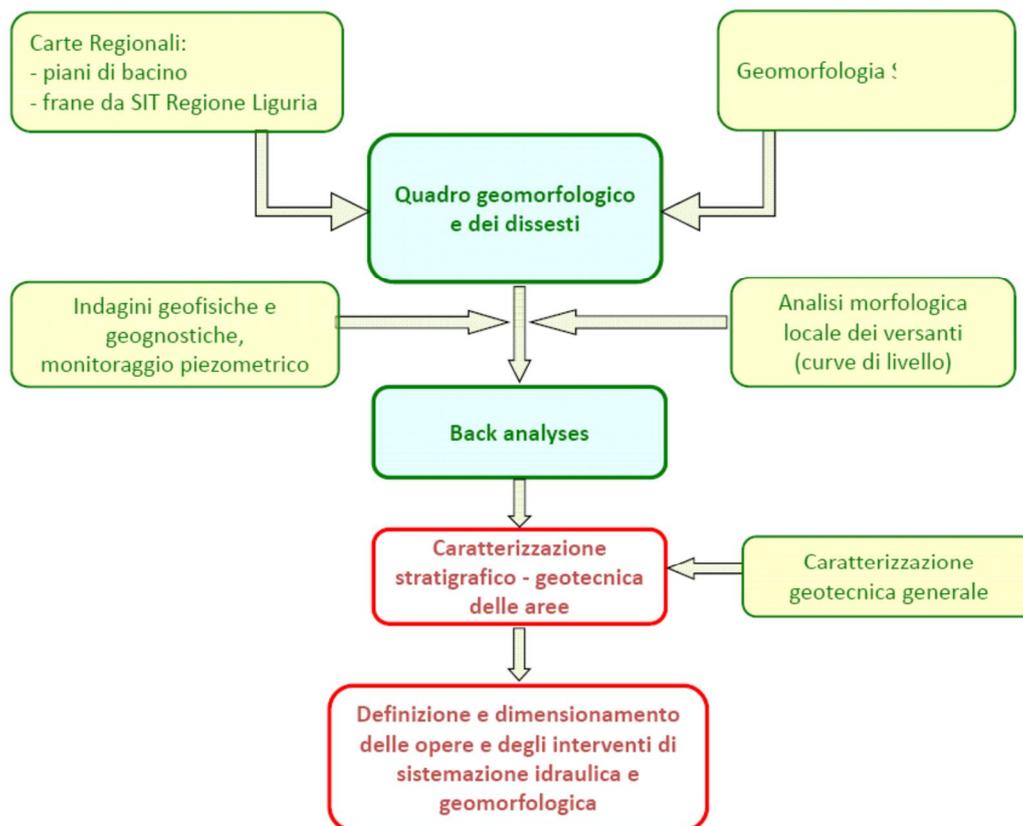


Figura 2-1 – Schema generale metodologia.

### 3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

#### Elementi identificativi

LOCALITÀ: ARBOCO'

COMUNE: RAPALLO

PROVINCIA: GENOVA

REGIONE: LIGURIA

BACINO: AMBITO 15

#### Cartografia

CTR 1:10.000: 231030

### 3.1 VERIFICHE CON LE CARTOGRAFIE DEGLI ENTI

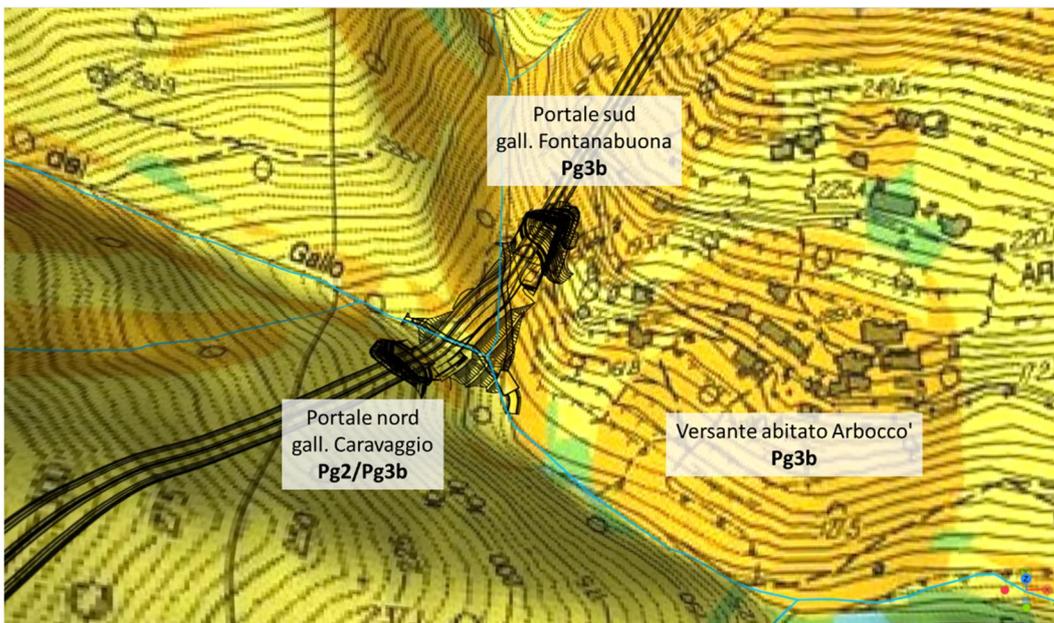
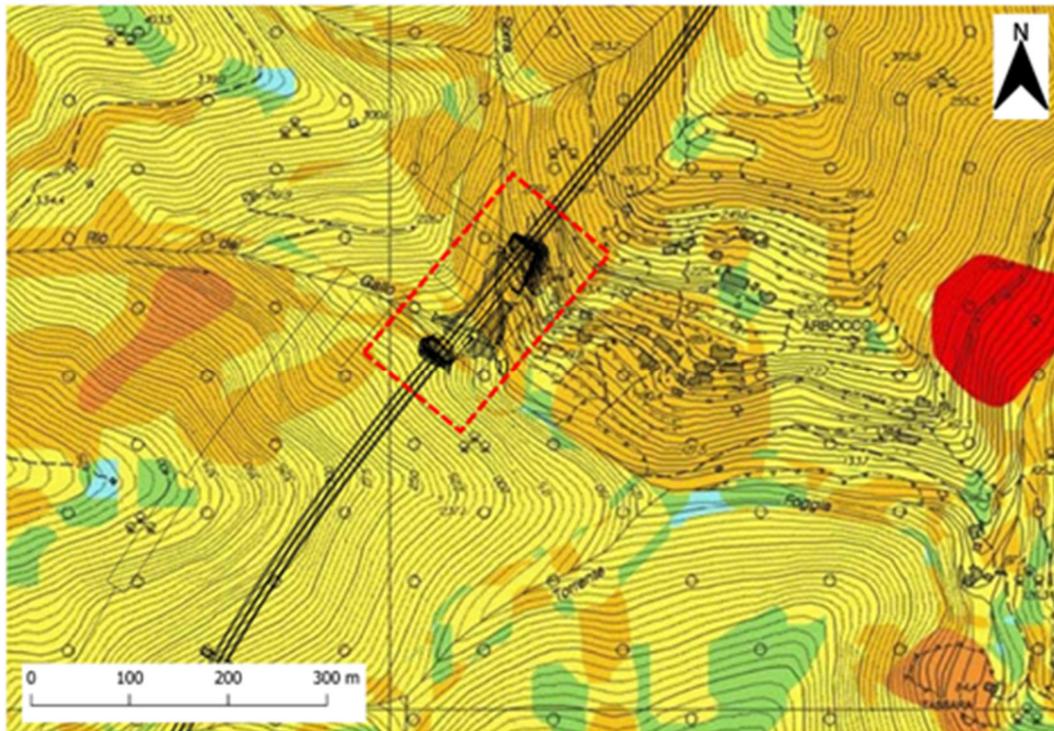
#### 3.1.1 Suscettività al dissesto da Piano di Bacino

La cartografia fa riferimento alla "Carta della suscettività al dissesto", elaborato del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PdB) prodotto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale – rev. 31/08/2022 (Allegato 1).

#### Aree interferenti

L'oggetto trattato nella presente scheda è rappresentato da alcune aree in frana caratterizzate da alta suscettibilità al dissesto (**Pg3b**) e identificate da codifica specifica, molto prossime alle opere accessorie e il rimodellamento previsto per il portale sud della galleria Fontanabuona e alle opere previste nell'area del portale nord della Caravaggio.

Nelle aree limitrofe sono presenti altre aree classificate Pg2, Pg1 e Pg0 e un'area Pg4, tuttavia sviluppate lungo un versante differente da quelli interessati dalle opere in progetto, quindi non interferenti.



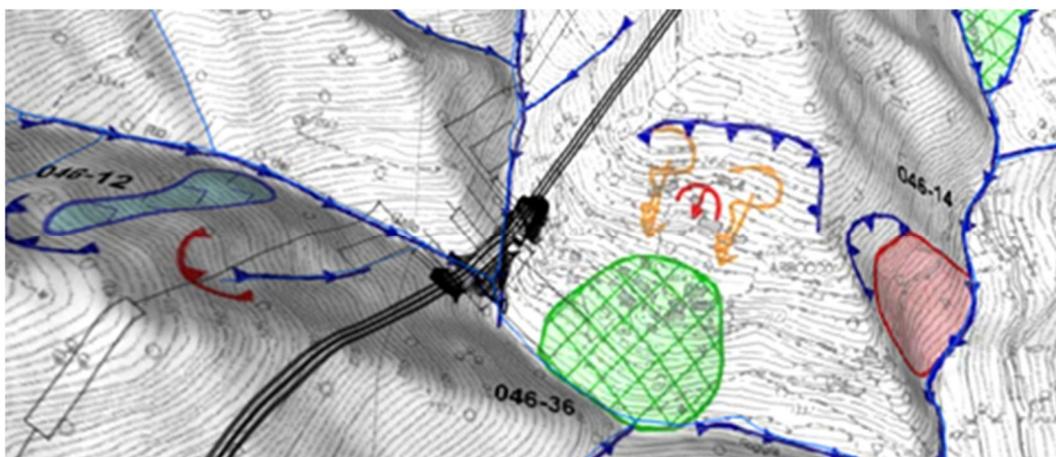
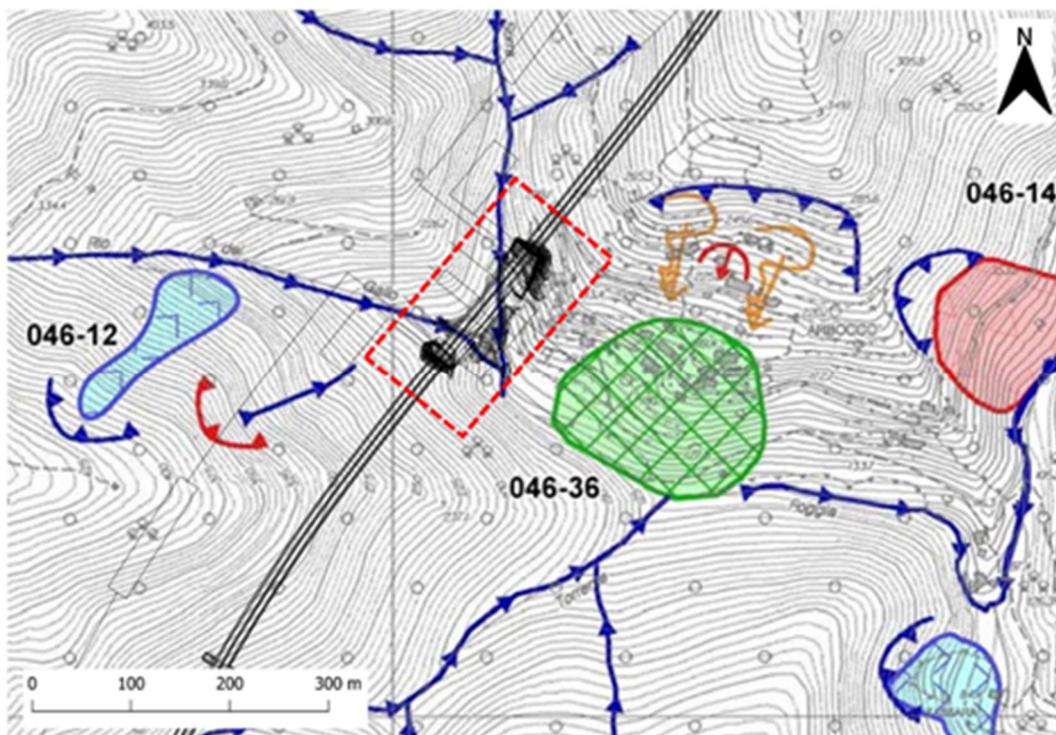
CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE	CLASSI SPECIALI		
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2		TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Art. 16bis, c. 2
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3		TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate	Art. 16bis, c. 3
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter		TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate classificate in Pg3b a seguito di indagini di dettaglio	Art. 16bis, c. 3
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4		TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici	Art. 16bis, c. 5
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4		Arete di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012	
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4			

Figura 3-1 – Stralcio Carta della Suscettività al Dissesto da Piano di Bacino - Ultima modifica 31/08/2022– Nel rettangolo rosso è evidenziata l'area dei portali.

### Classificazione e caratteristiche dei movimenti franosi

Nell'area di Arbocco' la "Carta della franosità reale" del PdB – rev. 31/08/2022 evidenzia tre fenomeni franosi denominati **046-36**, **046-12** e **046-14**. I tre dissesti sono classificati come:

- **046-36:** frana complessa (FC) relitta stabilizzata (o paleofrana); interessa la porzione inferiore del versante dove si sviluppa l'abitato di Arbocco' senza estendersi alle aree di imbocco (presenti ad una distanza di ca. 100m in direzione nord-ovest). È presente un ciglio di frana (quiescente) a monte del corpo identificato;
- **046-12:** frana quiescente per scorrimento o scivolamento rotazione (SCr); interessa il versante nord che si affaccia sull'impluvio del rio del Gallo, ad una distanza di circa 250m dall'area di imbocco nord della Caravaggio;
- **046-14:** frana attiva per crollo o ribaltamento (CL); interessa la sponda destra del versante che si affaccia su rio Chignero ad una distanza di circa 500m dall'area degli imbocchi. Dato l'assetto morfologico del territorio e la natura del dissesto non ci sono implicazioni possibili con gli interventi previsti nelle aree di imbocco.



**STATO DI ATTIVITA' DELLA FRANA**

- Attivo
- Quiescente
- Reilto, stabilizzato o paleofrana

**TIPOLOGIA DI FRANA**

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  |  | (SS) Frana superficiale - Soil slip                    |
|   |  |  | (DF) Frana per colamento - Debris flow                 |
|   |  |  | (SC) Frana per scorrimento o scivolamento              |
|   |  |  | (SCr) Frana per scorrimento o scivolamento rotazionale |
|   |  |  | (SCp) Frana per scorrimento o scivolamento planare     |
|   |  |  | (CL) Frana per crollo o ribaltamento                   |
|   |  |  | (FC) Frana complessa                                   |
|   |  |  | (FD) Area a franosità diffusa                          |
| (FP) Deformazione gravitativa profonda di versante  |  |  |  |
| (CR) Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali - soliflusso, reptazione, creep |  |  |  |
| Frana non cartografabile  |  |  |  |

**ELEMENTI LINEARI**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| Ciglio di frana attivo                        | Ciglio di frana quiescente                     | Direzione mobilitazione materiali sciolti     |
| Conoidi detritiche ed alluvionali attive      | Conoidi detritiche ed alluvionali quiescenti   |   |
| Rottura di pendio con scarpata fino a 5 metri | Rottura di pendio con scarpata fino a 10 metri | Rottura di pendio con scarpata oltre 10 metri |

Figura 3-2 – Stralcio Carta della Franosità reale da Piano di Bacino - Ultima modifica 31/08/2022– Nel rettangolo rosso l'area dei portali.

Per completezza di informazione, dal “Catalogo dei principali movimenti franosi” (ultima modifica 31/08/2022), qui di seguito sono riassunti i dati della **frana 046-14**, che sebbene non abbia interferenza con le opere in progetto, è utile per inquadrare le possibili dinamiche di instabilità di un versante costituito da un ammasso roccioso composto dalla Formazione del Monte Antola (vedi § 3.2).

**a) Stato di attività:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Attiva
<input type="checkbox"/>	Quiescente
<input type="checkbox"/>	Stabilizzata

**b) Caratteristiche**

<input type="checkbox"/>	In roccia
<input type="checkbox"/>	In coltre
<input checked="" type="checkbox"/>	Mista

**c) Tipologia di frana:**

<input type="checkbox"/>	Frana superficiale – Soil slip (ss)
<input type="checkbox"/>	Frana per colamento – Debris flow (df)
<input type="checkbox"/>	Frana per scorrimento o scivolamento (sc)
<input type="checkbox"/>	Frana per scorrimento o scivolamento rotazionale (scr)
<input type="checkbox"/>	Frana per scorrimento o scivolamento planare (scp)
<input checked="" type="checkbox"/>	Frana per crollo o ribaltamento (cl)
<input type="checkbox"/>	Frana complessa (fc)
<input type="checkbox"/>	Area a franosità diffusa (fd)

**d) Cause del dissesto - naturali:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Fratturazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Erosione diffusa

**e) Cause del dissesto - antropiche:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Abbandono
<input checked="" type="checkbox"/>	Cattiva regimazione delle acque

Non sono disponibili i dati relativi agli altri due corpi di frana codificati (046-36 e 046-12).

Interventi previsti dal Piano di Bacino

La Relazione del Piano degli interventi di mitigazione del rischio descrive il dissesto **046-14** come un “movimento franoso attivo di crollo che interessa la parte superficiale del substrato roccioso fratturato e la sottile copertura detritica ad esso sovrastante”.

Il Piano degli interventi di mitigazione del rischio del Piano di Bacino prevede, nell’area del dissesto 046-14 precedentemente descritto, il seguente intervento:

- *N. 05: Interventi sul versante: riprofilatura del tratto di versante a monte della sede stradale supportata da una adeguata regimazione delle acque superficiali per evitare fenomeni di erosione superficiale ed eccessive infiltrazioni d’acqua nel terreno, mediante canalizzazioni e drenaggi. Si prevedono locali interventi di consolidamento del versante in special modo in prossimità dei settori dei muri a secco esistenti crollati.*

Come già evidenziato, tale intervento non ha comunque alcuna interferenza con le aree di imbocco delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona in progetto.

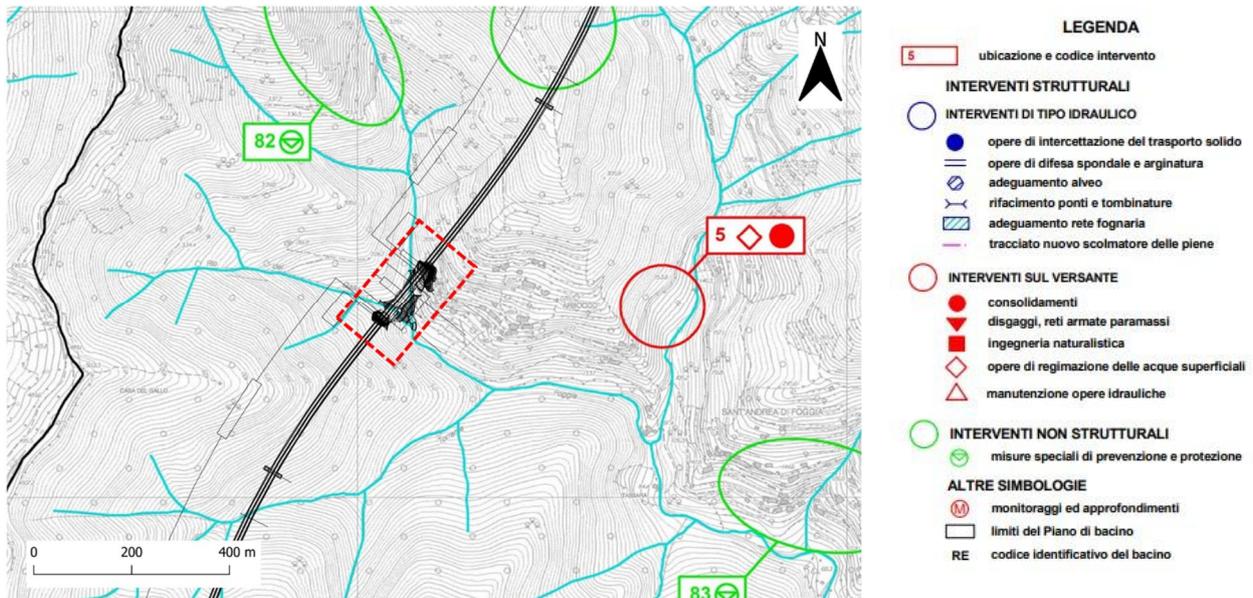


Figura 3-3 – Piano degli interventi (da Piano di Bacino - Ambito 15) – Nel rettangolo rosso l'area dei portali.

### 3.1.2 Dissesti segnalati dall'Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI)

Al fine di fornire un quadro completo di tutti i dati bibliografici relativi alla pericolosità connessa a movimenti franosi, di seguito si riporta quanto segnalato dall'Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI) per l'area in esame (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>).

La cartografia IFFI identifica:

- sulla sponda destra del versante che si affaccia su rio Chignero un dissesto coincidente con **046-14** avente le seguenti caratteristiche:
  - ID Frana: **0100133900**
  - Tipo di movimento: Crollo/ribaltamento
  - Attività: Attivo/riattivato/sospeso
  - Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività: Dato storico/archivio.
- nella porzione inferiore del versante dove si sviluppa l'abitato di Arbocco', un dissesto quiescente coincidente con **046-36** avente le seguenti caratteristiche:
  - ID Frana: **0100134000**
  - Tipo di movimento: Complesso
  - Attività: Quiescente
  - Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività: Dato storico/archivio

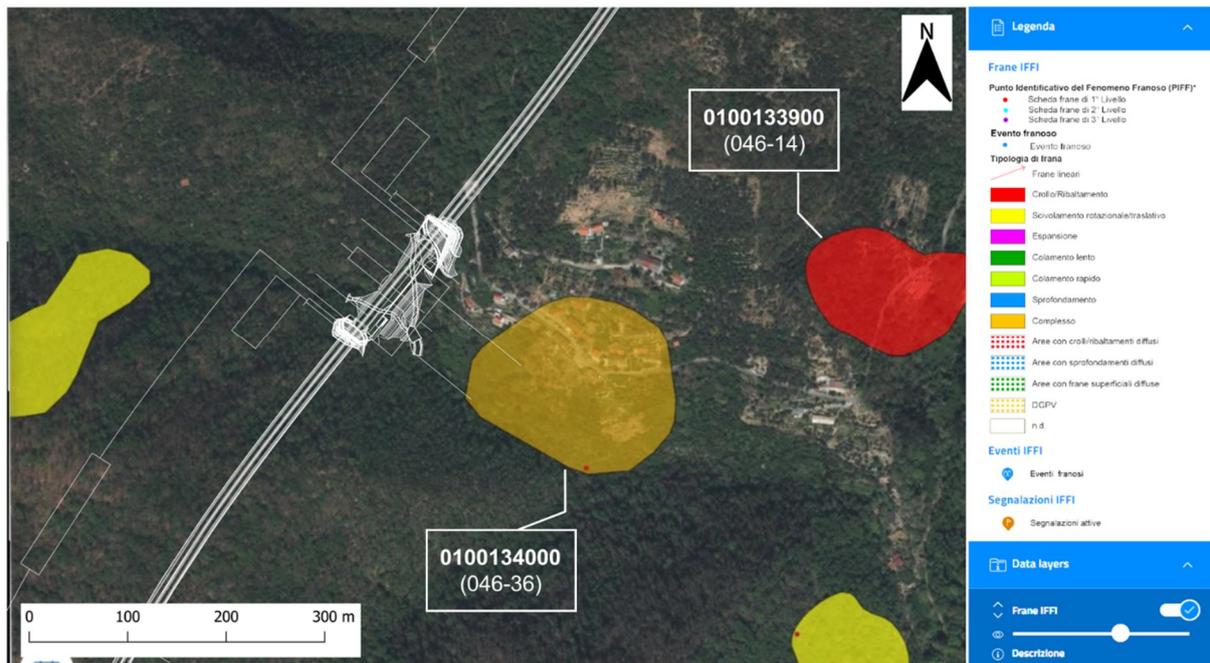


Figura 3-4 – Frane da IFFI (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>), modificato – Visualizzato febbraio 2023. Tracciato in bianco

### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si imposta nell'Unità Tettonica Antola, qui rappresentata dalla Formazione dei Calcari di Monte Antola (in Allegato 2 la Carta Geologica).

#### Unità Tettonica Antola - Formazione di Antola (FAN)

In Appennino settentrionale, l'Unità Antola si trova al tetto dell'edificio a falde affiorante nell'area considerata il confine tra Alpi ed Appennino. Questa unità è tradizionalmente attribuita alle Liguridi Esterne, interpretabile come espressione del bacino oceanico ligure-piemontese e della sua transizione al margine continentale della placca Adria. Tuttavia, l'Unità Antola, caratterizzata da più deformazioni plicative sviluppatasi in assenza di metamorfismo, si trova al di sopra delle Unità Liguri Interne e per questo motivo sulla sua collocazione paleogeografica esistono ipotesi discordanti.

Nell'area d'interesse l'Unità di Antola non si associa al complesso basale (Argillite di Montoggio), perché evidentemente risulta tranciato dal piano di scorrimento basale; pertanto, sono presenti solamente i depositi torbiditici carbonatici intermedi, che rappresentano la Formazione di Monte Antola, secondo la notazione CARG.

Le giaciture degli strati immergono mediamente verso i quadranti meridionali, sono disturbate solamente da pieghe ad ampio raggio e da ondulazioni a scala metrica.

Si tratta di sequenze di torbiditi carbonatiche, in prevalenza calcareo-marnose, talvolta siltose, con orizzonti fini prevalentemente marnosi, calcareniti e calcareniti marnose grigio chiare, biancastre in alterazione, marne e marne calcaree in strati planari, da decimetrici fino a plurimetrici, intercalati da strati marnoso - siltitici, ed in misura minore argillitici, in strati centimetrici fino a decimetrici. Il rapporto calcareniti/siltiti è variabile da inferiore ad 1 a maggiore di 20; lo spessore totale della Formazione raggiunge i 2000 m.

Negli orizzonti calcareo-marnosi più massivi il disturbo tettonico rende di difficile lettura la stratificazione, che invece di solito appare ben evidente. Il comportamento rigido degli orizzonti calcarei è manifesto nelle aree di cerniera delle pieghe, dove sono frequenti le fratture radiali, quasi sempre suturate da calcite.

Gli orizzonti calcarei basali risultano normalmente di elevato spessore ed intensamente fratturati e determinano un buon rilievo morfologico in corrispondenza delle creste.

Età da CARG: Campaniano inf. - Maastrichtiano inf.



Figura 3-5 – Affioramenti della Formazione del Monte Antola.

### Depositi Quaternari

L'area è caratterizzata da coperture detritiche di spessore variabile costituite da depositi di versante (qui maggiormente rappresentato da un deposito a grossi blocchi) e depositi di frana (composti da materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze di movimento pregresso). Nell'area dei due imbocchi sono stati cartografati (cfr. Carta Geologica in Allegato 2) limitati areali di frana quiescente (Fq) che tuttavia non hanno diretta interferenza con le opere previste ai portali.

I depositi impostati nella Formazione di Monte Antola sono costituiti da diamicton a matrice limoso-sabbiosa con argille e clasti calcareo marnosi; frequentemente si osservano sparsi blocchi e dove sono maggiori le pendenze sono frequenti grandi blocchi, con diametro fino metrico, imballati nel diamicton.

Sono presenti anche accumuli di grossi blocchi con matrice scarsa o nulla, non attribuibili a specifiche frane ma più in generale a meccanismi di arretramento per crolli limitati sui versanti.

La maggior parte di questi depositi non arriva al fondovalle, ma appare troncata da una fase di approfondimento delle incisioni vallive; localmente si ha poi un rimaneggiamento del deposito principale che arriva ad interessare il fondovalle attuale.

Da un punto di vista geomorfologico, i versanti dell'area di Arbocco', essendo impostati sul substrato roccioso dei calcari marnosi della Formazione dell'Antola, solo localmente ricoperti da una copertura detritica, presentano una acclività mediamente elevata, con pendenze variabili da 25° a 40°, dove i valori minori sono localizzati nella parte bassa del versante, in prossimità delle incisioni dei corsi d'acqua.

### **3.2.1 Analisi delle risultanze delle indagini geognostiche**

Nell'area in esame (cfr. Figura 3-6) sono state realizzate, per il Progetto Definitivo, le seguenti indagini:

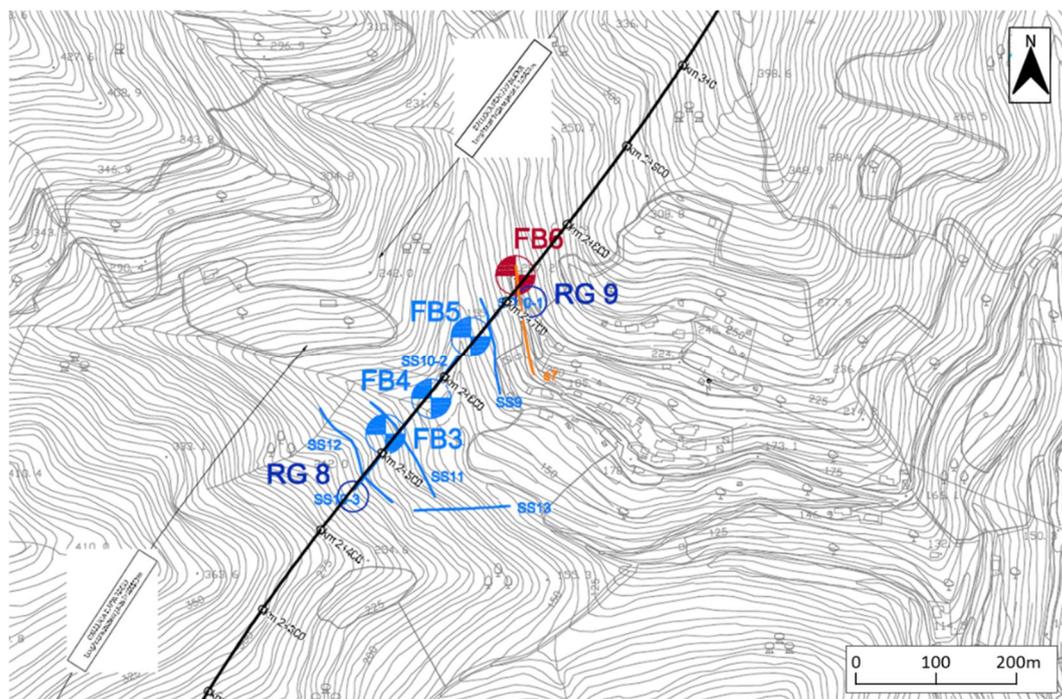
- N. 4 sondaggi a carotaggio continuo con realizzazione di indagini e prove geotecniche - geomeccaniche in sito. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove SPT, prove dilatometriche e prove di permeabilità Lugeon; nei fori di sondaggio sono stati poi installati piezometri a tubo aperto.
- N. 6 stese sismiche a rifrazione tomografica con acquisizione sia di Vp sia di Vs;
- N. 2 rilievi geomeccanici degli affioramenti, che hanno previsto anche l'esecuzione di prove di resistenza a carico puntuale (PLST), utile a stimare sperimentalmente la resistenza della matrice rocciosa in modo speditivo;

Progetto	Impresa	Sondaggio	Tipologia	Orientazione	Profondità (m)	Prove	Strumentazione installata
Progetto Preliminare 2011	TERRA	FB6	carotaggio continuo	verticale	55	1 SPT 1 prova dilatometrica 1 prova Lugeon	Piezometro a tubo aperto

Progetto	Impresa	Sondaggio	Tipologia	Orientazione	Profondità (m)	Prove	Strumentazione installata
Progetto Definitivo 2013	TERRA	FB3 *	carotaggio continuo	verticale	45	1 prova dilatometrica 1 prova Lugeon	Piezometro a tubo aperto
		FB4 *	carotaggio continuo	verticale	40	1 prova dilatometrica 1 prova Lugeon	Piezometro a tubo aperto
		FB5 *	carotaggio continuo	verticale	40	1 prova dilatometrica 1 prova Lugeon	Piezometro a tubo aperto -

\* Sondaggi eseguiti con sonda elicoterabile

Progetto	Impresa	Indagine	Tipologia	Lunghezza (m)
Progetto Preliminare 2011	TERRA	S7	Sismica rifrazione onde Vp e Vs con interpretazione tomografica	120
Progetto Definitivo 2013	TERRA	SS9	Sismica rifrazione onde Vp e Vs con interpretazione tomografica	100
		SS10		210
		SS11		125
		SS12		125
		SS13		125



Indagini geognostiche pregresse

Indagini geognostiche 2013

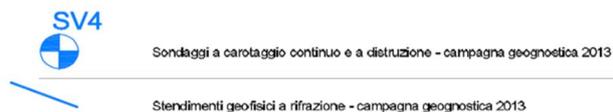
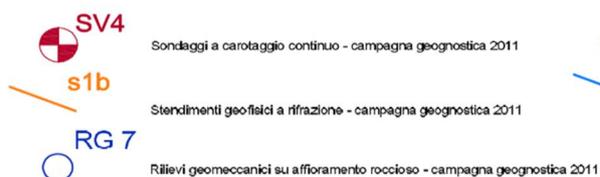


Figura 3-6 – Stralcio planimetrico della Carta ubicazione indagini

Si rimanda agli allegati del presente documento per la visione dei certificati delle indagini eseguite, sia geognostiche di sito e laboratorio, nonché geofisiche.

### 3.3 RISULTANZE GEOLOGICHE GEOMORFOLOGICHE DA RILEVAMENTO IN SITO

Di seguito viene brevemente descritto quanto evidenziato durante i vari sopralluoghi condotti nell'area.

Il progetto delle opere di imbocco ai portali delle gallerie Caravaggio (portale nord) e Fontanabuona (portale sud) prevede la realizzazione di sbancamento e riprofilatura dei versanti e la costruzione di un rilevato di collegamento tra le due gallerie.

Il contesto geologico è caratterizzato da condizioni di affioramento o sub-affioramento del substrato lapideo, ben esposto sia sui versanti sia nel letto delle incisioni delle aste fluviali (rio Serra e rio del Gallo). I sondaggi realizzati evidenziano uno spessore della copertura variabile da meno di un metro a un massimo di 3m, costituita da blocchi e clasti eterometrici angolari calcareo marnosi grigiastri, alterati con limo sabbioso colore marrone debolmente umido.

Lo stato di alterazione e le condizioni di fratturazione dell'ammasso roccioso (calcareo marnoso) sono maggiori nei primi 7-10m per poi generalmente diminuire con la profondità.

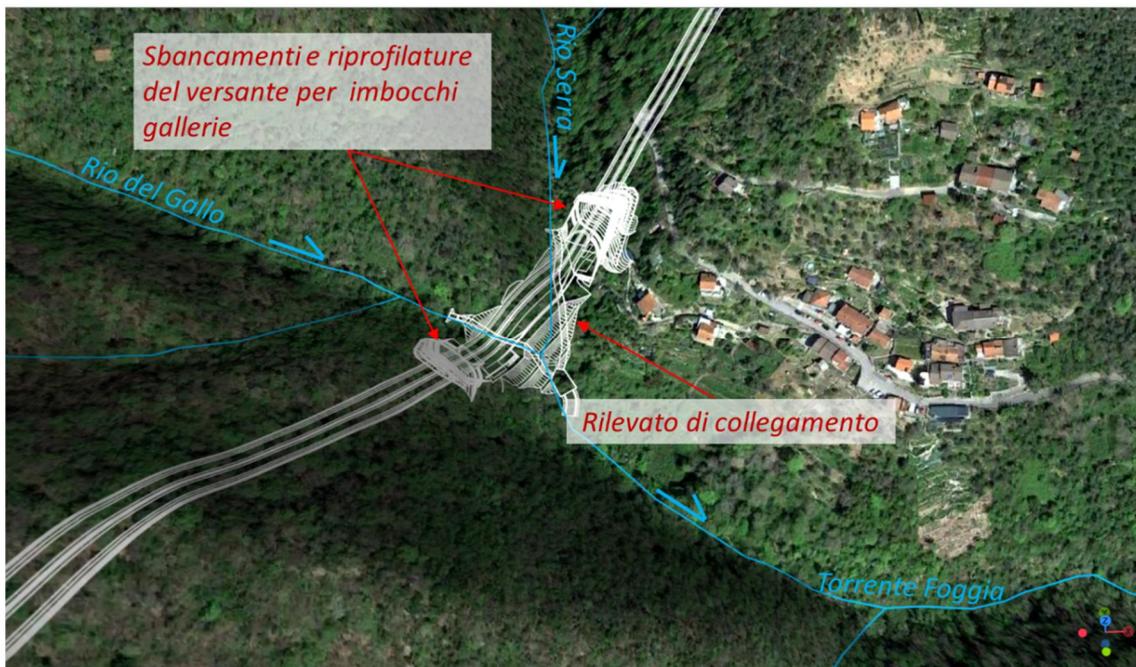


Figura 3-7 – Foto aerea dell'area di Arbocco' (su modello 3D) con aste torrentizie, tracciato e opere previste

#### Versante dell'abitato di Arbocco'

Sulla base della documentazione prodotta per il PdB quest'area presenta una suscettività al dissesto elevata (Pg3B) e nella parte bassa del versante una frana complessa relitta stabilizzata (o paleofrana) identificata con il codice 046-36 (cfr. § 3.5 e 3.7) anche identificata nel catalogo IFFI come quiescente.

Dalle osservazioni fatte nei sopralluoghi non si evidenziano segni di instabilità; il versante presenta una gradonatura fatta con muretti a secco e le costruzioni non presentano crepe o altri segnali di instabilità.

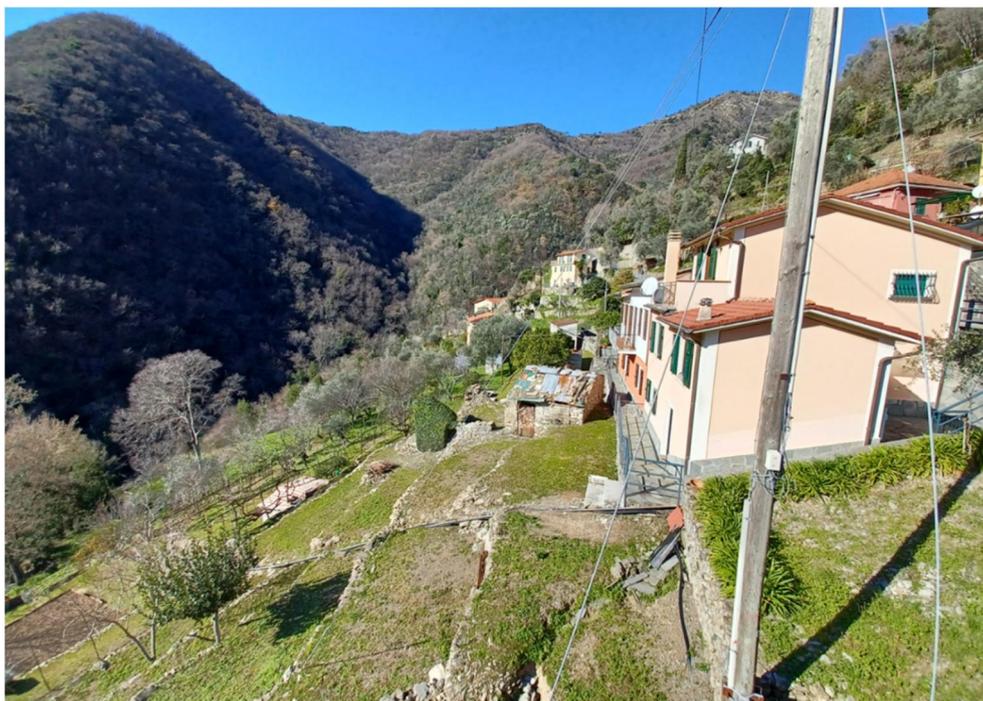


Figura 3-8 – Arbocco', versante sopra il torrente Foggia

Procedendo verso l'impluvio del rio Serra si percorre una stradina tra le case che taglia il versante, ove affiora a tratti la roccia, il cui taglio è sostenuto da muretti a secco di altezza superiore ai 2m che non testimoniano una tendenza del versante al dissesto.



Figura 3-9 – Arbocco', stradina di collegamento verso l'impluvio del rio Serra

Questa porzione di versante, che appare in condizioni di relativa stabilità è stata considerata con particolare attenzione in ragione della diffusa presenza di edifici abitati e della sua inclusione nell'areale di elevata suscettibilità al dissesto dalle cartografie degli Enti, non sarà interessato dalle opere in progetto.

Versante del portale sud della galleria Fontanabuona

Questo versante classificato (PdB) con alta suscettività al dissesto (Pg3B) ma dove non sono evidenziati areali di frana, presenta una fitta vegetazione arbustiva e inclinazioni media (30-35°). Il substrato roccioso affiora localmente e la copertura detritica non supera i 3.5m di spessore (cfr. sondaggi FB5 e FB6). La copertura è costituita da blocchi e clasti eterometrici angolari calcareo marnosi grigiastri, alterati con patine di ossidazione marroni, con limo sabbioso marrone umido.

Si osserva una moderata alterazione della roccia (più evidente in FB6) nei primi 10-15m di profondità che diminuisce procedendo in profondità. Il grado di fratturazione è variabile con valori di RQD che variano nell'intervallo 10-60% fino a 30m, per poi aumentare a 50-90 in profondità (FB6). Le condizioni di giacitura sono variabili da franapoggio a immergente verso NO.



Figura 3-10 – Spessore e natura della copertura, sondaggi FB5 e FB6.

Dalle osservazioni fatte nel sopralluogo non sono state evidenziate segnali di instabilità rilevanti, fatta eccezione per possibili fenomeni di distacco di blocchi lapidei di limitate dimensioni localmente possibili nelle parti del versante più ripide (lungo le incisioni delle aste torrentizie e dei rii).

Si pone l'accento sulla sfavorevole giacitura dei piani di strato proprio in corrispondenza dell'area di imbocco ove la presenza di strati inclinati a franapoggio dovrà essere considerata nel progetto di sostegno del taglio e riprofilatura del versante.



Figura 3-11 – Versante dell'imbocco sud della galleria Fontanabuona

Versante del portale nord della galleria Caravaggio

Il versante dove di inseriscono le opere di imbocco presenta una coperta arbustiva meno fitta del versante opposto. Dalle cartografie degli Enti Regionali questo versante è classificato in gran parte come a media suscettività al dissesto (Pg2) e non presenta areali in frana, sia per il PdB che per il catasto nazionale IFFI.

Il terreno mostra un aspetto gradonato e una inclinazione media di 20-30°. Il substrato lapideo è affiorante o sub-affiorante e presenta una giacitura a reggipoggio (immersione verso sud-ovest) con una inclinazione variabile da 20 a 50°. Il sondaggio FB3, realizzato in coincidenza con il portale, evidenzia una copertura di spessore di un metro di natura limoso argillosa debolmente sabbiosa inglobante clasti angolari calcareo marnosi ossidati.



Figura 3-12 – Sondaggio FB3 (0-5m)

Dai rilievi geologi fatti per il Progetto Definitivo è stato cartografato un deposito di frana quiescente (cfr. Allegato 2, Carta Geologica) che si estende a destra del versante dell'area di imbocco (guardando in direzione Rapallo) ad una distanza di circa 35-40m dall'area di imbocco.

Si tratta di accumuli di materiale eterogeneo ed eterometrico proveniente dalla porzione più superficiale ed alterata del massiccio roccioso che si movimenta per gravità. Tale areale, in ogni caso, non ha diretta interferenza con le opere in progetto.



Figura 3-13 – Versante dell'imbocco nord della galleria Caravaggio

## 4 ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI

### 4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica (modello geotecnico di riferimento) ci si è basati:

- sui dati geologici-geomorfologici descritti nei documenti tecnici di riferimento;
- su quanto riportato nel documento relativo alla caratterizzazione geotecnica allegata al Progetto Definitivo (cfr. elaborato APE0001); in particolare, si è fatto riferimento alla caratterizzazione relativa alla formazione di base e della relativa fascia di alterazione.

### 4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area interessata ricadono le seguenti opere, di cui si riporta una descrizione di massima degli interventi previsti:

- opere di contenimento degli scavi necessari alla realizzazione dell'imbocco lato Fontanabuona della Galleria Fontanabuona. Le opere in oggetto in particolare sono costituite da delle pareti chiodate, le quali, in corrispondenza del fronte di attacco della galleria, verranno realizzate interamente con il vetroresina come materiale da costruzione. In questa fase progettuale le chiodature sono state ipotizzate distribuite in maniera uniforme sulle pareti rocciose, nel seguito andranno eseguiti rilievi di dettaglio al fine di definirne con precisione la posizione, con anche eventuali adeguamenti delle caratteristiche in funzione delle effettive necessità a seguito di rilievi di dettaglio delle pareti. La funzione delle chiodature è di stabilizzazione locale di blocchi oppure di consolidamento della parete di scavo. Esse non assolvono infatti ad una funzione di stabilizzazione profonda del versante. Per maggiori dettagli si fa rimando agli elaborati grafici di progetto.
- opere di contenimento degli scavi necessari alla realizzazione dell'imbocco lato Fontanabuona della Galleria Caravaggio. Le opere in oggetto in particolare sono costituite da berlinesi di micropali tirantata, chiodature in acciaio (pareti laterali), chiodature in vetroresina (parete di attacco galleria). Per maggiori dettagli si fa rimando agli elaborati grafici di progetto.
- La piattaforma stradale nei tratti tra i due imbocchi sarà sostenuta da un muro di sostegno in terra armata.
- Sistemazione idraulica dei due rii esistenti interferenti con il progetto. Nel rispetto della normativa vigente, le sistemazioni sono state progettate senza alcuna alterazione dell'assetto piano altimetrico dei due l'impluvi esistenti.

Tali opere che sono esterne alle aree di frana quiescente descritte in questa scheda, per maggiore dettaglio si rimanda alla figura sotto.

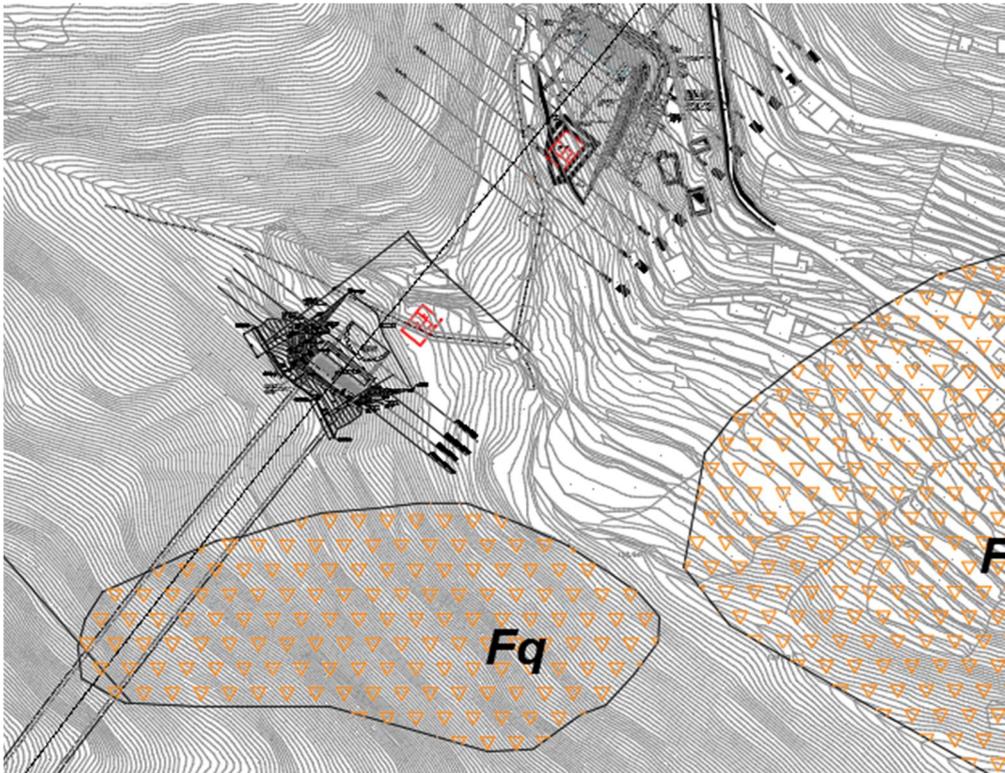


Figura 4-1 – Ubicazione reciproca imbocchi e area di frana quiescente

### 4.3 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI

Durante le lavorazioni previste, al fine di prevenire fenomeni di erosione e/o di arretramento/espansione delle aree di dissesto, valgono le seguenti raccomandazioni:

- durante i lavori devono essere presi tutti gli accorgimenti aventi lo scopo di raccogliere e regolare la circolazione delle acque superficiali evitando ristagni e situazioni che possano comportare l'evoluzione di fenomeni erosivi; a tergo delle opere provvisorie di sostegno/contenimento delle terre devono essere sempre previsti drenaggi e/o canalette di raccolta al fine di assicurare la raccolta e smaltimento delle acque superficiali;
- i movimenti terra devono essere limitati allo stretto necessario, adottando tutti gli accorgimenti utili al fine di evitare, durante e dopo l'esecuzione, situazioni che possano comportare fenomeni di degrado delle caratteristiche meccaniche di resistenza delle coltri potenzialmente instabili (eventuali interventi di soil nailing); qualora, durante le operazioni di scavo/movimento terra, si evidenziano particolari condizioni di instabilità a breve termine, gli sbancamenti devono essere eseguiti per settori contenuti ed essere seguiti dall'immediata realizzazione delle opere di contenimento/consolidamento;
- eventuali depositi temporanei dei materiali di scavo devono essere eseguiti con pendenze delle scarpate congrue alle caratteristiche di resistenza dei materiali in modo da evitare fenomeni erosivi lungo le scarpate e/o di ristagno delle acque; la posizione di tali depositi deve essere tale da non compromettere la stabilità delle aree interessate;
- i riporti di terreno, anche provvisori, devono essere eseguiti per strati, previa predisposizione dei piani di posa (scotico, regolarizzazione e/o eventuale gradonatura) assicurando il compattamento dei terreni; devono essere comunque sempre previste opere di regimazione ed allontanamento delle acque e protezione dei fenomeni erosivi delle scarpate.
- Nella fase di Progetto Esecutivo sarà previsto lo studio delle vibrazioni indotte dallo scavo con esplosivo. A valle di tale studio sarà valutato l'effetto delle vibrazioni sulla stabilità globale del corpo di frana oggetto di questa scheda e, qualora si evidenziassero degli effetti sfavorevoli alla stabilità, si procederà alla stesura di opportune procedure atte a mitigare le vibrazioni e i conseguenti effetti sulla frana Pg3B in zona Arboccò.

## **5 INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO**

In corrispondenza del dissesto 273 non sono previste ulteriori indagini geognostiche per il monitoraggio geotecnico.

## 6 CONCLUSIONI

Si ritiene che le opere in progetto non avranno influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante sovrastante; in particolare, le fasi realizzative sono tali da garantire, nei confronti della stabilità dei versanti, il rispetto dei fattori di sicurezza sia durante le attività di cantiere che nell'assetto definitivo.

Particolari accorgimenti verranno poi adottati in fase di cantiere durante le lavorazioni previste, al fine di prevenire fenomeni di erosione e/o di arretramento/espansione delle aree di dissesto.

Alla luce di quanto sopra, si ritiene che gli interventi previsti nel progetto siano tali da poter acquisire il parere della Regione Liguria.

## ALLEGATI

*Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite (aggiornata ottobre 2022)

*Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata dicembre 2014)

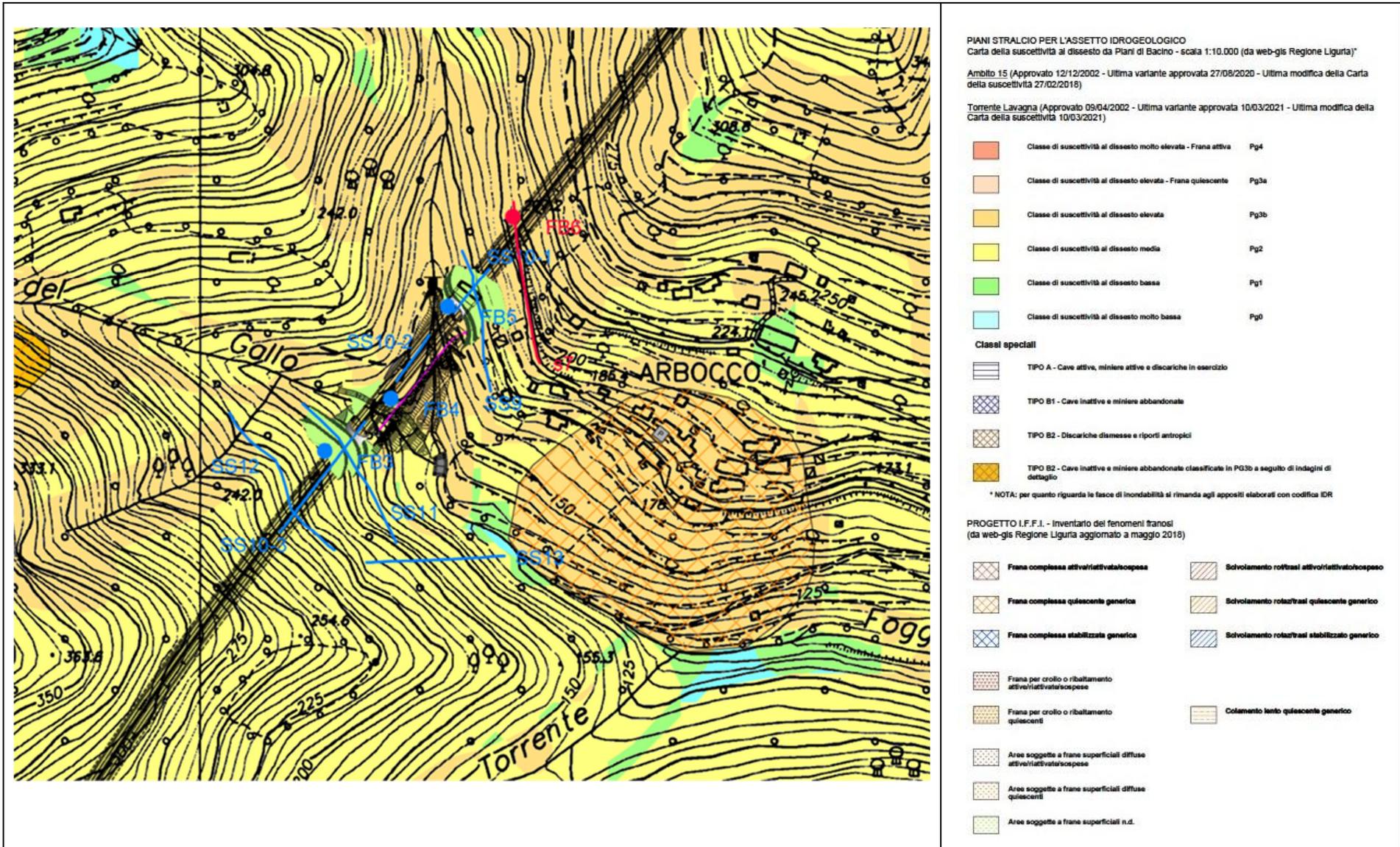
*Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata dicembre 2014)

*Allegato n.4* - Stralcio planimetria ubicazione delle indagini (aggiornata dicembre 2014)

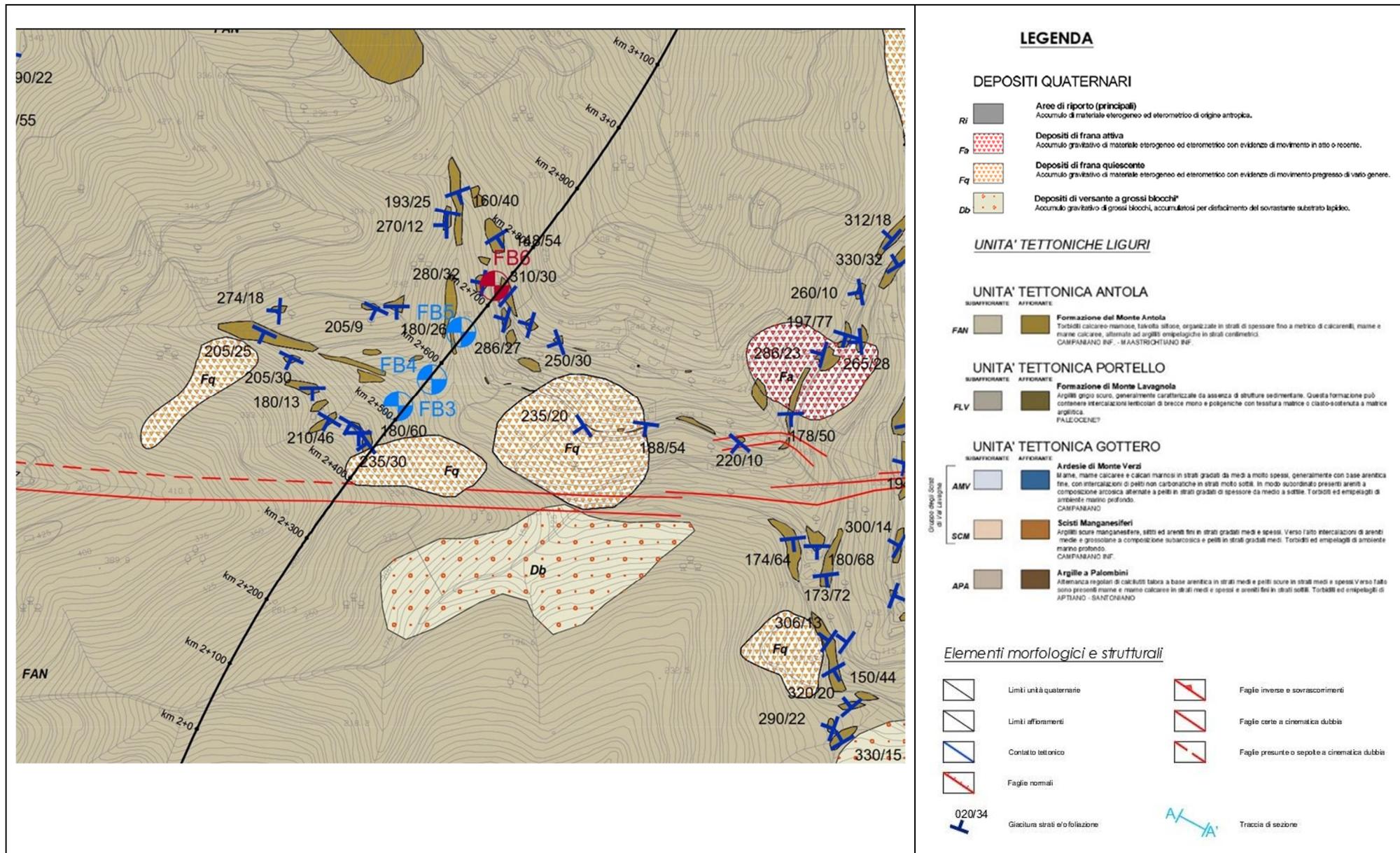
*Allegato n.5* - Scheda di sintesi

*Allegato n.6* - Stratigrafia sondaggi e geofisica

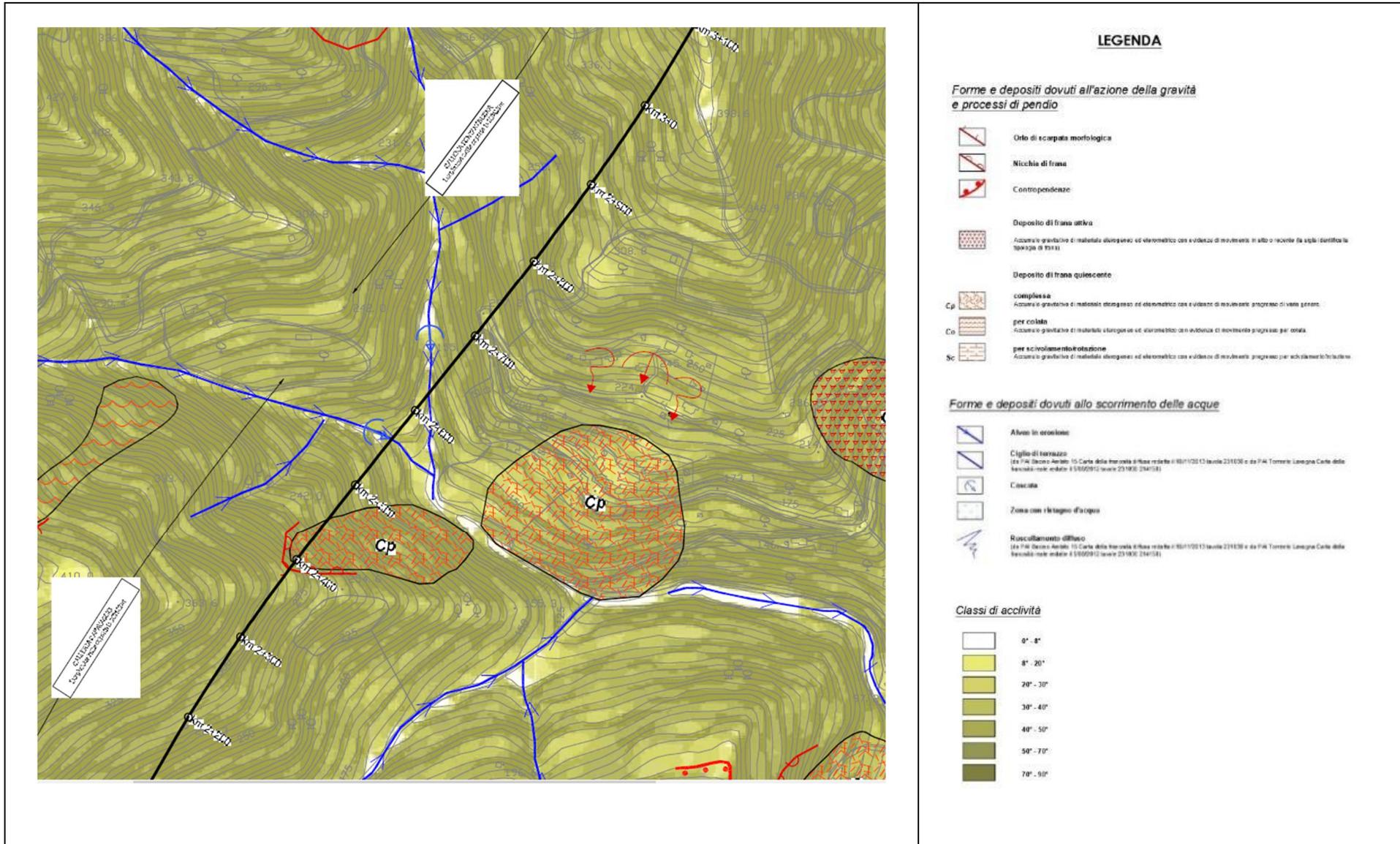
*Allegato n.7* - Prove di laboratorio



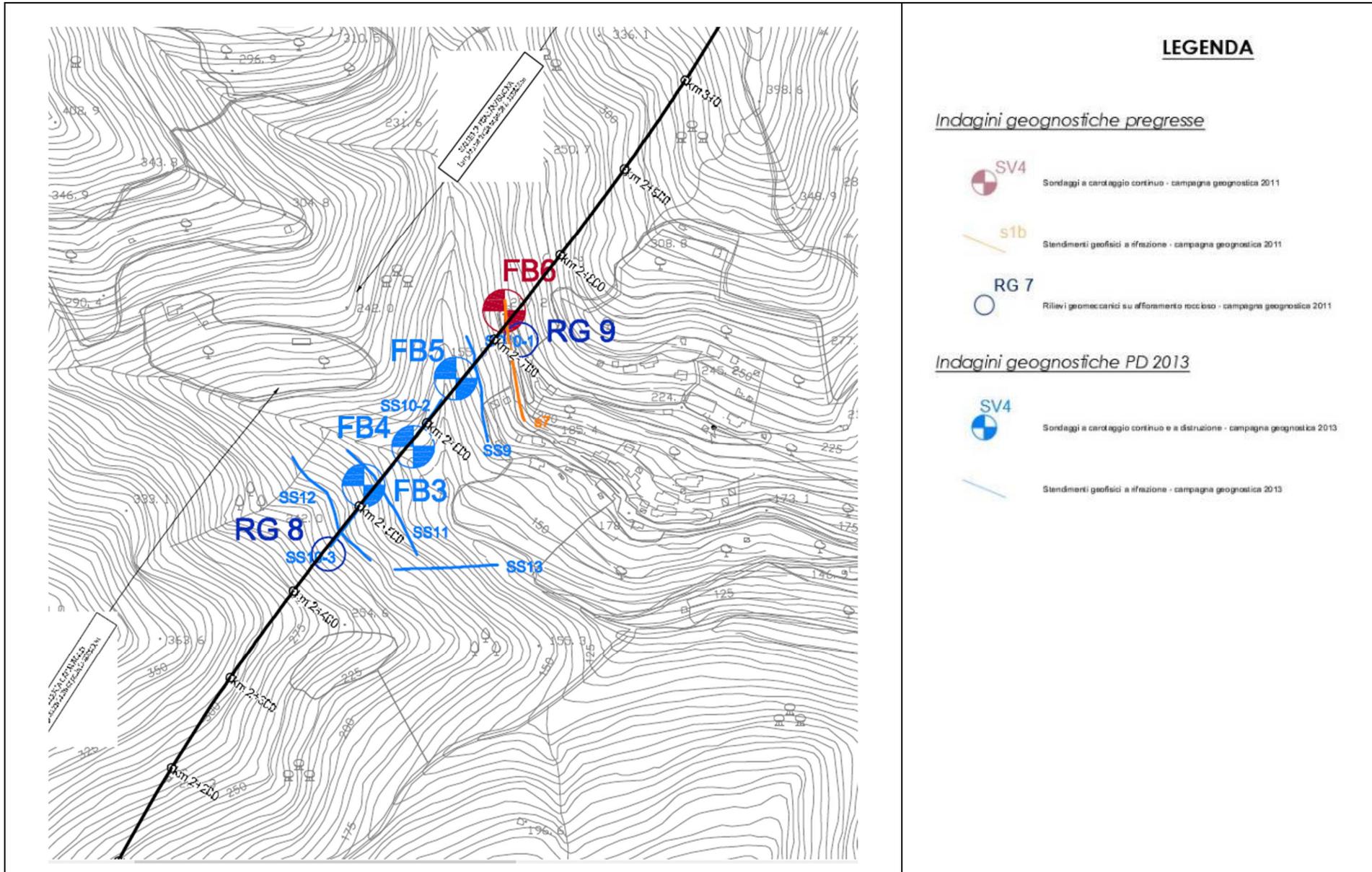
ALLEGATO 1 - Stralcio Carta della suscettività al dissesto da Piano di Bacino scala 1:5000 con progetto ed indagini eseguite (aggiornata ottobre 2022) - immagine non in scala



**ALLEGATO 2 - Stralcio Carta geologica scala 1:5000** (aggiornata dicembre 2014) - immagine non in scala



**ALLEGATO 3 - Stralcio Carta geomorfologica scala 1:5000 (aggiornata dicembre 2014) - immagine non in scala**



**ALLEGATO 4 - Stralcio planimetria ubicazione delle indagini (aggiornata dicembre 2014) - immagine non in scala**

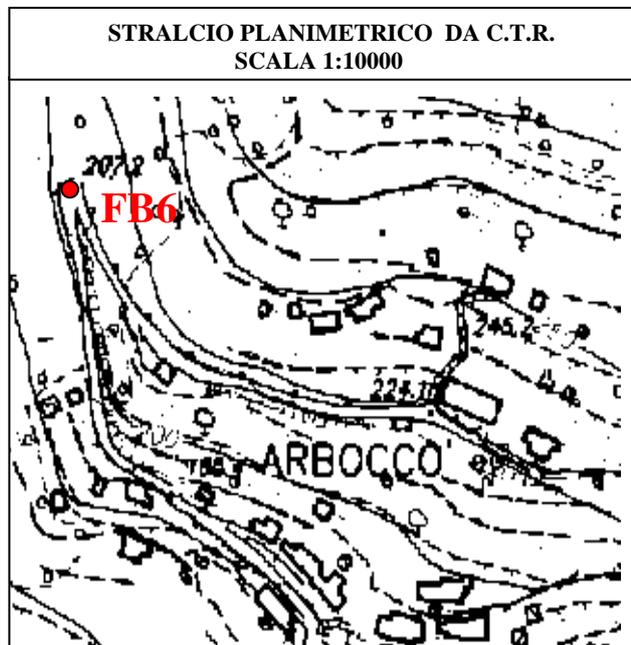
SCHEDA DI SINTESI							
Opere	Elaborati progettuali di riferimento	Classificazione dissesti (carta suscettività al dissesto prov. Genova agg. ottobre 2022)	Rilievo geomorfologico di dettaglio	Indagini di riferimento a disposizione	Modello geotecnico	Opere previste di mitigazione/presidio	Monitoraggio
Portale sud galleria Fontanabuona	GEO0001 APE140	Pg3b	-	Sondaggi: FB5 – FB6  Profili sismici: S7-S9-SS10	-	-	-
Portale nord galleria Caravaggio	GEO0001 APE0120	Pg2/Pg3b	-	Sondaggi: FB3 – FB4  Profili sismici: SS10-SS11- SS12-SS13	-	-	-

ALLEGATO 5 – Scheda di sintesi

**ALLEGATO 6 - Stratigrafie sondaggi e indagini geofisiche**

<b>SPE INGEGNERIA EUROPEA S.P.A.</b>	
<b>COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12-Lotto 1</b>	
<b>RILIEVO TOPOGRAFICO UBICAZIONE PUNTO D'INDAGINE</b>	
<b>SONDAGGIO FB6</b>	
Località: Arboccò – Comune di Rapallo	Data: ott 2011

<b>COORDINATE GAUSS-BOAGA</b>	<b>N = 4914524.072    E = 1515164.901</b>
<b>COORDINATE RETTILINEE</b>	<b>X = 82241.070    Y = 8402.378</b>
<b>QUOTA m.s.l.m</b>	<b>208.155</b>











Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 1 da mt. 0,00 a mt. 5,00



cassa 2 da mt. 5,00 a mt. 10,00

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 3 da mt. 10,00 a mt. 15,00



cassa 4 da mt. 15,00 a mt. 20,00

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 5 da mt. 20.00 a mt. 25.00



cassa 6 da mt. 25.00 a mt. 30.00

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 7 da mt. 30.00 a mt. 35.00



cassa 8 da mt. 35.00 a mt. 40.00

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 9 da mt. 40.00 a mt. 45.00

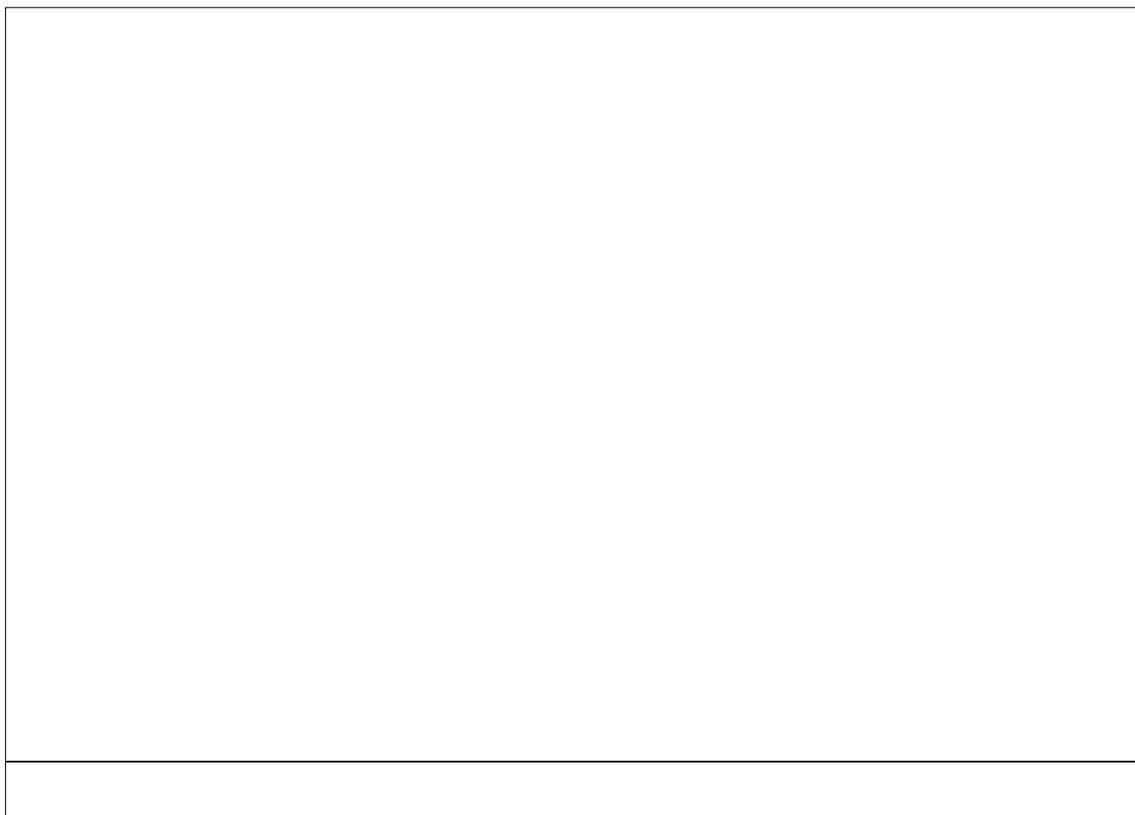


cassa 10 da mt. 45.00 a mt. 50.00

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa: 11071030	Sondaggio: FB6
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 26/07/2011
Coordinate:	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 11 da mt. 50.00 a mt. 55.00





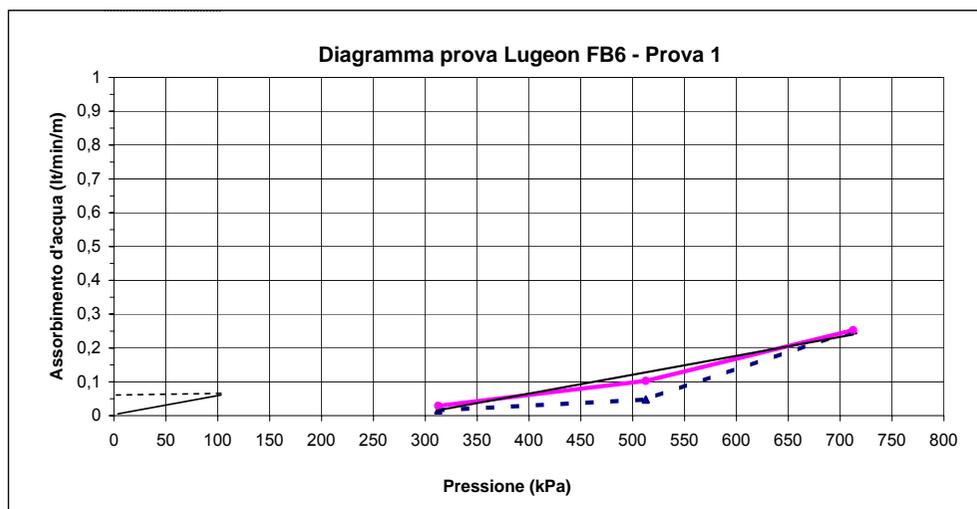
Via Trieste, 6 17047 VADO LIGURE (SV) Tel. 019 880440

<b>COMMITTENTE:</b> SPEA Ingegneria Europea S.p.a		<b>PROVA DI PERMEABILITA' "LUGEON" in avanzamento</b>				
<b>CANTIERE:</b> Indagini geognostiche Collegamento Valfontanabuona/A12		Pressione dell'otturatore (atm):	15		DATA:	22/07/2011
<b>CODICE LAVORO:</b> 11071030		Tratto di prova (da m a m dal p.c.):	37,00	40,80	SONDAGGIO N°	FB6
		Diametro del tratto in prova (mm):	101		PROVA N°	1
		Altezza dell'acqua nel foro (m dal p.c.):	20,50		SCHEDA N°	1

### ANDAMENTO DELLA PROVA

Pressione effettiva a centro prova	1° Gradino (Kpa)	312,5	2° Gradino (Kpa)	512,5	3° Gradino (Kpa)	712,5	4° Gradino (Kpa)	512,5	5° Gradino (Kpa)	312,5
tempo min	Letture contatore mc	Acqua assorbita lt								
0	22,10200	0	22,10350	0	22,1080	0	22,1190	0	22,1235	0
10	22,10260	0,60000	22,10530	1,80000	22,11760	9,6000	22,12290	3,90000	22,12460	1,10000
Acqua assorbita (lt/min/m):		0,016		0,047		0,253		0,103		0,029
Portata Q (mc/sec):		1,0E-06		3,0E-06		1,6E-05		6,5E-06		1,8E-06

Permeabilità $K=Q/(Fh)$  Fattore di forma $F = \frac{3\pi L}{\ln\left(\frac{1,5L}{D} + \sqrt{1 + \left(\frac{1,5L}{D}\right)^2}\right)}$  Correzione di pressione $P = P_m + \gamma(h-h_c)$	<b>Legenda</b> Q : Portata assorbita (l/min) F : Fattore di forma (m) h : Altezza del carico d'acqua (m) hc : (*) Perdita di carico nel circuito (mm/m di c.a.) L : Lunghezza del tratto di prova (m) D : Diametro del tratto di prova (m) Pm : Pressione al manometro (bar) γ : peso specifico dell'acqua (t/mc)		<b>DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' PER OGNI GRADINO DI PRESSIONE</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>P (kPa)</th> <th>k (U.L.)</th> <th>k (m/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>312,5</td> <td>0,0</td> <td>4,2E-09</td> </tr> <tr> <td>512,5</td> <td>0,1</td> <td>7,7E-09</td> </tr> <tr> <td>712,5</td> <td>0,3</td> <td>3,0E-08</td> </tr> <tr> <td>512,5</td> <td>0,2</td> <td>1,7E-08</td> </tr> <tr> <td>312,5</td> <td>0,1</td> <td>7,7E-09</td> </tr> </tbody> </table> $h_m (m) = 0,75$ $L (m) = 3,80$ $F (m) = 7,58$	P (kPa)	k (U.L.)	k (m/sec)	312,5	0,0	4,2E-09	512,5	0,1	7,7E-09	712,5	0,3	3,0E-08	512,5	0,2	1,7E-08	312,5	0,1	7,7E-09
	P (kPa)		k (U.L.)	k (m/sec)																	
312,5	0,0	4,2E-09																			
512,5	0,1	7,7E-09																			
712,5	0,3	3,0E-08																			
512,5	0,2	1,7E-08																			
312,5	0,1	7,7E-09																			
(*) = perdite di carico per attrito tra acqua e tubazione (mm di acqua)																					



<b>DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' CON METODO GRAFICO</b> Estrapolazione grafica determinata sul ciclo di scarico	
PERMEABILITA' in unità Lugeon (uL) :	0,50
COEFF. DI PERMEABILITÀ k (m/sec) :	5,00E-08

- - - - - Gradini di pressione in andata  
————— Gradini di pressione in ritorno  
————— Linea di interpolazione

Elaborazione	Data	Verifica	Data
Dr.M.Delsoldato	05/08/2010	Dr. E. Isetta	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - ACQUISIZIONE</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 11071030</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB6</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Diametro foro: 101 mm</b>	<b>Rivestimento: 127 mm sino a 27,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 21,0</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 96 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 35,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data: 21/07/11</b>

N°	1° CICLO				2° CICLO				3° CICLO			
	P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori		
		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)
1	4,0	5,076	5,570	5,227	10,1	5,107	5,601	5,257	18,0	5,143	5,633	5,280
2	6,0	5,085	5,581	5,236	14,2	5,116	5,612	5,267	26,1	5,157	5,650	5,299
3	7,9	5,091	5,587	5,243	18,1	5,126	5,622	5,276	34,0	5,173	5,668	5,317
4	9,9	5,096	5,593	5,249	22,2	5,135	5,632	5,286	42,0	5,188	5,685	5,336
5	12,0	5,101	5,599	5,256	26,0	5,143	5,641	5,295	50,0	5,202	5,701	5,354
6	14,0	5,107	5,604	5,262	30,0	5,150	5,651	5,303	58,2	5,216	5,716	5,371
7	15,8	5,112	5,609	5,267	34,1	5,157	5,660	5,311	66,2	5,229	5,732	5,388
8	18,1	5,116	5,615	5,272	38,0	5,163	5,669	5,318	74,0	5,242	5,747	5,404
9	20,0	5,121	5,620	5,278	42,0	5,170	5,678	5,326	58,1	5,228	5,725	5,381
10	22,0	5,126	5,625	5,284	34,1	5,162	5,667	5,313	41,8	5,208	5,703	5,357
11	18,0	5,122	5,619	5,276	25,8	5,153	5,653	5,301	25,9	5,189	5,677	5,330
12	13,9	5,117	5,613	5,269	18,1	5,143	5,635	5,284	10,1	5,163	5,649	5,300
13	9,9	5,107	5,603	5,258	10,1	5,130	5,614	5,261				
14	6,1	5,098	5,591	5,247								
15												
16												
17												
18												
19												
20												



FB6 - da 35,00 a 37,00 m

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	28/7/11

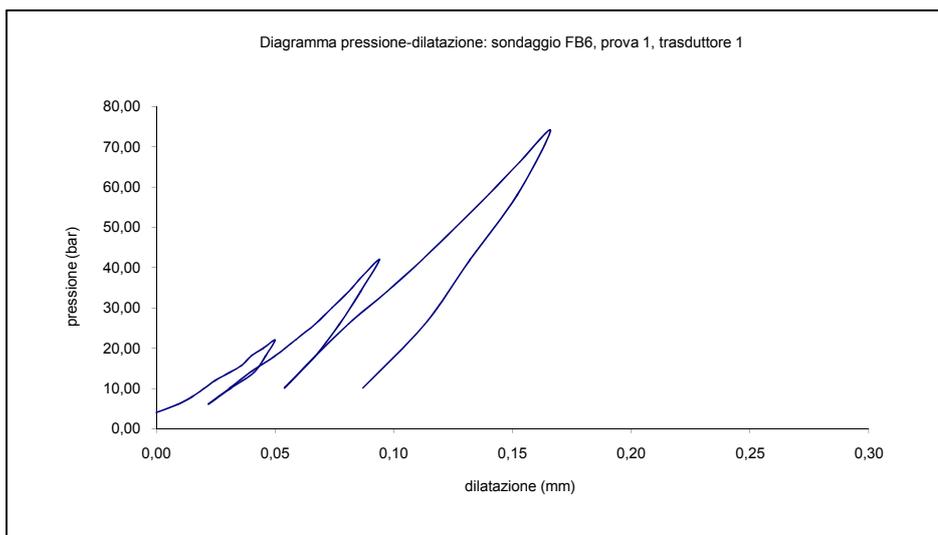
Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 1.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente:</b> Spea Ingegneria Europea S.p.A.	<b>Cod. lavoro:</b> 11071030
<b>Cantiere:</b> Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	<b>N° Documento:</b> 1-1
<b>Loc.:</b> Arbocò (GE)	

<b>Sondaggio:</b> FB6	<b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio	<b>Fluido impiegato:</b> Acqua
<b>Diametro foro:</b> 101 mm	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento:</b> 127 mm sino a 27,0 m	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.:</b> 21,0		
<b>Dilatometro:</b> Dilaroc NX20 con sonda di diametro 95 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
<b>Profondità della prova al centro strumento:</b> 35,50 m	<b>N° prova:</b> 1	<b>Trasduttore:</b> 1
		<b>Data:</b> 21/07/11



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

$\nu =$  modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0 =$  diametro guaina a riposo (95 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D =$  differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p =$  differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(95+5,301) = 251$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.785
6,1	42,0	12.503
10,1	74,0	14.306

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,1	22,2	10.911
10,1	42,0	13.791

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.785
22,2	42,0	14.185
42,0	74,0	14.859

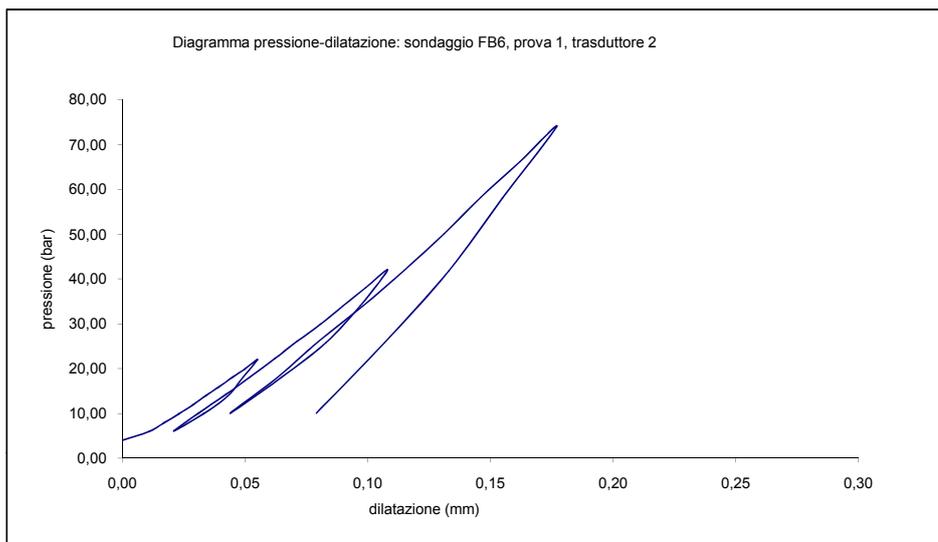
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
22,0	6,1	14.239
42,0	10,1	19.997
74,0	10,1	20.282

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	28/7/11

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 2.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 11071030</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB6</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 101 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm sino a 27,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 21,0</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 96 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\pm 0,1</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 35,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Trasduttore: 2</b>
		<b>Data: 21/07/11</b>



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (95 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(95+5,301) = 251$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.118
6,1	42,0	10.347
10,1	74,0	12.047

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,1	22,2	9.847
10,1	42,0	11.266

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.118
22,2	42,0	10.793
42,0	74,0	12.942

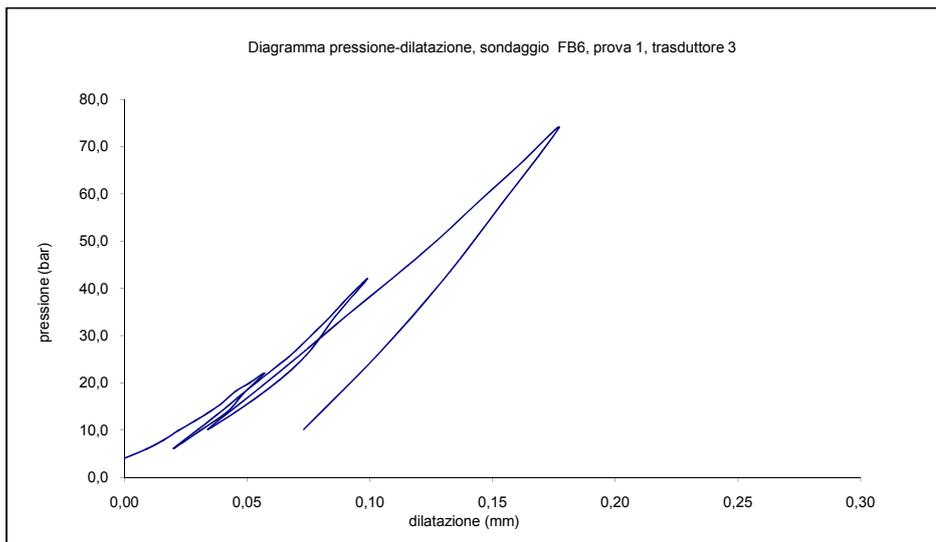
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
22,0	6,1	11.726
42,0	10,1	12.498
74,0	10,1	16.350

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	28/7/11

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 3.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 11071030
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB6	Metodo di perforazione: Carotaggio	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 101 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm sino a 27,0 m	<input type="checkbox"/> Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 21,0		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 96 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
Profondità della prova al centro strumento: 35,50 m	N° prova: 1	Trasduttore: 3
		Data: 21/07/11



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (95 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(95+5,301) = 251$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	8.358
6,1	42,0	11.395
10,1	74,0	11.205

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,1	22,2	10.352
10,1	42,0	10.665

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	8.358
22,2	42,0	12.412
42,0	74,0	11.800

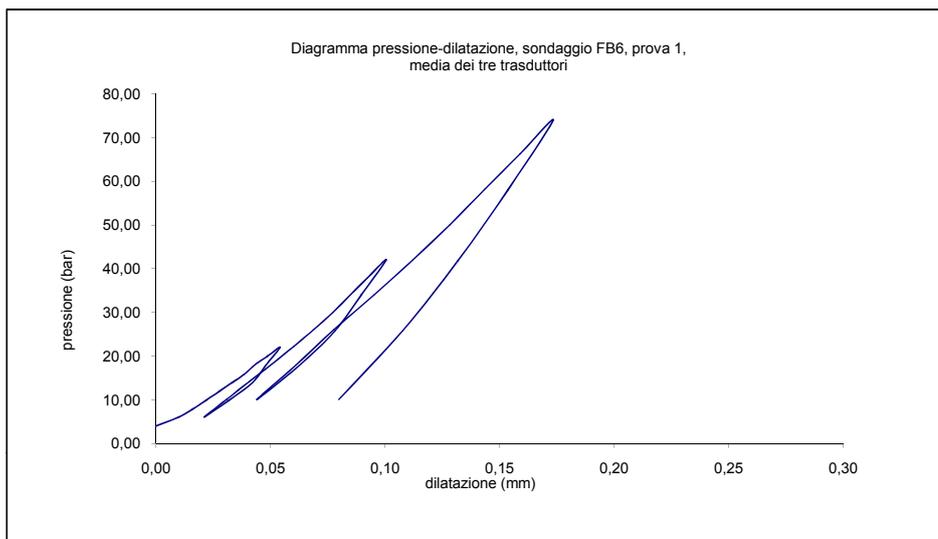
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
22,0	6,1	10.776
42,0	10,1	12.306
74,0	10,1	15.407

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	28/7/11

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 4.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 11071030</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB6</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 101 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm sino a 27,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 21,0</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 96 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\epsilon_{\mu}</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 35,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Media dei tre trasduttori</b>
		<b>Data: 21/07/11</b>



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

$\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (95 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(95+5,301) = 251$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.087
6,1	42,0	11.415
10,1	74,0	12.520

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,1	22,2	10.370
10,1	42,0	11.908

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
6,0	22,0	9.087
22,2	42,0	12.464
42,0	74,0	13.200

CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
22,0	6,1	12.247
42,0	10,1	14.934
74,0	10,1	17.346

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	28/7/11



s.r.l.

Sistema Qualita'  
Modulo 7.4.18

17047 VADO LIGURE (SV) Via Trieste, 6 Tel. 019/880440 Fax 019/880441 e-mail info@terrageo.it

**POINT LOAD TEST DIAMETRALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.p.a.	<b>Codice Commessa:</b> 1107I030
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche - Collegamento tra A12 e Val Fontanabuona	<b>Data:</b> 28/07/2011
<b>Località:</b> Arbocò - Rapallo (GE)	<b>Scheda N°:</b> 1 di 2

Sondaggio n.	Campione		Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
	n.	Prof. (m)			Lunghezza provino (mm)	Diametro carota (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB6	1	5,25	Calcere marnoso	Diametrico	125	79	79	79	98	2,277	2,797
FB6	2	13,40	Calcere	Diametrico	170	79	79	79	180	4,182	5,138
FB6	3	19,00	Calcere marnoso	Diametrico	150	79	79	79	102	2,370	2,911
FB6	4	25,20	Calcere marnoso	Diametrico	125	79	79	79	25	0,581	0,714
FB6	5	32,35	Calcere marnoso	Diametrico	140	79	79	79	74	1,719	2,112
FB6	6	35,85	Calcere marnoso	Diametrico	95	79	79	79	96	2,230	2,740
FB6	7	39,85	Calcere marnoso	Diametrico	120	79	79	79	85	1,975	2,426
FB6	8	44,45	Calcere marnoso	Diametrico	190	79	79	79	40	0,929	1,142
FB6	9	48,00	Calcere marnoso	Diametrico	105	79	79	79	75	1,743	2,141
FB6	10	52,15	Calcere	Diametrico	102	79	79	79	146	3,392	4,167

Legenda :

D = distanza tra le punte di carico

De = diametro equivalente Prove diametriche De=D Prove assiali De=(4WD/π)<sup>0,5</sup>I<sub>s</sub> = resistenza al carico di puntaI<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta

D=50 mm

I<sub>s</sub> = 145 p<sub>fail</sub> / De<sup>2</sup>

145 = costante strumentale (area pistoni 1450 mm/10)

I<sub>s</sub>(50) = I<sub>s</sub> (De/50)<sup>0,45</sup>

Mod. 7.4.18 Ediz. 03 Rev.00



s.r.l.

Sistema Qualita'  
Modulo 7.4.18

17047 VADO LIGURE (SV) Via Trieste, 6 Tel. 019/880440 Fax 019/880441 e-mail info@terrageo.it

**POINT LOAD TEST ASSIALI**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea S.p.a.</b>	<b>Codice Commessa: 1107I030</b>
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche - Collegamento tra A12 e Val Fontanabuona	<b>Data:</b> 28/07/2011
<b>Località:</b> Arbocò - Rapallo (GE)	<b>Scheda N°:</b> 2 di 2

Sondaggio n.	Campione		Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
	n.	Prof. (m)			Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB6	1	9,00	Calcere marnoso	Assiale	75	79	75	86,9	98	1,883	2,414
FB6	2	15,25	Calcere marnoso	Assiale	65	79	65	80,9	112	2,483	3,083
FB6	3	19,80	Calcere marnoso	Assiale	55	79	55	74,4	40	1,048	1,253
FB6	4	21,65	Calcere marnoso	Assiale	72	79	72	85,1	88	1,761	2,237
FB6	5	28,85	Calcere marnoso	Assiale	68	79	68	82,7	102	2,161	2,711
FB6	6	30,00	Calcere marnoso	Assiale	77	79	77	88,0	110	2,058	2,655
FB6	7	38,70	Calcere marnoso	Assiale	62	79	62	79,0	88	2,045	2,512
FB6	8	41,60	Calcere marnoso	Assiale	75	79	75	86,9	120	2,305	2,956
FB6	9	49,00	Calcite	Assiale	68	79	68	82,7	45	0,953	1,196
FB6	10	54,70	Calcere	Assiale	72	79	72	85,1	130	2,601	3,305

**Legenda :**

D = distanza tra le punte di carico

W = Diametro carota

De = diametro equivalente Prove diametrali De=D Prove assiali De=(4WD/π)<sup>0,5</sup>I<sub>s</sub> = resistenza al carico di puntaI<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta

D=50 mm

I<sub>s</sub> = 145 p<sub>fail</sub> / De<sup>2</sup>

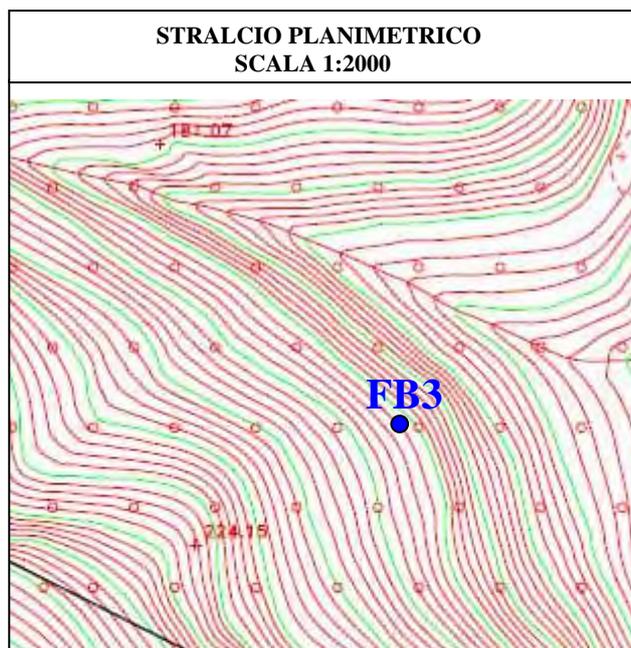
145 = costante strumentale (area pistoni 1450 mm/10)

I<sub>s</sub>(50) = I<sub>s</sub> (De/50)<sup>0,45</sup>

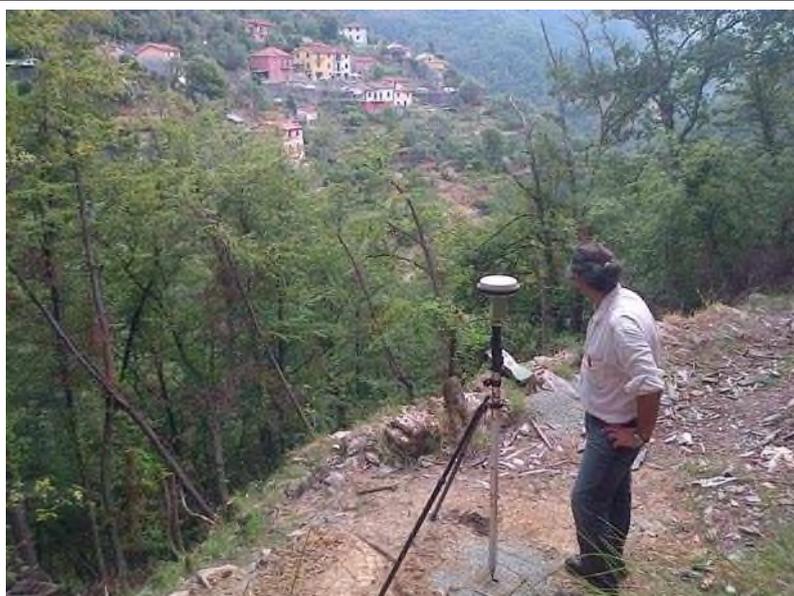
Mod. 7.4.18 Ediz. 03 Rev.00

<b>SPE INGEGNERIA EUROPEA S.P.A.</b>	
<b>COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12-Lotto 1</b>	
<b>RILIEVO TOPOGRAFICO UBICAZIONE PUNTO D'INDAGINE</b>	
<b>SONDAGGIO FB3</b>	
Località: Arboccò – Comune di Rapallo	Data: lug 2013

<b>COORDINATE GAUSS-BOAGA</b>	<b>E = 1515033.380 N = 4914361.292</b>
<b>COORDINATE RETTILINEE</b>	<b>X = 82464.755 Y = 10600.161</b>
<b>COORDINATE WGS 84</b>	<b>Long. = 9°11'18,263" Lat. = 44°22'55,997"</b>
<b>QUOTA m.s.l.m</b>	<b>181.357</b>



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

DATA INIZIO: 24/05/13      DATA FINE : 30/05/13

MACCHINA PERFORATRICE: CMF 450

UTENSILI PERFORAZIONE:

- carotiere semplice  $\varnothing$  101 mm da 0,00 m a 0,80 m perforazione a carotaggio a secco
- carotiere doppio  $\varnothing$  101 T6 con corona diamantata da 0,80 m a 3,40 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua
- carotiere doppio  $\varnothing$  96 mm HQ (metodo wire-line) con corona diamantata da 3,40 m a 45,00 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua

RIVESTIMENTO:

- $\varnothing$  127 mm da mt. 0,00 a mt. 3,00

INSTALLAZIONI:

Piezometro a tubo aperto in pvc  $\varnothing$  2" a mt. 45,00, tratto finestrato da mt. 3,00 a mt. 45,00

PROVE IN FORO:

S.P.T. eseguite con aste  $\varnothing$  50 mm peso 8 Kg al metro ,maglio peso 63,5 Kg, altezza di caduta 76 cm, punta (vedi colonna stratigrafica Pt A=aperta C=chiusa)

- Lugeon da mt. 24,00 a 25,80 m

- Dilatometrica centro prova a 28,50 m

QUOTE INIZIO E FINE MANOVRE DI CAROTAGGIO:

0,60 - 1,45 - 2,40 - 3,40 - 5,30 - 8,40 - 11,50 - 14,50 - 15,25 - 17,75 - 19,75 - 21,40 - 24,45 - 25,40 - 26,40 - 27,30 - 30,40 - 33,35 - 34,70 - 37,00 - 40,00 - 43,00

NOTE:

Legenda colonna campioni: Rim (campione rimaneggiato) Campioni ambientali: CA1 0,00-0,50 m, CA2 1,00-1,40 m, CA3 29,50-30,00 m

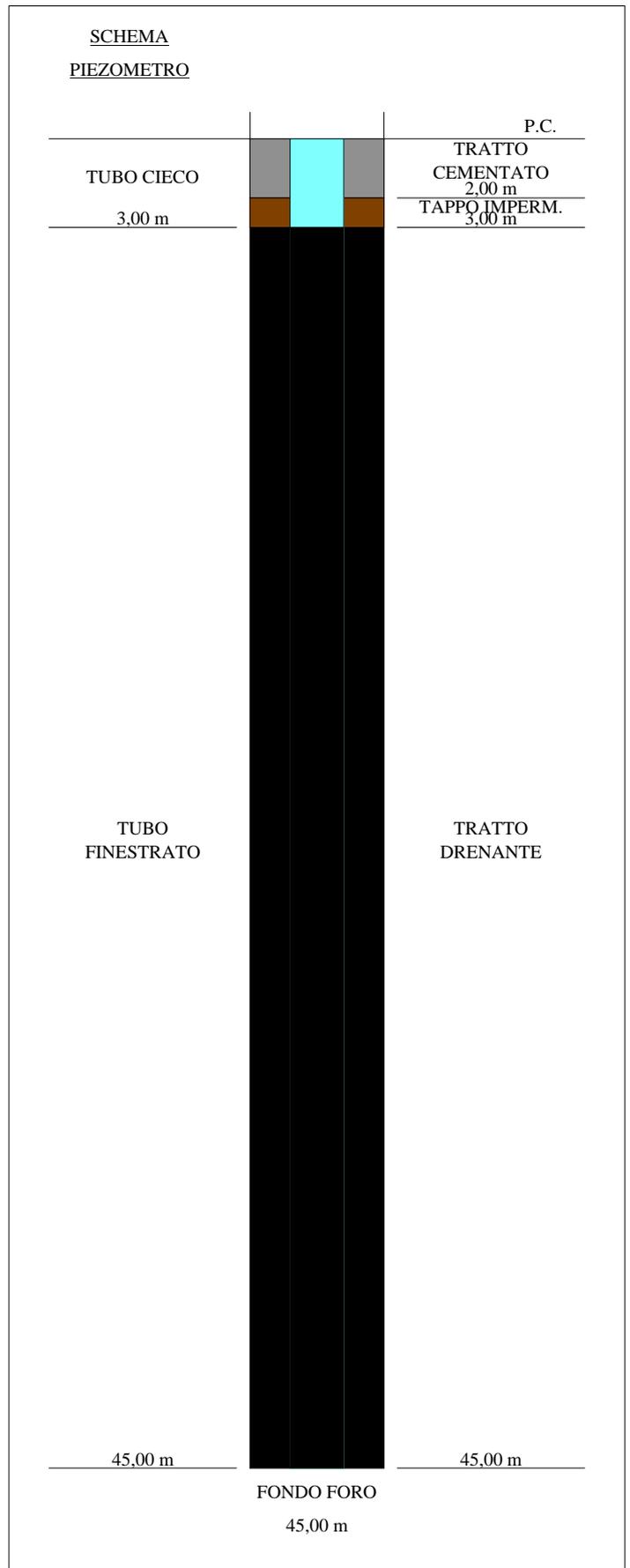
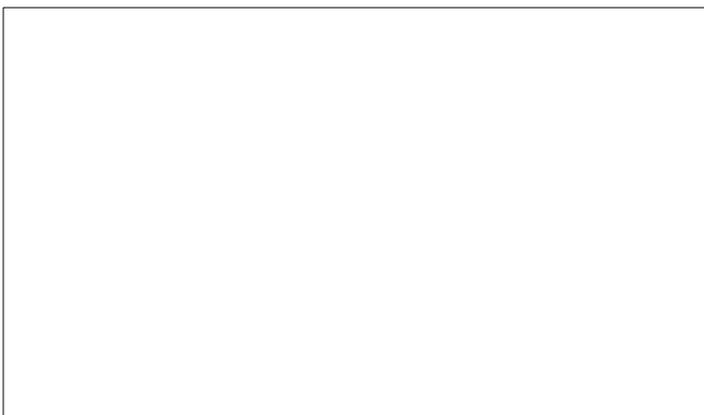
Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	24/05/13	27/05/13	27/05/13	28/05/13	28/05/13	29/05/13	29/05/13	30/05/13		
Ora	sera	mattina	sera	mattina	sera	mattina	sera	mattina		
Livello dell'acqua (m)	10,40	assente	16,70	assente	19,80	25,90	22,35	26,00		
Prof. perforazione(m)	11,60	11,60	17,60	17,60	28,50	28,50	43,00	43,00		
Prof. rivestimento(m)	9,00	9,00	15,00	15,00	27,00	27,00	42,00	42,00		

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A. cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

Tipo di piezometro	A tubo aperto in pvc
Denominazione	FB3
Data di installazione	30/05/13
Lunghezza del tubo (m)	45,00
Diametro del tubo (mm)	2"
Tubo finestrato (m)	42,00
Tratto cementato (m)	2,00
Tappo impermeabile (m)	1,00
Tratto filtrante (m)	42,00
Tipo di filtro	Ghiaino calibrato 2-4 mm
Tipo di chiusino	Pozzetto carrabile in ghisa
Spurgo eseguito	

RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA			
Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
18/07/13	26,75		



Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 1 da 0.00 m a 5.00 m



cassa 2 da 5.00 m a 10.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocco (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 3 da 10.00 m a 15.00 m



cassa 4 da 15.00 m a 20.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 5 da 20.00 m a 25.00 m



cassa 6 da 25.00 m a 30.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 7 da 30.00 m a 35.00 m

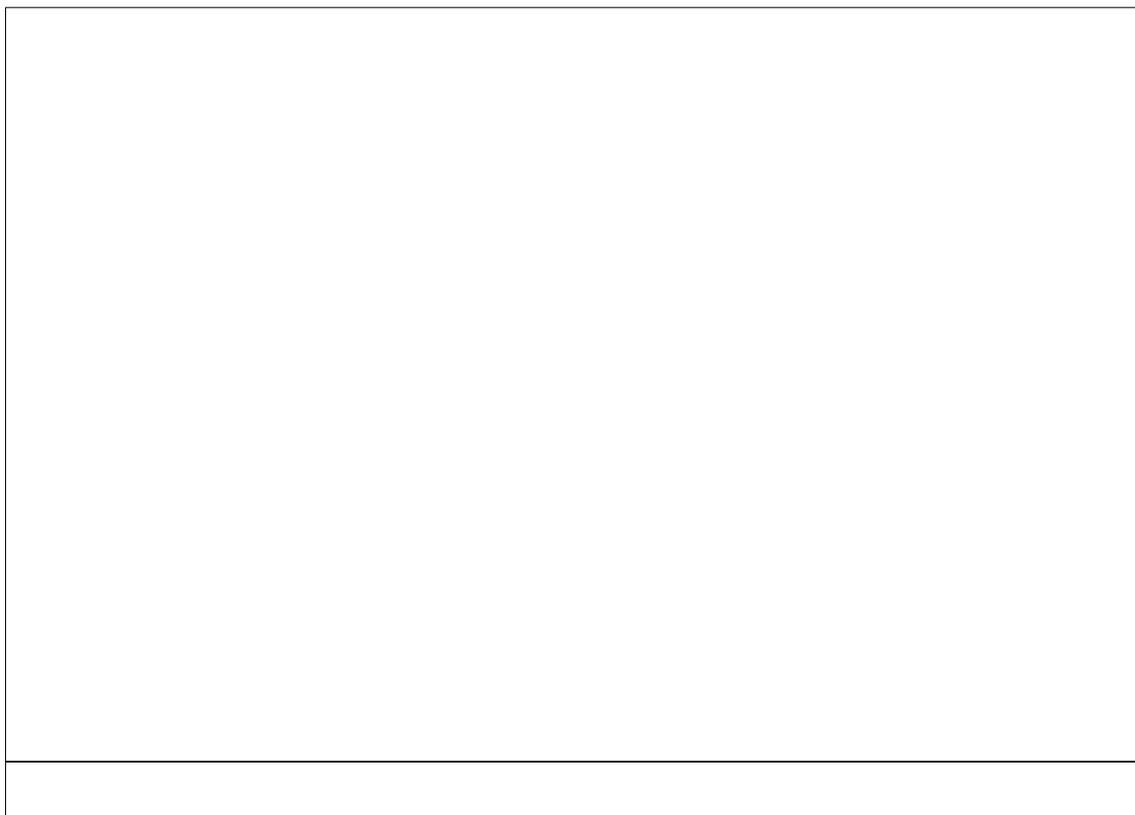


cassa 8 da 35.00 m a 40.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB3
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 181,357 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 30/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515033,380 N 4914361,292	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 9 da 40.00 m a 45.00 m





s.r.l.

Via Trieste, 6 17047 VADO LIGURE (SV) Tel. 019 880440

COMMITTENTE:  
SPEA Ingegneria Europea S.p.a  
CANTIERE: Indagini geognostiche  
Collegamento Valfontanabuona/A12  
CODICE LAVORO:  
13031008

PROVA DI PERMEABILITÀ "LUGEON" in avanzamento  
Pressione dell'otturatore (atm): 15  
Tratto di prova (da m a m dal p.c.): 24,00 25,80  
Diametro del tratto in prova (mm): 96  
Altezza dell'acqua nel foro (m dal p.c.): 22,20

DATA: 28/05/2013  
SONDAGGIO N° FB3  
PROVA N° 1  
SCHEMA N° 1

**ANDAMENTO DELLA PROVA**

Pressioni manometro	1° Gradino (bar)	1,0	2° Gradino (bar)	2,0	3° Gradino (bar)	3,0	4° Gradino (bar)	2,0	5° Gradino (bar)	1,0
Pressione effettiva a centro prova	1° Gradino (Kpa)	329,5	2° Gradino (Kpa)	429,5	3° Gradino (Kpa)	529,5	4° Gradino (Kpa)	429,5	5° Gradino (Kpa)	329,5
tempo min	Letture contatore mc	Acqua assorbita lt								
0	14,1920	0	14,3580	0	14,5730	0	15,0500	0	15,2270	0
10	14,3172	125,2	14,5199	161,9	14,7749	201,9	15,2031	153,1	15,3450	118,0
Acqua assorbita (lt/min/m):		6,956		8,994		11,217		8,506		6,556
Portata Q (mc/sec):		2,1E-04		2,7E-04		3,4E-04		2,6E-04		2,0E-04

**Legenda**

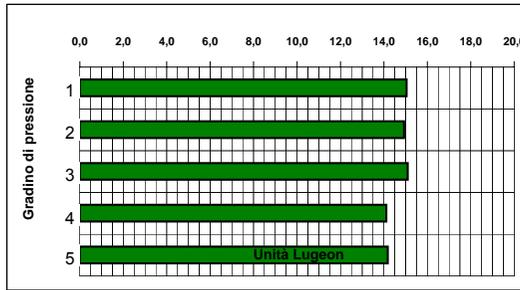
Permeabilità  $K=Q/(Fh)$

Fattore di forma 
$$F = \frac{3\pi L}{\ln \left( \frac{1,5L}{D} + \sqrt{1 + \left( \frac{1,5L}{D} \right)^2} \right)}$$

Correzione di pressione  $P = P_m + \gamma(h-h_c)$

- Q : Portata assorbita (l/min)
- F : Fattore di forma (m)
- h : Altezza del carico d'acqua (m)
- hc : (\*) Perdita di carico nel circuito (mm/m di c.a.)
- L : Lunghezza del tratto di prova (m)
- D : Diametro del tratto di prova (m)
- Pm : Pressione al manometro (bar)
- γ : peso specifico dell'acqua (t/mc)
- hm : altezza manometro

(\*) = perdite di carico per attrito tra acqua e tubazione (mm di acqua)

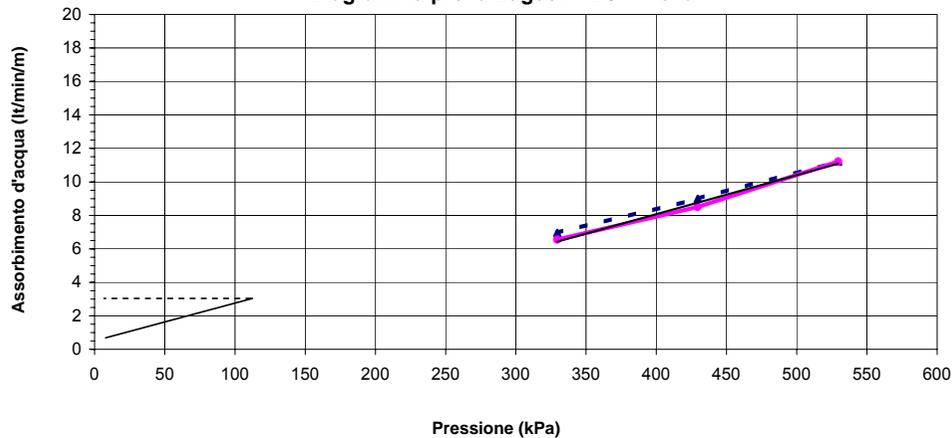


**DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' PER OGNI GRADINO DI PRESSIONE**

P (kPa)	k (U.L.)	k (m/sec)
329,5	15,0	1,5E-06
429,5	14,9	1,5E-06
529,5	15,1	1,5E-06
429,5	14,1	1,4E-06
329,5	14,2	1,4E-06

hm (m) = 0,75  
L (m) = 1,80  
F (m) = 4,21

**Diagramma prova Lugeon FB3 - Prova 1**



**DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' CON METODO GRAFICO**  
Estrapolazione grafica determinata sul ciclo di scarico

PERMEABILITA' in unità Lugeon (uL) :	24,00
COEFF. DI PERMEABILITÀ k (m/sec) :	2,40E-06

- Gradini di pressione in andata
- Gradini di pressione in ritorno
- Linea di interpolazione

Elaborazione	Data	Verifica	Data
Dr.M.Delsoldato		Dr. E. Isetta	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - ACQUISIZIONE</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB3</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5μ</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

N°	1° CICLO				2° CICLO				3° CICLO			
	P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori		
		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)
1	3,1	5,966	5,112	6,237	10,9	5,989	5,158	6,279	14,8	6,000	5,176	6,293
2	5,0	5,970	5,123	6,261	15,0	5,994	5,165	6,284	23,0	6,009	5,189	6,301
3	7,3	5,975	5,130	6,266	18,9	5,999	5,170	6,289	31,0	6,018	5,197	6,308
4	9,1	5,980	5,136	6,270	23,1	6,005	5,175	6,293	39,0	6,026	5,203	6,316
5	11,2	5,985	5,141	6,274	26,9	6,009	5,181	6,298	46,9	6,036	5,212	6,324
6	13,3	5,989	5,147	6,276	31,1	6,014	5,187	6,303	54,9	6,045	5,222	6,333
7	15,3	5,992	5,152	6,278	35,0	6,019	5,194	6,307	63,1	6,054	5,233	6,343
8	17,1	5,995	5,157	6,281	39,1	6,025	5,200	6,312	70,9	6,064	5,245	6,353
9	19,0	5,998	5,163	6,283	31,3	6,021	5,197	6,309	54,9	6,059	5,238	6,346
10	21,0	6,000	5,168	6,285	23,0	6,014	5,189	6,303	39,0	6,047	5,225	6,333
11	23,1	6,003	5,173	6,287	15,0	6,005	5,178	6,294	23,0	6,032	5,204	6,318
12	19,0	6,001	5,171	6,286	7,0	5,987	5,158	6,283	6,8	6,003	5,173	6,295
13	15,0	5,998	5,166	6,283								
14	11,2	5,993	5,159	6,278								
15	7,0	5,981	5,147	6,269								
16												
17												
18												
19												
20												
21												



FB3 da 28,00 a 30,00 m

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	

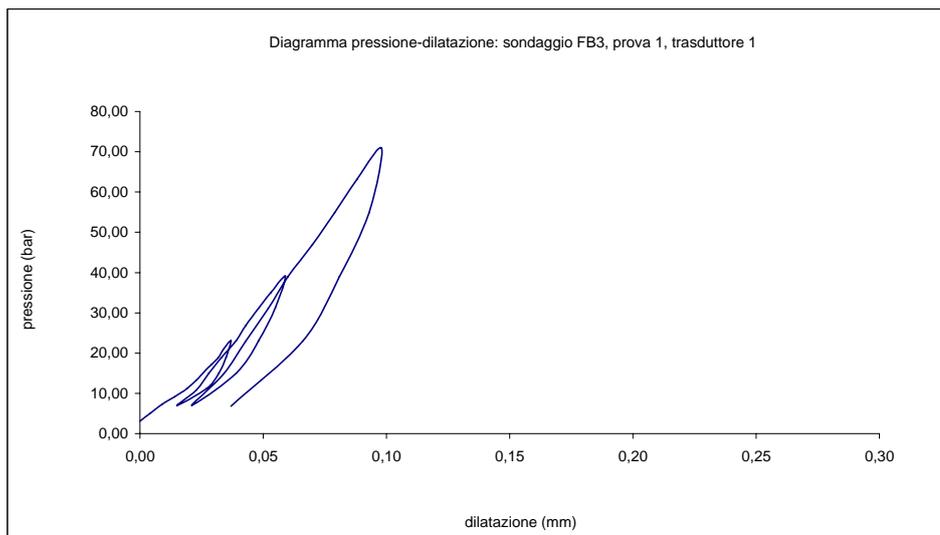
Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 1.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\pm 0,1</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Trasduttore: 1</b>
<b>Data: 30/05/13</b>		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90,021+5,785) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	13.512
7,0	39,1	17.470
7,0	70,9	19.872

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,0	23,1	16.064
7,0	39,0	19.648

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	13.512
23,1	39,1	19.157
39,0	70,9	20.102

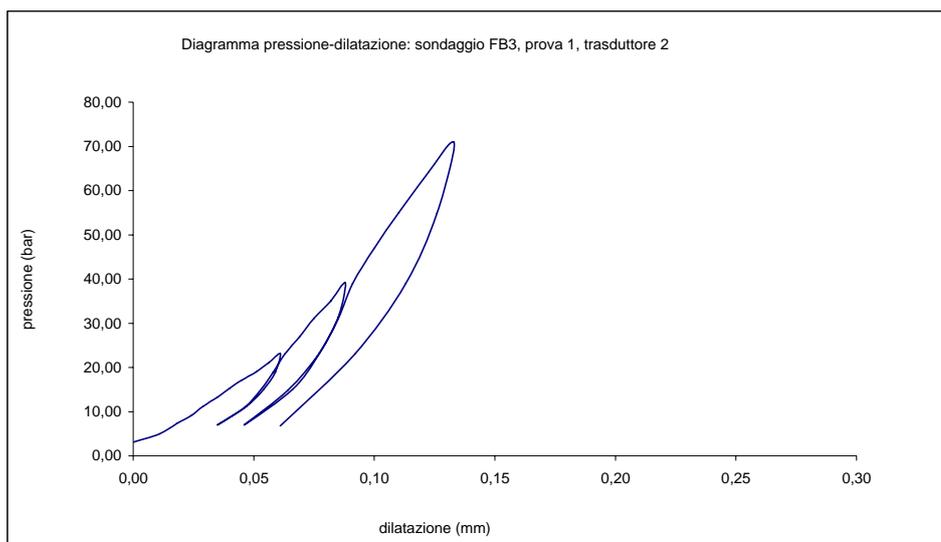
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
23,1	7,0	17.524
39,1	7,0	20.228
70,9	6,8	25.163

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 2.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 1303I008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB3	Metodo di perforazione: Carotaggio	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm	Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m	N° prova: 1	Trasduttore: 2
		Data: 30/05/13



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25
- $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.
- $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.
- $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)
- $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90,021+5,785) = 239$
- Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	8.799
7,0	39,1	14.503
7,0	70,9	17.588

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,0	23,1	13.769
7,0	39,0	17.028

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	8.799
23,1	39,1	15.326
39,0	70,9	18.188

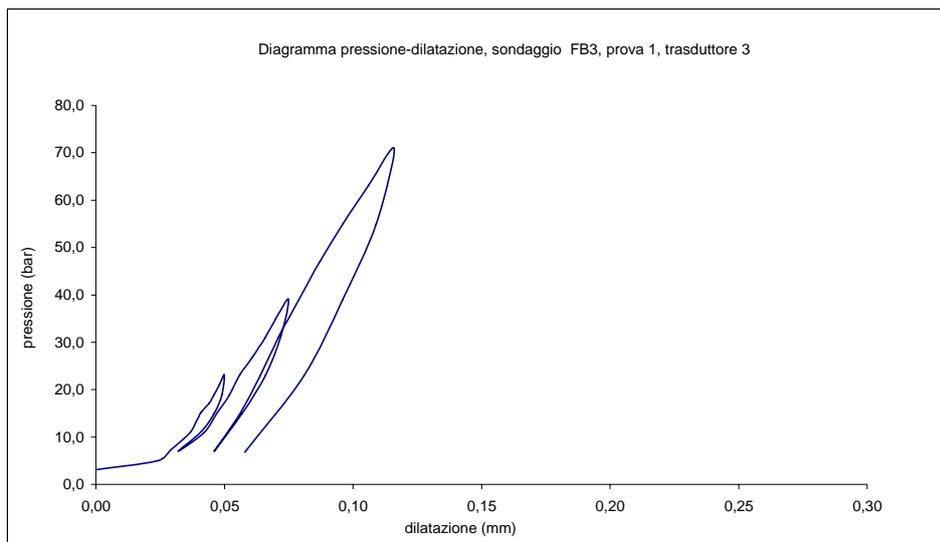
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
23,1	7,0	14.828
39,1	7,0	18.302
70,9	6,8	21.319

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 3.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\epsilon_{\mu}</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Trasduttore: 3</b>
		<b>Data: 30/05/13</b>



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu =$  modulo di Poisson = 0.25
- $D_0 =$  diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.
- $\Delta D =$  differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.
- $\Delta p =$  differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)
- $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90,021+5,785) = 239$
- Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	18.017
7,0	39,1	17.876
7,0	70,9	21.859

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,0	23,1	16.064
7,0	39,0	23.221

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	18.017
23,1	39,1	20.165
39,0	70,9	20.645

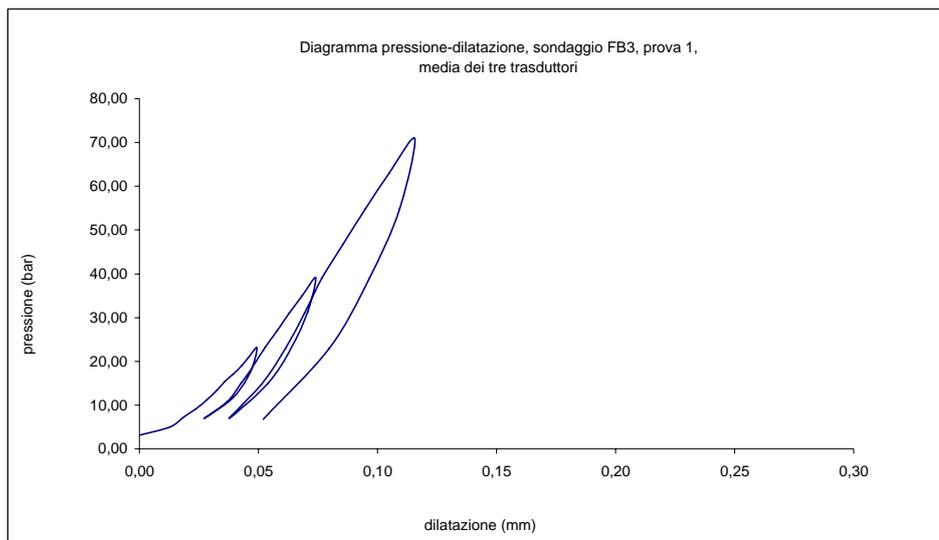
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
23,1	7,0	21.419
39,1	7,0	26.506
70,9	6,8	26.465

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 4.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 13031008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\epsilon_u</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Media dei tre trasduttori</b>
<b>Data: 30/05/13</b>		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90,021+5,785) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	13.443
7,0	39,1	16.616
7,0	70,9	19.773

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,0	23,1	15.299
7,0	39,0	19.966

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
7,3	23,1	13.443
23,1	39,1	18.216
39,0	70,9	19.645

CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
23,1	7,0	17.924
39,1	7,0	21.679
70,9	6,8	24.315

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.00.00	3,0	5,945	5,090	6,224	
0.00.20	3,1	5,959	5,105	6,232	
0.00.40	3,1	5,965	5,110	6,237	
0.01.00	3,1	5,966	5,112	6,237	
0.01.20	3,1	5,966	5,112	6,237	
0.01.40	3,1	5,966	5,112	6,237	
0.02.00	5,0	5,970	5,123	6,261	
0.02.20	4,9	5,971	5,124	6,262	
0.02.40	5,0	5,971	5,124	6,262	
0.03.00	5,0	5,970	5,123	6,261	
0.03.20	7,3	5,974	5,130	6,266	
0.03.40	7,1	5,975	5,130	6,267	
0.04.00	7,3	5,975	5,130	6,266	
0.04.20	7,3	5,975	5,130	6,266	
0.04.40	9,1	5,979	5,136	6,270	
0.05.00	8,8	5,980	5,137	6,271	
0.05.20	9,1	5,980	5,137	6,271	
0.05.40	9,1	5,980	5,136	6,270	
0.06.00	11,2	5,985	5,141	6,274	
0.06.20	11,1	5,984	5,141	6,274	
0.06.40	11,2	5,985	5,141	6,275	
0.07.00	11,2	5,985	5,141	6,274	
0.07.20	13,3	5,989	5,147	6,276	
0.07.40	13,1	5,988	5,148	6,276	
0.08.00	13,3	5,989	5,147	6,276	
0.08.20	13,3	5,989	5,147	6,276	
0.08.40	15,3	5,992	5,152	6,278	
0.09.00	15,0	5,991	5,153	6,277	
0.09.20	15,3	5,993	5,152	6,278	
0.09.40	15,3	5,992	5,152	6,278	
0.10.00	17,1	5,995	5,157	6,281	
0.10.20	17,3	5,994	5,158	6,280	
0.10.40	17,3	5,995	5,157	6,281	
0.11.00	17,3	5,995	5,157	6,281	
0.11.20	19,0	5,998	5,163	6,283	
0.11.40	18,8	5,997	5,163	6,282	
0.12.00	19,0	5,998	5,163	6,283	
0.12.20	19,0	5,998	5,163	6,283	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.12.40	21,0	6,000	5,168	6,285	
0.13.00	21,2	5,999	5,169	6,285	
0.13.20	21,2	6,000	5,168	6,286	
0.13.40	21,0	6,000	5,168	6,285	
0.14.00	23,1	6,003	5,173	6,287	
0.14.20	22,7	6,002	5,173	6,286	
0.14.40	23,1	6,002	5,173	6,287	
0.15.00	23,1	6,003	5,173	6,287	
0.15.20	19,0	6,001	5,171	6,286	
0.15.40	19,2	6,001	5,172	6,285	
0.16.00	19,2	6,000	5,171	6,286	
0.16.20	19,0	6,001	5,171	6,286	
0.16.40	15,0	5,998	5,166	6,283	
0.17.00	15,3	5,999	5,166	6,283	
0.17.20	15,1	5,998	5,165	6,284	
0.17.40	15,0	5,998	5,166	6,283	
0.18.00	11,2	5,993	5,159	6,278	
0.18.20	11,4	5,994	5,161	6,279	
0.18.40	11,2	5,994	5,160	6,278	
0.19.00	11,2	5,993	5,159	6,278	
0.19.20	7,0	5,981	5,147	6,269	
0.19.40	7,0	5,982	5,148	6,270	
0.20.00	7,0	5,982	5,148	6,269	
0.20.20	7,0	5,981	5,147	6,269	
0.20.40	10,8	5,989	5,158	6,279	
0.21.00	10,9	5,991	5,159	6,280	
0.21.20	10,9	5,989	5,158	6,279	
0.21.40	10,9	5,989	5,158	6,279	
0.22.00	14,8	5,994	5,165	6,284	
0.22.20	15,0	5,995	5,166	6,285	
0.22.40	15,0	5,994	5,166	6,285	
0.23.00	15,0	5,994	5,165	6,284	
0.23.20	18,9	5,999	5,170	6,289	
0.23.40	18,7	5,997	5,171	6,289	
0.24.00	18,9	5,999	5,170	6,290	
0.24.20	18,9	5,999	5,170	6,289	
0.24.40	22,8	6,005	5,175	6,293	
0.25.00	23,1	6,005	5,176	6,293	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.25.20	23,1	6,004	5,175	6,294	
0.25.40	23,1	6,005	5,175	6,293	
0.26.00	26,6	6,009	5,181	6,298	
0.26.20	26,9	6,010	5,182	6,299	
0.26.40	26,9	6,009	5,182	6,298	
0.27.00	26,9	6,009	5,181	6,298	
0.27.40	31,1	6,014	5,187	6,303	
0.28.00	31,1	6,013	5,187	6,304	
0.28.20	31,1	6,014	5,187	6,303	
0.28.40	34,7	6,019	5,194	6,307	
0.29.00	35,0	6,018	5,196	6,308	
0.29.20	35,0	6,019	5,194	6,307	
0.29.40	35,0	6,019	5,194	6,307	
0.30.00	39,1	6,025	5,200	6,312	
0.30.20	38,8	6,023	5,201	6,312	
0.30.40	39,1	6,025	5,200	6,313	
0.31.00	39,1	6,025	5,200	6,312	
0.31.20	31,1	6,021	5,197	6,309	
0.31.40	31,3	6,022	5,199	6,310	
0.32.00	31,3	6,021	5,198	6,310	
0.32.20	31,3	6,021	5,197	6,309	
0.32.40	22,8	6,014	5,189	6,303	
0.33.00	23,0	6,016	5,188	6,304	
0.33.20	23,0	6,014	5,189	6,304	
0.33.40	23,0	6,014	5,189	6,303	
0.34.00	15,0	6,005	5,178	6,294	
0.34.20	15,2	6,006	5,179	6,295	
0.34.40	15,0	6,006	5,178	6,295	
0.35.00	15,0	6,005	5,178	6,294	
0.35.20	7,2	5,987	5,158	6,283	
0.35.40	7,0	5,989	5,160	6,283	
0.36.00	7,0	5,988	5,160	6,284	
0.36.20	7,0	5,987	5,158	6,283	
0.36.40	14,6	6,000	5,176	6,293	
0.37.00	14,7	6,002	5,177	6,294	
0.37.20	14,8	6,001	5,176	6,294	
0.37.40	14,8	6,000	5,176	6,293	
0.38.00	22,6	6,009	5,189	6,301	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.38.20	23,0	6,009	5,191	6,302	
0.38.40	23,0	6,010	5,191	6,302	
0.39.00	23,0	6,009	5,189	6,301	
0.39.20	31,0	6,018	5,197	6,308	
0.39.40	31,0	6,019	5,198	6,308	
0.40.00	31,1	6,018	5,199	6,309	
0.40.20	31,0	6,018	5,197	6,308	
0.40.40	38,7	6,026	5,203	6,316	
0.41.00	39,0	6,028	5,204	6,316	
0.41.20	39,0	6,026	5,204	6,316	
0.41.40	39,0	6,026	5,203	6,316	
0.42.00	46,9	6,036	5,212	6,324	
0.42.20	46,8	6,038	5,212	6,325	
0.42.40	47,0	6,037	5,213	6,326	
0.43.00	46,9	6,036	5,212	6,324	
0.43.20	54,9	6,045	5,222	6,333	
0.43.40	55,0	6,046	5,224	6,333	
0.44.00	55,0	6,046	5,223	6,335	
0.44.20	54,9	6,045	5,222	6,333	
0.44.40	63,1	6,054	5,222	6,343	
0.45.00	63,2	6,056	5,233	6,344	
0.45.20	63,2	6,054	5,233	6,344	
0.45.40	63,1	6,054	5,233	6,343	
0.46.00	70,9	6,060	5,245	6,353	
0.46.20	70,9	6,063	5,245	6,354	
0.46.40	71,0	6,064	5,246	6,352	
0.47.00	71,0	6,063	5,246	6,353	
0.47.20	71,0	6,065	5,245	6,354	
0.47.40	71,0	6,064	5,246	6,353	
0.48.00	70,9	6,064	5,246	6,354	
0.48.20	70,9	6,064	5,245	6,353	
0.48.40	55,0	6,058	5,238	6,346	
0.49.00	54,9	6,059	5,239	6,347	
0.49.20	54,9	6,059	5,238	6,346	
0.49.40	54,9	6,059	5,238	6,346	
0.50.00	39,2	6,047	5,225	6,333	
0.50.20	39,0	6,048	5,226	6,334	
0.50.40	39,0	6,048	5,226	6,333	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

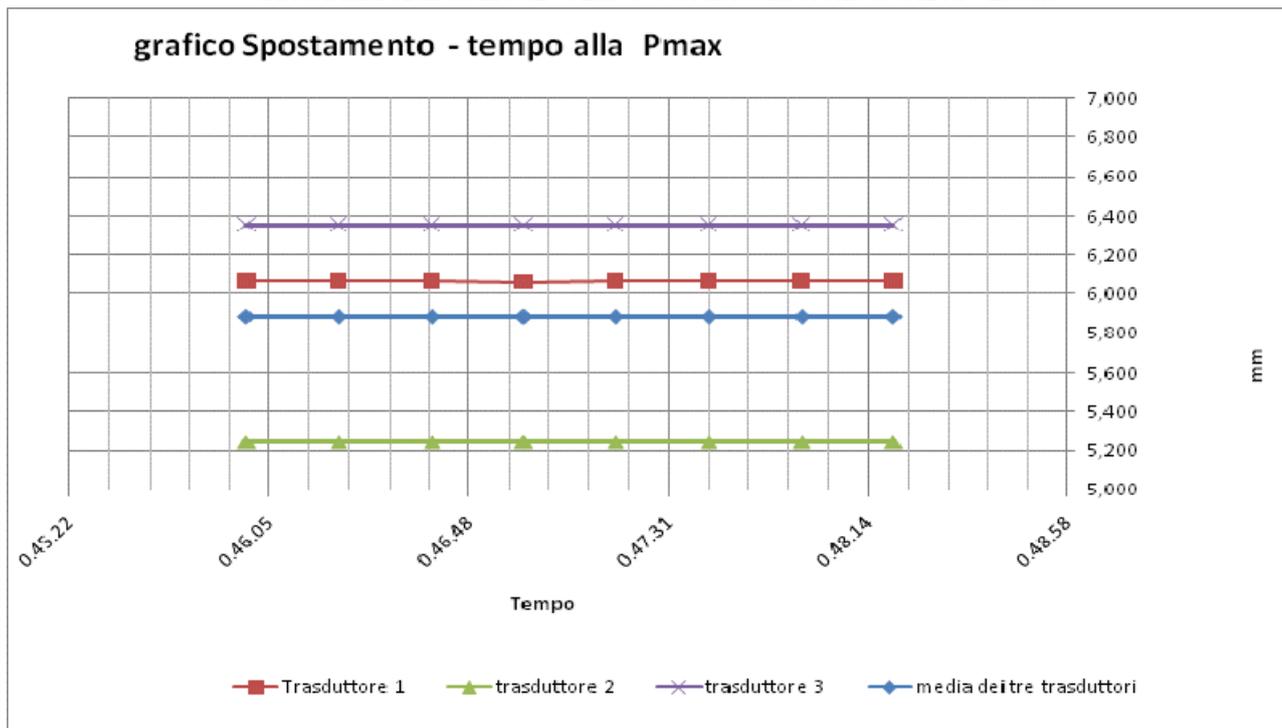
Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.51.00	39,0	6,047	5,225	6,333	
0.51.20	23,2	6,032	5,204	6,318	
0.51.40	23,2	6,032	5,205	6,320	
0.52.00	23,0	6,033	5,204	6,318	
0.52.20	23,0	6,032	5,204	6,318	
0.52.40	6,8	6,003	5,173	6,295	
0.53.00	6,9	6,004	5,174	6,297	
0.53.20	6,8	6,004	5,173	6,297	
0.53.40	6,8	6,003	5,173	6,295	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA - DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>		

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB3</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:30/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Media
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	mm
0.46.00	70,9	6,064	5,245	6,353	5,887
0.46.20	70,9	6,066	5,245	6,354	5,888
0.46.40	71,0	6,064	5,246	6,352	5,888
0.47.00	71,0	6,062	5,246	6,355	5,888
0.47.20	71,0	6,066	5,245	6,354	5,888
0.47.40	71,0	6,066	5,246	6,353	5,888
0.48.00	70,9	6,066	5,246	6,354	5,889
0.48.20	70,9	6,066	5,246	6,354	5,889

**DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO CON MASSIMA PRESSIONE APPLICATA**



<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - MODULI</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 13031008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documenti 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB3</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>			
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>			
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>		<b>N° prova: 1</b>	<b>Data: 30/05/13</b>

CICLO	Pressione		Moduli dilatometrici		
	bar		5,09	2° trasduttore	3° trasduttore
N°	min	5,959	<b>5,105</b>		
1°	7,3	6,0	5	8.799	18.017
2°	7,0	6,0	5	14.503	17.876
3°	7,0	6,0	19.872	17.588	21.859
		6,0	<b>Moduli di first loading Mpa</b>		
1°	7,3	23,1	13.512	8.799	18.017
2°	23,1	39,1	19.157	15.326	20.165
3°	39,0	70,9	20.102	18.188	20.645
			<b>Moduli di reloading Mpa</b>		
1°	0,0	0,0	0	0	0
2°	7,0	23,1	16.064	13.769	16.064
3°	7,0	39,0	19.648	17.028	23.221
			<b>Moduli di unloading Mpa</b>		
1°	23,1	7,0	17.524	14.828	21.419
2°	39,1	7,0	20.228	18.302	26.506
3°	70,9	6,8	25.163	21.319	26.465

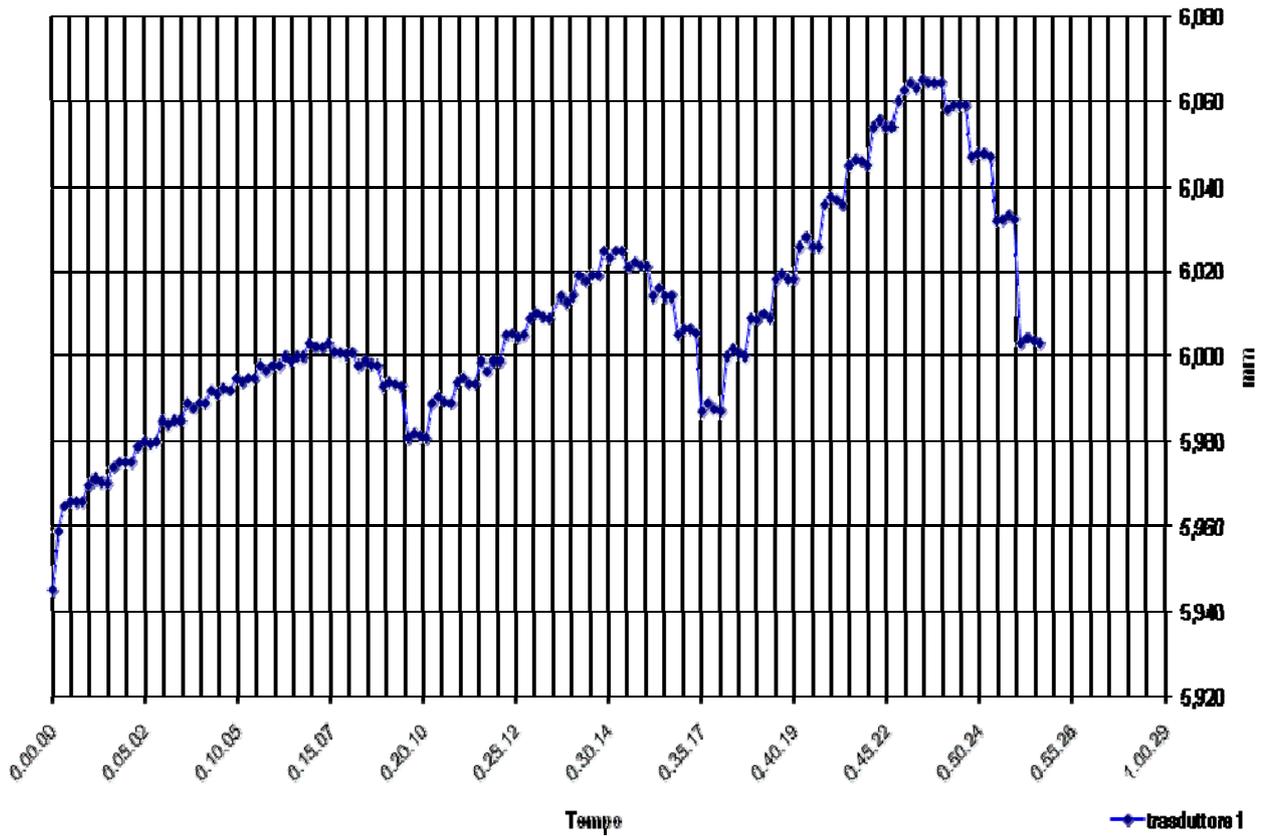
<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	2/7/13

Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

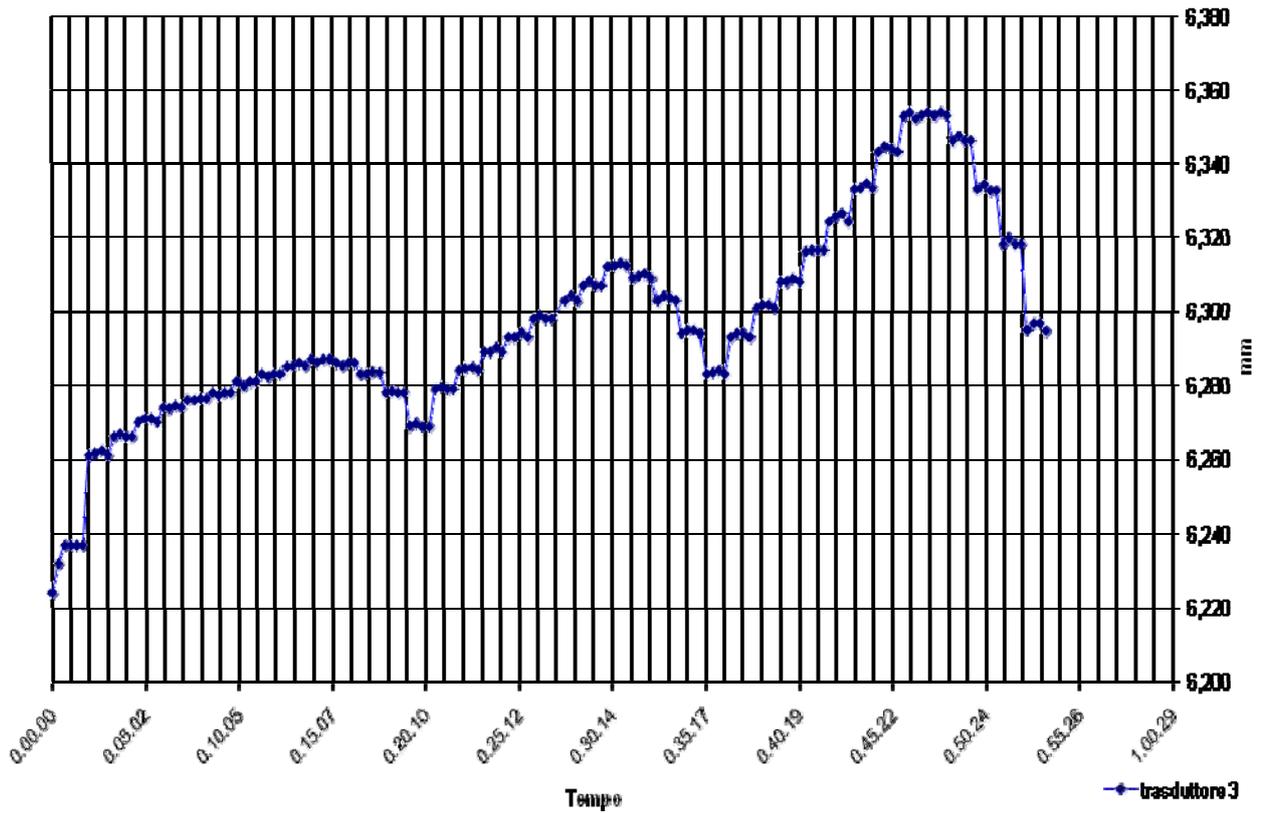
<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)		Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>			
<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>			<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>			
<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>			
<b>Sondaggio: FB3</b>		<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>		<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>			
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>			<b>N° prova: 1</b>
			<b>Data: 30/05/13</b>

### Trasduttore 1



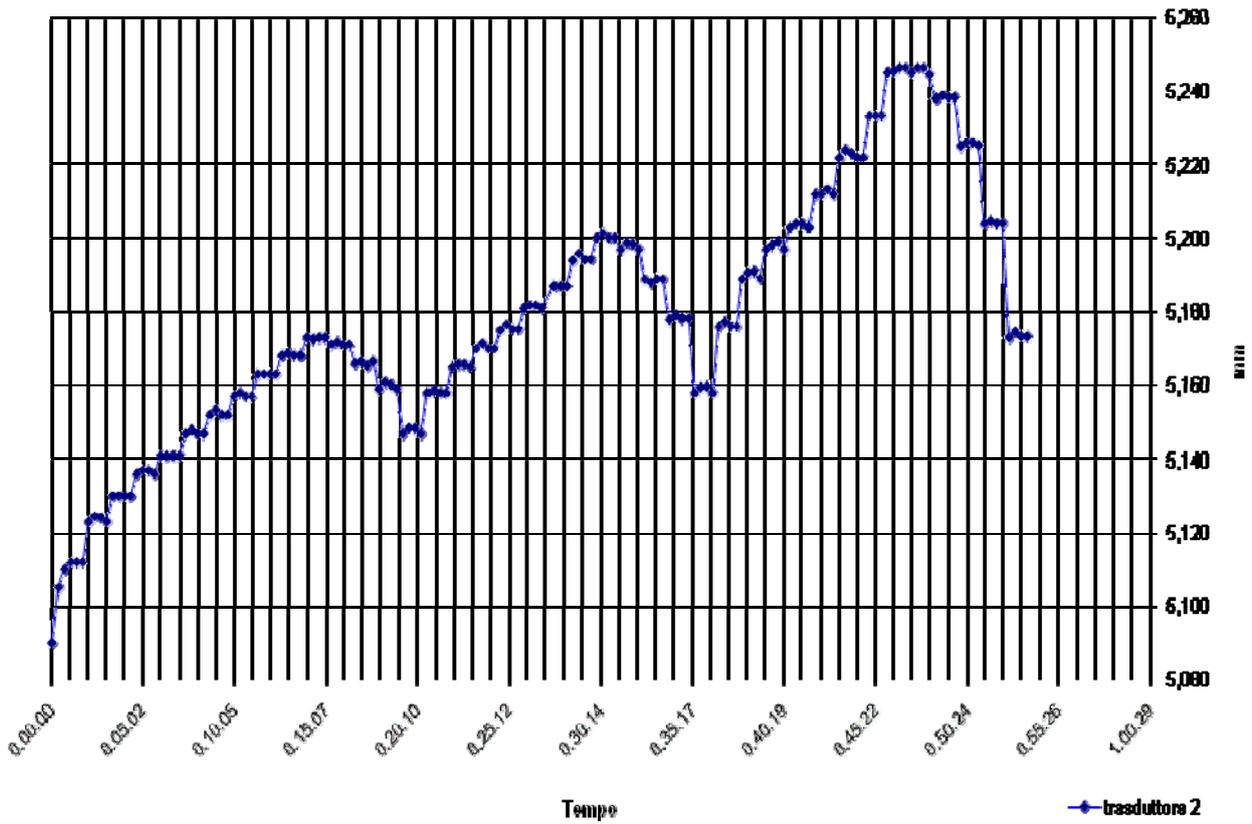
<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)		Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>			
<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>			<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>			
<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>			
<b>Sondaggio: FB3</b>		<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>			
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>			<b>N° prova: 1</b>
			<b>Data: 30/05/13</b>

### Trasduttore 3



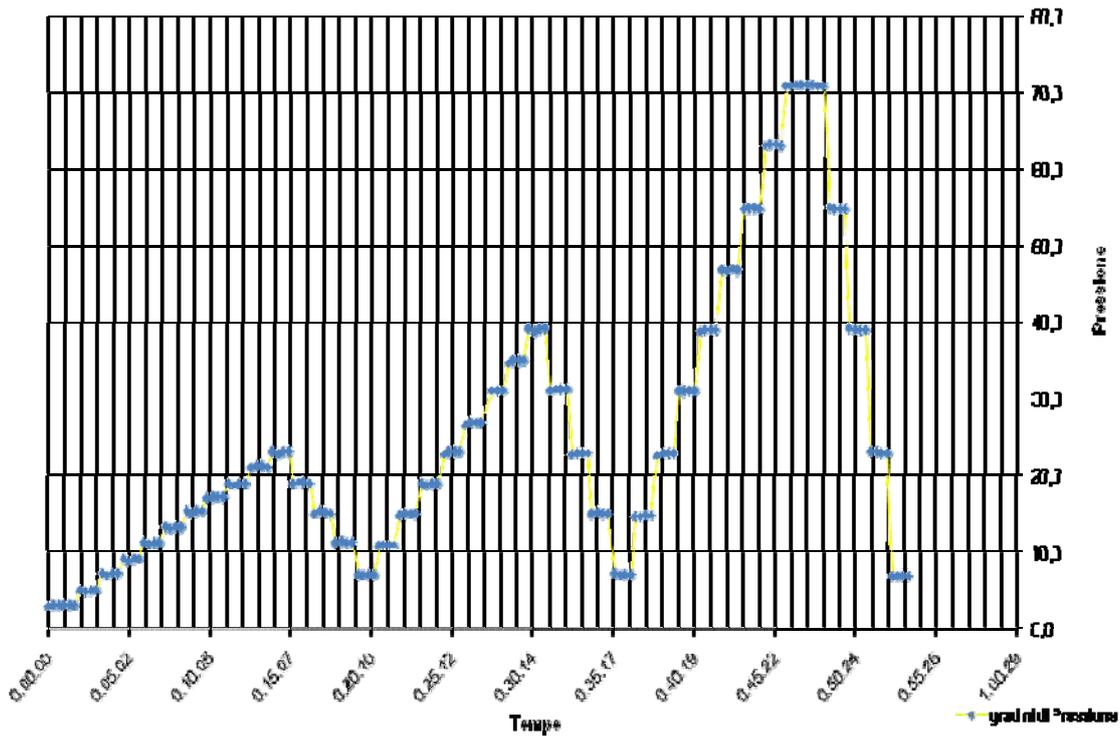
<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)		Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>			
<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>			<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>			
<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>			
<b>Sondaggio: FB3</b>		<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>		<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>			
<b>Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m</b>			<b>N° prova: 1</b>
			<b>Data: 30/05/13</b>

**Trasduttore 2**



<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)		Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO</b>			
Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.			Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12			
Loc.: Arbocò (GE)			
Sondaggio: FB3		Metodo di perforazione: Carotaggio	
Diametro foro: 96 mm		<input checked="" type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 24,30		Fluido impiegato: Acqua	
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m			
Profondità della prova al centro strumento: 28,50 m		N° prova: 1	Data: 30/05/13

grafico Pressione i tempo



**POINT LOAD TEST DIAMETRALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 30/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 1 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB3	1,60	Calcere marnoso	Diametricale	190	79	79	79	70	1,626	1,998
FB3	4,60	Calcere marnoso	Diametricale	90	63,5	63,5	63,5	88	3,164	3,524
FB3	7,20	Calcere marnoso	Diametricale	115	63,5	63,5	63,5	91	3,272	3,644
FB3	12,35	Calcere marnoso	Diametricale	140	63,5	63,5	63,5	78	2,805	3,123
FB3	19,75	Calcere marnoso	Diametricale	180	63,5	63,5	63,5	102	3,668	4,084
FB3	23,20	Calcere marnoso	Diametricale	110	63,5	63,5	63,5	80	2,877	3,203
FB3	28,00	Calcere marnoso	Diametricale	120	63,5	63,5	63,5	93	3,344	3,724
FB3	32,70	Calcere marnoso	Diametricale	115	63,5	63,5	63,5	110	3,956	4,405
FB3	36,35	Calcere marnoso	Diametricale	130	63,5	63,5	63,5	88	3,164	3,524
FB3	42,40	Calcere marnoso	Diametricale	150	63,5	63,5	63,5	95	3,416	3,804

Legenda: D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove diametriche De = D

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / D_e^2$  145 = costante strumentale

$I_{s(50)} = (D/50)^{0.45} I_s$

I<sub>s</sub>(50) medio = 3,571 I<sub>a</sub>(50) = 1,114 (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50) medio diametriche e assiali)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):

Media = 3,583 Varianza = 0,423 Deviazione standard = 0,651

**POINT LOAD TEST ASSIALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 30/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 2 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB3	2,80	Calcere marnoso	assiale	80	79	80	89,7	63	1,135	1,476
FB3	7,00	Calcere marnoso	assiale	53	63,5	53	65,5	89	3,010	3,398
FB3	8,50	Calcere marnoso	assiale	67	63,5	67	73,6	55	1,471	1,751
FB3	12,75	Calcere marnoso	assiale	68	63,5	68	74,2	82	2,162	2,581
FB3	16,00	Calcarenite	assiale	65	63,5	65	72,5	125	3,447	4,075
FB3	21,90	Calcere marnoso	assiale	56	63,5	56	67,3	93	2,977	3,403
FB3	30,50	Calcere marnoso	assiale	60	63,5	60	69,7	98	2,928	3,399
FB3	34,75	Calcere marnoso	assiale	61	63,5	61	70,2	82	2,410	2,808
FB3	38,85	Calcere marnoso	assiale	58	63,5	58	68,5	102	3,152	3,632
FB3	42,75	Calcere marnoso	assiale	57	63,5	57	67,9	110	3,459	3,970

Legenda: D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove assiali  $De = (4WD/\pi)^{0,5}$

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / De^2$  145 = costante strumentale

$I_{s(50)} = (D/50)^{0,45} I_s$

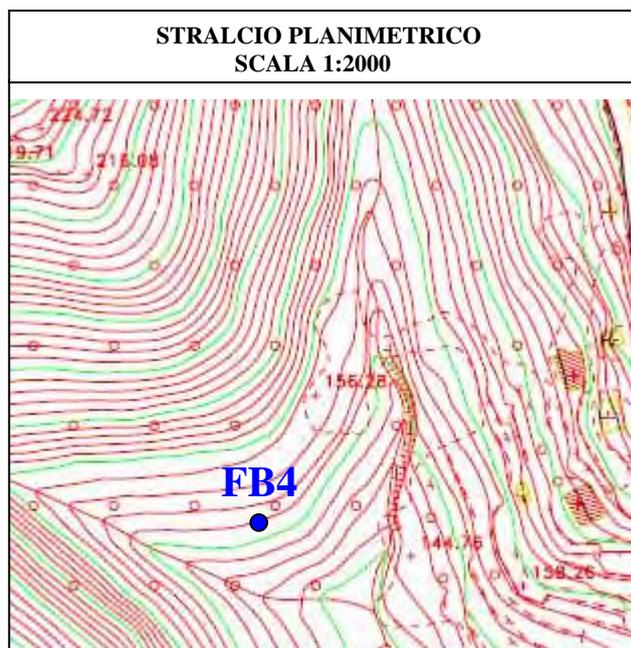
I<sub>s</sub>(50) medio = 3,204 I<sub>a</sub>(50) = 1,114 (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50) medio diametrali e assiali)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):

Media = 3,049 Varianza = 0,783 Deviazione standard = 0,884

<b>SPEA INGEGNERIA EUROPEA S.P.A.</b>	
<b>COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12-Lotto 1</b>	
<b>RILIEVO TOPOGRAFICO UBICAZIONE PUNTO D'INDAGINE</b>	
<b>SONDAGGIO FB4</b>	
Località: Arboccò – Comune di Rapallo	Data: lug 2013

<b>COORDINATE GAUSS-BOAGA</b>	<b>E = 1515079.672 N = 4914397.524</b>
<b>COORDINATE RETTILINEE</b>	<b>X = 82511.067 Y = 10636.406</b>
<b>COORDINATE WGS 84</b>	<b>Long. = 9°11'20,345" Lat. = 44°22'57,160"</b>
<b>QUOTA m.s.l.m</b>	<b>150.496</b>





Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A. cod.commissa: 1303I008	Sondaggio: FB4
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò (GE)	Quota: 150,496 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 06/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515079,672 N 4914397,524	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

DATA INIZIO: 29/04/13 DATA FINE : 06/05/13

MACCHINA PERFORATRICE: CMF 450

UTENSILI PERFORAZIONE:

- carotiere semplice  $\varnothing$  101 mm da 0,00 m a 0,60 m perforazione a carotaggio a secco
- carotiere doppio  $\varnothing$  101 T6 con corona diamantata da 0,60 m a 3,80 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua
- carotiere doppio  $\varnothing$  96 mm HQ (metodo wire-line) con corona diamantata da 3,80 m a 40,00 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua

RIVESTIMENTO:

- $\varnothing$  127 mm da mt. 0,00 a mt. 3,00

INSTALLAZIONI:

Piezometro a tubo aperto in pvc  $\varnothing$  2" a mt. 40,00, tratto finestrato da mt. 3,00 a mt. 40,00

PROVE IN FORO:

S.P.T. eseguite con aste  $\varnothing$  50 mm peso 8 Kg al metro ,maglio peso 63,5 Kg, altezza di caduta 76 cm, punta (vedi colonna stratigrafica Pt A=aperta C=chiusa)

- Lugeon da mt. 5,00 a 6,60 m

- Dilatometrica centro prova a 10,50 m

QUOTE INIZIO E FINE MANOVRE DI CAROTAGGIO:

0,75 - 1,50 - 2,10 - 3,00 - 3,90 - 6,60 - 7,40 - 9,15 - 12,00 - 14,80 - 17,65 - 20,10 - 23,10 - 24,20 - 26,20 - 29,10 - 32,10 - 35,20 - 38,20

NOTE:

Legenda colonna campioni: Rim (campione rimaneggiato) Campioni ambientali: CA1 0,00-0,60 m, CA2 0,60-1,00 m

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	30/04/13	02/05/13	03/05/13	06/05/13	06/05/13	07/05/13				
Ora	sera	mattina	sera	mattina	sera	mattina				
Livello dell'acqua (m)	5,50	assente	8,80	10,50	9,90	10,60				
Prof. perforazione(m)	6,60	6,60	22,00	22,00	38,00	38,00				
Prof. rivestimento(m)	6,00	5,50	21,00	21,00	36,00	36,00				



Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB4
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocco (GE)	Quota: 150,496 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 06/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515079,672 N 4914397,524	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 1 da 0.00 m a 5.00 m



cassa 2 da 5.00 m a 10.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB4
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocco (GE)	Quota: 150,496 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 06/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515079,672 N 4914397,524	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 3 da 10.00 m a 15.00 m



cassa 4 da 15.00 m a 20.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB4
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocco (GE)	Quota: 150,496 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 06/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515079,672 N 4914397,524	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 5 da 20.00 m a 25.00 m



cassa 6 da 25.00 m a 30.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB4
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 150,496 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 06/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515079,672 N 4914397,524	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 7 da 30.00 m a 35.00 m



cassa 8 da 35.00 m a 40.00 m



Via Trieste, 6 17047 VADO LIGURE (SV) Tel. 019 880440

<b>COMMITTENTE:</b> SPEA Ingegneria Europea S.p.a		<b>PROVA DI PERMEABILITA' "LUGEON" in avanzamento</b>			
<b>CANTIERE:</b> Indagini geognostiche Collegamento Valfontanabuona/A12		Pressione dell'otturatore (atm):	12	DATA:	30/04/2013
<b>CODICE LAVORO:</b> 13031008		Tratto di prova (da m a m dal p.c.):	5,00      6,60	SONDAGGIO N°	FB4
		Diametro del tratto in prova (mm):	101	PROVA N°	1
		Altezza dell'acqua nel foro (m dal p.c.):	6,60	SCHEDA N°	1

**ANDAMENTO DELLA PROVA**

Pressioni manometro	1° Gradino (bar)	1,0	2° Gradino (bar)	2,0	3° Gradino (bar)	3,0	4° Gradino (bar)	2,0	5° Gradino (bar)	1,0
Pressione effettiva a centro prova	1° Gradino (Kpa)	239,5	2° Gradino (Kpa)	339,5	3° Gradino (Kpa)	439,5	4° Gradino (Kpa)	339,5	5° Gradino (Kpa)	239,5
tempo min	Letture contatore mc	Acqua assorbita lt								
0	13,3420	0	13,4010	0	13,4830	0	13,5760	0	13,6340	0
10	13,3644	22,4	13,4368	35,8	13,5376	54,6	13,6089	32,9	13,6535	19,5
Acqua assorbita (lt/min/m):	2,000		3,196		4,875		2,937		1,741	
Portata Q (mc/sec):	5,3E-05		8,5E-05		1,3E-04		7,8E-05		4,6E-05	

**Legenda**

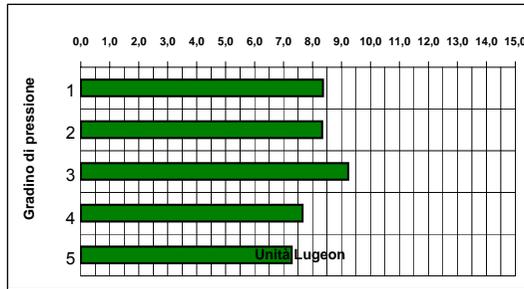
Permeabilità  $K=Q/(Fh)$

Fattore di forma 
$$F = \frac{3\pi L}{\ln\left(\frac{1,5L}{D} + \sqrt{1 + \left(\frac{1,5L}{D}\right)^2}\right)}$$

Correzione di pressione  $P = P_m + \gamma(h-h_c)$

- Q : Portata assorbita (l/min)
- F : Fattore di forma (m)
- h : Altezza del carico d'acqua (m)
- hc : (\*) Perdita di carico nel circuito (mm/m di c.a.)
- L : Lunghezza del tratto di prova (m)
- D : Diametro del tratto di prova (m)
- Pm : Pressione al manometro (bar)
- $\gamma$  : peso specifico dell'acqua (t/mc)
- h<sub>m</sub> : altezza manometro

(\*) = perdite di carico per attrito tra acqua e tubazione (mm di acqua)



**DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' PER OGNI GRADINO DI PRESSIONE**

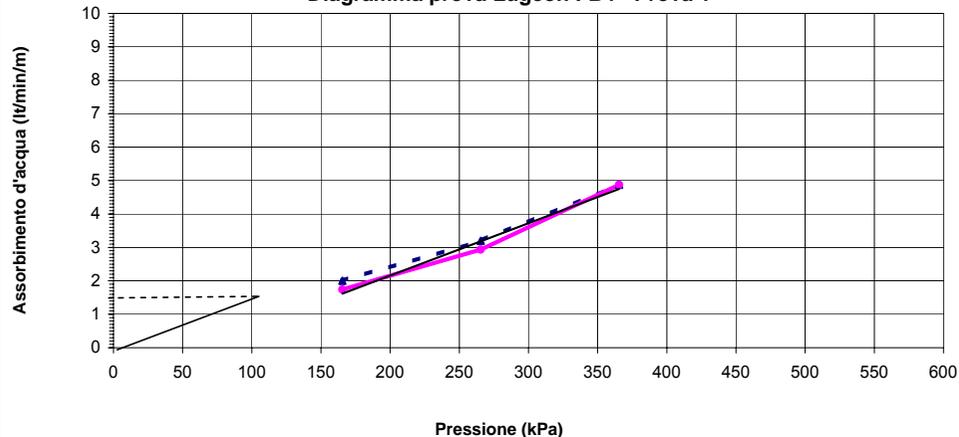
P (kPa)	k (U.L.)	k (m/sec)
239,5	8,4	8,4E-07
339,5	8,3	8,3E-07
439,5	9,2	9,2E-07
339,5	7,7	7,7E-07
239,5	7,3	7,3E-07

h<sub>m</sub> (m) = 0,75

L (m) = 4,20

F (m) = 8,20

**Diagramma prova Lugeon FB4 - Prova 1**



**DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' CON METODO GRAFICO**  
Estrapolazione grafica determinata sul ciclo di scarico

PERMEABILITA' in unità Lugeon (uL) : 15,00

COEFF. DI PERMEABILITÀ k (m/sec) : 1,50E-06

- Gradini di pressione in andata
- Gradini di pressione in ritorno
- Linea di interpolazione

Elaborazione	Data	Verifica	Data
Dr.M.Delsoldato		Dr. E. Isetta	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - ACQUISIZIONE</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB4</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,10</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

N°	1° CICLO				2° CICLO				3° CICLO			
	P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori		
		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)
1	7,1	5,236	4,898	5,966	12,0	5,300	5,019	6,049	14,1	5,317	5,030	6,070
2	8,0	5,271	5,000	6,027	14,1	5,306	5,025	6,055	18,0	5,324	5,037	6,079
3	9,1	5,276	5,005	6,031	15,9	5,310	5,030	6,060	22,1	5,330	5,044	6,085
4	10,0	5,281	5,010	6,036	18,0	5,314	5,034	6,065	26,0	5,336	5,050	6,090
5	11,1	5,286	5,014	6,041	20,0	5,317	5,038	6,069	30,2	5,341	5,057	6,095
6	12,1	5,290	5,017	6,045	21,9	5,320	5,042	6,073	34,1	5,346	5,063	6,100
7	13,1	5,294	5,020	6,048	24,0	5,324	5,046	6,078	38,0	5,350	5,069	6,104
8	14,1	5,298	5,023	6,051	25,8	5,327	5,050	6,082	42,0	5,354	5,075	6,109
9	15,0	5,301	5,026	6,054	28,0	5,331	5,053	6,086	45,9	5,359	5,081	6,114
10	16,0	5,304	5,028	6,056	30,1	5,334	5,056	6,089	50,1	5,363	5,086	6,118
11	17,0	5,307	5,030	6,058	32,1	5,337	5,059	6,092	54,1	5,367	5,091	6,122
12	18,0	5,309	5,032	6,060	34,2	5,339	5,062	6,095	57,9	5,371	5,096	6,127
13	19,0	5,311	5,034	6,062	30,0	5,338	5,059	6,094	62,0	5,374	5,102	6,132
14	20,1	5,313	5,036	6,064	26,0	5,335	5,054	6,090	65,9	5,378	5,107	6,137
15	18,1	5,312	5,034	6,063	21,8	5,332	5,048	6,086	58,1	5,376	5,104	6,135
16	16,0	5,309	5,030	6,060	18,0	5,326	5,040	6,079	50,0	5,374	5,099	6,131
17	13,9	5,305	5,025	6,055	14,1	5,318	5,031	6,072	42,1	5,368	5,092	6,126
18	12,0	5,298	5,019	6,050	9,9	5,307	5,019	6,060	34,0	5,357	5,083	6,121
19	10,2	5,290	5,011	6,041					26,0	5,347	5,070	6,112
20									18,0	5,334	5,056	6,101
21									10,1	5,316	5,037	6,083



FB4 da 10,00 a 12,00 m

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	

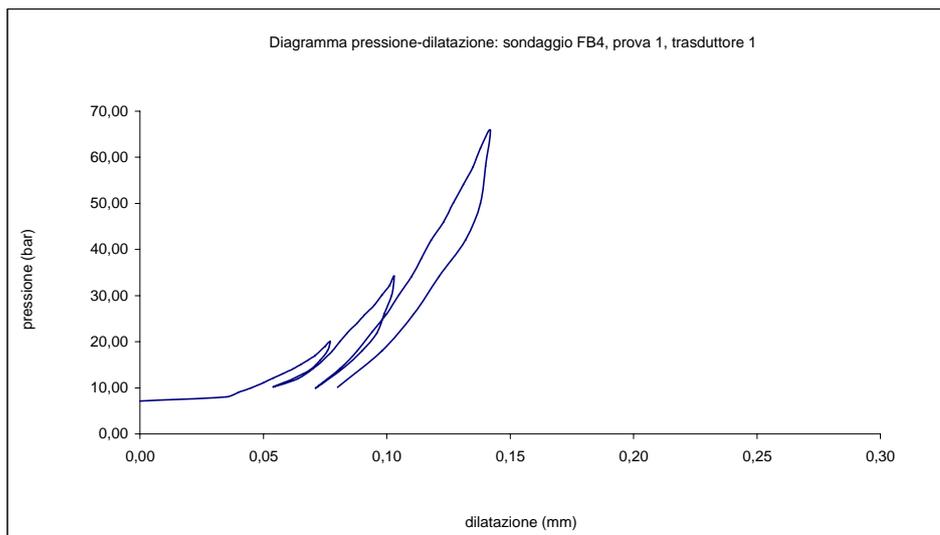
Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 1.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 1303I008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arbocò (GE) N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB4	Metodo di perforazione: Carotaggio	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm <input type="checkbox"/>	Rivestimento: 127 mm a 3,0 m <input type="checkbox"/>	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,10		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1	Trasduttore: 1
Data: 24/04/13		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,433) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.093
10,2	34,2	11.686
9,9	65,9	18.818

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,2	20,0	8.660
9,9	34,1	14.804

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.093
20,0	34,2	15.399
34,1	65,9	23.709

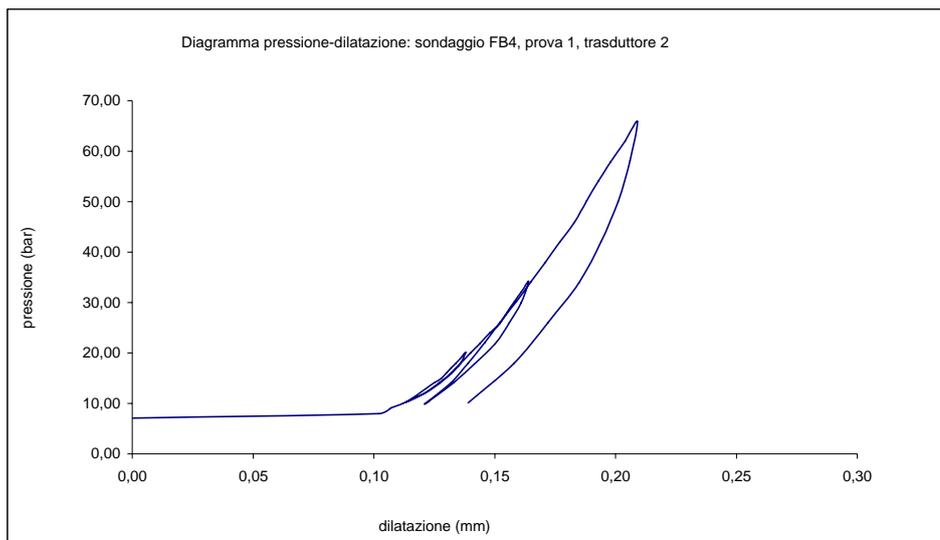
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
20,1	10,2	10.269
34,2	9,9	18.117
65,9	10,1	21.472

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 2.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente:</b> Spea Ingegneria Europea S.p.A.	<b>Cod. lavoro:</b> 1303I008
<b>Cantiere:</b> Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	<b>N° Documento:</b> 1-1

<b>Sondaggio:</b> FB4	<b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio	<b>Fluido impiegato:</b> Acqua
<b>Diametro foro:</b> 96 mm	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento:</b> 127 mm a 3,0 m	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.:</b> 10,10		
<b>Dilatometro:</b> Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
<b>Profondità della prova al centro strumento:</b> 10,50 m	<b>N° prova:</b> 1	<b>Trasduttore:</b> 2
<b>Data:</b> 24/04/13		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,433) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	8.466
10,2	34,2	11.227
9,9	65,9	15.182

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,2	20,0	8.660
9,9	34,1	13.122

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	8.466
20,0	34,2	14.116
34,1	65,9	17.243

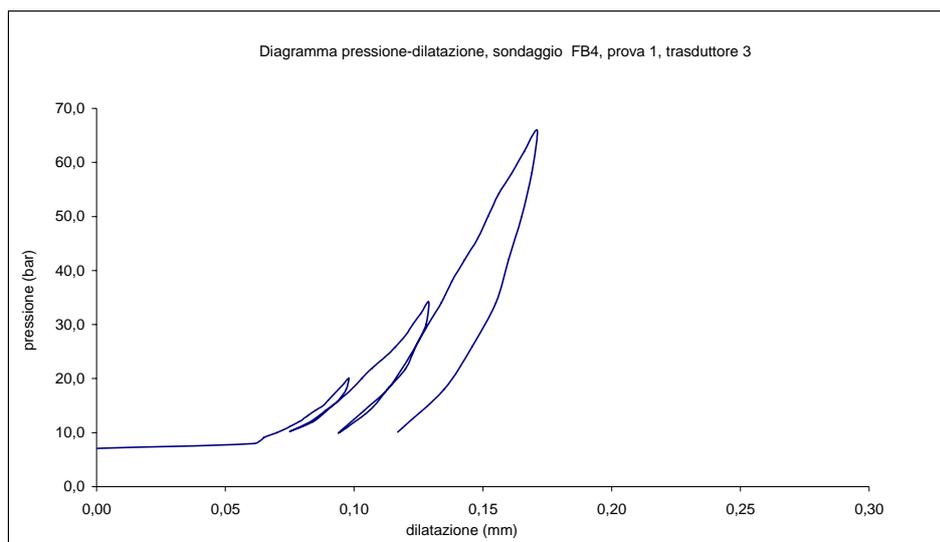
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
20,1	10,2	9.448
34,2	9,9	13.483
65,9	10,1	19.018

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 3.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.		Cod. lavoro: 1303I008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arbocò (GE)	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB4	Metodo di perforazione: Carotaggio	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	<input type="checkbox"/> Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,10		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1	Trasduttore: 3
		Data: 24/04/13



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,433) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.953
10,2	34,2	10.604
9,9	65,9	17.351

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,2	20,0	8.350
9,9	34,1	14.434

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.953
20,0	34,2	13.030
34,1	65,9	20.505

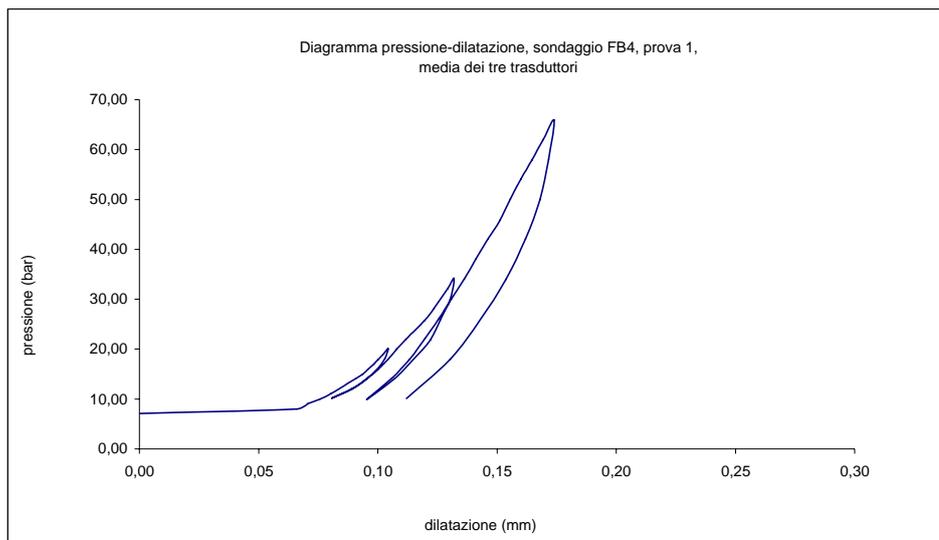
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
20,1	10,2	10.269
34,2	9,9	16.564
65,9	10,1	24.653

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 4.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE) N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,10</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\pm 0,1</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Media dei tre trasduttori</b>
<b>Data: 24/04/13</b>		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,433) = 239$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.837
10,2	34,2	11.172
9,9	65,9	17.117

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,2	20,0	8.557
9,9	34,1	14.120

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,1	20,1	7.837
20,0	34,2	14.182
34,1	65,9	20.486

CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
20,1	10,2	9.996
34,2	9,9	16.055
65,9	10,1	21.715

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.00.00	7,1	5,036	4,792	5,760	
0.00.25	6,9	5,141	4,896	5,895	
0.00.50	6,9	5,186	4,946	5,938	
0.01.15	7,0	5,219	4,983	5,959	
0.01.40	7,2	5,233	4,997	5,964	
0.02.05	7,1	5,236	4,998	5,966	
0.02.30	7,1	5,236	4,998	5,966	
0.02.55	8,0	5,271	5,000	6,027	
0.03.20	8,2	5,273	5,002	6,029	
0.03.45	8,0	5,272	5,003	6,028	
0.04.10	8,0	5,271	5,000	6,027	
0.04.35	9,1	5,276	5,005	6,031	
0.05.00	9,2	5,277	5,006	6,033	
0.05.25	9,2	5,278	5,006	6,034	
0.05.50	9,1	5,276	5,005	6,031	
0.06.15	10,0	5,281	5,010	6,036	
0.06.40	10,0	5,281	5,011	6,036	
0.07.05	10,1	5,281	5,011	6,037	
0.07.30	11,1	5,286	5,014	6,041	
0.07.55	11,3	5,287	5,014	6,043	
0.08.20	11,4	5,287	5,015	6,044	
0.08.45	11,4	5,287	5,015	6,044	
0.09.10	12,1	5,290	5,017	6,045	
0.09.35	12,2	5,291	5,018	6,046	
0.10.00	12,2	5,291	5,018	6,047	
0.10.25	12,2	5,291	5,018	6,049	
0.10.50	13,1	5,294	5,020	6,048	
0.11.15	13,1	5,295	5,020	6,049	
0.11.40	13,3	5,295	5,021	6,050	
0.12.05	13,3	5,295	5,021	6,051	
0.12.30	14,1	5,298	5,023	6,051	
0.12.55	14,2	5,298	5,023	6,052	
0.13.20	14,2	5,298	5,023	6,053	
0.13.45	15,0	5,301	5,026	6,054	
0.14.10	15,0	5,301	5,027	6,055	
0.14.35	15,0	5,301	5,027	6,055	
0.15.00	16,0	5,304	5,028	6,056	
0.15.25	16,2	5,305	5,028	6,058	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.15.50	16,3	5,305	5,029	6,059	
0.16.15	16,3	5,305	5,029	6,059	
0.16.40	17,0	5,307	5,030	6,058	
0.17.05	17,1	5,307	5,031	6,060	
0.17.30	17,3	5,308	5,031	6,059	
0.17.55	17,3	5,308	5,031	6,060	
0.18.20	18,0	5,309	5,032	6,060	
0.18.45	17,8	5,309	5,033	6,060	
0.19.10	17,8	5,308	5,033	6,061	
0.19.35	17,8	5,308	5,033	6,061	
0.20.00	19,0	5,311	5,034	6,062	
0.20.25	19,0	5,311	5,035	6,063	
0.20.50	18,9	5,311	5,035	6,063	
0.21.15	18,9	5,311	5,035	6,063	
0.21.40	20,1	5,313	5,036	6,064	
0.22.05	19,9	5,313	5,037	6,064	
0.22.30	20,0	5,313	5,036	6,064	
0.22.55	19,9	5,313	5,036	6,064	
0.23.20	18,1	5,312	5,034	6,063	
0.23.45	18,0	5,313	5,034	6,064	
0.24.10	17,9	5,312	5,034	6,063	
0.24.35	17,9	5,312	5,034	6,063	
0.25.00	16,0	5,309	5,030	6,060	
0.25.25	16,1	5,311	5,031	6,062	
0.25.50	16,2	5,311	5,032	6,064	
0.26.15	16,2	5,311	5,032	6,064	
0.26.40	13,9	5,305	5,025	6,055	
0.27.05	14,0	5,307	5,027	6,058	
0.27.30	14,1	5,308	5,028	6,059	
0.27.55	14,2	5,308	5,028	6,059	
0.28.20	12,0	5,298	5,019	6,050	
0.28.45	12,1	5,300	5,019	6,052	
0.29.10	12,0	5,300	5,021	6,054	
0.29.35	12,2	5,300	5,021	6,054	
0.30.00	10,2	5,290	5,011	6,041	
0.30.25	10,2	5,290	5,012	6,043	
0.30.50	10,4	5,290	5,012	6,043	
0.31.15	12,0	5,300	5,019	6,049	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.31.40	12,0	5,301	5,019	6,052	
0.32.05	12,2	5,302	5,021	6,053	
0.32.30	12,2	5,302	5,021	6,053	
0.32.55	14,1	5,306	5,025	6,055	
0.33.20	14,2	5,308	5,025	6,057	
0.33.45	14,3	5,309	5,025	6,057	
0.34.10	14,3	5,309	5,026	6,058	
0.34.35	15,9	5,310	5,030	6,060	
0.35.00	15,9	5,310	5,030	6,062	
0.35.25	16,2	5,311	5,032	6,062	
0.35.50	16,2	5,311	5,032	6,064	
0.36.15	18,0	5,314	5,034	6,065	
0.36.40	18,2	5,314	5,034	6,066	
0.37.05	18,3	5,315	5,035	6,067	
0.37.30	18,3	5,315	5,036	6,068	
0.37.55	20,0	5,317	5,038	6,069	
0.38.20	20,2	5,318	5,039	6,070	
0.38.45	20,0	5,318	5,039	6,070	
0.39.10	21,9	5,320	5,042	6,073	
0.39.35	22,0	5,321	5,043	6,075	
0.40.00	22,2	5,321	5,043	6,075	
0.40.25	22,2	5,321	5,043	6,075	
0.40.50	24,0	5,324	5,046	6,078	
0.41.15	24,1	5,325	5,046	6,079	
0.41.40	24,4	5,324	5,046	6,079	
0.42.05	24,4	5,324	5,046	6,079	
0.42.30	25,8	5,327	5,050	6,082	
0.42.55	25,9	5,327	5,053	6,083	
0.43.20	26,2	5,326	5,051	6,082	
0.43.45	26,2	5,326	5,051	6,082	
0.44.10	28,0	5,331	5,053	6,086	
0.44.35	27,8	5,332	5,054	6,087	
0.45.00	27,8	5,331	5,053	6,086	
0.45.25	27,8	5,331	5,053	6,086	
0.45.50	30,1	5,334	5,056	6,089	
0.46.15	30,3	5,336	5,058	6,091	
0.46.40	30,5	5,337	5,059	6,092	
0.47.05	30,5	5,337	5,059	6,093	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.47.30	32,1	5,337	5,059	6,092	
0.47.55	32,3	5,339	5,061	6,095	
0.48.20	32,3	5,340	5,062	6,095	
0.48.45	32,3	5,340	5,062	6,097	
0.49.10	34,2	5,339	5,062	6,095	
0.49.35	34,3	5,341	5,064	6,097	
0.50.00	34,5	5,342	5,066	6,098	
0.50.25	34,5	5,342	5,066	6,100	
0.50.50	30,0	5,338	5,059	6,094	
0.51.15	30,1	5,340	5,061	6,097	
0.51.40	30,1	5,342	5,062	6,099	
0.52.05	30,1	5,342	5,062	6,100	
0.52.30	26,0	5,335	5,054	6,090	
0.52.55	26,2	5,337	5,056	6,092	
0.53.20	26,2	5,338	5,058	6,094	
0.53.45	26,2	5,338	5,058	6,094	
0.54.10	21,8	5,332	5,048	6,086	
0.54.35	21,8	5,334	5,049	6,089	
0.55.00	22,0	5,335	5,050	6,090	
0.55.25	22,0	5,335	5,050	6,091	
0.55.50	18,0	5,326	5,040	6,079	
0.56.15	18,2	5,327	5,042	6,080	
0.56.40	18,2	5,327	5,042	6,081	
0.57.05	14,0	5,318	5,031	6,072	
0.57.30	14,2	5,319	5,031	6,074	
0.57.55	14,3	5,319	5,032	6,075	
0.58.20	14,3	5,319	5,032	6,075	
0.58.45	9,9	5,307	5,019	6,060	
0.59.10	10,0	5,307	5,020	6,062	
0.59.35	10,2	5,308	5,020	6,061	
1.00.00	10,2	5,308	5,020	6,062	
1.00.25	14,1	5,317	5,030	6,070	
1.00.50	13,9	5,317	5,031	6,070	
1.01.15	13,9	5,316	5,031	6,071	
1.01.40	13,9	5,316	5,031	6,071	
1.02.05	18,0	5,324	5,037	6,079	
1.02.30	18,0	5,324	5,038	6,080	
1.02.55	17,9	5,324	5,038	6,080	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:24/04/13</b>

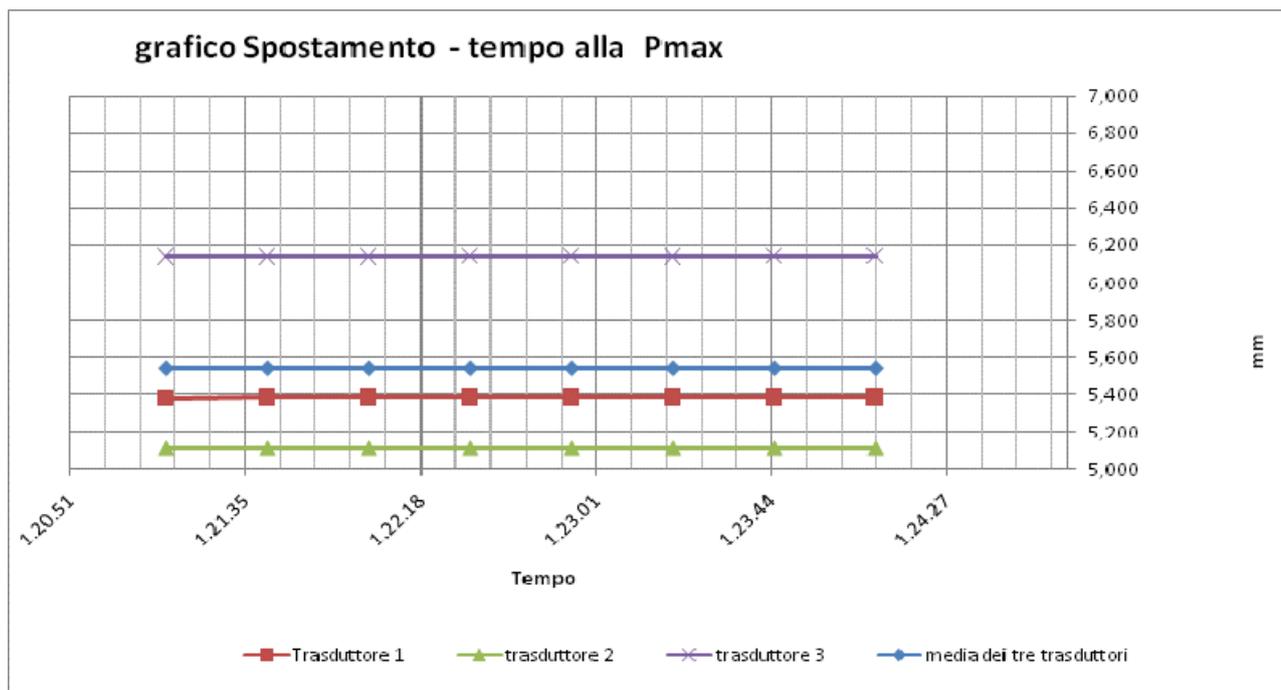
Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
1.03.20	17,9	5,324	5,038	6,080	
1.03.45	22,1	5,330	5,044	6,085	
1.04.10	21,9	5,330	5,045	6,085	
1.04.35	22,0	5,330	5,044	6,085	
1.05.00	21,9	5,330	5,044	6,085	
1.05.25	26,0	5,336	5,050	6,090	
1.05.50	25,9	5,337	5,050	6,091	
1.06.15	25,8	5,336	5,050	6,090	
1.06.40	25,8	5,336	5,050	6,090	
1.07.05	30,2	5,341	5,057	6,095	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA - DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>		

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data: 24/04/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Media
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	mm
1.21.15	65,9	5,378	5,107	6,137	5,541
1.21.40	65,9	5,379	5,109	6,138	5,542
1.22.05	66,0	5,379	5,109	6,138	5,542
1.22.30	66,0	5,380	5,109	6,140	5,543
1.22.55	66,1	5,379	5,109	6,140	5,543
1.23.20	66,1	5,380	5,109	6,139	5,543
1.23.45	66,1	5,380	5,109	6,140	5,543
1.24.10	66,1	5,380	5,109	6,140	5,543

**DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO CON MASSIMA PRESSIONE APPLICATA**



<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - MODULI</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 13031008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE) N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB4</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Cementazione:</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>	
<b>Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m</b>	<b>N° prova: 1</b>
<b>Data: 24/04/13</b>	

CICLO	Pressione		Moduli dilatometrici			
	bar		1° trasduttore	2° trasduttore	3° trasduttore	media trasduttori
	min	max	Moduli di deformazione Mpa			
1°	9,1	20,1	7.093	8.466	7.953	7.837
2°	10,2	34,2	11.686	11.227	10.604	11.172
3°	9,9	65,9	18.818	15.182	17.351	17.117
<b>Moduli di first loading Mpa</b>						
1°	9,1	20,1	7.093	8.466	7.953	7.837
2°	20,0	34,2	15.399	14.116	13.030	14.182
3°	34,1	65,9	23.709	17.243	20.505	20.486
<b>Moduli di reloading Mpa</b>						
1°	0,0	0,0	0	0	0	
2°	10,2	20,0	8.660	8.660	8.350	8.557
3°	9,9	39,0	14.804	13.122	14.434	14.120
<b>Moduli di unloading Mpa</b>						
1°	20,1	10,2	10.269	9.448	10.269	9.996
2°	34,2	9,9	18.117	13.483	16.564	16.055
3°	65,9	10,1	21.472	19.018	24.653	21.715

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

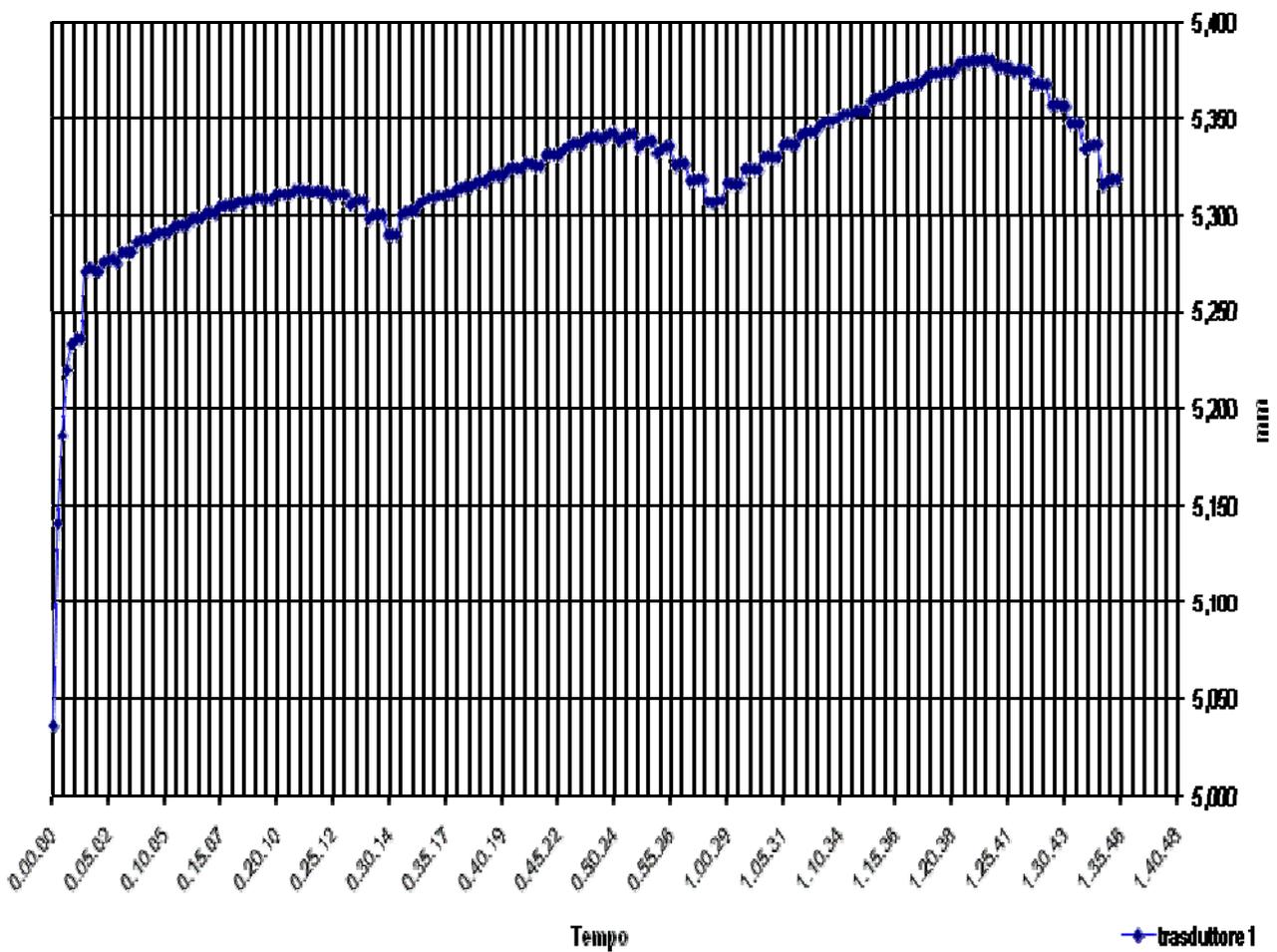
<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.		Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE)	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB4	Fluido impiegato: Acqua	
Diametro foro: 96 mm	<input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5μ		
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1	Data:24/04/13

### Trasduttore 1

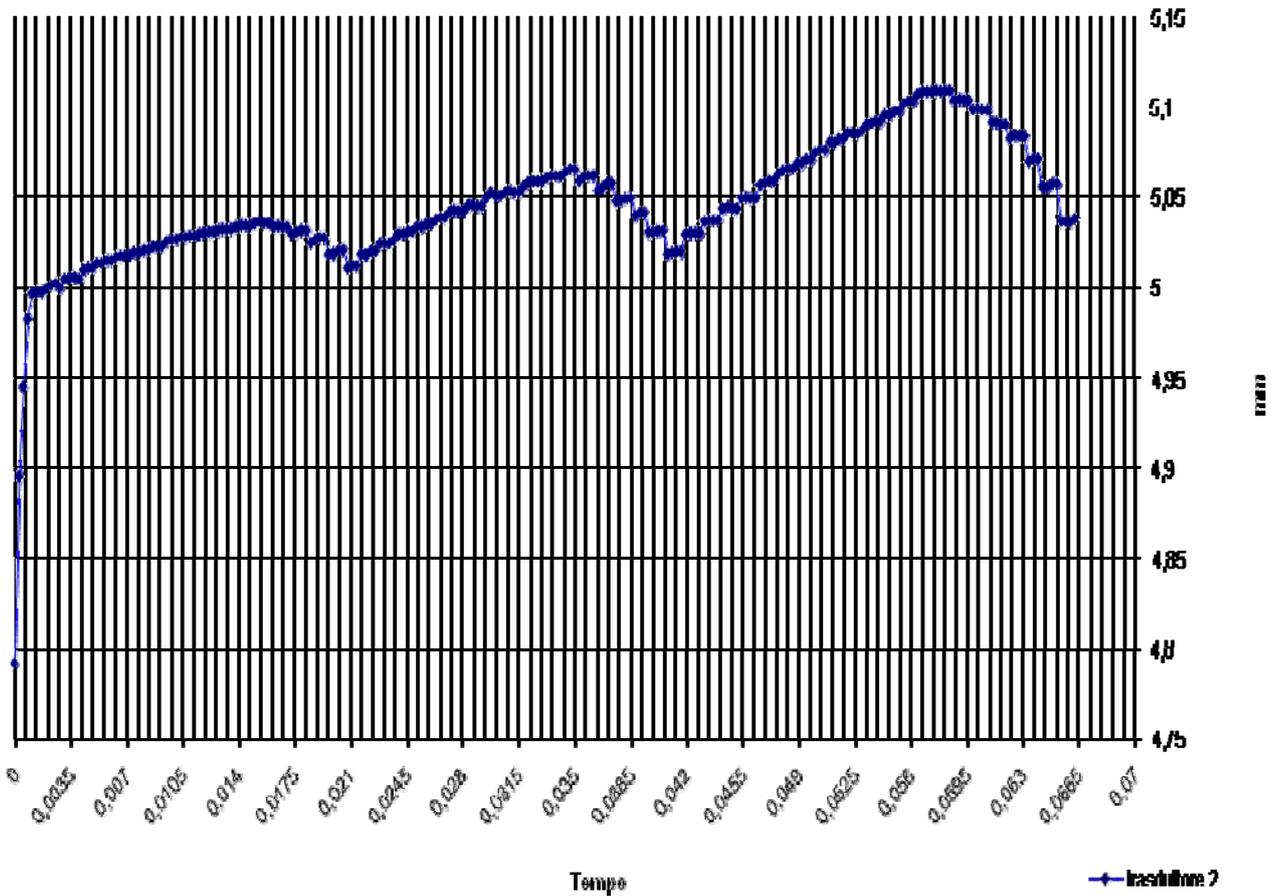


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE)
N° Documento:	1-1

Sondaggio: FB4	<input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm	Cementazione:	
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5 $\mu$		
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1	Data:24/04/13

**Trasduttore 2**

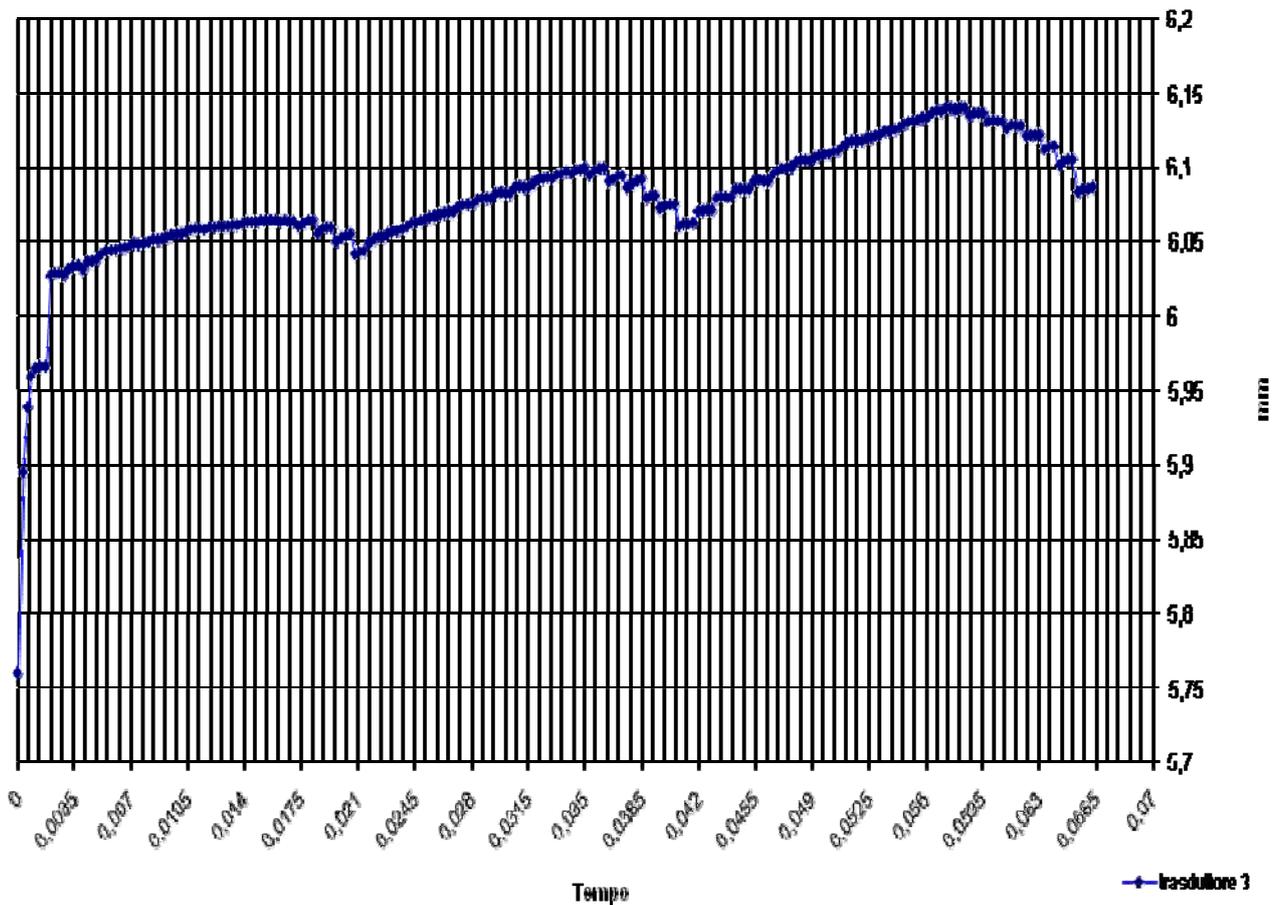


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.		Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE)	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB4	Fluido impiegato: Acqua	
Diametro foro: 96 mm	<input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ		
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1	Data: 24/04/13

### Trasduttore 3

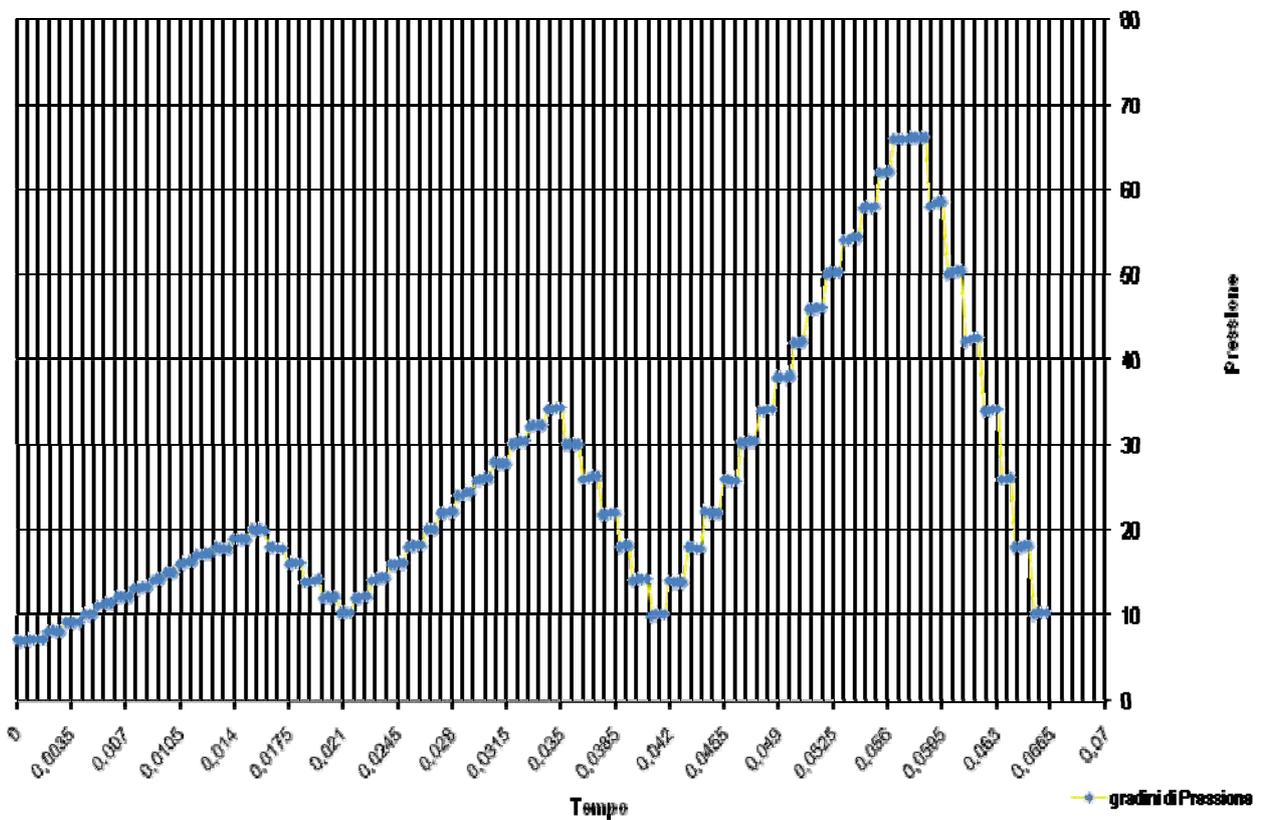


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE) N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB4	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm <input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: 10,50	
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ	
Profondità della prova al centro strumento: 10,50 m	N° prova: 1 Data:24/04/13

grafico Pressione / tempo



**POINT LOAD TEST DIAMETRALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 06/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 1 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB4	3,70	Calcere marnoso	Diametricale	125	79	79	79	82	1,905	2,341
FB4	5,80	Calcere marnoso	Diametricale	110	63,5	63,5	63,5	106	3,812	4,245
FB4	9,90	Calcere marnoso	Diametricale	122	63,5	63,5	63,5	114	4,099	4,565
FB4	12,75	Calcere marnoso	Diametricale	103	63,5	63,5	63,5	90	3,236	3,604
FB4	16,90	Calcarenite	Diametricale	190	63,5	63,5	63,5	130	4,675	5,206
FB4	20,30	Calcere marnoso	Diametricale	98	63,5	63,5	63,5	88	3,164	3,524
FB4	24,80	Calcere marnoso	Diametricale	175	63,5	63,5	63,5	115	4,135	4,605
FB4	28,80	Calcere marnoso	Diametricale	190	63,5	63,5	63,5	92	3,308	3,684
FB4	30,75	Calcere marnoso	Diametricale	220	63,5	63,5	63,5	130	4,675	5,206
FB4	35,30	Calcere marnoso	Diametricale	95	63,5	63,5	63,5	102	3,668	4,084
FB4										

Legenda: D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove diametriche De = D

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / D_e^2$  145 = costante strumentale

$I_{s(50)} = (D/50)^{0.45} I_s$

I<sub>s</sub>(50) medio = 4,131      I<sub>a</sub>(50) = 1,229 (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50) medio diametriche e assiali)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):  
 Media = 4,106      Varianza = 0,753      Deviazione standard = 0,868

**POINT LOAD TEST ASSIALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 06/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 2 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB4	4,20	Calcere marnoso	assiale	58	63,5	58	68,5	45	1,391	1,602
FB4	5,45	Calcere marnoso	assiale	67	63,5	67	73,6	80	2,140	2,547
FB4	8,90	Calcere marnoso	assiale	60	63,5	60	69,7	115	3,436	3,989
FB4	10,90	Calcere marnoso	assiale	55	63,5	55	66,7	90	2,933	3,339
FB4	13,25	Calcarenite	assiale	64	63,5	64	72,0	98	2,745	3,233
FB4	17,75	Calcere marnoso	assiale	54	63,5	54	66,1	105	3,485	3,952
FB4	20,60	Calcere marnoso	assiale	56	63,5	56	67,3	132	4,225	4,830
FB4	23,00	Calcere marnoso	assiale	60	63,5	60	69,7	84	2,510	2,914
FB4	25,70	Calcere marnoso	assiale	59	63,5	59	69,1	120	3,646	4,217
FB4	29,90	Calcere marnoso	assiale	55	63,5	55	66,7	74	2,412	2,746

**Legenda:** D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove assiali  $De = (4WD/\pi)^{0,5}$

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / De^2$     145 = costante strumentale

$I_{s(50)} = (D/50)^{0,45} I_s$

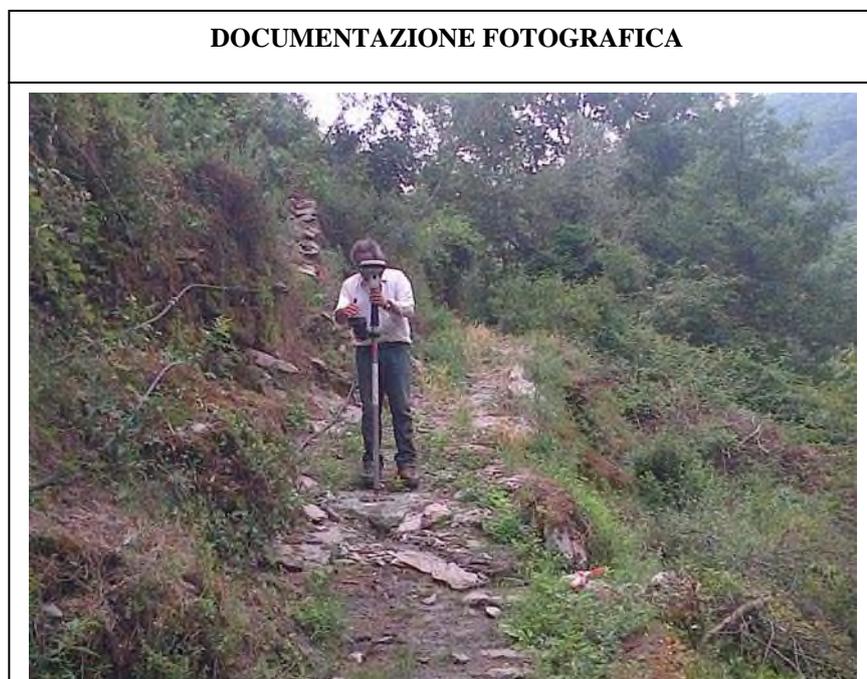
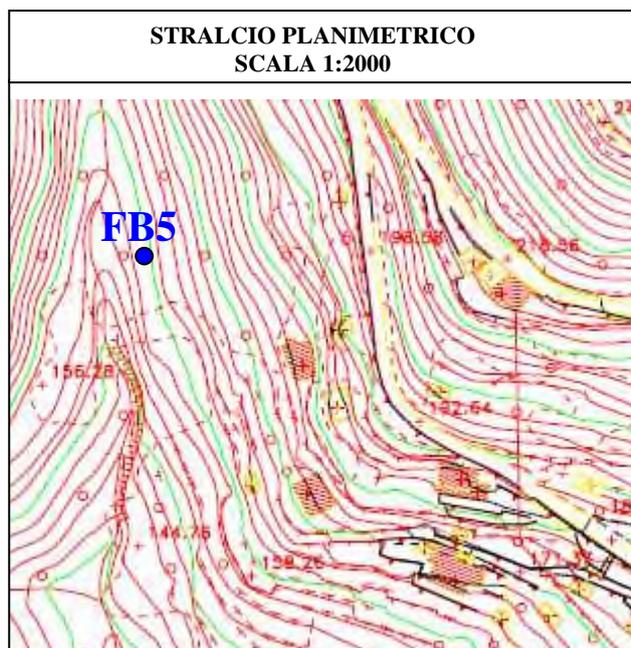
**I<sub>s</sub>(50) medio = 3,362**    **I<sub>a</sub>(50) = 1,229** (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50) medio diametrali e assiali)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):

Media = 3,337    Varianza = 0,886    Deviazione standard = 0,941

<b>SPEA INGEGNERIA EUROPEA S.P.A.</b>	
<b>COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12-Lotto 1</b>	
<b>RILIEVO TOPOGRAFICO UBICAZIONE PUNTO D'INDAGINE</b>	
<b>SONDAGGIO FB5</b>	
Località: Arboccò – Comune di Rapallo	Data: lug 2013

<b>COORDINATE GAUSS-BOAGA</b>	<b>E = 1515119.485    N = 4914461.290</b>
<b>COORDINATE RETTILINEE</b>	<b>X = 82550.897    Y = 10700.196</b>
<b>COORDINATE WGS 84</b>	<b>Long. = 9°11'22,160"    Lat. = 44°22'59,231"</b>
<b>QUOTA m.s.l.m</b>	<b>159.011</b>



Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A. cod.commissa: 1303I008	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

R v	LITOLOGIA	metri batt.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test			RP	prove in foro	Campioni	Prel. % 0 --- 100	Cass.	metri	RQD % 0 --- 100	Pz
						m	S.P.T.	N								
			0,45	0,45	Sabbia medio-fine limosa colore marrone, con vegetali e clasti eterometrici angolari calcareo marnosi alterati con patine di ossidazione marroni, debolmente umida.						CA1) Rim- <sup>0,10</sup> <sub>0,50</sub> CA2) Rim- <sup>1,20</sup> <sub>1,60</sub> CR1) Rim- <sup>2,30</sup> <sub>2,65</sub>			1		
			3,30	2,85	Blocchi e clasti eterometrici angolari calcareo marnosi grigiastri ,alterati con patine di ossidazione marroni e giallastre, con limo sabbioso colore marrone debolmente umido.						CR2) Rim- <sup>5,50</sup> <sub>5,90</sub>			2		
					Calcareo marnoso e marna calcarea colore grigio scuro, grana medio-fine, durezza medio-soffice, con venature e noduli di calcite biancastra.					Dilatometrica 6,00 m				3		
					Intercalazioni argillitiche nerastre, fissili da 11,90 m a 12,00 m e da 12,30 m a 12,40 m.									4		
					Da 3,00 m a 4,30 m livello di calcarenite fine, colore grigio chiaro ,a grana media e media durezza, a struttura laminata, con frattura subverticale a 3,30 m.									5		
					Fino a 9,60 m la roccia è moderatamente alterata con fratture naturali da ravvicinate a distanziate a profilo piano-ondulato con inclinazioni variabili da pochi gradi a max 50°-60°, ossidate con patine rossastre e giallastre e locali riempimenti limoso sabbiosi marroni giallastri.					11,00 m	CR3) Rim- <sup>10,20</sup> <sub>10,55</sub>			6		
					Nel resto dell'orizzonte fratture prevalentemente di origine meccanica a profilo piano-ondulato con inclinazione media compresa tra 20° e 40°.					Lugeon				7		
					Da 9,00 m a 9,20 m livello intensamente fratturato con riempimento limoso-sabbioso .					13,15 m				8		
					Perdite parziali del fluido di perforazione.						CR4) Rim- <sup>15,35</sup> <sub>15,70</sub>			9		
														10		
											CA3) Rim- <sup>19,60</sup> <sub>20,00</sub> CR5) Rim- <sup>20,15</sup> <sub>20,40</sub>			11		
					Da 21,00 m a 21,70 m livello a struttura marcatamente brecciata con presenza di sottili interstrati argillitici nerastri e fratture naturali ravvicinate ossidate con patine giallastre e rossastre.									12		
					( Perdita parziale del fluido di perforazione). A partire da questa quota rilevata presenza di falda in pressione con fuoriuscita costante a p.c.						CR6) Rim- <sup>25,05</sup> <sub>25,40</sub>			13		
														14		
														15		
														16		
														17		
														18		
														19		
														20		
														21		
														22		
														23		
														24		
														25		
														26		
														27		
														28		
														29		
														30		
														31		
											CR7) Rim- <sup>30,45</sup> <sub>30,75</sub>			32		
														33		
														34		
														35		
														36		
														37		
														38		
											CR8) Rim- <sup>37,70</sup> <sub>38,00</sub>			39		
														40		
			40,00	36,70										40		

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A. cod.commissa: 1303I008	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

DATA INIZIO: 14/05/13 DATA FINE : 17/05/13

MACCHINA PERFORATRICE: CMF 450

UTENSILI PERFORAZIONE:

- carotiere semplice  $\varnothing$  101 mm da 0,00 m a 0,50 m perforazione a carotaggio a secco
- carotiere doppio  $\varnothing$  101 T6 con corona diamantata da 0,50 m a 3,80 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua
- carotiere doppio  $\varnothing$  96 mm HQ (metodo wire-line) con corona diamantata da 3,80 m a 40,00 m perforazione a carotaggio con circolazione d'acqua

RIVESTIMENTO:

- $\varnothing$  127 mm da mt. 0,00 a mt. 3,00

INSTALLAZIONI:

Piezometro a tubo aperto in pvc  $\varnothing$  2" a mt. 45,00, tratto finestrato da mt. 3,00 a mt. 40,00

PROVE IN FORO:

S.P.T. eseguite con aste  $\varnothing$  50 mm peso 8 Kg al metro ,maglio peso 63,5 Kg, altezza di caduta 76 cm, punta (vedi colonna stratigrafica Pt A=aperta C=chiusa)

- Lugeon da mt. 11,00 a 13,15 m
- Dilatometrica centro prova a 6,00 m

QUOTE INIZIO E FINE MANOVRE DI CAROTAGGIO:

0,50 - 0,70 - 2,00 - 2,85 - 3,80 - 5,00 - 7,45 - 10,00 - 11,00 - 13,15 - 16,00 - 19,00 - 20,75 - 21,30 - 22,35 - 25,40 - 28,20 - 30,00 - 32,00 - 32,80 - 33,90 - 35,90 - 37,70

NOTE:

Legenda colonna campioni: Rim (campione rimaneggiato) Campioni ambientali: CA1 0,00-0,45 m, CA2 1,10-1,60 m, CA3 19,60-20,00 m

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	15/05/13	16/05/13	17/05/13	20/05/13						
Ora	sera	mattina	sera	mattina						
Livello dell'acqua (m)	6,60	8,20	a p.c.	a p.c.						
Prof. perforazione(m)	14,00	14,00	30,00	30,00						
Prof. rivestimento(m)	12,00	12,00	27,00	27,00						



Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 1 da 0.00 m a 5.00 m



cassa 2 da 5.00 m a 10.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arbocò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 3 da 10.00 m a 15.00 m



cassa 4 da 15.00 m a 20.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 5 da 20.00 m a 25.00 m



cassa 6 da 25.00 m a 30.00 m

Riferimento: SPEA Ingegneria Europea S.P.A.      cod.commissa:	Sondaggio: FB5
Località: Collegamento tra Val Fontanabuona e Autostrada A12 - Arboccò (GE)	Quota: 159,011 m/slm
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l.	Data: 20/05/2013
Coordinate: Gauss-Boaga E 1515119,485 N 4914461,290	Redattore: Geol. Marcello Delsoldato
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



cassa 7 da 30.00 m a 35.00 m



cassa 8 da 35.00 m a 40.00 m



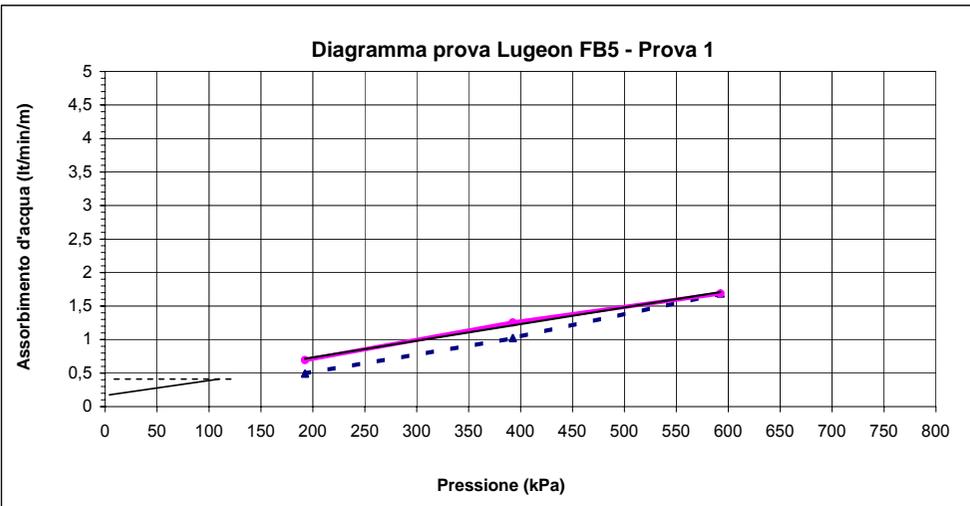
Via Trieste, 6 17047 VADO LIGURE (SV) Tel. 019 880440

<b>COMMITTENTE:</b> SPEA Ingegneria Europea S.p.a		<b>PROVA DI PERMEABILITA' "LUGEON" in avanzamento</b>		
<b>CANTIERE:</b> Indagini geognostiche Collegamento Valfontanabuona/A12		Pressione dell'otturatore (atm):	15	DATA: 15/05/2013
<b>CODICE LAVORO:</b> 13031008		Tratto di prova (da m a m dal p.c.):	11,00      13,15	SONDAGGIO N° FB5
		Diametro del tratto in prova (mm):	96	PROVA N° 1
		Altezza dell'acqua nel foro (m dal p.c.):	8,50	SCHEDA N° 1

**ANDAMENTO DELLA PROVA**

Pressioni manometro	1° Gradino (bar)	1,0	2° Gradino (bar)	3,0	3° Gradino (bar)	5,0	4° Gradino (bar)	3,0	5° Gradino (bar)	1,0
Pressione effettiva a centro prova	1° Gradino (Kpa)	192,5	2° Gradino (Kpa)	392,5	3° Gradino (Kpa)	592,5	4° Gradino (Kpa)	392,5	5° Gradino (Kpa)	192,5
tempo min	Letture contatore mc	Acqua assorbita lt								
0	13,8070	0	13,8220	0	13,8505	0	13,8910	0	13,9210	0
10	13,8176	10,6	13,8440	22,0	13,8868	36,3	13,9180	27,0	13,9359	14,9
Acqua assorbita (lt/min/m):	0,493		1,023		1,688		1,256		0,693	
Portata Q (mc/sec):	1,8E-05		3,7E-05		6,1E-05		4,5E-05		2,5E-05	

Permeabilità $K=Q/(Fh)$  Fattore di forma $F = \frac{3\pi L}{\ln\left(\frac{1,5L}{D} + \sqrt{1 + \left(\frac{1,5L}{D}\right)^2}\right)}$  Correzione di pressione $P = P_m + \gamma(h-h_c)$	<b>Legenda</b> Q : Portata assorbita (l/min) F : Fattore di forma (m) h : Altezza del carico d'acqua (m) hc : (*) Perdita di carico nel circuito (mm/m di c.a.) L : Lunghezza del tratto di prova (m) D : Diametro del tratto di prova (m) Pm : Pressione al manometro (bar) γ : peso specifico dell'acqua (t/mc) hm : altezza manometro (*) = perdite di carico per attrito tra acqua e tubazione (mm di acqua)		<b>DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' PER OGNI GRADINO DI PRESSIONE</b>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>P (kPa)</th> <th>k (U.L.)</th> <th>k (m/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>192,5</td> <td>1,9</td> <td>1,9E-07</td> </tr> <tr> <td>392,5</td> <td>1,9</td> <td>1,9E-07</td> </tr> <tr> <td>592,5</td> <td>2,1</td> <td>2,1E-07</td> </tr> <tr> <td>392,5</td> <td>2,4</td> <td>2,4E-07</td> </tr> <tr> <td>192,5</td> <td>2,7</td> <td>2,7E-07</td> </tr> </tbody> </table> <p>                     hm (m) = 0,75                      L (m) = 2,15                      F (m) = 4,82                 </p>		P (kPa)	k (U.L.)	k (m/sec)	192,5	1,9	1,9E-07	392,5	1,9	1,9E-07	592,5	2,1	2,1E-07	392,5	2,4	2,4E-07	192,5
P (kPa)	k (U.L.)	k (m/sec)																
192,5	1,9	1,9E-07																
392,5	1,9	1,9E-07																
592,5	2,1	2,1E-07																
392,5	2,4	2,4E-07																
192,5	2,7	2,7E-07																



<b>DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' CON METODO GRAFICO</b> Estrapolazione grafica determinata sul ciclo di scarico	
PERMEABILITA' in unità Lugeon (uL) :	2,20
COEFF. DI PERMEABILITÀ k (m/sec) :	2,20E-07

--- Gradini di pressione in andata  
— Gradini di pressione in ritorno  
— Linea di interpolazione

Elaborazione	Data	Verifica	Data
Dr.M.Delsoldato		Dr. E. Isetta	

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ACQUISIZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5μ</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

N°	1° CICLO				2° CICLO				3° CICLO			
	P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori			P (bar)	trasduttori		
		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)		1° (mm)	2° (mm)	3° (mm)
1	5,9	5,019	4,918	5,747	14,2	5,111	5,047	5,916	18,0	5,125	5,064	5,935
2	8,0	5,096	5,026	5,897	18,0	5,116	5,052	5,922	26,0	5,132	5,072	5,942
3	10,0	5,101	5,032	5,902	22,1	5,120	5,057	5,927	34,0	5,139	5,079	5,949
4	12,0	5,104	5,036	5,907	26,3	5,124	5,062	5,932	42,0	5,145	5,086	5,955
5	13,9	5,107	5,040	5,911	30,2	5,128	5,067	5,937	50,1	5,151	5,092	5,961
6	16,0	5,110	5,043	5,914	34,0	5,131	5,071	5,942	57,9	5,156	5,098	5,968
7	18,1	5,112	5,046	5,917	37,9	5,135	5,076	5,946	64,1	5,162	5,104	5,973
8	20,0	5,115	5,048	5,920	42,1	5,139	5,081	5,950	71,9	5,167	5,110	5,979
9	22,2	5,117	5,050	5,923	46,0	5,142	5,085	5,954	80,2	5,172	5,117	5,985
10	24,2	5,118	5,052	5,925	49,9	5,145	5,089	5,958	88,1	5,177	5,123	5,990
11	26,0	5,119	5,054	5,927	41,8	5,144	5,086	5,955	72,1	5,175	5,119	5,987
12	21,9	5,118	5,053	5,925	34,0	5,140	5,083	5,950	57,9	5,170	5,112	5,982
13	17,8	5,116	5,050	5,921	26,0	5,135	5,077	5,944	41,8	5,161	5,103	5,975
14	13,9	5,111	5,046	5,916	18,0	5,127	5,068	5,936	25,8	5,148	5,090	5,961
15	9,9	5,105	5,039	5,909	10,1	5,115	5,054	5,924	9,9	5,130	5,068	5,941
16												
17												
18												
19												
20												



FB5 - da 5,00 a 7,00 m

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	

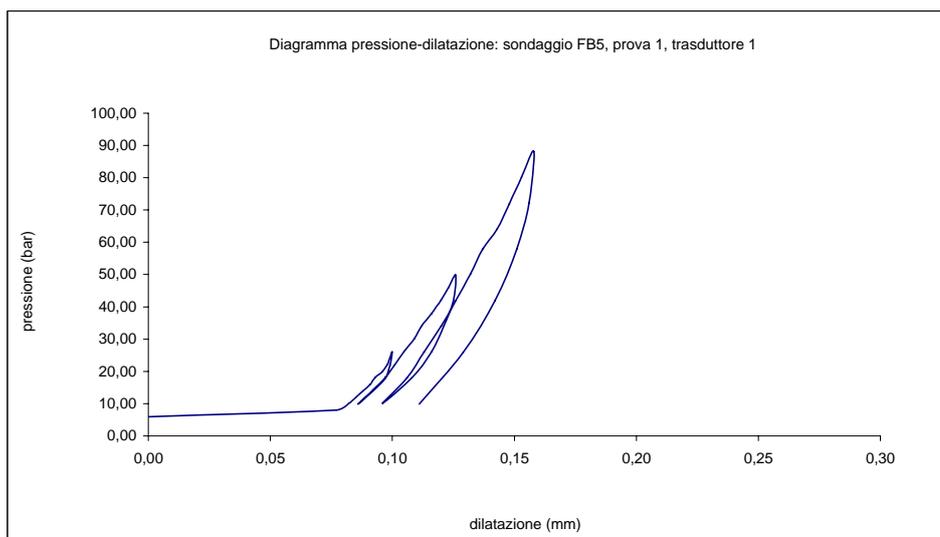
Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 1.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 1303I008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arbocò (GE) N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB5	Metodo di perforazione: Carotaggio	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	<input type="checkbox"/> Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m	N° prova: 1	Trasduttore: 1
		Data: 17/05/13



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,340) = 238$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	21.187
9,9	49,9	23.835
10,1	88,1	29.986

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,9	26,3	20.573
10,1	50,1	26.483

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	21.187
26,3	49,9	26.786
50,1	88,1	34.836

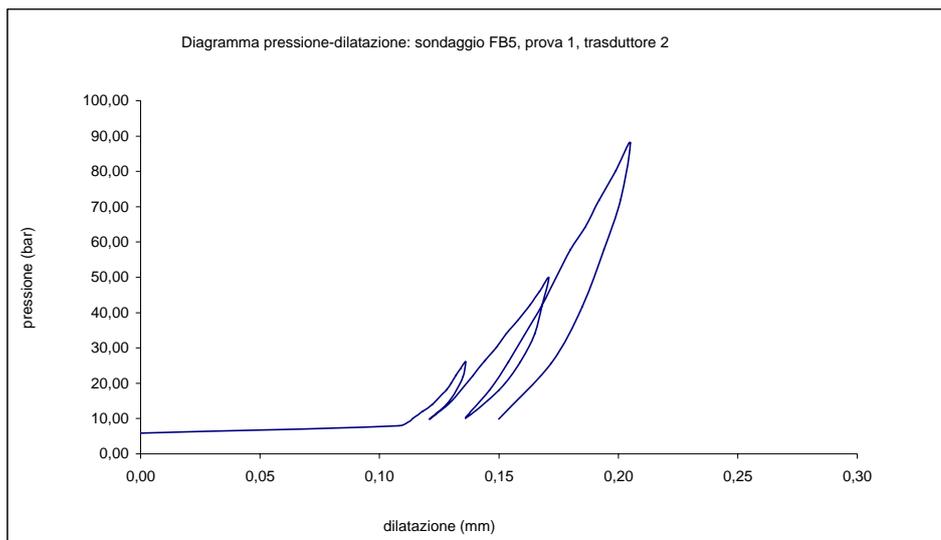
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
26,0	9,9	27.410
49,9	10,1	31.621
88,1	9,9	35.844

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 2.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente:</b> Spea Ingegneria Europea S.p.A.	<b>Cod. lavoro:</b> 1303I008
<b>Cantiere:</b> Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	<b>N° Documento:</b> 1-1

<b>Sondaggio:</b> FB5	<b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio	<b>Fluido impiegato:</b> Acqua
<b>Diametro foro:</b> 101 mm	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento:</b> 127 mm a 3,0 m	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		
<b>Dilatometro:</b> Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di $\pm 0,1$		
<b>Profondità della prova al centro strumento:</b> 6,0 m	<b>N° prova:</b> 1	<b>Trasduttore:</b> 2
		<b>Data:</b> 17/05/13



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,340) = 238$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	17.334
9,9	49,9	19.068
10,1	88,1	26.944

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,9	26,3	16.995
10,1	50,1	25.089

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	17.334
26,3	49,9	20.833
50,1	88,1	29.217

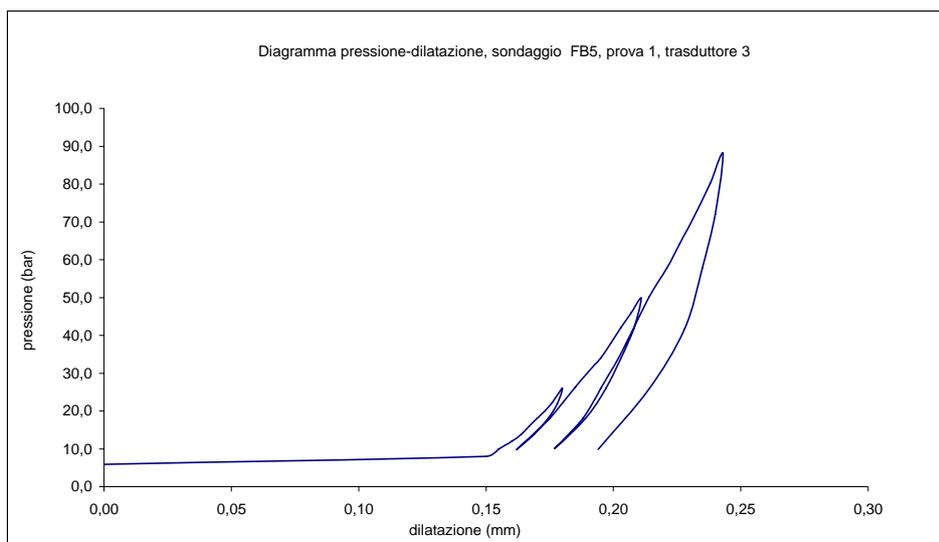
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
26,0	9,9	25.583
49,9	10,1	27.104
88,1	9,9	33.889

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 3.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 101 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\pm 0,1</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Trasduttore: 3</b>
		<b>Data: 17/05/13</b>



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,340) = 238$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	15.254
9,9	49,9	19.457
10,1	88,1	28.169

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,9	26,3	16.995
10,1	50,1	25.767

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	15.254
26,3	49,9	21.635
50,1	88,1	31.232

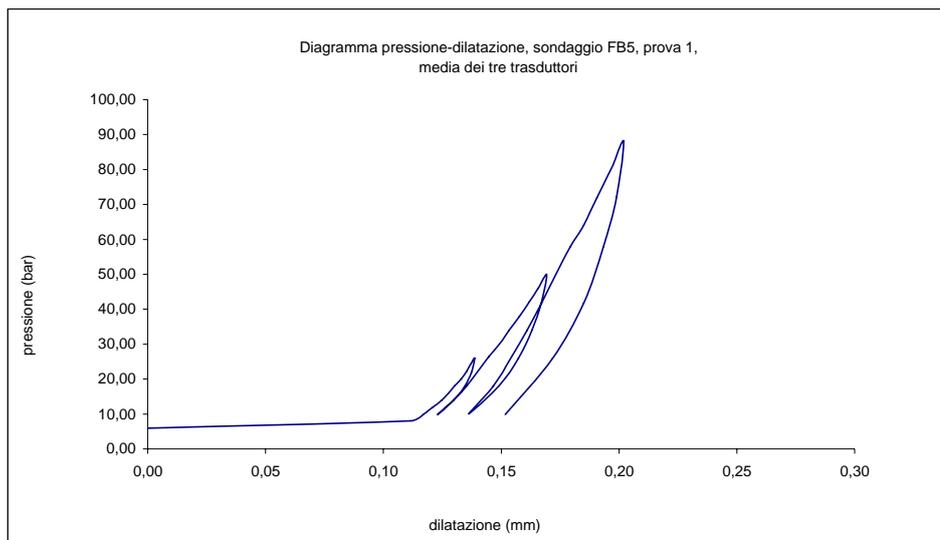
CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
26,0	9,9	21.319
49,9	10,1	27.901
88,1	9,9	38.039

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag. 4.4
	<b>PROVA DILATOMETRICA - ELABORAZIONE</b>	

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 101 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<input type="checkbox"/> <b>Cementazione:</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di <math>\pm 0,1</math></b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Media dei tre trasduttori</b>
<b>Data: 17/05/13</b>		



Modulo Dilatometrico:  $[2(1+\nu)D_0] \Delta p / \Delta D$

- $\nu$  = modulo di Poisson = 0.25  
 $D_0$  = diametro guaina a riposo (90 mm) + espansione media sui tre trasduttori necessaria a raggiungere l'aderenza con le pareti del foro.  
 $\Delta D$  = differenza tra l'espansione massima e minima del trasduttore nel corso del ciclo in oggetto.  
 $\Delta p$  = differenza tra la pressione massima e minima del ciclo in oggetto (in Mpa)  
 $[2(1+\nu) D_0] = 2(1+0.25)(90+5,340) = 238$   
 Formula di conversione: 1 bar = 0.1 Mpa

CICLO DI CARICO		MODULO DI DEFORMAZIONE
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	17.925
9,9	49,9	20.787
10,1	88,1	28.366

CICLO DI CARICO		MODULO DI RELOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
9,9	26,3	18.188
10,1	50,1	25.780

CICLO DI CARICO		MODULO DI FIRST LOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
10,0	26,0	17.925
26,3	49,9	23.085
50,1	88,1	31.762

CICLO DI SCARICO		MODULO DI UNLOADING
Inizio (bar)	Fine (bar)	E (Mpa)
26,0	9,9	24.771
49,9	10,1	28.875
88,1	9,9	35.924

Elaborazione	Data
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.00.00	5,7	4,869	4,767	5,431	
0.00.25	5,9	4,952	4,853	5,646	
0.00.50	6,1	4,999	4,891	5,715	
0.01.15	6,0	5,015	4,913	5,743	
0.01.40	6,1	5,018	4,917	5,746	
0.02.05	6,1	5,019	4,918	5,747	
0.02.30	6,1	5,019	4,918	5,747	
0.02.55	8,0	5,096	5,026	5,897	
0.03.20	8,0	5,098	5,026	5,898	
0.03.45	8,0	5,098	5,027	5,900	
0.04.10	8,0	5,098	5,027	5,900	
0.04.35	10,0	5,101	5,032	5,902	
0.05.00	10,1	5,102	5,032	5,903	
0.05.25	10,1	5,102	5,033	5,904	
0.05.50	10,1	5,102	5,033	5,904	
0.06.15	12,0	5,104	5,036	5,907	
0.06.40	11,9	5,103	5,036	5,907	
0.07.05	12,0	5,104	5,037	5,908	
0.07.30	12,0	5,105	5,037	5,908	
0.07.55	13,9	5,107	5,040	5,911	
0.08.20	13,8	5,108	5,041	5,912	
0.08.45	13,9	5,109	5,041	5,913	
0.09.10	13,9	5,109	5,041	5,913	
0.09.35	16,0	5,110	5,043	5,914	
0.10.00	16,1	5,110	5,044	5,914	
0.10.25	16,1	5,111	5,044	5,915	
0.10.50	16,1	5,111	5,044	5,915	
0.11.15	18,1	5,112	5,046	5,917	
0.11.40	18,1	5,112	5,046	5,917	
0.12.05	18,0	5,113	5,047	5,918	
0.12.30	18,1	5,113	5,047	5,918	
0.12.55	20,0	5,115	5,048	5,920	
0.13.20	19,8	5,115	5,048	5,920	
0.13.45	20,0	5,116	5,049	5,921	
0.14.10	20,0	5,116	5,049	5,921	
0.14.35	22,2	5,117	5,050	5,923	
0.15.00	22,1	5,117	5,051	5,923	
0.15.25	22,3	5,118	5,051	5,925	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.15.50	22,3	5,118	5,051	5,925	
0.16.15	24,2	5,118	5,052	5,925	
0.16.40	24,1	5,118	5,053	5,926	
0.17.05	24,2	5,119	5,053	5,926	
0.17.30	24,2	5,119	5,053	5,926	
0.17.55	26,0	5,119	5,054	5,927	
0.18.20	25,8	5,119	5,055	5,927	
0.18.45	26,0	5,120	5,055	5,928	
0.19.10	26,0	5,120	5,055	5,928	
0.19.35	21,9	5,118	5,053	5,925	
0.20.00	22,0	5,119	5,053	5,925	
0.20.25	22,0	5,118	5,053	5,924	
0.20.50	22,0	5,118	5,053	5,924	
0.21.15	17,8	5,116	5,050	5,921	
0.21.40	18,0	5,117	5,050	5,920	
0.22.05	18,0	5,117	5,050	5,919	
0.22.30	18,0	5,117	5,050	5,919	
0.22.55	13,9	5,111	5,046	5,916	
0.23.20	13,8	5,111	5,047	5,915	
0.23.45	13,9	5,111	5,046	5,914	
0.24.10	13,9	5,111	5,046	5,914	
0.24.35	9,9	5,105	5,039	5,909	
0.25.00	9,9	5,105	5,040	5,910	
0.25.25	9,9	5,105	5,039	5,909	
0.25.50	9,9	5,105	5,039	5,909	
0.26.15	14,2	5,111	5,047	5,916	
0.26.40	14,3	5,112	5,047	5,917	
0.27.05	14,3	5,113	5,048	5,918	
0.27.30	14,3	5,113	5,048	5,918	
0.27.55	18,0	5,116	5,052	5,922	
0.28.20	18,1	5,117	5,053	5,924	
0.28.45	18,2	5,118	5,053	5,925	
0.29.10	18,2	5,118	5,053	5,925	
0.29.35	22,1	5,120	5,057	5,927	
0.30.00	22,0	5,121	5,057	5,928	
0.30.25	22,1	5,122	5,058	5,929	
0.30.50	22,1	5,122	5,058	5,929	
0.31.15	26,3	5,124	5,062	5,932	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.31.40	26,2	5,125	5,063	5,934	
0.32.05	26,3	5,126	5,064	5,935	
0.32.30	26,3	5,126	5,064	5,935	
0.32.55	30,2	5,128	5,067	5,937	
0.33.20	30,3	5,129	5,068	5,937	
0.33.45	30,2	5,130	5,069	5,938	
0.34.10	30,3	5,130	5,069	5,938	
0.34.35	34,0	5,131	5,071	5,942	
0.35.00	34,0	5,132	5,071	5,942	
0.35.25	34,1	5,132	5,072	5,944	
0.35.50	34,1	5,132	5,072	5,944	
0.36.15	37,9	5,135	5,076	5,946	
0.36.40	37,7	5,136	5,077	5,947	
0.37.05	37,9	5,137	5,077	5,948	
0.37.30	37,9	5,137	5,077	5,948	
0.37.55	42,1	5,139	5,081	5,950	
0.38.20	41,9	5,140	5,082	5,951	
0.38.45	42,1	5,140	5,083	5,952	
0.39.10	42,1	5,140	5,083	5,952	
0.39.35	46,0	5,142	5,085	5,954	
0.40.00	45,9	5,143	5,086	5,954	
0.40.25	45,9	5,143	5,086	5,956	
0.40.50	46,0	5,143	5,086	5,956	
0.41.15	49,9	5,145	5,089	5,958	
0.41.40	50,0	5,146	5,089	5,955	
0.42.05	50,0	5,146	5,090	5,956	
0.42.30	50,0	5,146	5,090	5,956	
0.42.55	41,8	5,144	5,086	5,955	
0.43.20	41,5	5,145	5,087	5,956	
0.43.45	41,7	5,145	5,087	5,955	
0.44.10	41,7	5,145	5,087	5,955	
0.44.35	34,0	5,140	5,083	5,950	
0.45.00	33,9	5,140	5,084	5,950	
0.45.25	34,0	5,140	5,083	5,949	
0.45.50	34,0	5,140	5,083	5,949	
0.46.15	26,0	5,135	5,077	5,944	
0.46.40	25,9	5,134	5,077	5,944	
0.47.05	26,0	5,134	5,077	5,942	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
0.47.30	26,0	5,134	5,077	5,942	
0.47.55	18,0	5,127	5,068	5,936	
0.48.20	17,8	5,127	5,069	5,937	
0.48.45	17,8	5,126	5,068	5,936	
0.49.10	17,8	5,126	5,068	5,936	
0.49.35	10,1	5,115	5,054	5,924	
0.50.00	10,0	5,116	5,055	5,928	
0.50.25	10,0	5,115	5,053	5,927	
0.50.50	10,0	5,115	5,053	5,927	
0.51.15	18,0	5,125	5,064	5,935	
0.51.40	18,3	5,126	5,065	5,937	
0.52.05	18,1	5,127	5,065	5,938	
0.52.30	18,3	5,127	5,065	5,938	
0.52.55	26,0	5,132	5,072	5,942	
0.53.20	25,9	5,134	5,073	5,945	
0.53.45	26,0	5,135	5,074	5,947	
0.54.10	26,0	5,135	5,074	5,947	
0.54.35	34,0	5,139	5,079	5,949	
0.55.00	34,2	5,141	5,080	5,952	
0.55.25	34,0	5,142	5,080	5,954	
0.55.50	34,2	5,142	5,080	5,954	
0.56.15	42,0	5,145	5,086	5,955	
0.56.40	42,0	5,147	5,088	5,957	
0.57.05	42,1	5,148	5,089	5,958	
0.57.30	42,1	5,148	5,089	5,958	
0.57.55	50,1	5,151	5,092	5,961	
0.58.20	50,0	5,153	5,094	5,964	
0.58.45	50,2	5,154	5,095	5,965	
0.59.10	50,2	5,154	5,095	5,965	
0.59.35	57,9	5,156	5,098	5,968	
1.00.00	58,1	5,157	5,099	5,970	
1.00.25	58,0	5,159	5,100	5,971	
1.00.50	58,1	5,159	5,100	5,971	
1.01.15	64,1	5,162	5,104	5,973	
1.01.40	64,1	5,164	5,105	5,974	
1.02.05	64,3	5,164	5,107	5,976	
1.02.30	64,3	5,164	5,107	5,976	
1.02.55	71,9	5,167	5,110	5,979	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
---	----------------------------------	--

**PROVA DILATOMETRICA DATI DI CAMPAGNA**

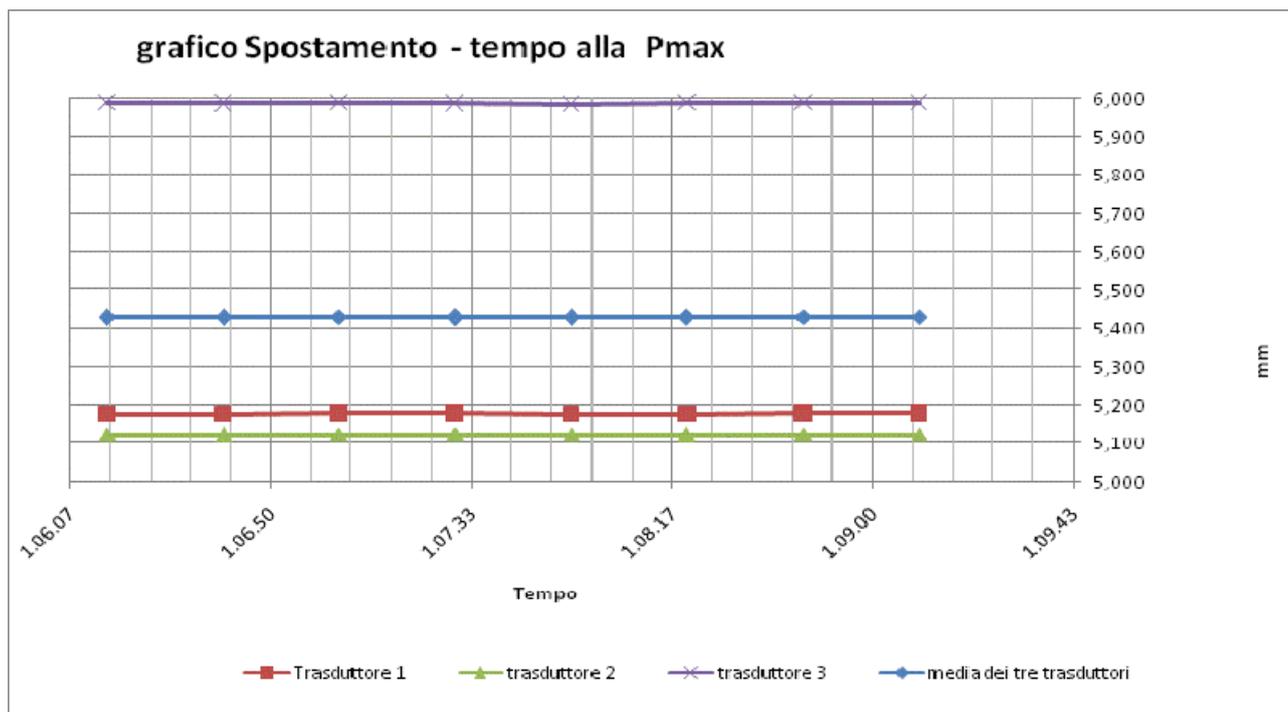
<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Note
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	
1.03.20	71,8	5,166	5,110	5,979	
1.03.45	71,9	5,166	5,110	5,977	
1.04.10	71,9	5,166	5,110	5,977	
1.04.35	80,2	5,172	5,117	5,985	
1.05.00	80,0	5,172	5,118	5,986	
1.05.25	80,0	5,171	5,117	5,985	
1.05.50	80,0	5,171	5,117	5,985	
1.06.15	88,1	5,177	5,123	5,990	
1.06.40	88,3	5,178	5,122	5,988	
1.07.05	88,2	5,179	5,123	5,990	
1.07.30	88,1	5,179	5,123	5,988	
1.07.55	88,3	5,177	5,124	5,986	
1.08.20	88,3	5,178	5,122	5,990	
1.08.45	88,3	5,179	5,123	5,990	
1.09.10	88,3	5,179	5,123	5,990	
1.09.35	72,1	5,175	5,119	5,987	
1.10.00	72,3	5,175	5,120	5,989	
1.10.25	72,3	5,175	5,118	5,988	
1.10.50	72,3	5,175	5,118	5,988	
1.11.15	57,9	5,170	5,112	5,982	
1.11.40	57,9	5,170	5,113	5,984	
1.12.05	58,0	5,169	5,111	5,982	
1.12.30	58,0	5,169	5,111	5,982	
1.12.55	41,8	5,161	5,103	5,975	
1.13.20	41,6	5,161	5,103	5,977	
1.13.45	41,8	5,160	5,102	5,975	
1.14.10	41,8	5,160	5,102	5,975	
1.14.35	25,8	5,148	5,090	5,961	
1.15.00	26,0	5,148	5,091	5,962	
1.15.25	26,1	5,147	5,090	5,960	
1.15.50	26,1	5,147	5,090	5,960	
1.16.15	9,9	5,130	5,068	5,941	
1.16.40	9,8	5,129	5,068	5,941	
1.17.05	9,9	5,129	5,068	5,939	
1.17.30	9,9	5,129	5,068	5,939	

<b>TERRA s.r.l.</b> Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	
<b>PROVA DILATOMETRICA - DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>		
<b>Committente: SPEA Ingegneria Europea s.p.a.</b>		<b>Cod. lavoro: 1303I008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>		
<b>Loc.: Arbocò (GE)</b>		
<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Metodo di perforazione: Carotaggio</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5m</b>		
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>		<b>N° prova: 1</b>
		<b>Data: 17/05/13</b>

Tempo	Pressione	Trasduttore 1°	Trasduttore 2°	Trasduttore 3°	Media
h:min:sec	bar	mm	mm	mm	mm
1.06.15	88,1	5,177	5,123	5,990	5,430
1.06.40	88,3	5,178	5,122	5,988	5,429
1.07.05	88,2	5,179	5,123	5,990	5,430
1.07.30	88,1	5,179	5,123	5,988	5,430
1.07.55	88,3	5,177	5,124	5,986	5,429
1.08.20	88,3	5,178	5,122	5,990	5,430
1.08.45	88,3	5,179	5,123	5,990	5,430
1.09.10	88,3	5,179	5,123	5,990	5,430

**DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO CON MASSIMA PRESSIONE APPLICATA**



<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA - MODULI</b>		

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>	<b>Cod. lavoro: 13031008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>
<b>N° Documento: 1-1</b>	

<b>Sondaggio: FB5</b>	<b>Fluido impiegato: Acqua</b>
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>
<b>Cementazione:</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>	
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>	
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>	<b>N° prova: 1</b>
	<b>Data: 17/05/13</b>

CICLO	Pressione		Moduli dilatometrici			
	bar		1° trasduttore	2° trasduttore	3° trasduttore	media trasduttori
	min	max	Moduli di deformazione Mpa			
1°	10,0	26,0	21.187	17.334	15.254	17.925
2°	9,9	49,9	23.835	19.068	19.457	20.787
3°	10,1	88,1	29.986	26.944	28.169	28.366
			Moduli di first loading Mpa			
1°	10,0	26,0	21.187	17.334	15.254	17.925
2°	26,3	49,9	26.786	20.833	21.635	23.085
3°	50,1	88,1	34.836	29.217	31.232	31.762
			Moduli di reloading Mpa			
1°	0,0	0,0	0	0	0	
2°	9,9	26,3	20.573	16.995	16.995	18.188
3°	10,1	50,1	26.483	25.089	25.767	25.780
			Moduli di unloading Mpa			
1°	26,0	9,9	27.410	25.583	21.319	24.771
2°	49,9	10,1	31.621	27.104	27.901	28.875
3°	88,1	9,9	35.844	33.889	38.039	35.924

<b>Preparato RCN</b>	<b>Data</b>
Dr. C. Cappelletti	21/5/13

Mod. 7.4.15 Ed. 02 Rev.00

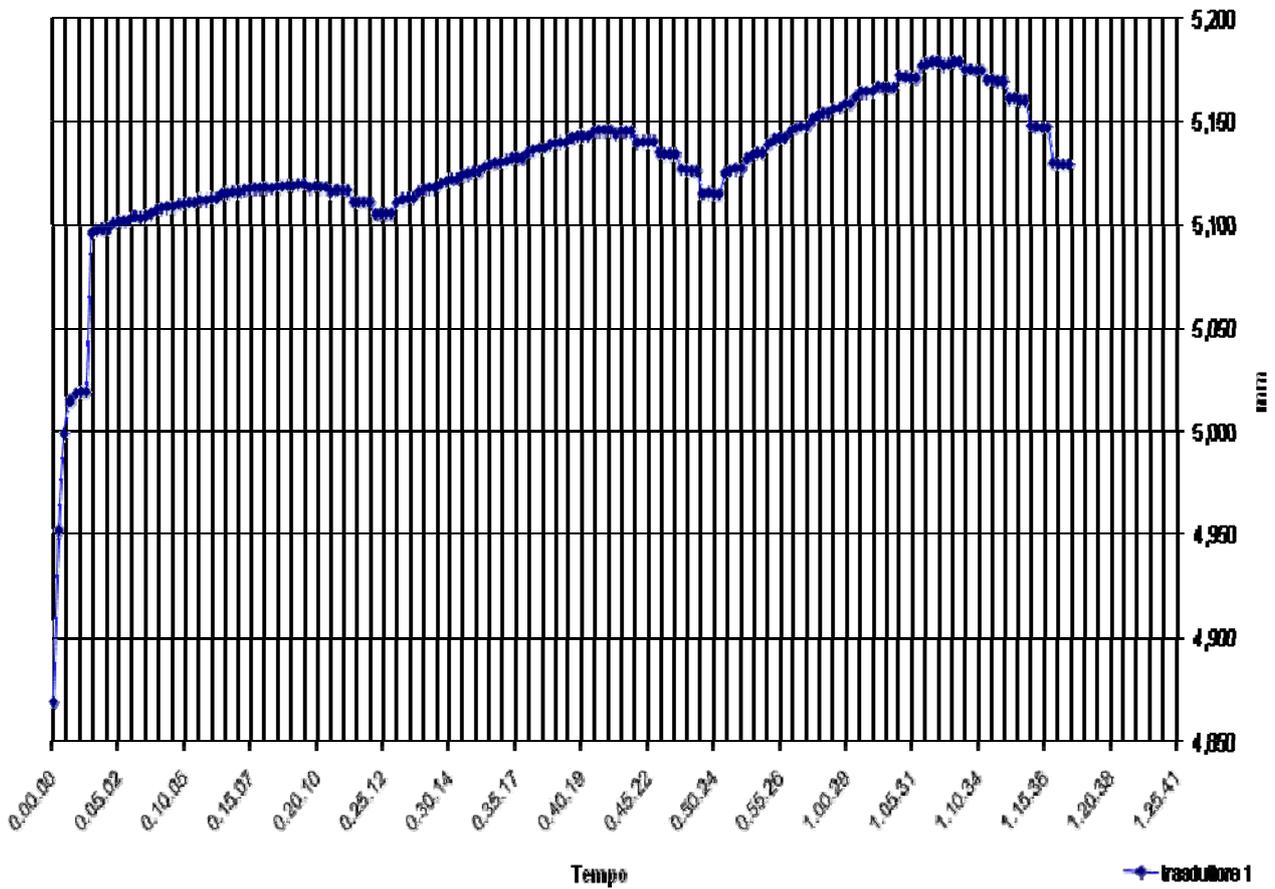
<b>Per la D.L.</b>	<b>Data</b>

<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
	<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>	

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.		Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE)	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB5	Fluido impiegato: Acqua	
Diametro foro: 96 mm	<input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ		
Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m	N° prova: 1	Data: 17/05/13

Trasduttore 1

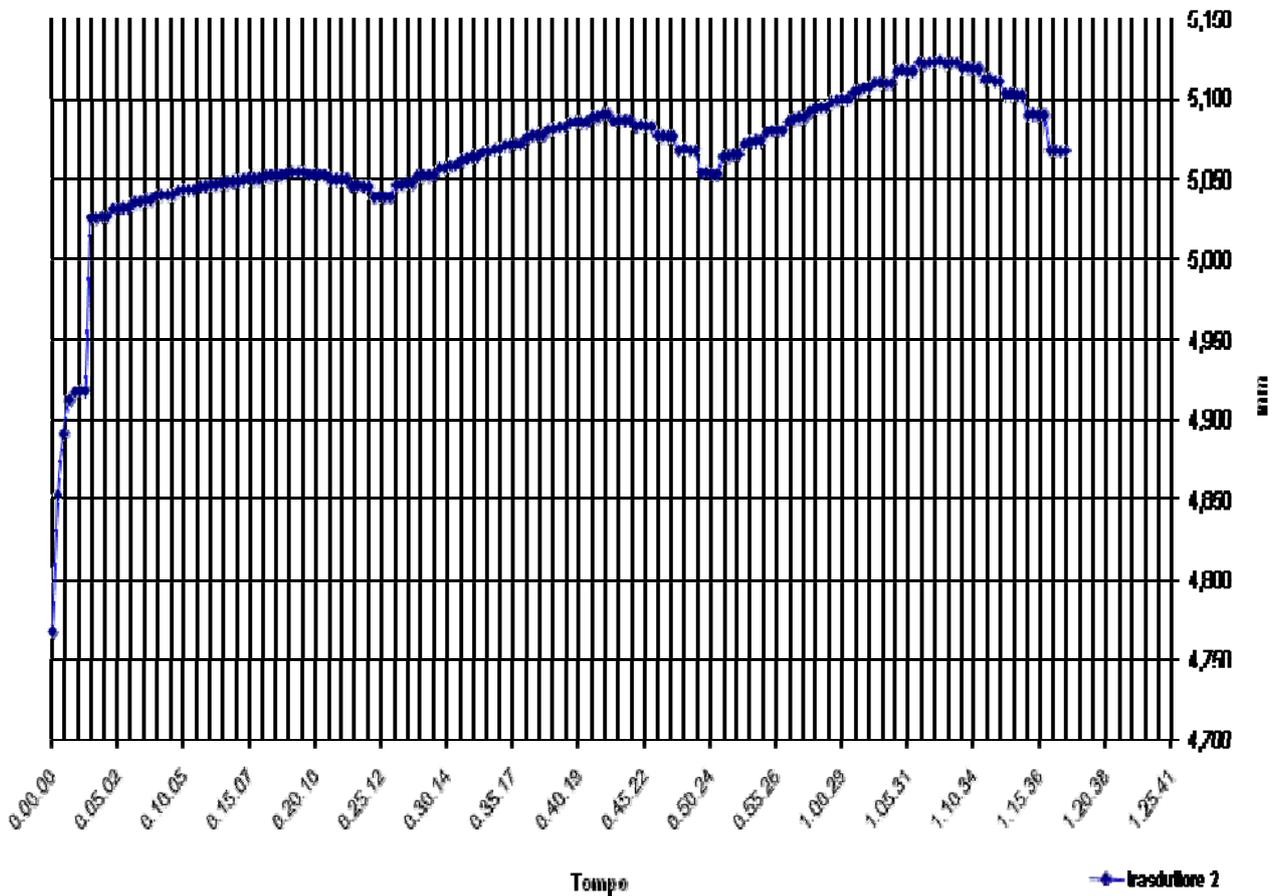


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>		

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.	Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE) N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB5	Fluido impiegato: Acqua
Diametro foro: 96 mm <input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.	
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5 $\mu$	
Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m	N° prova: 1 Data:17/05/13

Trasduttore 2

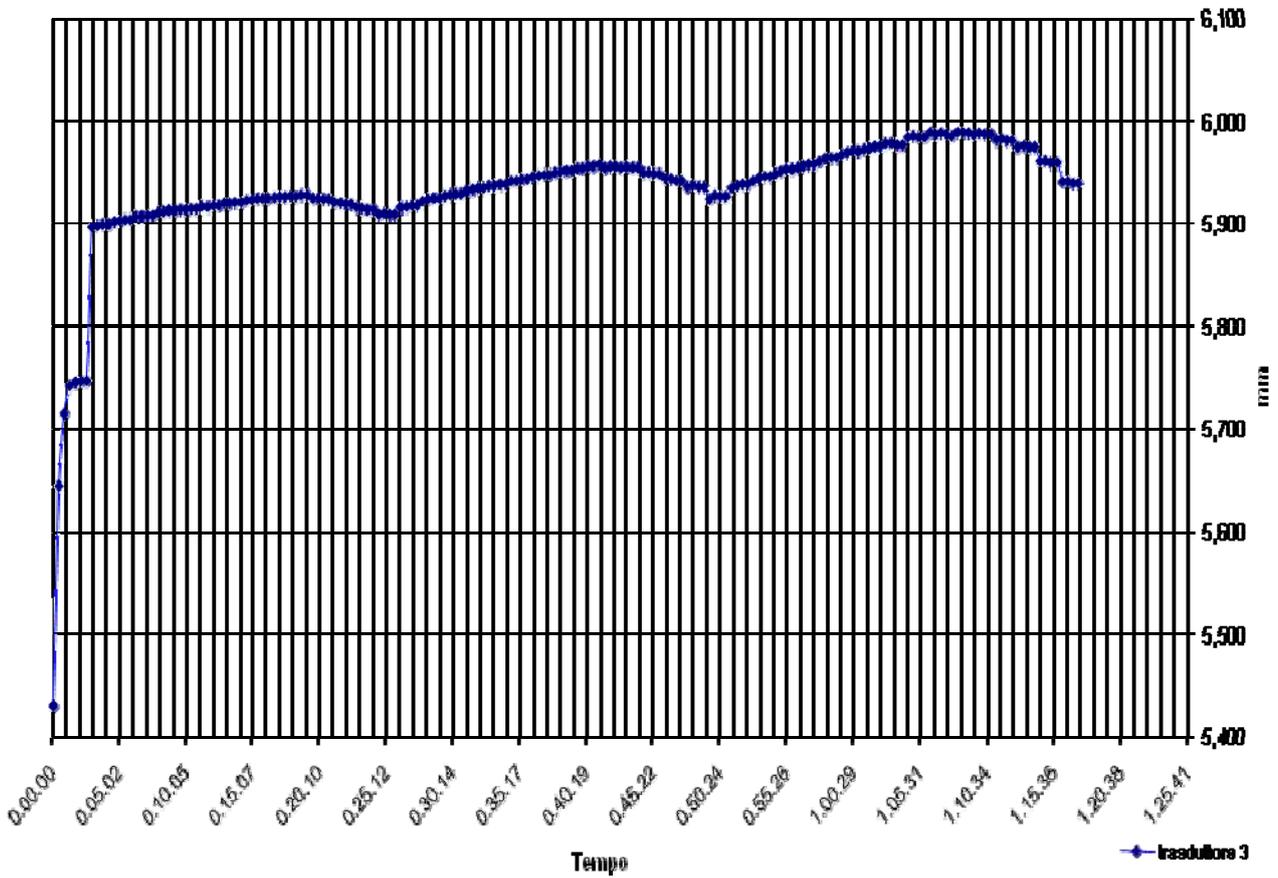


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
		<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA DILATAZIONE - TEMPO</b>

<b>Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>		<b>Cod. lavoro: 13031008</b>
<b>Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12</b>	<b>Loc.: Arboccò (GE)</b>	<b>N° Documento: 1-1</b>

<b>Sondaggio: FB5</b>		<b>Fluido impiegato: Acqua</b>	
<b>Diametro foro: 96 mm</b>	<input type="checkbox"/> <b>Rivestimento: 127 mm a 3,0 m</b>	<b>Cementazione:</b>	
<b>Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.</b>			
<b>Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5µ</b>			
<b>Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m</b>		<b>N° prova: 1</b>	<b>Data:17/05/13</b>

### Trasduttore 3

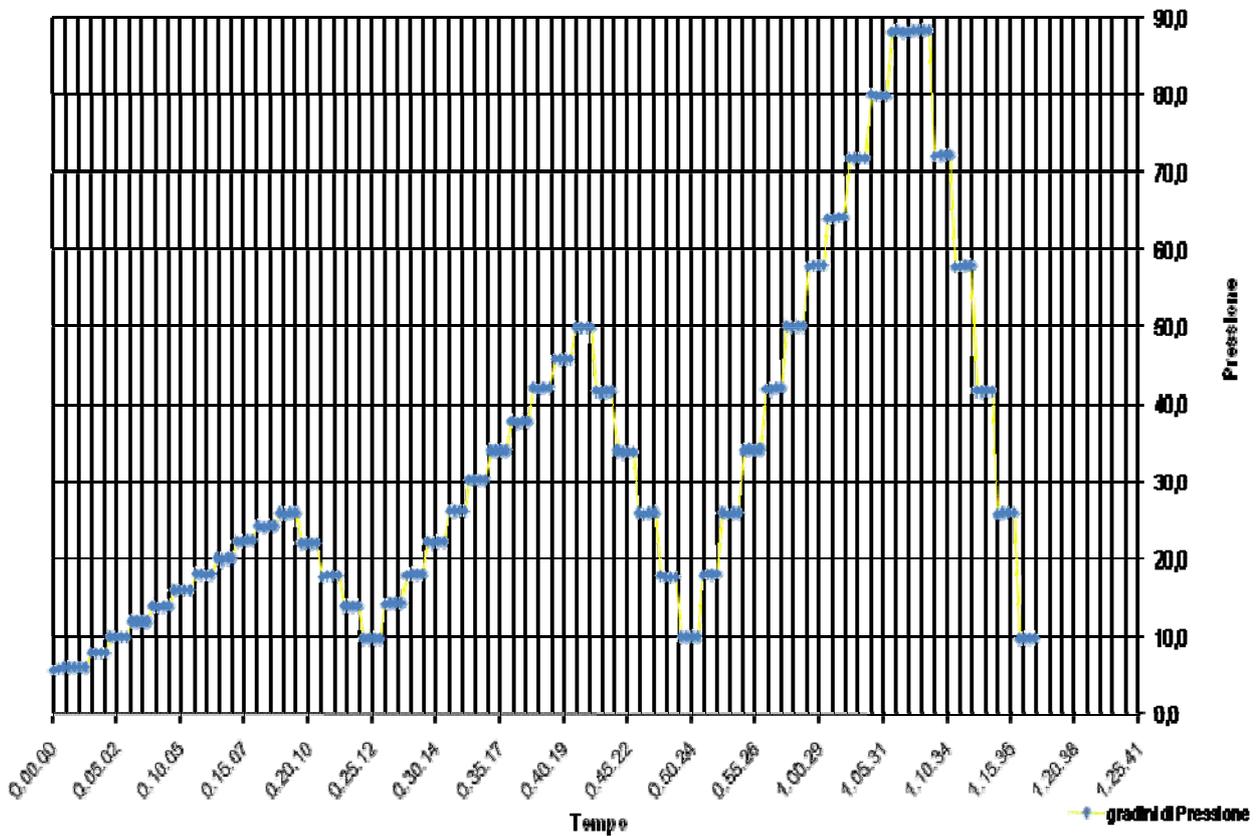


<b>TERRA</b> s.r.l. Via Trieste, 6 17047 Vado Ligure (SV)	Sistema Qualità MODULO 7.4.15	Pag.1.1
<b>PROVA DILATOMETRICA-DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO</b>		

Committente: Spea Ingegneria Europea S.p.A.		Cod. lavoro: 13031008
Cantiere: Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12	Loc.: Arboccò (GE)	N° Documento: 1-1

Sondaggio: FB5	Fluido impiegato: Acqua	
Diametro foro: 96 mm	<input type="checkbox"/> Rivestimento: 127 mm a 3,0 m	Cementazione:
Livello fluido perforazione m dal p.c.: saliente a p.c.		
Dilatometro: Dilaroc NX20 con sonda di diametro 90 mm con tre trasduttori con precisione di 5 $\mu$		
Profondità della prova al centro strumento: 6,0 m	N° prova: 1	Data: 17/05/13

grafico Pressione / tempo



**POINT LOAD TEST DIAMETRALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 20/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 1 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB5	1,60	Calcere marnoso	Diametricale	105	79	79	79	92	2,137	2,626
FB5	2,70	Calcere marnoso	Diametricale	90	79	79	79	160	3,717	4,567
FB5	3,70	Calcarenite	Diametricale	150	79	79	79	130	3,020	3,711
FB5	8,70	Calcere marnoso	Diametricale	170	63,5	63,5	63,5	75	2,697	3,003
FB5	11,00	Calcere marnoso	Diametricale	160	63,5	63,5	63,5	53	1,906	2,122
FB5	17,00	Calcere marnoso	Diametricale	100	63,5	63,5	63,5	83	2,985	3,324
FB5	20,25	Calcere marnoso	Diametricale	120	63,5	63,5	63,5	76	2,733	3,043
FB5	23,60	Calcere marnoso	Diametricale	160	63,5	63,5	63,5	92	3,308	3,684
FB5	31,70	Calcere marnoso	Diametricale	95	63,5	63,5	63,5	110	3,956	4,405
FB5	37,20	Calcere marnoso	Diametricale	130	63,5	63,5	63,5	102	3,668	4,084

Legenda: D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove diametriche De = D

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / D_e^2$  145 = costante strumentale

$$I_{s(50)} = (D/50)^{0.45} I_s$$

I<sub>s</sub>(50) medio = 3,475 I<sub>a</sub>(50) = 1,076 (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50) medio assiali e diametriche)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):

Media = 3,457 Varianza = 0,612 Deviazione standard = 0,782

**POINT LOAD TEST ASSIALI**

<b>Committente:</b> SPEA Ingegneria Europea S.P.A.	<b>Codice Commessa:</b> 1303I008
<b>Lavoro:</b> Indagini geognostiche Collegamento tra la Val Fontanabuona e Autostrada A12	<b>Data:</b> 20/05/13
<b>Località:</b> Arbocò (GE)	<b>Scheda N°:</b> 2 di 2

Sondaggio n.	Profondità del campione (m)	Litotipo	Direzione di carico	Geometria del campione : cilindrico (carota)				Pressione idraulica p <sub>fail</sub> (bar)	I <sub>s</sub> calcolato (Mpa)	I <sub>s</sub> (50) corretto (Mpa)
				Lunghezza provino (mm)	Diametro carota W (mm)	D (mm)	De (mm)			
FB5	4,80	Calcere marnoso	assiale	60	63,5	60	69,7	22	0,657	0,763
FB5	5,40	Calcere marnoso	assiale	55	63,5	55	66,7	100	3,259	3,710
FB5	8,70	Calcere marnoso	assiale	62	63,5	62	70,8	150	4,337	5,072
FB5	9,50	Calcere marnoso	assiale	58	63,5	58	68,5	40	1,236	1,424
FB5	14,40	Calcere marnoso	assiale	65	63,5	65	72,5	130	3,585	4,238
FB5	15,40	Calcere marnoso	assiale	52	63,5	52	64,9	80	2,758	3,100
FB5	24,00	Calcere marnoso	assiale	55	63,5	55	66,7	150	4,889	5,566
FB5	27,50	Calcere marnoso	assiale	60	63,5	60	69,7	130	3,884	4,509
FB5	30,90	Calcere marnoso	assiale	62	63,5	62	70,8	85	2,457	2,874
FB5	31,30	Calcere marnoso	assiale	53	63,5	53	65,5	90	3,044	3,437

Legenda: D = distanza tra le punte di carico  
 W = diametro carota De = diametro equivalente  
 Prove assiali  $De = (4WD/\pi)^{0,5}$

I<sub>s</sub> = resistenza al carico di punta  
 I<sub>s</sub>(50) = resistenza al carico di punta per (D = 50 mm)

$I_s = 145 p_{fail} / De^2$  145 = costante strumentale

$I_{s(50)} = (D/50)^{0,45} I_s$

I<sub>s</sub>(50) medio = 3,739 I<sub>a</sub>(50) = 1,076 (calcolato da rapporto tra I<sub>s</sub>(50)medio assiali e diametrali)

Parametri statistici serie I<sub>s</sub>(50):

Media = 3,469 Varianza = 2,299 Deviazione standard = 1,516

## 1. Premessa

Il presente documento costituisce la relazione tecnica illustrativa delle prove sismiche a rifrazione realizzate nel comparto territoriale di Rapallo. Le indagini sono finalizzate alla comprensione dell'assetto del substrato roccioso in profondità quale informazione a corredo del progetto di collegamento tra la val Fontanabuona e l'Autostrada A12

Nel prosieguo sono dettagliate le caratteristiche del metodo, le caratteristiche strumentali e sono riportati i dati raccolti congiuntamente alle elaborazioni effettuate.

## 2. Cenni metodologici

La prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura del tempo di percorrenza della componente di energia sismica, artificialmente generata, che si propaga (cfr Figura 1) fino alla top dell'orizzonte lapideo e, quindi si rifrange lungo la superficie di separazione tra roccia e soprastante coltre e, successivamente, si propaga attraverso lo strato superficiale, raggiungendo i sensori collocati in superficie. Tale fenomenologia è regolata

- i. dalla Legge di Snell (e.g. in Chapman 2004)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Dove  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  sono gli angoli dei raggi (sismici) rispetto alla verticale nei rispettivi due mezzi e  $v_1$ ,  $v_2$  sono le corrispondenti velocità di propagazione dell'onda, caratteristica dei due mezzi.

- ii. e dal principio di Huygens-Fresnel (e.g. in Elmore et al 1969): "Ogni elemento  $d\Sigma$  di un fronte d'onda  $\Sigma$  si può considerare formalmente come una sorgente secondaria di onde sferiche in fase con la primaria e di ampiezza proporzionale a quella dell'onda primaria e all'area  $d\Sigma$ . La perturbazione prodotta in un punto dello spazio si può sempre ottenere come sovrapposizione di tutte le onde sferiche secondarie che raggiungono quel punto"

La prospezione sismica a rifrazione utilizza una sorgente artificiale per generare un fronte d'onda sferico che si propaga nel sottosuolo e registra i tempi di arrivo ad un insieme di sensori (geofoni) collocati in allineamento con la sorgente. La ricostruzione del tempo di arrivo rapportato alla geometria del dispositivo di misura permette la redazione del modello del sottosuolo in termini di distribuzione della velocità di propagazione delle onde elastiche.

La distribuzione della velocità di propagazione delle onde elastiche è stata ottenuta mediante il metodo di inversione noto come Wavepath Eikonal Traveltime (WET) (Woodward and Rocca, 1988; Woodward 1989, 1992; Schuster and Quintus-Bosz, 1993). Il metodo impiega l'approccio del volume di Fresnel (e.g. Cerveny &

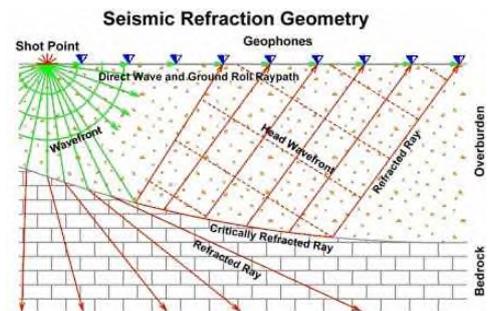


Figura 1 Schema della propagazione di un'onda elastica nel sottosuolo con evidenza del fenomeno della rifrazione

Soares., 1992), alternativo al comune approccio che prevede la definizione dei percorsi dei raggi (sismici). La procedura è sommariamente sinterizzata come segue. Si costituisce un insieme dei tempi di primo arrivo  $t_{sr}^{obs}$  dall'analisi dei sismogrammi rilevati, Si individua un modello iniziale risolvendo l'equazione di propagazione opportuna tramite il metodo delle differenze finite.

Il tempo residuale è calcolato sottraendo dal tempo di primo arrivo osservato il tempo calcolato tramite l'approccio a differenze finite. Il procedimento viene quindi iterato considerando tutte le posizioni reciproche di ricevitori e sorgenti fino alla convergenza. Dettagli riguardo al metodo sono riportati in Schuster (Schuster & Quintus-Bosz, 1993)

### 3. Sistema di energia e registrazione delle sollecitazioni elastiche

In questa sezione si descrive il sistema di generazione della sollecitazione in foro ed il sistema di registrazione del segnale utilizzato in questa campagna di misure.

#### 3.1. Sismografo

Il sistema III DAQlink è la terza generazione del Serie DAQ link. Il sistema può essere configurato come una unità di monitoraggio autonoma, un sistema per la prospezione a rifrazione/foro od ancora come una unità facente parte di un cluster per prospezioni a riflessione. L'unità è dotata di quattro indicatori che immediatamente informano sul livello di operatività dello strumento. L'involucro è stato progettato per essere leggero e robusto con standard di impermeabilizzazione IP 67. La connessione alla linea di misura è garantita da un apposito connettore a 24 canali. Analoghi connettori sono disponibili per l'alimentazione (12 V), trigger tripolare e GPS. La connessione al sistema di controllo avviene su protocollo di rete tramite scheda ethernet.

Canali	da 1 a 24 per unità
Convertitore AD	24 bit
Range dinamico	144 dB
Ampiezza di banda	da DC a 15 kHz
Trigger	+/- 1 microsecondo
Impedenza d'ingresso	100kΩ
Guadagno del preamplificatore	da 5 dB a 30 dB
Frequenze di campionamento	48, 16, 8, 4, 2, 1, 0.50, 0.25, 0.12, 0.0625 kHz
Ritardo pre trigger	fino a 10 sec
Consumo	< 0.4 W/canale



**Tabella 1 Dati tecnici del sismografo DAQ-LINK III**

### 3.2. Sensori

Il dato è stato raccolto per mezzo di un insieme di sensori Sunfull le cui specifiche sono indicate in Tabella 2

Parameter\Mode	PS-40S (20□)
Natural Frequency	40±2.5%
Coil Resistance	755±2.5%
Sensitivity	36±2.5%
Sensitivity With Shunt Resistor	33±2.5%
Damping	0.60±2.5%
Damping With Shunt Resistor	0.631±2.5%
Distortion	≤0.1
Spurious frequency	≥240
Max.Motion	1
Moving Mass	9.2
Dimensions	26×34
Temperature Range	-40-- +100
Warranty Period	3



Tabella 2 Specifiche dei sensori

I sensori sono stati disposti lungo un allineamento che unisce tutti i punti di energia mantenendo, compatibilmente con l'assetto topografico e lo stato dei luoghi, una traiettoria rettilinea. Il dispositivo di rilevamento è costituito da 24 sensori collocati ogni 5 metri.

Per l'acquisizione delle onde di pressione i geofoni sono stati collocati infiggendo il puntale nel terreno. Per l'acquisizione delle onde di taglio i sensori sono stati accoppiati a basi di sostegno tale da rendere l'acquisizione polarizzata nel piano orizzontale.

### 3.3. Sistema di generazione della sollecitazione

Il sistema di generazione della sollecitazione impiegato è raffigurato in Figura 2.



Figura 2 Energizzatore a cartuccia per onde di taglio e compressionali

L'energizzatore è costituito da una cameta di scoppio azionata a compressione che ospita una cartuccia industriale calibro 8. Le specifiche costruttive del dispositivo garantiscono la generazione di onde sia di pressione sia di taglio. La procedura di energizzazione consiste nella realizzazione di un foro in cui introdurre la canna di scoppio del dispositivo e quindi, contrastando il dispositivo con il proprio peso si attiva il percussore generando la sollecitazione.

Laddove non è stato possibile realizzare i fori necessari per l'alloggiamento della canna si è utilizzata la mazza battente su piattello di metallo. In questo caso, poiché l'energia prodotta da questa tecnica risulta più contenuta rispetto a quanto ottenibile con l'energizzatore a cartuccia, si è provveduto ad un operazione si stacking dei segnali sismici, reiterando l'energia fino al raggiungimento di un rapporto segnale/disturbo accettabile. Ancora nel caso in cui si sia dovuto utilizzare la mazza le onde di taglio sono state generate impattando su una trave opportunamente contrastata. In questo caso si è provveduto alla registrazione delle onde polarizzate per meglio determinare i terni d'onda di taglio.

I punti di energia sono stati disposti lungo l'allineamento dei sensori in modo da garantire sufficiente copertura di segnale. Ciascun allineamento è stato indagato con almeno 5 punti di energia per le onde di pressione ed altrettanti per le onde di taglio. Per ogni allineamento sono stati utilizzati due punti di energia al di fuori dell'insieme dei sensori per estendere la profondità d'indagine. I dettagli di ciascuna linea di misura sono riportati nelle tavole in allegato.

### 3.4. Configurazione del sismografo

Il sismografo è stato configurato in modo da registrare i segnali campionati dai ventiquattro sensori. E' stato impostato un livello di guadagno automatico pari a 16. Il passo di campionamento è stato impostato a 0.021 ms. La finestra di campionamento è stata impostata per una time-span pari variabile da 100 a 250 millisecondi, in funzione dei consueti test preliminare riguardo alla risposta del sito. Tale configurazione si è rivelata ottimale garantendo l'acquisizione della forma d'onda al sensore con sufficiente dettaglio per determinare il tempo di primo arrivo. La frequenza di campionamento è nell'ordine di 50kHz.

La Figura 3 riporta un esempio di registrazione ad un sensore. La registrazione in questione è stata tratta dal database per la prova relativa alla linea 2

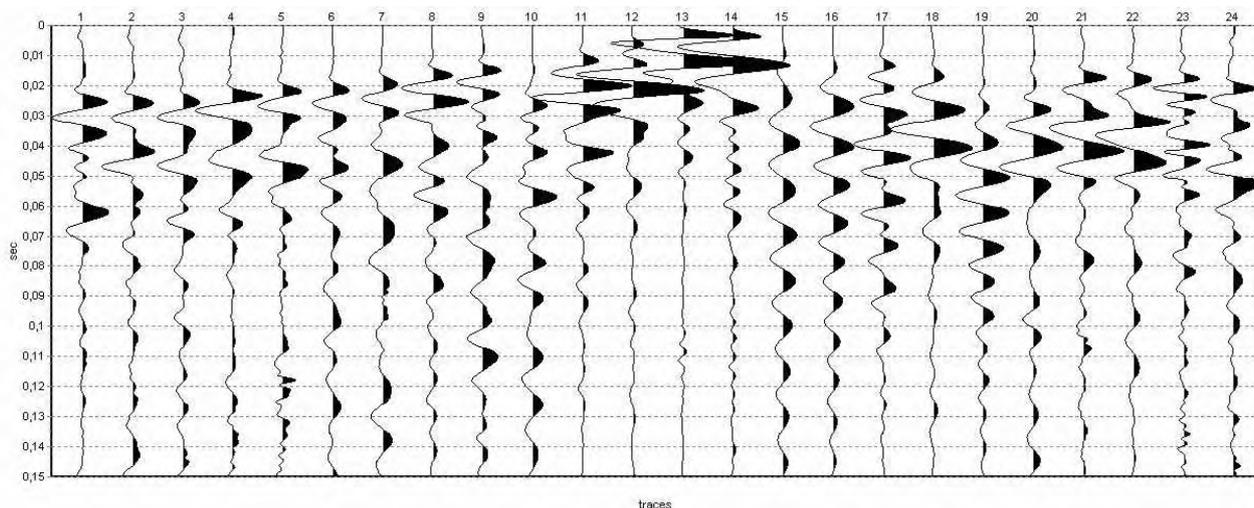


Figura 3 Esempio di registrazione

## 4. Risultati dell'indagine

### 4.1. Linea 1

#### 4.1.1. Onde di pressione

Questa linea mostra un assetto complesso con un rifrattore ben individuabile, collocabile ad una profondità di circa 5 m dal p.c. La parte iniziale della linea mostra una distribuzione della velocità di propagazione della sollecitazione piuttosto bassa. Tale evidenza può essere correlata ad un riporto compatto in corrispondenza della curva della strada. Tra la progressiva 70 ed 85 m si nota un'anomalia nella linearità del substrato rifrangente. Tale carattere deve essere correlato ad un effetto tridimensionale dovuto ad un'opera di contenimento in c.a. a valle della strada, piuttosto che ad un'effettiva variazione della morfologia del substrato. La parte finale della linea mostra ancora elevati valori della velocità di propagazione dell'onda elastica in corrispondenza della superficie. Tale carattere trova conferma nelle evidenze di campagna che segnalano una progressiva emersione del substrato lapideo.

#### 4.1.2. Onde di taglio

Questa linea è fortemente influenzata dal disturbo dell'opera di contenimento anzidetta. Per altro si rilevano valori della velocità delle onde di taglio elevati, indicativamente in concordanza con le evidenze morfologiche emerse dalla corrispondente prospezione relativa alle onde di pressione.

### 4.2. Linea 2

#### 4.2.1. Onde di pressione

Questa linea mostra un potente livello piuttosto eterogeneo di spessore indicativo compreso tra 15 e 20 m, caratterizzato da velocità di propagazione della sollecitazione elastica decisamente contenute. Si rileva in

profondità un orizzonte rifrangente indicativamente sub orizzontale assimilabile ad un substrato lapideo competente. Il livello superficiale deve essere interpretato come un deposito in cui si manifesta un progressivo aumento della velocità delle onde di pressione dovuto ad un effetto di compattazione causato dal peso proprio del deposito medesimo.

#### *4.2.2. Onde di taglio*

Questa linea mostra conferma le evidenze indicate nel precedente paragrafo. Si rileva una significativa anomalia nel corpo del livello superficiale che si estende dalla progressiva 40 alla progressiva 75 c.a. Tale anomalia è costituita da un aumento della velocità delle onde di taglio a valori ascrivibili ad un substrato competente. Pur ricadendo in un settore in cui il modello risulta ben determinato occorre sottolineare che i calcoli non riescono a modellare adeguatamente lo strato di transizione oltre la profondità di 20 m. da p.c. Tale anomalia potrebbe essere dovuta ad un effetto della minore densità di raggi. Tuttavia è da considerare l'eventualità che vi sia un fenomeno di compattazione differenziale nel deposito e che l'anomalia citata effettivamente indichi un diverso e maggiore grado di compattazione dei terreni.

### **4.3. Linea 5a**

#### *4.3.1. Onde di pressione*

Questa linea mostra un sottile livello di terreno e oltre sovrapposto da un orizzonte lapideo. L'orizzonte lapideo si mostra sub-orizzontale e parallelo al piano campagna, collocato ad una profondità massima di 3 m da p.c. con emergenze che, talora nel portano la superficie quasi ad emergere dalla topografia. Si rileva un marcato gradiente nel rifrattore profondo che può essere interpretato come indicatore di un miglioramento delle caratteristiche meccaniche della roccia al crescere della profondità

In corrispondenza della progressiva 90 m si rileva un'anomalia nella distribuzione della velocità di propagazione della sollecitazione elastica. La morfologia di questa anomalia suggerisce che si tratti di un effetto di disturbo dovuto alle opere di contenimento prossime alla linea. In questo settore infatti la linea si spiega lungo un terrazzamento protetto a destra (lato torrente) da un significativo muro di pietra. E' altresì possibile che sussista un relitto di muratura sepolto.

#### *4.3.2. Onde di taglio*

La distribuzione della velocità di propagazione delle onde di taglio conferma quanto anzidetto. E' da notare l'assenza dell'anomalia visibile nella distribuzione della velocità di propagazione delle onde di pressione. In questa restituzione è ben visibile il progressivo miglioramento delle condizioni meccaniche della roccia al crescere della profondità

#### 4.4. Linea 5b

##### *4.4.1. Onde di pressione*

Questa linea mostra un sottile livello di terreno e coltre sovrapposto da un orizzonte lapideo. L'orizzonte lapideo si mostra sub-orizzontale e parallelo al piano campagna, collocato ad una profondità massima di 2 m da p.c. con emergenze che, talora nel portano la superficie quasi ad emergere dalla topografia in particolare nella parte terminale della linea, laddove, per altro si rilevano evidenze di campagna. Si rileva un livello omogeneo a velocità intermedia possibile indice di un livello metrico di alterazione della roccia. Oltre la profondità di 5 m da p.c. si rileva la presenza di un orizzonte omogeneo con velocità tali da attribuite al litotipo buone caratteristiche meccaniche. Si rileva un gradiente verticale decisamente modesto.

##### *4.4.2. Onde di taglio*

La distribuzione della velocità di propagazione delle onde di taglio conferma quanto anzidetto pur enfatizzando nella porzione iniziale, tra la progressiva 0 e 15 m un dominio in cui la velocità delle onde di taglio risulta minore. Tale evidenza può essere connessa ad un peggiore stato della roccia in questo settore od alla presenza di un accumulo detritico di maggior potenza rispetto a quanto indicato dalla prospezione che utilizza le onde di pressione.

#### 4.5. Linea 6

##### *4.5.1. Onde di pressione*

Questa linea mostra una distribuzione della velocità di propagazione delle onde di pressione particolarmente strutturata. Evidenze di campagna portano a supporre l'esistenza di un bedrock privo di rilevanti asperità o intensamente tettonizzato. Tuttavia l'oggettività della misura pone un interrogativo riguardo alla significativa anomalia di velocità rilevata, in profondità, tra le progressiva 40 e 60 m. Questa fascia a bassa velocità potrebbe essere correlata ad un sistema tettonico che può aver influenzato lo sviluppo del rio Casalino, in sponda sinistra rispetto al colatore sul cui fianco destro si sviluppa questa linea sismica. Pur non potendo determinare la natura dell'eventuale fenomeno da una singola linea sismica, l'evidenza della prova indica che sussiste un ribassamento dell'orizzonte competente nel comparto di valle. Tale ribassamento è valutabile in circa 5 m.

##### *4.5.2. Onde di taglio*

Il modello per le onde di taglio individua la discontinuità citata nel precedente paragrafo. Tuttavia la distribuzione della velocità delle onde di taglio non individua univocamente il top del settore di monte.

#### 4.6. Linea 7

##### 4.6.1. Onde di pressione

Questa linea mostra una distribuzione della velocità di propagazione delle onde di pressione lineare. Ad un modestissimo livello superficiale, verosimilmente attribuibile al manufatto di fondazione della strada, segue un orizzonte lapideo con caratteristiche meccaniche progressivamente migliori al crescere della profondità

##### 4.6.2. Onde di taglio

Il modello per le onde di taglio conferma quanto anzidetto. Ad incremento la distribuzione della velocità delle onde di taglio permette di suddividere il livello lapideo, individuando, a circa 10 m di profondità un netto incremento di velocità. Tale evidenza indica che a quella profondità il substrato roccioso si presenta competente e tenace.

## 5. Bibliografia

Cerveny V., J.E.P. Soares “Fresnel volume ray tracing” Geophysics, Vol. 57, No.7 (July 1992): P. 902—915

Chapman C.H. “Fundamentals of seismic wave propagation” 2004, ISBN 0 521 81538 X Cambridge Press

Elmore W.C., Cronk W. Heald M.A. “Physics of waves” 1969, ISBN 0-486-64926-1 Dover Publications, Inc.,

Schuster G.T. and Quintus-Bosz A. “Wavepath eikonal travelttime inversion: Theory” Geophysics, Vol. 58, No.9 (September 1993): P. 1314—1323

Woodward, M., 1989, “Wave equation tomography” Ph.D. Dissertation, Stanford University.

Woodward, M. and Rocca. F., 1988, “Wave-equation tomography” 58th Ann. Internat. Mtg., Soc. Exp1. Geophys., Expanded Abstracts, 1232-1235.

Woodward, M., 1992, “Wave-equation tomography”: Geophysics, 57, 15-26.

### Linea 7 - onde S

Lunghezza stesa: 135

▼ Punti di energia e loro numero progressivo

Numero geofoni: 24

◆ Posizione geofoni e loro numero progressivo

Distanza tra i geofoni: 5 metri

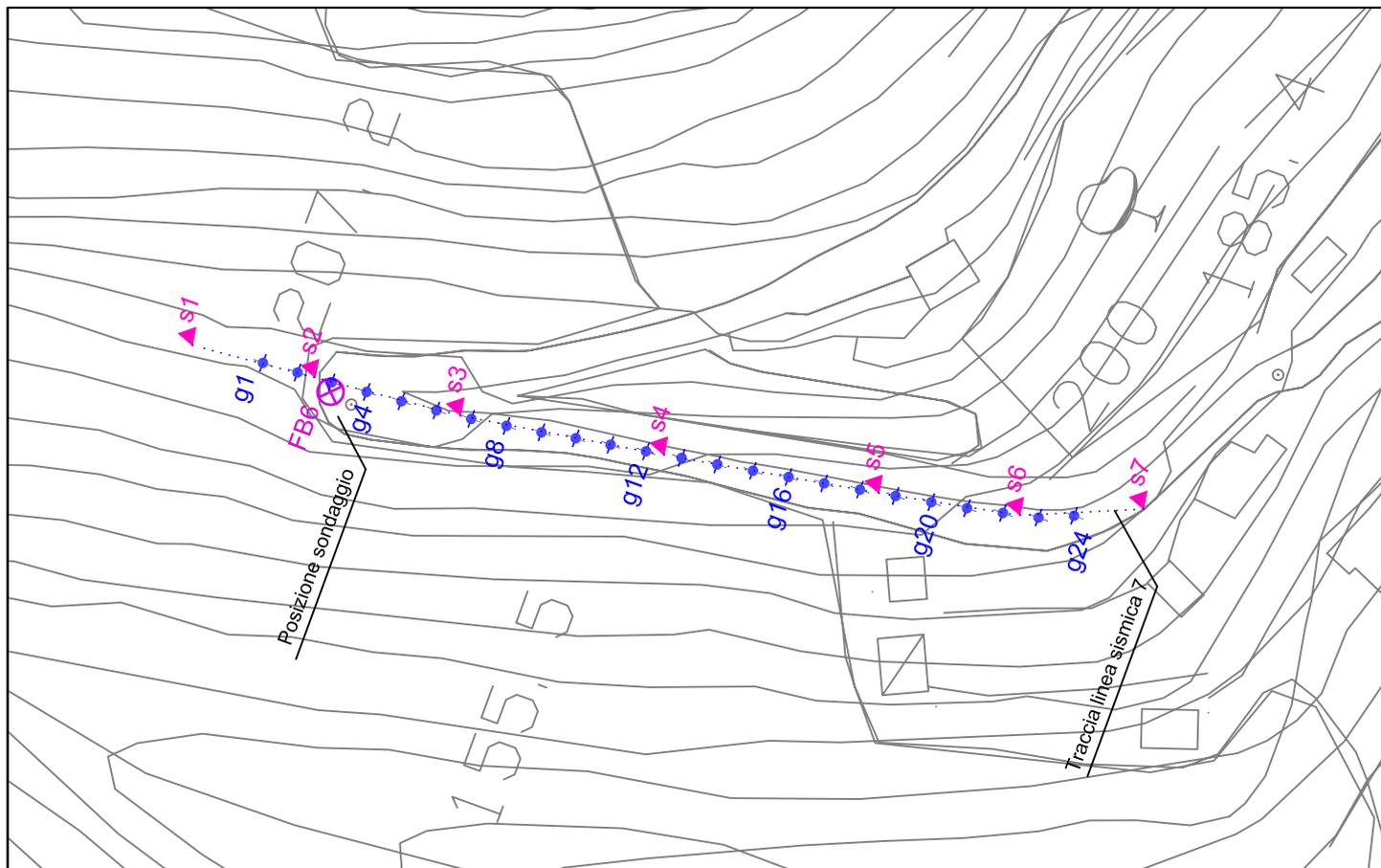


Servizi di geologia tecnica e geofisica applicata per l'ingegneria

Via Trieste 6, 17047 Vado Ligure (SV)

Tel: +39-019.880440 , Fax: +39-019.880441

e-mail: info@terrageo.it



Linea 7 - coordinate geofoni

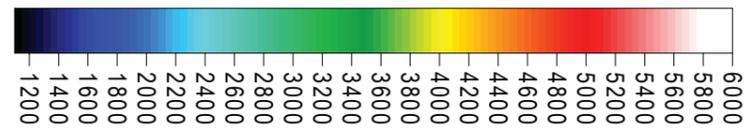
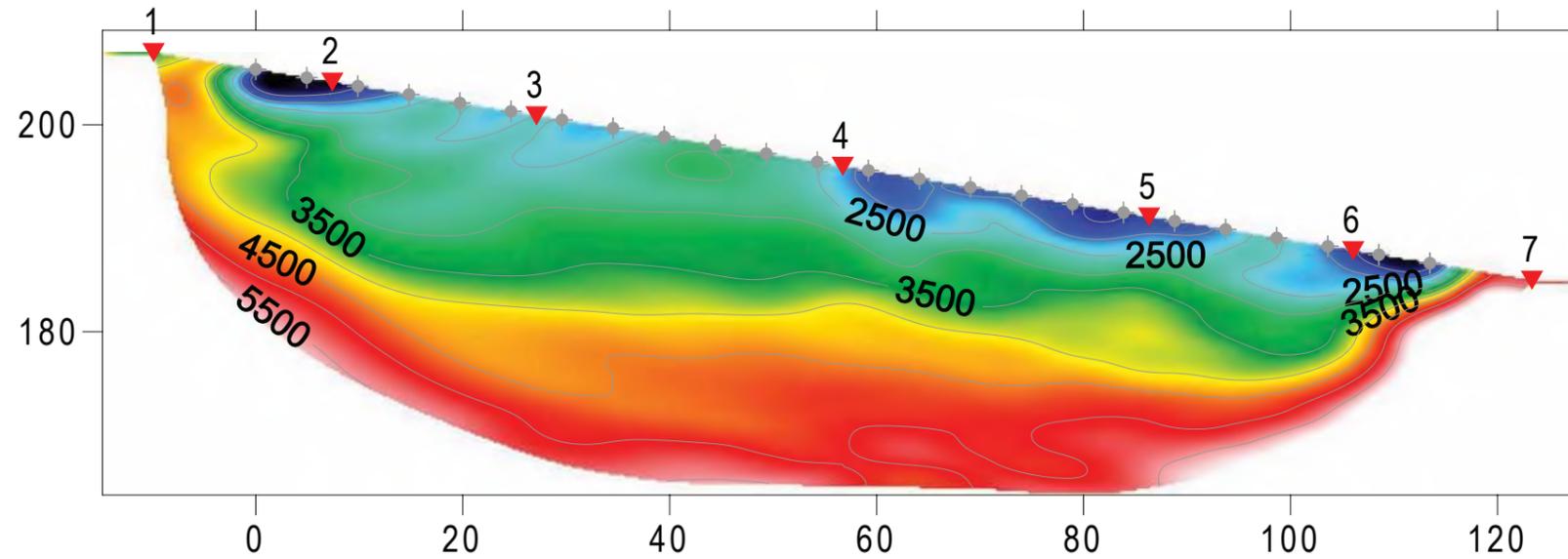
Numero geofono	Coordinata X	Coordinata Y	Quota (m.s.l.m.)
linea 7 - g1	1515165,494	4914534,166	205,849
linea 7 - g2	1515165,876	4914529,233	206,590
linea 7 - g3	1515166,212	4914524,358	207,756
linea 7 - g4	1515166,600	4914519,380	207,372
linea 7 - g5	1515167,018	4914514,450	206,751
linea 7 - g6	1515167,471	4914509,500	206,181
linea 7 - g7	1515168,003	4914504,600	205,323
linea 7 - g8	1515168,755	4914499,707	204,538
linea 7 - g9	1515169,561	4914494,883	203,419
linea 7 - g10	1515170,397	4914490,174	201,983
linea 7 - g11	1515171,190	4914485,381	200,859
linea 7 - g12	1515171,993	4914480,484	200,119
linea 7 - g13	1515172,819	4914475,575	199,603
linea 7 - g14	1515173,651	4914470,655	199,105
linea 7 - g15	1515174,497	4914465,742	198,644
linea 7 - g16	1515175,353	4914460,847	198,191
linea 7 - g17	1515176,213	4914455,946	197,773
linea 7 - g18	1515177,071	4914451,028	197,336
linea 7 - g19	1515177,927	4914446,121	196,852
linea 7 - g20	1515178,797	4914441,213	196,360
linea 7 - g21	1515179,691	4914436,317	195,755
linea 7 - g22	1515180,760	4914431,457	195,073
linea 7 - g23	1515181,826	4914426,632	194,393
linea 7 - g24	1515183,741	4914422,134	193,329

Linea 7 - coordinate scoppi

Numero scoppio	Coordinata X	Coordinata Y	Quota (m.s.l.m.)
linea 7 s - s1	1515164,452	4914544,103	206,251
linea 7 s - s2	1515166,044	4914526,719	207,472
linea 7 s - s3	1515167,775	4914506,861	205,839
linea 7 s - s4	1515172,370	4914477,982	199,816
linea 7 s - s5	1515177,496	4914448,435	197,113
linea 7 s - s6	1515181,247	4914429,125	194,702
linea 7 s - s7	1515187,672	4914413,545	189,985

### TAVOLA 23

Oggetto	Linea 7 - posizione punti di scoppio e geofoni per determinazione onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A4	1:1000	2 Maggio 2012	1107I030



Velocità espresse in m/s

- ◆ Geofoni
- ▼ Punti di energia

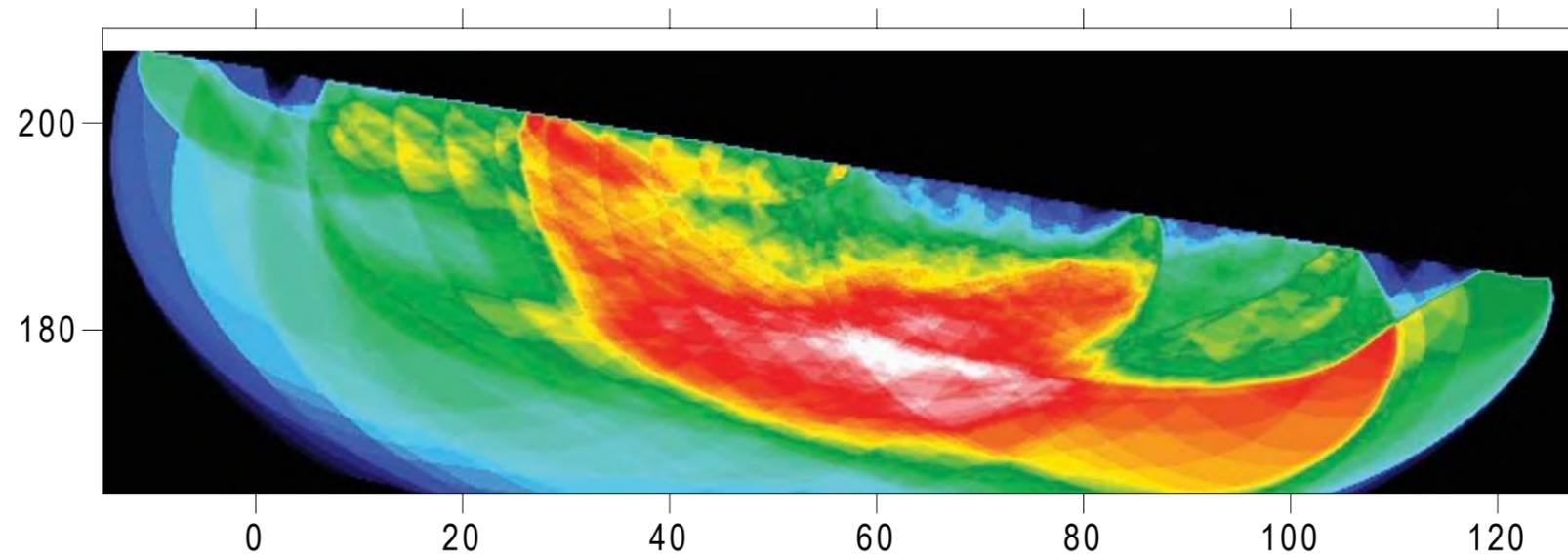
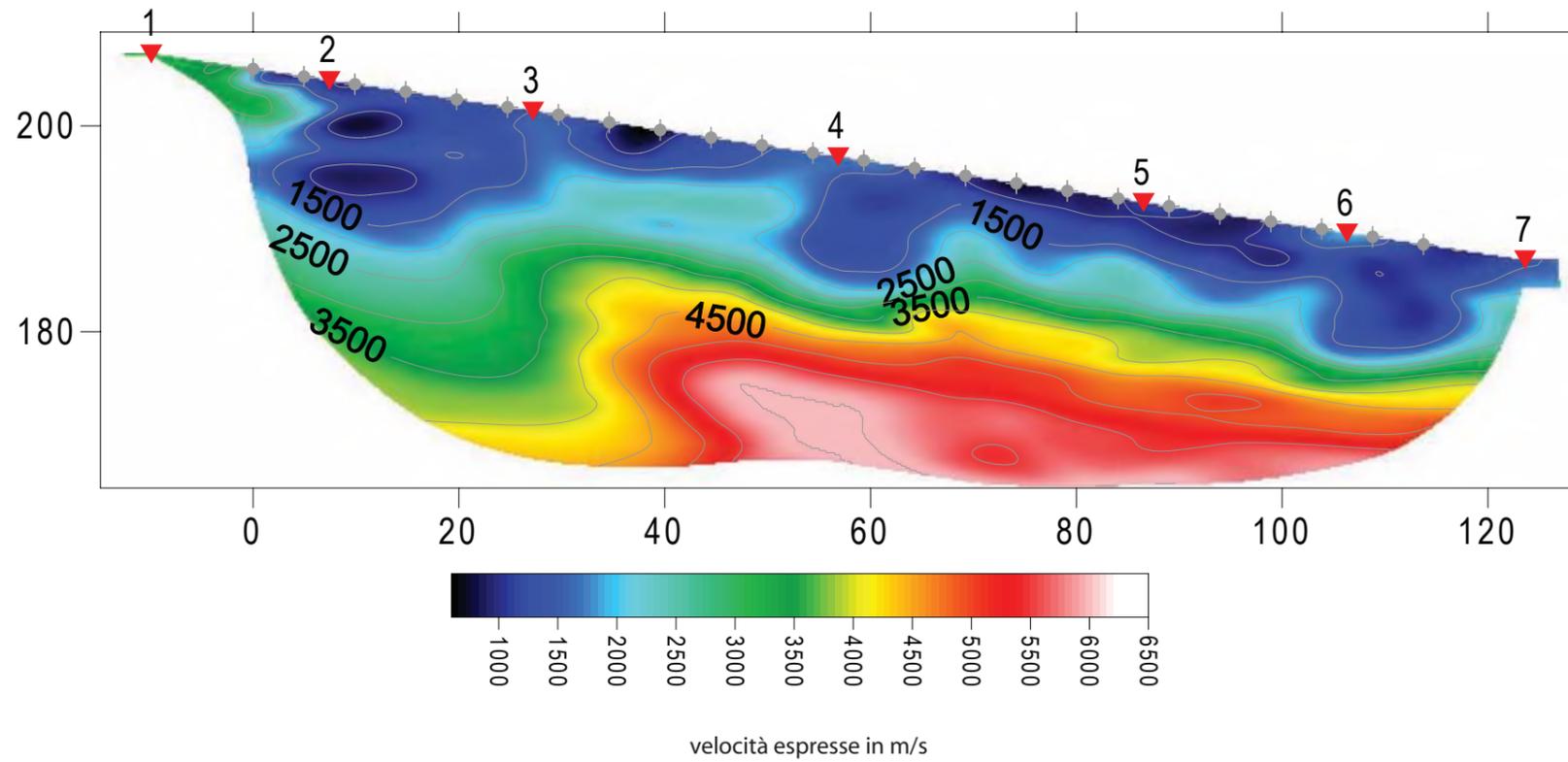


TAVOLA 11

Oggetto	Linea 7, velocità delle onde di compressione		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A4	grafica	30 Agosto 2011	11071030



◆ Geofoni  
 ▼ Punti di energia

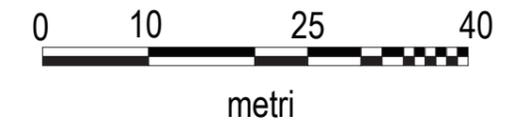
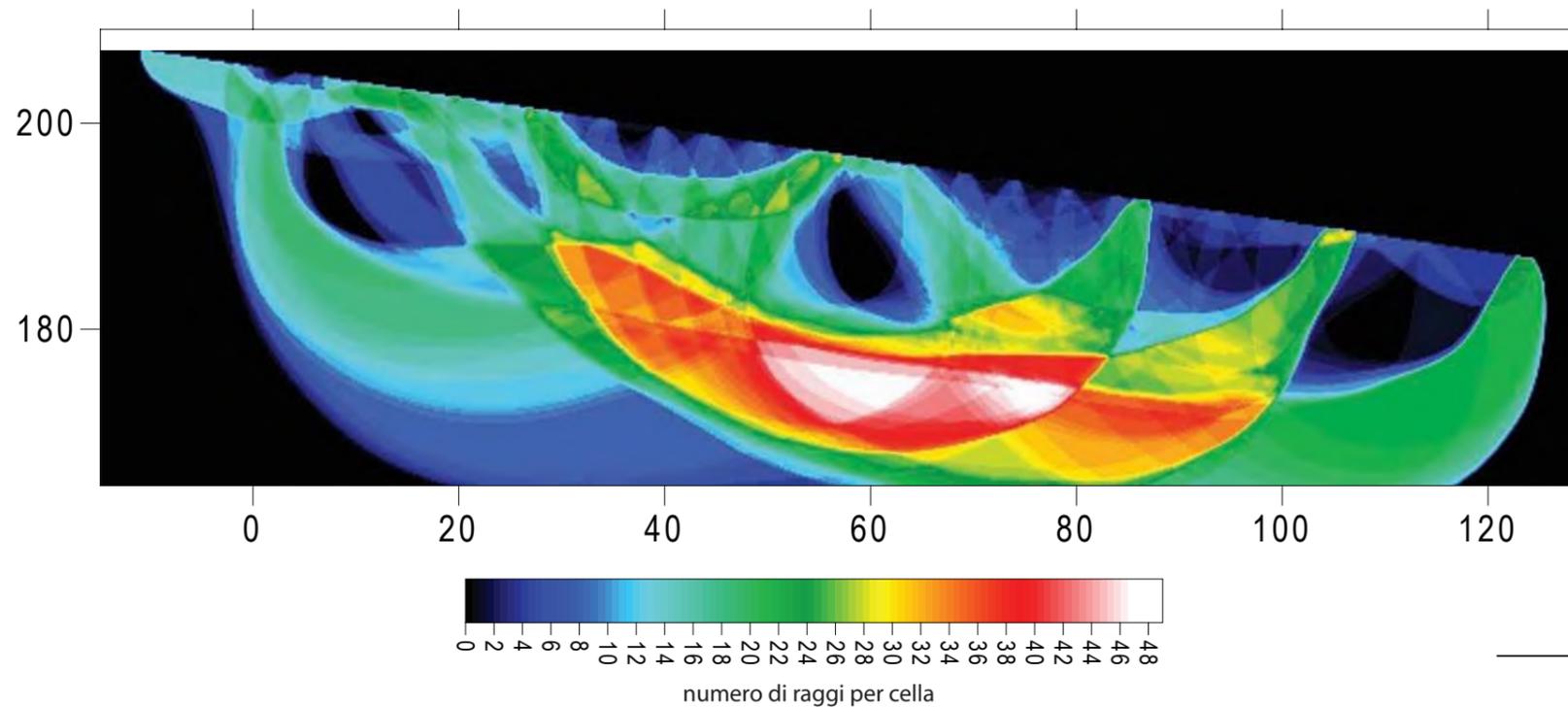


TAVOLA 12

Oggetto	Linea 7, velocità delle onde di taglio		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A4	grafica	30 Agosto 2011	11071030



## 1. Premessa

Il presente documento costituisce la relazione tecnica illustrativa delle prove sismiche realizzate nelle aree dei Comuni di Tribogna e del comune di Rapallo interessate dai lavori per la progettazione del tunnel di collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12 Genova-Rosignano. Nel prosieguo sono descritte le caratteristiche dei metodi impiegati, le caratteristiche strumentali e sono riportati i dati raccolti congiuntamente alle elaborazioni effettuate.

## 2. Cenni metodologici

### 2.1 Sismica a rifrazione

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.

Nell'esecuzione di tali prospezioni vengono posti in superficie - a distanza reciproca nota e normalmente costante - dei sensori, chiamati *geofoni*, in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel terreno a seguito della generazione dell'onda elastica; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files .sg2.

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

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

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

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

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



Il metodo permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento geofonico fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa  $1/3 - 1/4$  dello sviluppo lineare dello stesso, intendendo per “sviluppo lineare” la distanza tra il primo e l’ultimo geofono.

Il metodo presuppone come elemento imprescindibile alla base della trattazione un incremento della velocità di propagazione delle onde elastiche con la profondità: non potranno essere individuate eventuali inversioni di velocità.

I tempi impiegati dagli impulsi elastici per percorrere, in via diretta o attraverso fenomeni di rifrazione, lo spazio compreso tra il punto sorgente ed i geofoni sono graficati su diagrammi (dromocrone) nei quali risultano leggibili le posizioni dei singoli geofoni in ascisse (proiettate sul piano orizzontale) ed i tempi - espressi in millesimi di secondo - in ordinate.

Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d’onda degli impulsi sismici alle varie profondità.

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

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi - intercetta, alla pendenza delle curve in dromocrona ed alle variazioni di tempo sulle stesse, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità delle onde sismiche entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione degli spessori degli orizzonti sismici al di sotto dello sviluppo della stesa può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

## 2.2 Tomografia sismica

L'indagine si fonda su un efficiente schema di calcolo nel dominio dello spazio noto come Wavepath Eikonal Tomography, che considera sorgenti sismiche a banda limitata ed effetti di disturbo nel dato. Dettagli teorici riguardo al metodo sono reperibili in letteratura (Schuster & Quintus-Bosz, 1993).

In estrema sintesi il metodo determina un modello a gradiente uniforme tramite l'analisi dei tempi di percorso, tramite una versione migliorata del metodo Herglotz-Wiechert (e.g. Nowak 1990). Il modello iniziale è quindi assimilato da un processo di inversione numerica (Iyer & Hirahara 1993) noto come 2D WET che considera la propagazione multipla dei segnali che contribuiscono a ciascun dato osservato. L'algoritmo considera altresì i fenomeni di diffrazione e trasmissione oltre che il consueto fenomeno della rifrazione fornendo una migliore rappresentazione della distribuzione della velocità nel suolo.

## 3. Dettagli Operativi

### 3.1 Sistema di registrazione delle sollecitazioni elastiche

In questa sezione si descrive il sistema di generazione della sollecitazione di superficie ed il sistema di registrazione del segnale utilizzato in questa campagna di misure.

Le prospezioni sismiche sono state effettuate mediante l'impiego di 48 geofoni verticali da 40 Hz Weihai Sunfull per l'acquisizione delle onde P, e 48 geofoni orizzontali Weihai Sunfull da 12 Hz per l'acquisizione delle onde S.



*Immagine di dettaglio relativa ai geofoni orizzontali (rossi) e verticali (gialli)*

Per acquisire le registrazioni ci si è serviti del sistema DAQlink III prodotto dalla Seismic Source™.

Ciascuna unità (o sismografo) DaqLink consente di gestire un massimo di 24 geofoni e quindi, per poter impiegare tutti i 48 geofoni a nostra disposizione, è stato necessario l'impiego di una seconda unità collegata tramite interfaccia Ethernet

Il sistema DAQlink III è la terza generazione della Serie DAQ link. Esso può essere configurato come una unità di monitoraggio autonoma, un sistema per la prospezione a rifrazione/foro od ancora come una unità facente parte di un cluster per prospezioni a riflessione. L'unità è dotata di quattro indicatori che immediatamente informano sul livello di operatività dello strumento. L'involucro è stato progettato per essere leggero e robusto con standard di impermeabilizzazione IP 67. La connessione alla linea di misura è garantita da un apposito connettore a 24 canali. Analoghi connettori sono disponibili per l'alimentazione (12 V) e trigger tripolare. La connessione al sistema di controllo avviene su protocollo di rete tramite scheda ethernet. Dal momento che ciascuna unità DAQLink consente di gestire un massimo di 24 geofoni, per l'esecuzione delle stese che hanno richiesto l'impiego di tutti i 48 geofoni a nostra disposizione, è stato necessario l'impiego di una seconda unità DAQLink collegata alla prima tramite Hub Ethernet.



**Sismografo DAQ Link – III**

DAQlink III	
Canali	da 1 a 24 per unità
Convertitore AD	24 bit
Range dinamico	144 dB
Ampiezza di banda	da DC a 15 kHz
Trigger	+/- 1 microsecondo
Impedenza d'ingresso	100k $\Omega$
Guadagno del preamplificatore	da 5 dB a 30 dB
Frequenze di campionamento	48, 16, 8, 4, 2, 1, 0.50, 0.25, 0.12, 0.0625 kHz
Ritardo pre trigger	fino a 10 sec
Consumo	< 0.4 W/canale

**Tabella 1 Dati tecnici del sismografo DAQ-LINK III**



Per quanto riguarda i sistemi di energizzazione impiegati, la generazione delle onde di compressione (o onde P) è stata realizzata percuotendo un piattello metallico con una mazza del peso di 8 kg, mentre per generare le onde di taglio (onde S) è stata colpita lateralmente, per mezzo della medesima mazza, una trave di legno posta lungo la stesa e con l'asse maggiore rivolto a 90° rispetto ad essa.

Per ciascuna postazione l'energizzazione è stata ripetuta tre volte applicando l'algoritmo di stacking del segnale, ottenendo la soppressione del segnale incoerente e la conseguente amplificazione del segnale significativo (coerente)

### 3.2 Geometria delle linee sismiche

Le stese sismiche sono state eseguite, nel limite del possibile, lungo i tracciati concordati con la committenza. Purtroppo la fitta vegetazione boschiva e le condizioni topografiche talvolta fortemente sfavorevoli, hanno spesso ostacolato il posizionamento corretto degli allineamenti sismici lungo le linee individuate dalla committenza. Pertanto, per motivi logistici e soprattutto di sicurezza, si è dovuto talvolta troncare gli allineamenti originali in più parti, oppure deviarne il percorso secondo un tracciato che fosse il più possibile accessibile

Nome Stesa	Numero Geofoni	Spaziatura geofoni	Punti di energizzazione	Lunghezza Stesa (m)
SS1-1	24	2	12	50
SS1-2	24	2	13	50
SS1-3	24	3	13	75
SS2-1	24	5	13	125
SS2-2	24	2	13	50
SS3-1	24	4	13	100
SS3-2	24	2	13	50
SS4	24	4	13	100
SS5-1	24	5	13	125
SS5-2	24	1	8	25
SS6-1	48	5	13	245
SS6-2	48	4	13	196
SS7	48	5	13	245
SS8	24	5	13	125
SS9	24	4	13	100
SS10-1	24	2	13	50
SS10-2	24	1.5	13	36
SS10-3	48	2.5	13	125
SS11	24	5	13	125
SS12	24	5	13	125
SS13	48	2.5	13	125

*Tabella riassuntiva sulla spaziatura dei geofoni e sui punti di energizzazione in onde S delle stese effettuate*

Nome Stesa	Numero Geofoni	Spaziatura geofoni	Punti di energizzazione	Lunghezza Stesa (m)
SS1-1	24	2	7	50
SS1-2	24	2	7	50
SS1-3	24	3	13	75
SS2-1	24	5	13	125
SS2-2	24	2	13	50
SS3-1	24	4	13	100
SS3-2	24	2	13	50
SS4	24	4	13	100
SS5-1	24	5	13	125
SS5-2	24	1	7	25
SS6-1	48	5	13	245
SS6-2	48	4	13	196
SS7	48	5	13	245
SS8	24	5	13	125
SS9	24	4	13	100
SS10-1	24	2	13	50
SS10-2	24	1.5	13	36
SS10-3	48	2.5	13	125
SS11	24	5	13	125
SS12	24	5	13	125
SS13	48	2.5	13	125

*Tabella riassuntiva sulla spaziatura dei geofoni e sui punti di energizzazione in onde P delle stese effettuate*

## 4. Risultati delle indagini

### 4.1.1 Allineamento sismico SS1

Questo allineamento sismico essendo attraversato in due punti dalla strada SP22 è stato suddiviso necessariamente in 3 parti: la SS1-1 più a valle, la SS1-2 intermedia, e la SS1-3 nella parte più a monte, ai piedi del centro abitato.

Nell'esecuzione di queste tre prove sismiche è stata utilizzata una sola unità DaqLink, a cui sono stati collegati 24 geofoni verticali per la registrazione delle onde P, e 12 geofoni orizzontali per la registrazione delle onde S, nel caso della SS1-1 e SS1-2, e 24 geofoni orizzontali per l'esecuzione della SS1-3.



*Esecuzione della stesa sismica SS1-2*

In tutte e tre le sezioni si è osservata una situazione piuttosto omogenea dove viene mostrato un livello più superficiale a velocità  $V_p$  e  $V_s$  più basse e corrispondenti al terreno sciolto, e uno con velocità compatibili con quello del substrato roccioso. Quest'ultimo si presenta a partire da una profondità variabile tra 4 e 5 metri, e dapprima mostra velocità molto modeste per poi aumentare man mano che aumenta la profondità, segno di un progressivo miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche del mezzo attraversato.

#### 4.1.2 Allineamento sismico SS2

Per motivi logistici anche questo allineamento è stato suddiviso in due parti: la SS2-1, relativa alla porzione di stesa posta a monte della strada, e la SS2-2 relativa alla parte a valle di essa. Analogamente a quanto detto sulla SS1, anche questo allineamento sismico mostra una situazione piuttosto omogenea, con un orizzonte più superficiale, riconducibile a terreno sciolto, che presenta uno spessore variabile da circa 2-3 metri nella porzione più bassa della SS2-2 a circa 5-6 metri dell'area più elevata della SS2-1.



*Immagini relative all'esecuzione della Stesa Sismica SS2-2*

Diversamente dal caso precedente, le velocità dell'orizzonte superficiale riscontrate in questo stendimento sismico risultano più elevate rispetto a quelli rilevati nella SS1. Durante la fase di acquisizione infatti è già stato possibile riconoscere degli affioramenti in situ di roccia molto fratturata. È ragionevole supporre pertanto che in questo caso lo strato più superficiale riconosciuto dalla sismica abbia velocità maggiori rispetto al caso precedente in quanto non costituito da terreno sciolto bensì da roccia estremamente fratturata e alterata (cappellaccio d'alterazione), e che il rifrattore riconosciuto in profondità sia da intendersi come l'interfaccia di separazione tra il cappellaccio di alterazione e il substrato vero e proprio.

#### 4.1.3 Allineamento sismico SS3

La stesa in oggetto, essendo attraversata dal torrente Litteglia, è stata anch'essa necessariamente smembrata in due parti: una in argine sinistro del rio (SS3-1) e una in argine destro (SS3-2), entrambe orientate a circa 90 gradi rispetto all'alveo.



*Stesa Sismica SS3-2*

Le due stese effettuate hanno mostrato due situazioni leggermente differenti: per quanto riguarda la SS3-1 la tomografia ha evidenziato una situazione piuttosto omogenea, con substrato situato a una profondità di circa 4-5 metri, mentre la SS3-2 mostra una profondità del substrato più elevata nella porzione più a valle della stesa (intorno ai 4-5 metri di profondità) mentre nella porzione più a monte, la roccia risulta più superficiale (intorno ai 2-3 metri di profondità).

#### 4.1.4 Allineamento sismico SS4

Questo allineamento è stato eseguito in sostituzione al sondaggio FB13, il quale è risultato impossibile da realizzare. Tale stesa sismica è stata eseguita lungo la massima pendenza con 24 geofoni spazati di 4 metri l'uno dall'altro, per un totale di 100 metri di allineamento. Nella posa dei geofoni, cercando di seguire l'andamento suggerito dalla committenza, ci si è imbattuti in un impluvio piuttosto marcato e posto diagonalmente alla stesa. Si è reso pertanto necessario attraversare tale impluvio effettuando così in tale punto una leggera deviazione rispetto alla direzione originale. Analizzando le tomografie ricavate per questo allineamento, si evidenzia come il substrato mostri un andamento pressoché rettilineo, mentre lo spessore della coltre sedimentaria, a seguito della topografia irregolare, risulta di spessore eterogeneo: da 4 metri circa nei primi 30 metri di stendimento, a 5-6 metri nel tratto intermedio compreso tra circa 30 e 65 metri lungo la sezione, per poi ridursi a circa 2 metri nel tratto finale. Osservando la sezione si notano due punti (uno a circa 20 metri e un altro nel tratto compreso tra 65 e 75 metri lungo l'asse x della sezione) in



cui le velocità in superficie aumentano considerevolmente. Queste zone sono state interpretate come punti di affioramento del substrato roccioso.

#### 4.1.5 Allineamento sismico SS5

Come già accaduto in precedenza, la stesa in questione, essendo attraversata dal Rio Tangone, è stata necessariamente suddivisa in due parti: la SS5-1, eseguita in argine destro con 24 geofoni posti a 5 metri l'uno dall'altro, e la SS5-2 eseguita in argine sinistro e dove purtroppo, a causa dell'eccessiva antropizzazione, la spaziatura intergeofonica è stata ridotta a un metro.

Analizzando i risultati ottenuti sulla SS5-1 è stata individuata una coltre con spessore variabile da 5 a 8 metri, la quale poggia su un substrato che, a giudicare dai parametri  $V_p$  e  $V_s$  registrati, si mostra nel complesso dotato di buone caratteristiche geomeccaniche, fatta eccezione per le porzioni comprese tra 12 e 28 metri e 50 e 70 metri lungo l'asse delle ascisse, dove a una profondità di circa 20 metri dal piano campagna sono state rilevate delle zone a velocità più bassa, dovute probabilmente a un locale aumento del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

I risultati della SS5-2 mostrano un livello di terreno di circa 2 metri, sovrapposti a un substrato roccioso che dapprima si presenta molto fratturato e alterato (con  $V_p$  intorno ai 1500 m/s e  $V_s$  di circa 700-800 m/s), ma che poi tende a migliorare improvvisamente le sue caratteristiche geomeccaniche raggiungendo così velocità compatibili con quelle della roccia sana.

#### 4.1.6 Allineamento sismico SS6

Questa linea è stata eseguita parallelamente al Rio Tangone, e anche in questo caso, a causa dell'eccessiva lunghezza della stesa in progetto, è stato necessario suddividere l'allineamento in due parti. Nella fase di posa in opera della stesa sismica, è stato necessario deviare il percorso dal tracciato originale in più di un'occasione, a causa della fitta vegetazione e delle condizioni topografiche talvolta sfavorevoli allo svolgimento della prova. Per entrambe le porzioni di tale stesa sono stati utilizzati 48 geofoni: nella SS6-1 (la porzione più a est) è stata usata una distanza intergeofonica pari a 5 metri, mentre nella SS6-2 (la porzione che termina in prossimità dell'area di sosta del Caravaggio) i geofoni sono stati posti a 4 metri l'uno dall'altro.

I risultati mostrano una prima parte della SS6-1 (i primi 30-40 metri), in cui le velocità elevate già in prossimità della superficie lasciano supporre la presenza di un substrato semi affiorante o comunque molto prossimo al piano di calpestio. Proseguendo lungo la stesa invece il substrato lapideo si approfondisce, lasciando spazio in superficie al terreno sciolto che raggiunge, sempre lungo la SS6-1, potenze di 5 metri fino a raggiungere, nella sua parte terminale, una potenza di circa 7 metri.

Lungo la seconda parte della stesa (la SS6-2) la situazione risulta leggermente differente: se infatti nella SS6-1 l'andamento delle velocità risultavano piuttosto omogenee, nella seconda parte della stesa la



distribuzione delle velocità con la profondità risulta estremamente più caotica. Già dalla superficie infatti si osservano velocità elevate affiancate a velocità estremamente più basse. Lo stesso substrato roccioso, che nella SS6-1 risultava dotato di una certa omogeneità, nella SS6-2 si presenta molto più eterogeneo, con zone a maggiore velocità (come tra le progressive 30 e 60 m) affiancate a zone a velocità inferiori. Alla luce di queste osservazioni si può dedurre che le velocità elevate riscontrate in superficie possano essere ricondotte ad un cappellaccio di alterazione del sottostante substrato lapideo (il che spiegherebbe la numerosa presenza di affioramenti rocciosi nella zona in cui è stata eseguita la prova), mentre le forti eterogeneità laterali riscontrate all'interno del substrato roccioso sono da imputarsi all'elevato grado di fratturazione.

#### 4.1.7 Allineamento sismico SS7

La stesa è stata effettuata a 48 geofoni equispaziati di 5 metri, ed è stata ubicata, a monte della SS6-1 con orientamento grossomodo parallelo a quest'ultima.

La stesa in questo caso mostra un livello di terreno e coltre di spessore variabile da 5 a 6 metri, sovrapposto a un orizzonte lapideo circa parallelo al piano campagna. Nel complesso la distribuzione delle velocità e le profondità ottenute riproducono una situazione piuttosto simile a quanto riscontrato nella stesa SS6-1.

#### 4.1.8 Allineamento sismico SS8

Questa stesa è stata effettuata a tergo del muro dell'autostrada, lungo la linea congiungente i sondaggi SV3 e SV4. Per la sua esecuzione sono stati utilizzati 24 geofoni con spaziatura di 5 metri e dall'elaborazione dei dati ottenuti si è ricavata una stratigrafia del tutto compatibile con quanto riscontrato dai sondaggi: è stato infatti riconosciuto un livello a bassa velocità dello spessore di circa 3-4 metri riconducibile a terreno sciolto, sovrapposto a un substrato lapideo parallelo al piano campagna e con buone caratteristiche geomeccaniche.

#### 4.1.9 Allineamento sismico SS9

Questa stesa è stata eseguita con andamento circa parallelo al Rio Trangonera, in argine sinistro utilizzando 24 geofoni equispaziati di 4 metri.

Le tomografie qua ricavate mostrano uno spessore di terreno sciolto inferiore a 2 metri lungo tutto l'allineamento, e un substrato con ottime caratteristiche geomeccaniche già a partire dai primi metri di profondità. Si osserva all'interno della tomografia sismica in onde S, lungo la progressiva compresa tra 50 e 65 metri, una porzione a velocità  $V_s$  inferiore rispetto al contorno. Questo comportamento può essere



inteso come un effetto locale dovuto alla presenza di un'intercalazione argillitica tipica del Flysch dell'Antola.

#### 4.1.10 Allineamento sismico SS10

La stesa sismica SS10 è stata eseguita trasversalmente al Rio Trangonera, attraversandolo da un argine all'altro per poi proseguire in direzione del santuario della Madonna del Caravaggio, dove originariamente la stesa doveva terminare. Purtroppo, viste le condizioni topografiche proibitive, la forte copertura boschiva, e soprattutto dopo aver appurato l'inefficacia del metodo sismico a rifrazione per il fine prefissato, ovvero quello di indagare le profondità del cavo della galleria, la stesa originaria ha subito un drastico accorciamento.

Vista l'eccessiva lunghezza della stesa complessiva e gli ostacoli incontrati sul suo percorso, l'allineamento è stato suddiviso in 3 parti: la SS10-1 posta in argine sinistro al Rio Trangonera, la SS10-2 posizionata nel tratto compreso tra il Rio Trangonera e il Rio del Lago, e la SS10-3 posizionata lungo la massima pendenza del colle in argine destro del Rio del Lago in località Fregata.

Nella SS10-1 le tomografie ricavate mostrano velocità delle onde sismiche molto elevate già in prossimità della superficie, dove la coltre sedimentaria risulta di spessore da quasi nullo o al massimo di un paio di metri, e questo risulta in accordo con il sondaggio FB5 eseguito lungo la stesa, dove venivano rinvenuti soltanto 70 centimetri di materiale sciolto prima che cominciasse il substrato roccioso.

La stesa SS10-2 è stata eseguita su una lunghezza inferiore rispetto a quella precedente, portando la distanza intergeofonica a 1,5 metri anziché a 2 metri. La profondità di indagine pertanto è risultata leggermente inferiore rispetto al caso precedente, tuttavia i risultati hanno mostrato una situazione piuttosto omogenea: si osserva infatti un livello di terreno a bassa velocità con potenza di circa due metri e costante lungo tutto il tratto indagato. Tale livello poggia su un substrato lapideo, che presenta valori di velocità  $V_p$  e  $V_s$  piuttosto discreti fatta eccezione per il tratto compreso tra la progressiva a 8 metri e quella a 12 metri lungo l'asse X, dove a una profondità di circa 4-5 metri dal piano campagna, è presente una zona a bassa velocità presumibilmente riconducibile a un'area del substrato roccioso caratterizzata da un maggior grado di fratturazione.

La SS10-3 invece è stata eseguita su lunghezza lineare di circa 120 metri lineari, e per la sua esecuzione sono stati utilizzati 48 geofoni equispaziati di 2,5 metri.

Purtroppo l'eccessiva pendenza della superficie topografica, la vegetazione boschiva particolarmente fitta, soprattutto nel tratto a quota maggiore, e viste le notevoli difficoltà logistiche incontrate nell'esecuzione della prova, non è stato possibile estendere ulteriormente la stesa fino a quote maggiori di quella raggiunta.



#### *Esecuzione della Stesa Sismica SS10-3*

Le tomografie così ricavate hanno riportato velocità piuttosto elevate (circa 1000 m/s di  $V_p$  e 600 m/s di  $V_s$ ) già in prossimità della superficie, che sono riconducibili a un substrato fortemente alterato, come dimostrano i numerosi affioramenti incontrati lungo la stesa.

Con l'aumentare della profondità la roccia progressivamente migliora le proprie caratteristiche geomeccaniche, giungendo così a profondità compatibili col cavo della galleria dove le velocità  $V_p$  e  $V_s$  mostrano valori riconducibili al substrato roccioso perfettamente sano.

#### 4.1.11 Allineamento sismico SS11

La stesa è stata eseguita trasversalmente alla SS10-3 utilizzando 24 geofoni distanziati di 5 metri l'uno dall'altro, e le tomografie ottenute per questo profilo mostrano una situazione molto simile a quella relativa alla stesa SS10-3, con roccia fortemente alterata sub affiorante, sovrapposto al substrato roccioso vero e proprio che, a partire da una profondità di circa 3 metri, migliora progressivamente la velocità delle onde sismiche migliorando sensibilmente le sue caratteristiche geomeccaniche.

#### 4.1.12 Allineamento sismico SS12

La stesa è stata eseguita parallelamente alla SS11 e per la sua realizzazione sono stati utilizzati, come nel caso precedente, 24 geofoni distanziati di 5 metri.

L'analisi delle tomografie qua ottenute hanno riportato la presenza di uno strato superficiale, riconducibile a terreno molto compatto o a cappellaccio di alterazione, sovrapposto a un substrato litoide a velocità progressivamente maggiori con la profondità. L'interfaccia tra i due sismostrati suddetti si colloca a una profondità di circa 4 metri in prossimità del centro della stesa, e si assottiglia notevolmente, ponendosi a una profondità inferiore ai 2 metri dal piano campagna.

#### 4.1.13 Allineamento sismico SS13

La stesa in questione è stata eseguita seguendo un andamento molto prossimo a quello della massima pendenza, e di conseguenza, così come per la realizzazione della SS10-3, le difficoltà incontrate per la posa in opera dei geofoni e per l'esecuzione delle misurazioni sono state notevoli. Nel tratto più critico della stesa ci si è serviti di imbragature e di una serie di corde per salire e scendere più agilmente lungo il pendio, rendendo l'operazione più efficiente da un punto di vista della sicurezza.

La situazione mostrata dalle tomografie ottenute mettono in evidenza una situazione molto simile a quanto riscontrato negli altri allineamenti effettuati nelle vicinanze. Si osservano infatti velocità di pertinenza del cappellaccio di alterazione del substrato roccioso già in prossimità della superficie (come testimoniano i numerosi affioramenti rilevati in quest'area) e al di sotto di esso un substrato roccioso omogeneo che migliora progressivamente e con gradiente piuttosto omogeneo le proprie caratteristiche geomeccaniche con la profondità.



*Esecuzione della Stesa Sismica SS13*



## 5. Bibliografia

Cerveny V., J.E.P. Soares “Fresnel volume ray tracing” *Geophysics*, Vol. 57, No.7 (July 1992): P. 902—915

Chapman C.H. “Fundamentals of seismic wave propagation” 2004, ISBN 0 521 81538 X Cambridge Press

Elmore W.C., Cronk W. Heald M.A. “Physics of waves” 1969, ISBN 0-486-64926-1 Dover Publications, Inc.,

Schuster G.T. and Quintus-Bosz A. “Wavepath eikonal travelttime inversion: Theory” *Geophysics*, Vol. 58, No.9 (September 1993): P. 1314—1323

Woodward, M., 1989, “Wave equation tomography” Ph.D. Dissertation, Stanford University.

Woodward, M. and Rocca. F., 1988, “Wave-equation tomography” 58th Ann. Internat. Mtg., Soc. Exp1. Geophys., Expanded Abstracts, 1232-1235.

Woodward, M., 1992, “Wave-equation tomography”: *Geophysics*, 57, 15-26.



SPEA – Ingegneria Europea S.p.a.

*Indagini geognostiche progetto definitivo  
Tunnel Val Fontanabuona*

***PLANIMETRIE PROSPEZIONI  
GEOFISICHE SVOLTE***

**Linea SS9 - onde P**

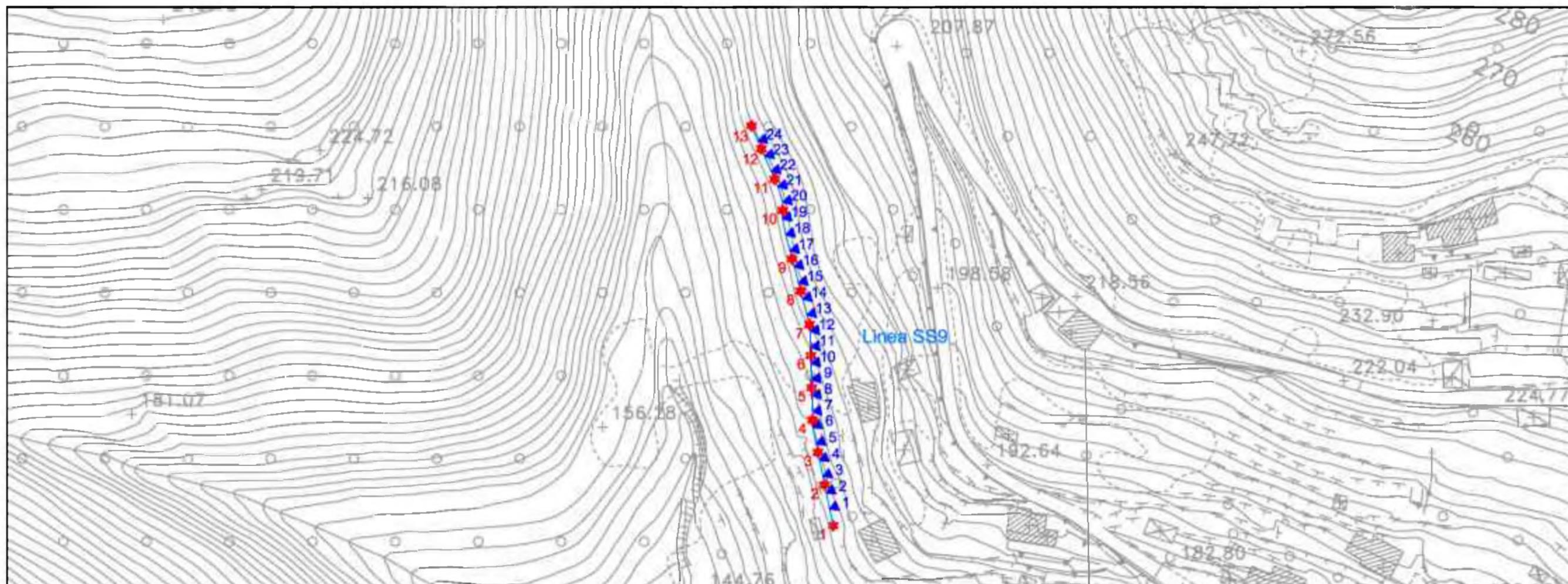
Lunghezza stesa: 100

Numero geofoni: 24

Distanza tra i geofoni: 4 metri

1 Punti di energia e loro numero progressivo

1 Posizione geofoni e loro numero progressivo



Linea SS9 - coordinate geofoni onde P

Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
g1	1515148.382	4914407.814	166.043
g2	1515147.577	4914411.730	166.166
g3	1515146.772	4914415.847	166.189
g4	1515145.967	4914419.563	166.072
g5	1515145.162	4914423.479	165.935
g6	1515144.357	4914427.395	166.158
g7	1515144.221	4914431.281	166.086
g8	1515144.125	4914435.165	168.055
g9	1515144.028	4914439.049	168.105
g10	1515143.932	4914442.933	168.994
g11	1515143.836	4914446.817	170.864
g12	1515143.739	4914450.701	171.134
g13	1515142.938	4914454.573	171.258
g14	1515141.910	4914458.441	171.303
g15	1515140.881	4914462.310	171.219
g16	1515139.853	4914466.178	171.605
g17	1515138.824	4914470.046	171.851
g18	1515137.796	4914473.915	171.467
g19	1515137.013	4914477.801	171.368
g20	1515137.096	4914481.754	172.536
g21	1515135.923	4914485.496	174.010
g22	1515134.324	4914489.167	174.064
g23	1515132.724	4914492.838	174.007
g24	1515131.125	4914496.509	173.981

Linea SS9 - coordinate scoppi onde P

Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
s1	1515149.187	4914403.898	166.650
s2	1515147.175	4914413.689	166.178
s3	1515145.565	4914421.521	166.004
s4	1515144.289	4914429.338	166.122
s5	1515144.077	4914437.107	168.080
s6	1515143.884	4914444.875	169.979
s7	1515143.104	4914453.770	171.232
s8	1515141.396	4914460.376	171.261
s9	1515138.525	4914471.172	171.597
s10	1515137.055	4914479.778	171.952
s11	1515135.124	4914487.332	174.037
s12	1515131.925	4914494.674	173.994
s13	1515129.526	4914500.180	174.151

Oggetto	Linea SS9 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde P		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:1000	18 Ottobre 2013	13031008

**Linea SS9 - onde S**

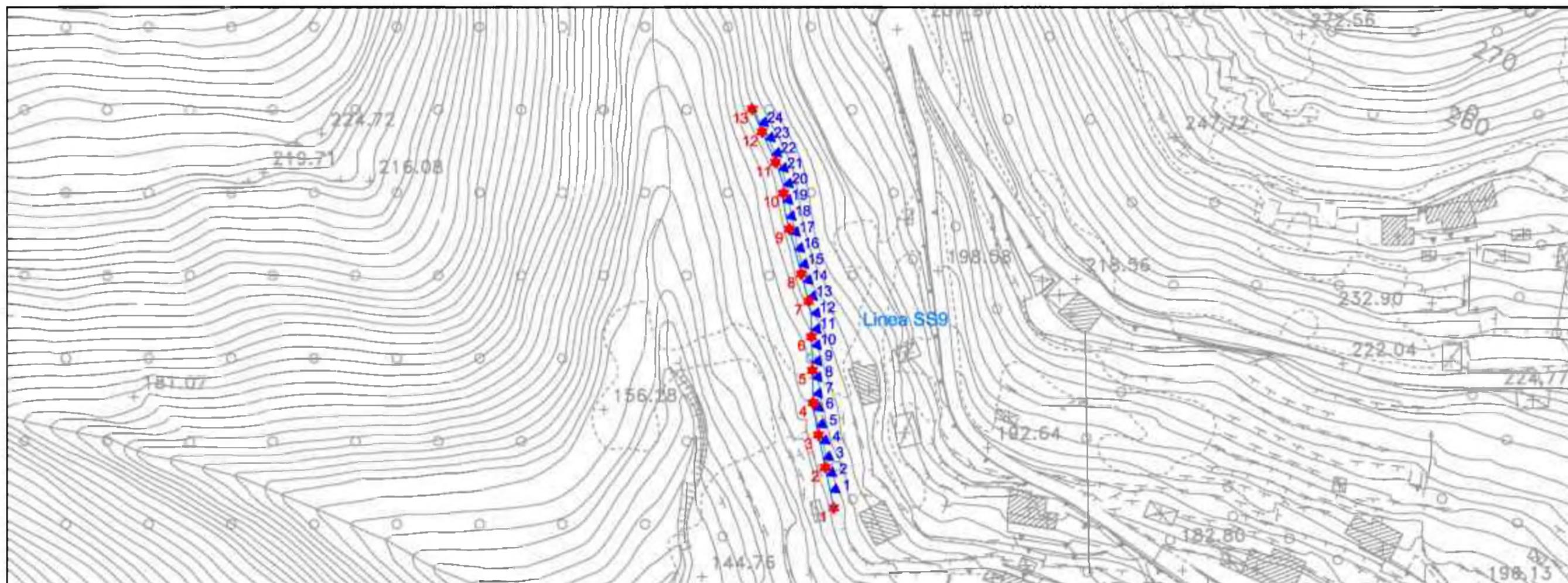
Lunghezza stesa: 100

Numero geofoni: 24

Distanza tra i geofoni: 4 metri

1 Puntini di energia e loro numero progressivo

1 Posizione geofoni e loro numero progressivo



Linea SS9 - coordinate geofoni onde S

Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.m.)
g1	1515148.382	4914407.814	166.043
g2	1515147.577	4914411.730	166.166
g3	1515146.772	4914415.847	166.189
g4	1515145.967	4914419.563	166.072
g5	1515145.162	4914423.479	165.935
g6	1515144.357	4914427.395	166.158
g7	1515144.221	4914431.281	166.086
g8	1515144.125	4914435.165	168.055
g9	1515144.028	4914439.049	168.105
g10	1515143.932	4914442.933	168.994
g11	1515143.836	4914446.817	170.864
g12	1515143.739	4914450.701	171.134
g13	1515142.938	4914454.573	171.258
g14	1515141.910	4914458.441	171.303
g15	1515140.881	4914462.310	171.219
g16	1515139.853	4914466.178	171.605
g17	1515138.824	4914470.046	171.851
g18	1515137.796	4914473.915	171.467
g19	1515137.013	4914477.801	171.368
g20	1515137.096	4914481.754	172.536
g21	1515135.923	4914485.496	174.010
g22	1515134.324	4914489.167	174.064
g23	1515132.724	4914492.838	174.007
g24	1515131.125	4914496.509	173.981

Linea SS9 - coordinate scoppi onde S

Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.m.)
s1	1515149.187	4914403.898	166.650
s2	1515147.175	4914413.689	166.178
s3	1515145.565	4914421.521	166.004
s4	1515144.289	4914429.338	166.122
s5	1515144.077	4914437.107	168.080
s6	1515143.884	4914444.875	169.979
s7	1515143.372	4914452.475	171.191
s8	1515141.396	4914460.376	171.261
s9	1515139.339	4914468.112	171.628
s10	1515137.055	4914479.778	171.952
s11	1515135.124	4914487.332	174.037
s12	1515131.925	4914494.674	173.994
s13	1515129.526	4914500.180	174.151

Oggetto	Linea SS9 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:1000	18 Ottobre 2013	13031008

**Linea SS10-1 - onde S e onde P**

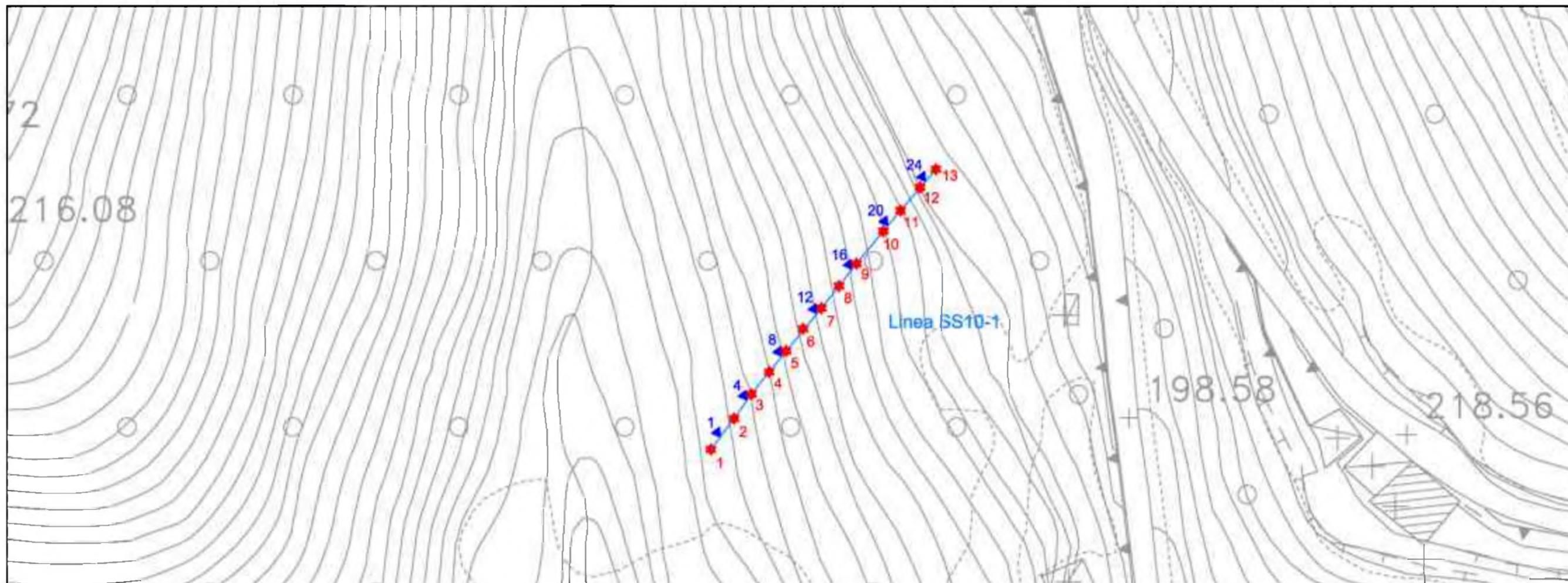
Lunghezza stesa: 50

Numero geofoni: 24

Distanza tra i geofoni: 2 metri

1  Punti di energia e loro numero progressivo

1  Posizione geofoni e loro numero progressivo

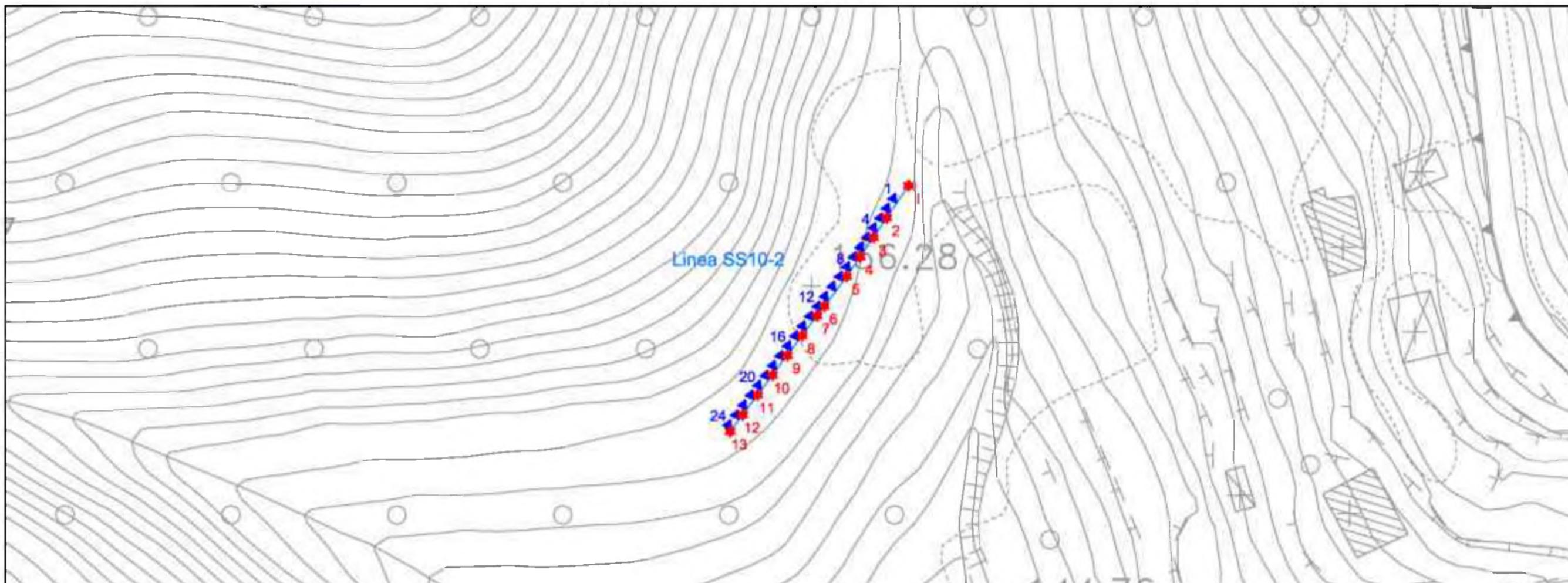


Linea SS10-1 - coordinate geofoni			
Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
g1	1515125.211	4914458.785	163.344
g2	1515126.336	4914460.259	164.020
g3	1515127.372	4914461.768	164.833
g4	1515128.404	4914463.252	165.646
g5	1515129.454	4914464.650	166.555
g6	1515130.583	4914465.978	167.537
g7	1515131.605	4914467.275	168.630
g8	1515132.624	4914468.516	169.824
g9	1515133.643	4914469.798	170.919
g10	1515134.692	4914471.099	172.023
g11	1515135.759	4914472.379	173.078
g12	1515136.823	4914473.649	174.152
g13	1515137.903	4914474.970	175.187
g14	1515138.963	4914476.286	176.217
g15	1515140.014	4914477.541	177.228
g16	1515141.059	4914478.982	178.241
g17	1515142.138	4914480.317	179.264
g18	1515143.213	4914481.616	180.294
g19	1515144.292	4914482.925	181.342
g20	1515145.358	4914484.223	182.398
g21	1515146.416	4914485.508	183.471
g22	1515147.381	4914486.638	184.767
g23	1515148.655	4914488.122	185.289
g24	1515149.931	4914489.579	185.800

Linea SS10-1 - coordinate scoppi			
Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
s1	1515124.064	4914457.301	162.672
s2	1515126.852	4914461.035	164.427
s3	1515128.917	4914463.927	166.101
s4	1515131.084	4914466.639	168.084
s5	1515133.124	4914469.142	170.372
s6	1515135.229	4914471.727	172.539
s7	1515137.372	4914474.310	174.670
s8	1515139.488	4914476.952	176.722
s9	1515141.604	4914479.648	178.753
s10	1515144.810	4914483.572	181.870
s11	1515146.914	4914486.073	184.119
s12	1515149.284	4914488.849	185.544
s13	1515151.165	4914491.023	186.311

Oggetto	Linea SS10 -1 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde P e onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:500	22 Ottobre 2013	13031008

Linea SS10-2 - onde P			
Lunghezza stesa: 50	1	Punti di energia e loro numero progressivo	
Numero geofoni: 24	★		
Distanza tra i geofoni: 2 metri	1	Posizione geofoni e loro numero progressivo	
	▼		



Linea SS10-2 - coordinate geofoni - onde P			
Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.m.)
g1	1515103,911	4914437,558	153,873
g2	1515103,112	4914436,375	153,753
g3	1515102,314	4914435,211	153,774
g4	1515101,511	4914434,028	153,724
g5	1515100,718	4914432,864	153,875
g6	1515099,921	4914431,681	154,225
g7	1515099,113	4914430,527	155,276
g8	1515098,315	4914429,364	155,227
g9	1515097,416	4914428,159	155,178
g10	1515096,540	4914426,934	155,011
g11	1515095,635	4914425,779	156,144
g12	1515094,752	4914424,581	156,175
g13	1515093,868	4914423,375	156,208
g14	1515092,964	4914422,208	156,241
g15	1515092,098	4914421,023	156,273
g16	1515091,176	4914419,822	156,306
g17	1515090,269	4914418,639	156,308
g18	1515089,375	4914417,443	156,272
g19	1515088,494	4914416,214	156,203
g20	1515087,592	4914415,077	156,235
g21	1515086,712	4914413,873	156,367
g22	1515085,811	4914412,690	156,201
g23	1515084,912	4914411,484	156,332
g24	1515084,023	4914410,303	156,265

Linea SS10-2 - coordinate scoppio - onde P			
Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.m.)
s1	1515105,347	4914439,670	151,861
s2	1515102,713	4914435,778	153,764
s3	1515101,109	4914433,451	153,699
s4	1515099,542	4914431,118	154,750
s5	1515097,880	4914428,749	155,202
s6	1515095,209	4914425,164	156,159
s7	1515094,305	4914423,989	156,191
s8	1515092,512	4914421,618	156,257
s9	1515090,729	4914419,228	156,307
s10	1515088,941	4914416,836	156,237
s11	1515087,152	4914414,468	156,301
s12	1515085,364	4914412,087	156,286
s13	1515083,843	4914410,062	156,221

Oggetto	Linea SS10 -2 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde P		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:500	22 Ottobre 2013	13031008

**Linea SS10-2 - onde S**

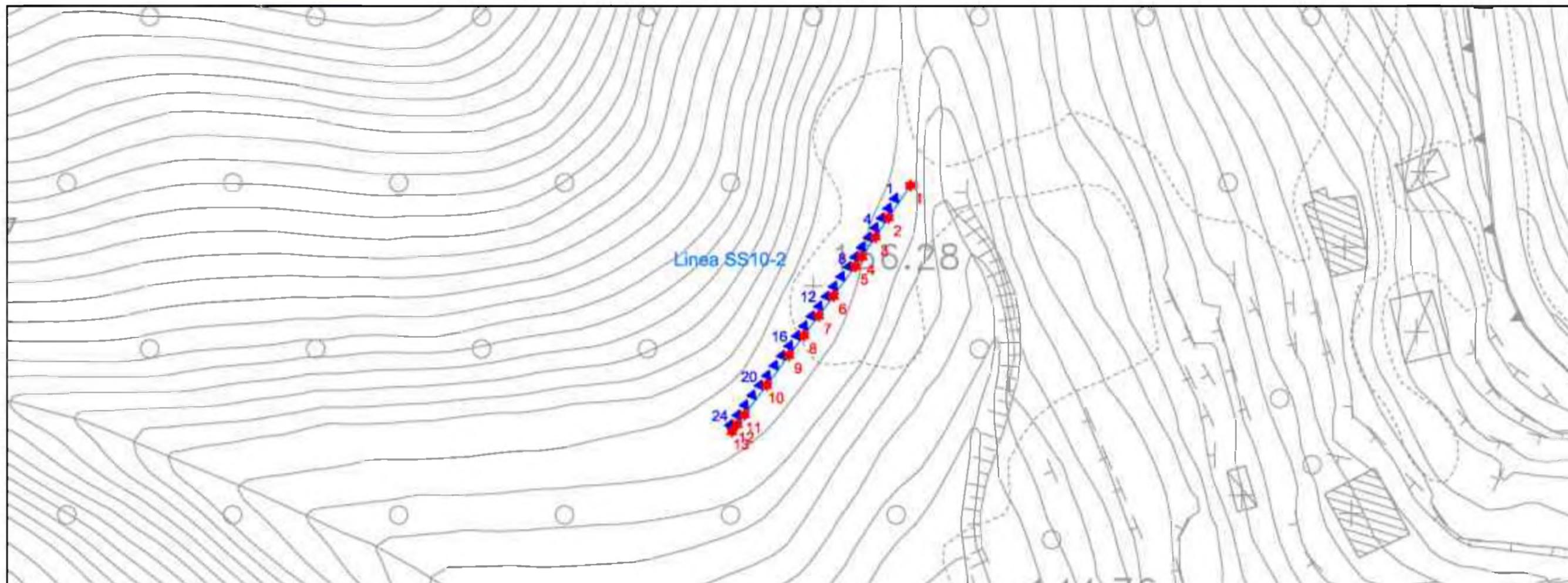
Lunghezza stesa: 50

Numero geofoni: 24

Distanza tra i geofoni: 2 metri

1  Punti di energia e loro numero progressivo

1  Posizione geofoni e loro numero progressivo



Linea SS10-2 - coordinate geofoni - onde S			
Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
g1	1515103.911	4914437.558	153.873
g2	1515103.112	4914436.375	153.753
g3	1515102.314	4914435.211	153.774
g4	1515101.511	4914434.028	153.724
g5	1515100.718	4914432.884	153.875
g6	1515099.921	4914431.681	154.225
g7	1515099.113	4914430.527	155.276
g8	1515098.315	4914429.364	155.227
g9	1515097.416	4914428.159	155.178
g10	1515095.540	4914426.934	155.011
g11	1515095.635	4914425.779	156.144
g12	1515094.752	4914424.581	156.175
g13	1515093.868	4914423.378	156.208
g14	1515092.964	4914422.208	156.241
g15	1515092.098	4914421.023	156.273
g16	1515091.176	4914419.822	156.306
g17	1515090.269	4914418.639	156.308
g18	1515089.375	4914417.443	156.272
g19	1515088.494	4914416.214	156.203
g20	1515087.592	4914415.077	156.235
g21	1515086.712	4914413.873	156.367
g22	1515085.811	4914412.690	156.201
g23	1515084.912	4914411.484	156.332
g24	1515084.023	4914410.303	156.265

Linea SS10-2 - coordinate scoppi - onde S			
Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
s1	1515105.347	4914439.670	151.861
s2	1515102.713	4914435.778	153.763
s3	1515101.109	4914433.451	153.699
s4	1515099.542	4914431.118	154.750
s5	1515098.701	4914429.926	154.976
s6	1515098.091	4914428.356	155.577
s7	1515094.305	4914423.989	156.191
s8	1515092.512	4914421.618	156.257
s9	1515090.729	4914419.228	156.307
s10	1515088.046	4914415.646	156.219
s11	1515085.364	4914412.087	156.266
s12	1515084.470	4914410.897	156.298
s13	1515083.843	4914410.062	156.221

Oggetto	Linea SS10 -2 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:500	22 Ottobre 2013	13031008

**Linea SS10-3 - onde S e onde P**

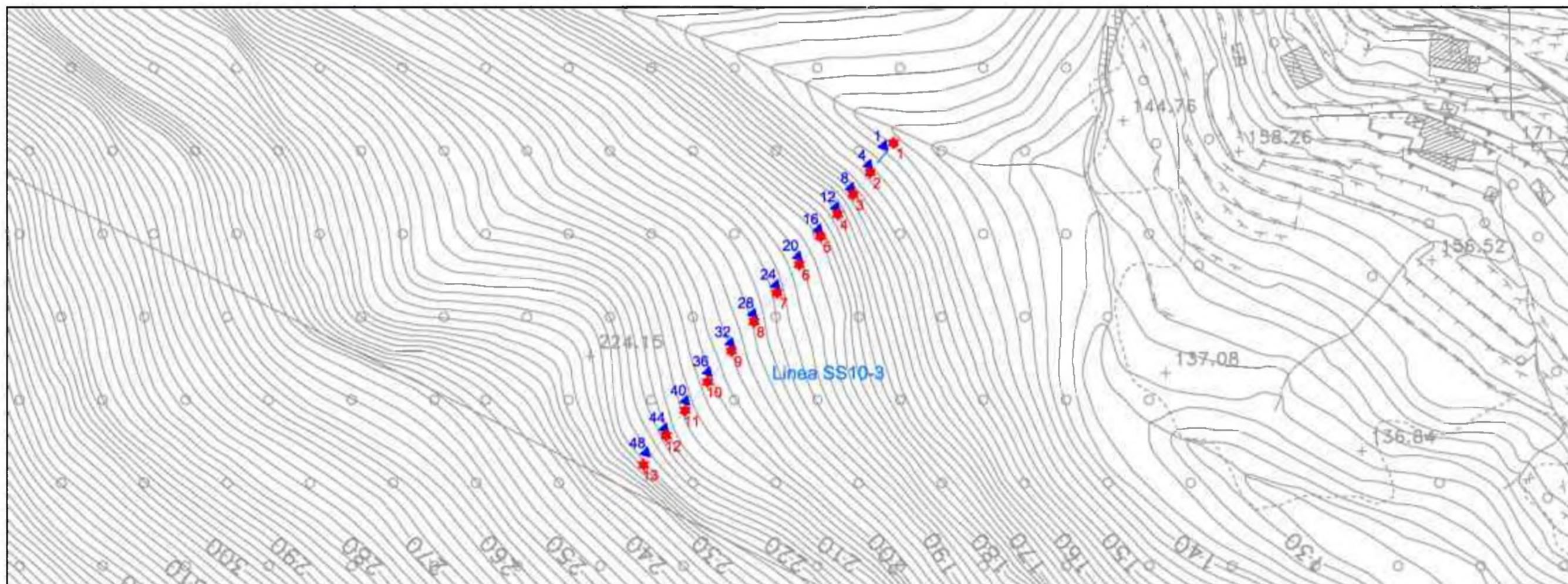
Lunghezza stesa: 125

Numero geofoni: 48

Distanza tra i geofoni: 2.5 metri

1 Punti di energia e loro numero progressivo

1 Posizione geofoni e loro numero progressivo



Linea SS10-3 - coordinate geofoni				
Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)	
g25	1515033.244	4914344.949	189.772	
g29	1515031.857	4914343.238	190.898	
g27	1515030.456	4914341.500	192.001	
g28	1515029.097	4914339.727	193.088	
g29	1515027.736	4914337.955	194.177	
g30	1515026.348	4914336.194	195.270	
g31	1515025.004	4914334.409	196.364	
g32	1515023.651	4914332.654	197.457	
g33	1515022.295	4914330.867	198.521	
g34	1515020.927	4914329.067	199.558	
g35	1515019.566	4914327.353	200.700	
g36	1515018.210	4914325.671	201.956	
g37	1515016.860	4914323.942	203.124	
g38	1515015.524	4914322.206	204.286	
g39	1515014.180	4914320.449	205.443	
g40	1515012.833	4914318.725	206.605	
g41	1515011.473	4914317.012	207.771	
g42	1515010.147	4914315.241	208.905	
g43	1515008.840	4914313.482	210.084	
g44	1515007.790	4914312.096	211.855	
g45	1515006.686	4914310.681	213.571	
g46	1515005.589	4914309.213	215.241	
g47	1515004.446	4914307.733	216.887	
g48	1515003.266	4914306.267	218.507	

Linea SS10-3 - coordinate geofoni				
Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)	
g1	1515060.828	4914380.152	151.505	
g2	1515059.390	4914378.616	153.009	
g3	1515058.140	4914377.128	154.558	
g4	1515056.986	4914375.566	156.105	
g5	1515055.841	4914373.987	157.644	
g6	1515054.677	4914372.395	159.170	
g7	1515053.657	4914371.064	160.987	
g8	1515052.748	4914370.025	163.054	
g9	1515051.850	4914368.938	165.113	
g10	1515050.959	4914367.835	167.148	
g11	1515050.062	4914366.857	169.154	
g12	1515049.069	4914365.384	171.041	
g13	1515048.028	4914364.058	172.852	
g14	1515046.986	4914362.717	174.669	
g15	1515045.941	4914361.392	176.489	
g16	1515044.936	4914360.037	178.303	
g17	1515043.877	4914358.668	180.086	
g18	1515042.836	4914358.877	181.296	
g19	1515041.342	4914355.143	182.513	
g20	1515039.958	4914353.491	183.749	
g21	1515038.663	4914351.759	184.947	
g22	1515037.368	4914349.993	186.139	
g23	1515035.974	4914348.307	187.347	
g24	1515034.633	4914346.623	188.558	

Linea SS10-3 - coordinate scoppi				
Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)	
s1	1515062.050	4914381.872	149.791	
s2	1515058.418	4914374.773	156.875	
s3	1515052.295	4914369.491	164.083	
s4	1515048.584	4914364.726	171.946	
s5	1515044.402	4914359.349	179.194	
s6	1515039.300	4914352.607	184.348	
s7	1515033.942	4914345.786	189.165	
s8	1515028.426	4914338.841	193.833	
s9	1515022.971	4914331.760	197.989	
s10	1515017.216	4914324.398	202.816	
s11	1515011.757	4914317.362	207.528	
s12	1515007.221	4914311.388	212.713	
s13	1515001.778	4914304.373	220.376	

Oggetto	Linea SS10 - 3 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde P e onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:1000	125 Ottobre 2013	13031008

**Linea SS11 - onde S e onde P**

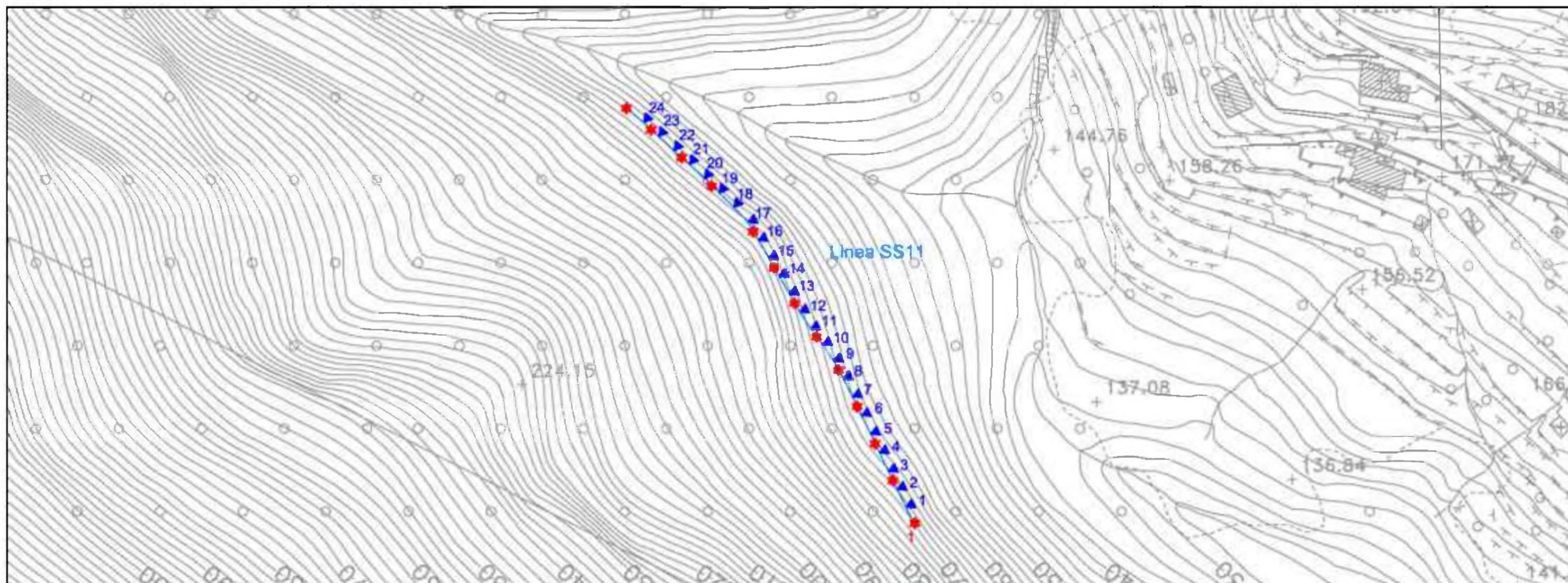
Lunghezza stesa: 125

Numero geofoni: 24

Distanza tra i geofoni: 5 metri

1  Punti di energia e loro numero progressivo

1  Posizione geofoni e loro numero progressivo



Linea SS11 - coordinate geofoni

Numero geofono	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
g1	1515081.582	4914301.077	168.037
g2	1515079.486	4914305.348	167.632
g3	1515077.352	4914309.701	168.349
g4	1515075.202	4914314.163	165.607
g5	1515073.048	4914318.660	164.568
g6	1515070.895	4914323.156	164.130
g7	1515068.727	4914327.641	163.449
g8	1515066.448	4914332.005	164.691
g9	1515064.113	4914336.289	164.822
g10	1515061.466	4914340.282	167.306
g11	1515058.601	4914344.065	169.316
g12	1515055.929	4914348.135	170.634
g13	1515053.432	4914352.448	171.525
g14	1515050.938	4914356.757	171.778
g15	1515048.440	4914361.072	171.643
g16	1515045.946	4914365.422	171.804
g17	1515043.452	4914369.772	171.756
g18	1515040.933	4914373.371	171.403
g19	1515038.461	4914376.845	170.863
g20	1515035.988	4914380.319	170.404
g21	1515033.515	4914383.763	170.274
g22	1515031.042	4914387.125	170.351
g23	1515028.569	4914390.487	170.108
g24	1515026.096	4914393.846	170.044

Linea SS11 - coordinate scoppi

Numero scoppio	Coordinata E	Coordinata N	Quota (m.s.l.m.)
s1	1515083.481	4914297.373	170.789
s2	1515078.419	4914307.524	166.990
s3	1515074.125	4914316.412	165.088
s4	1515069.811	4914325.398	163.789
s5	1515065.281	4914334.147	164.757
s6	1515060.034	4914342.174	168.311
s7	1515054.681	4914350.291	170.620
s8	1515049.688	4914358.914	171.560
s9	1515044.699	4914367.597	171.780
s10	1515034.674	4914378.582	170.634
s11	1515027.415	4914385.444	170.012
s12	1515020.023	4914392.166	170.022
s13	1515014.048	4914397.344	169.886

Oggetto	Linea SS11 posizione geofoni e punti di energia per determinazione onde P e onde S		
Formato	Scala	Data di elaborazione	Codice del lavoro
A3	1:1000	25 Ottobre 2013	13031008

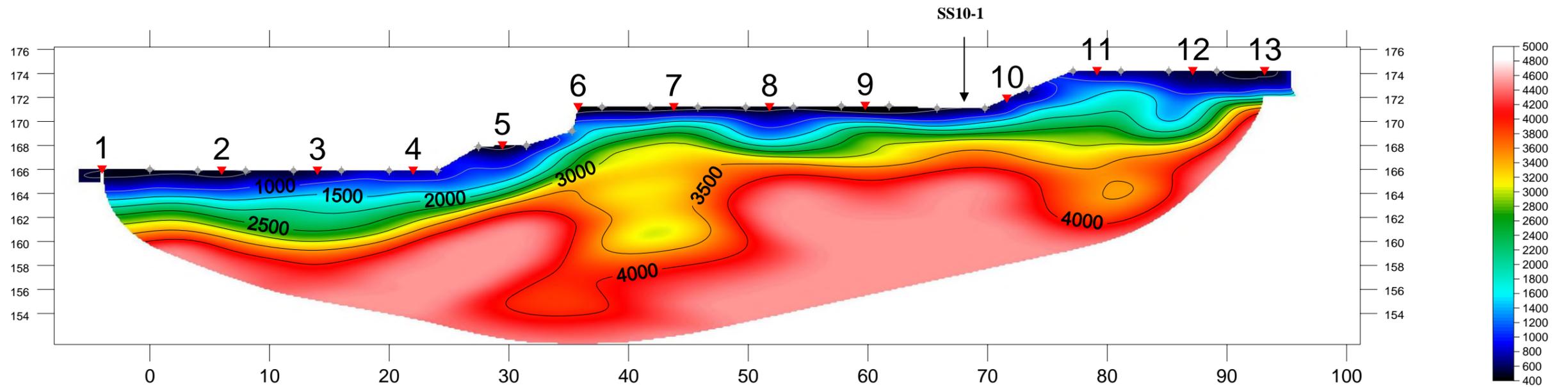


# TOMOGRAFIE SISMICHE PROGETTO DEFINITIVO DEL TUNNEL FONTANABUONA



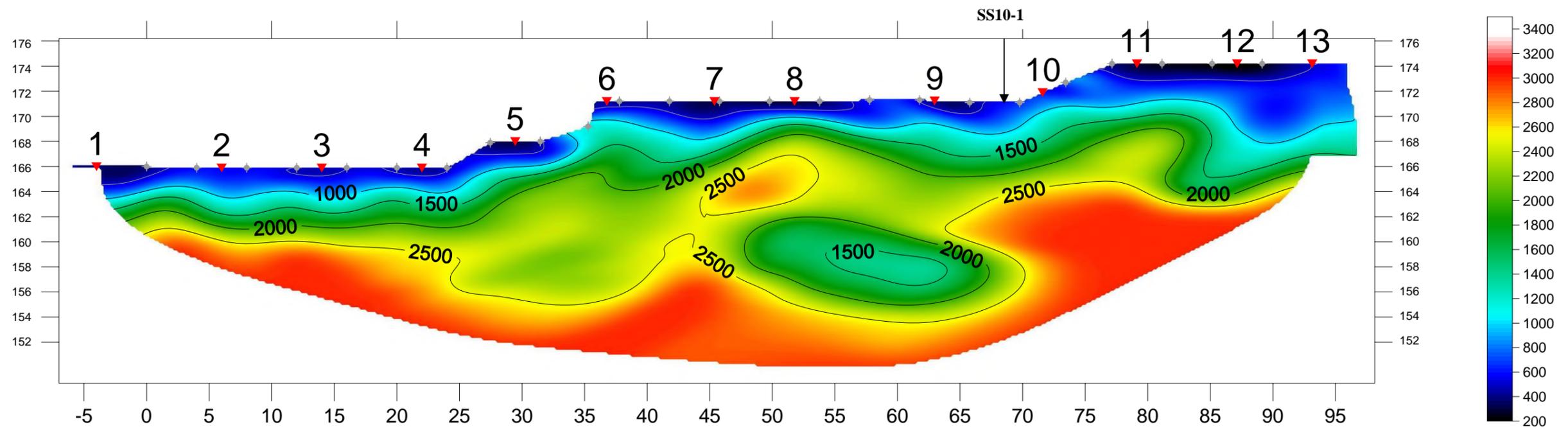
## LOCALITÀ ARBOCCÒ

## TOMOGRAFIA SISMICA SS9 – Onde P



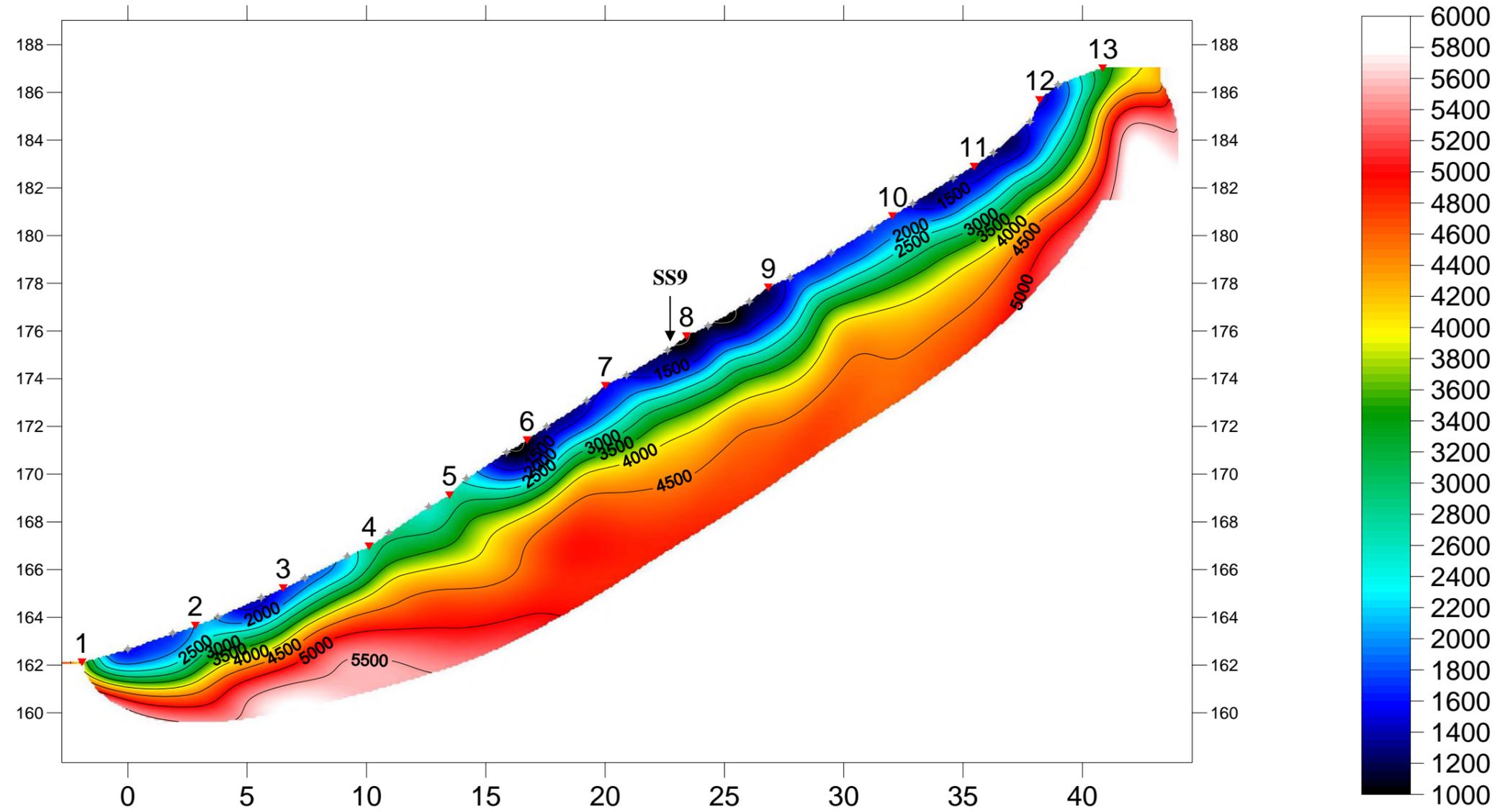
 PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 GEOFONI

## TOMOGRAFIA SISMICA SS9 – Onde S



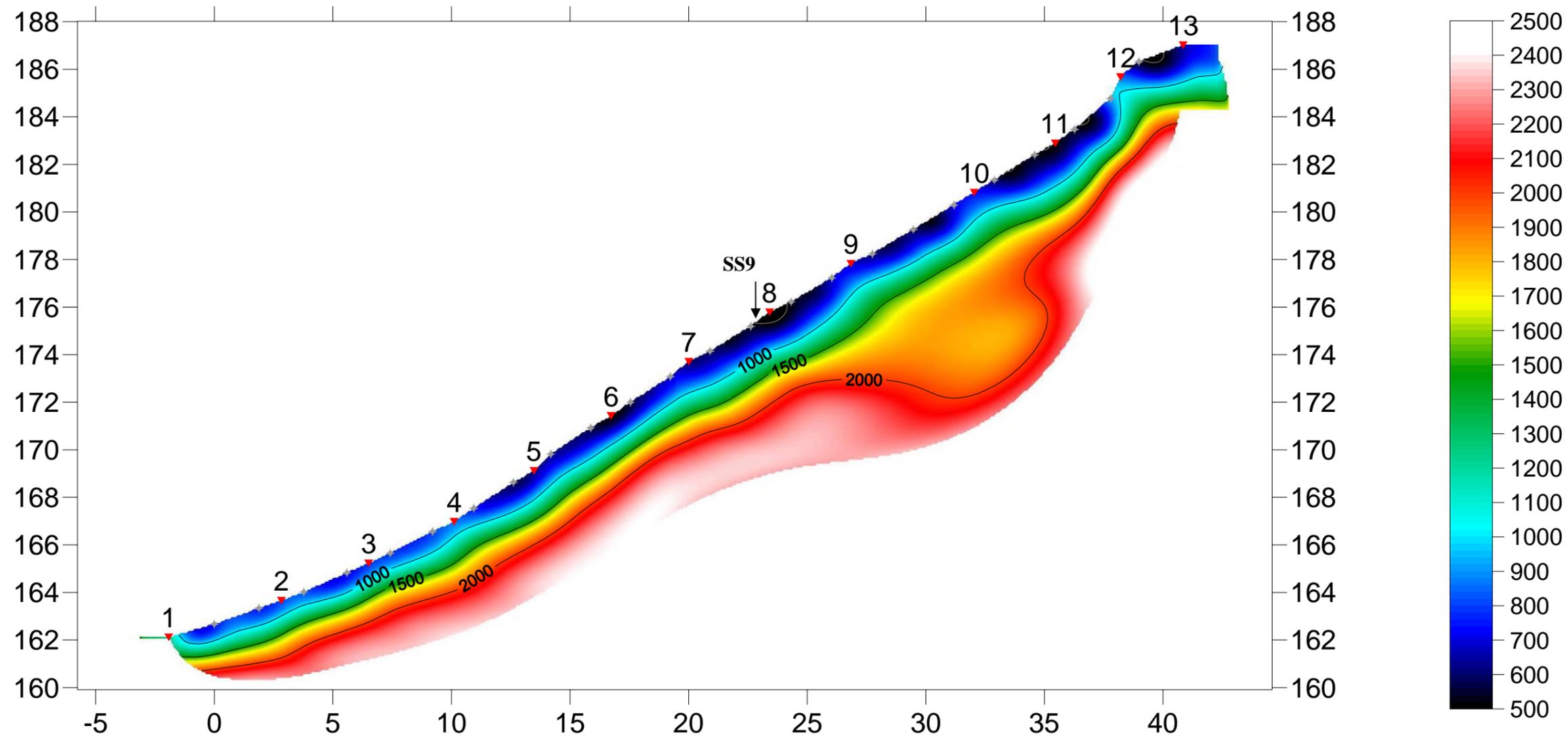
▼ PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 ★ GEOFONI

## TOMOGRAFIA SISMICA SS10-1 – Onde P



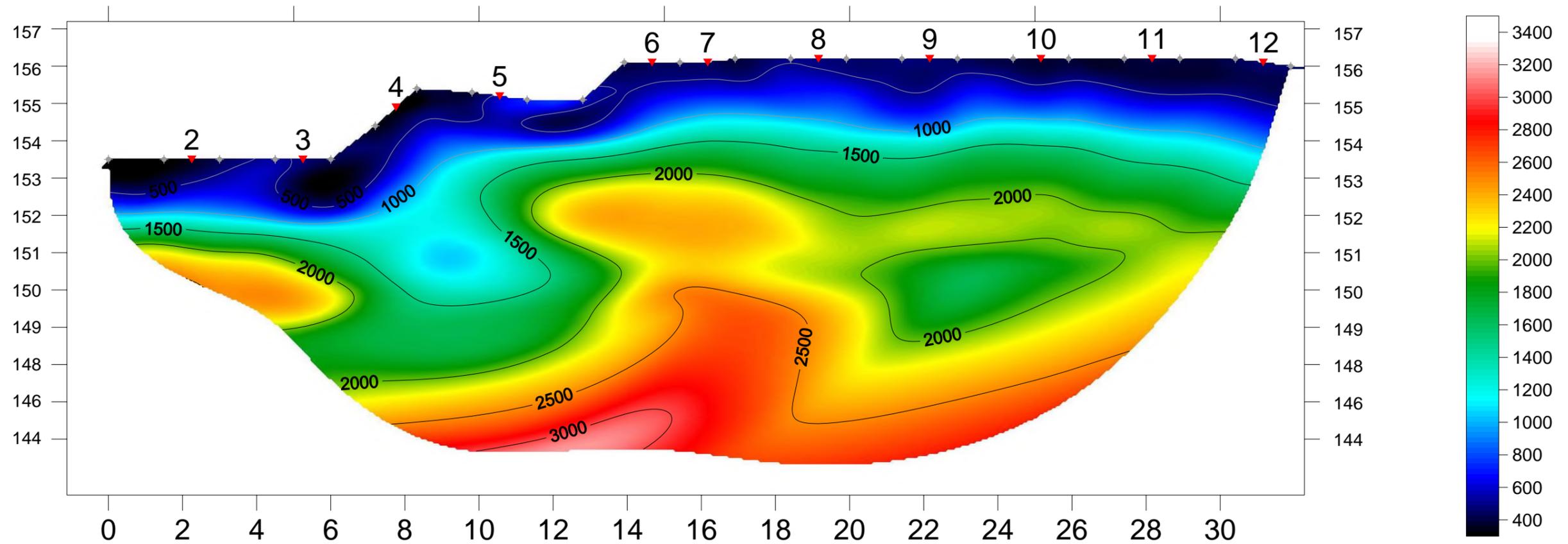
 PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 GEOFONI

### TOMOGRAFIA SISMICA SS10-1 – Onde S



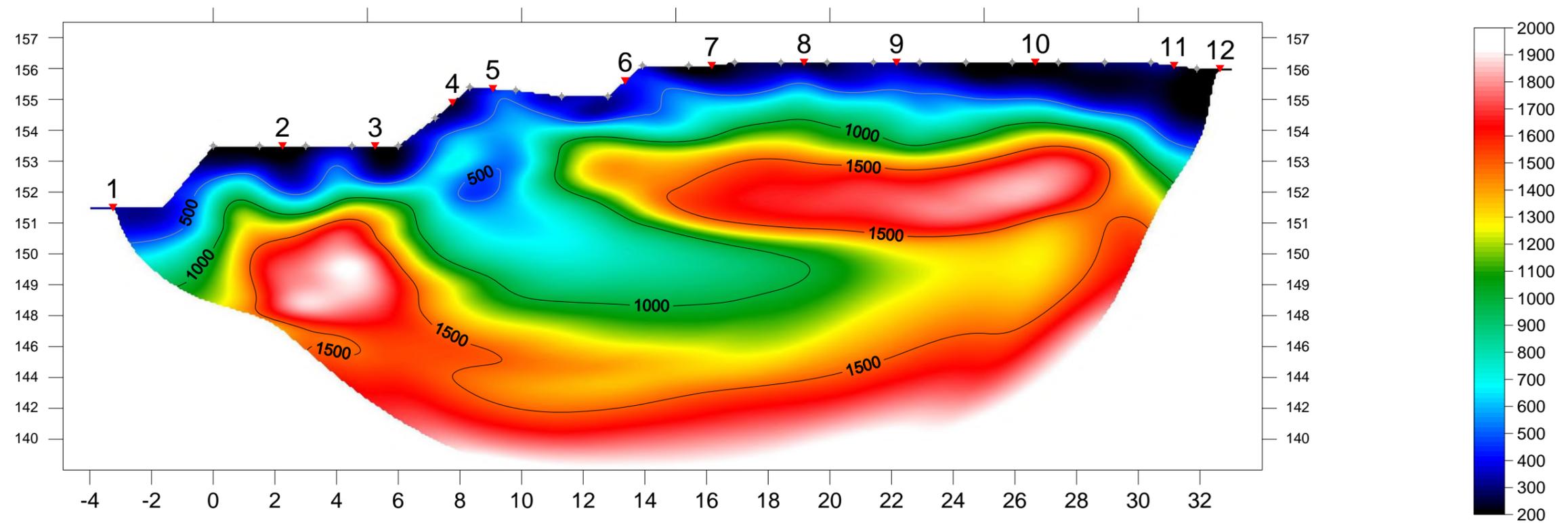
 PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 GEOFONI

## TOMOGRAFIA SISMICA SS10-2 – Onde P

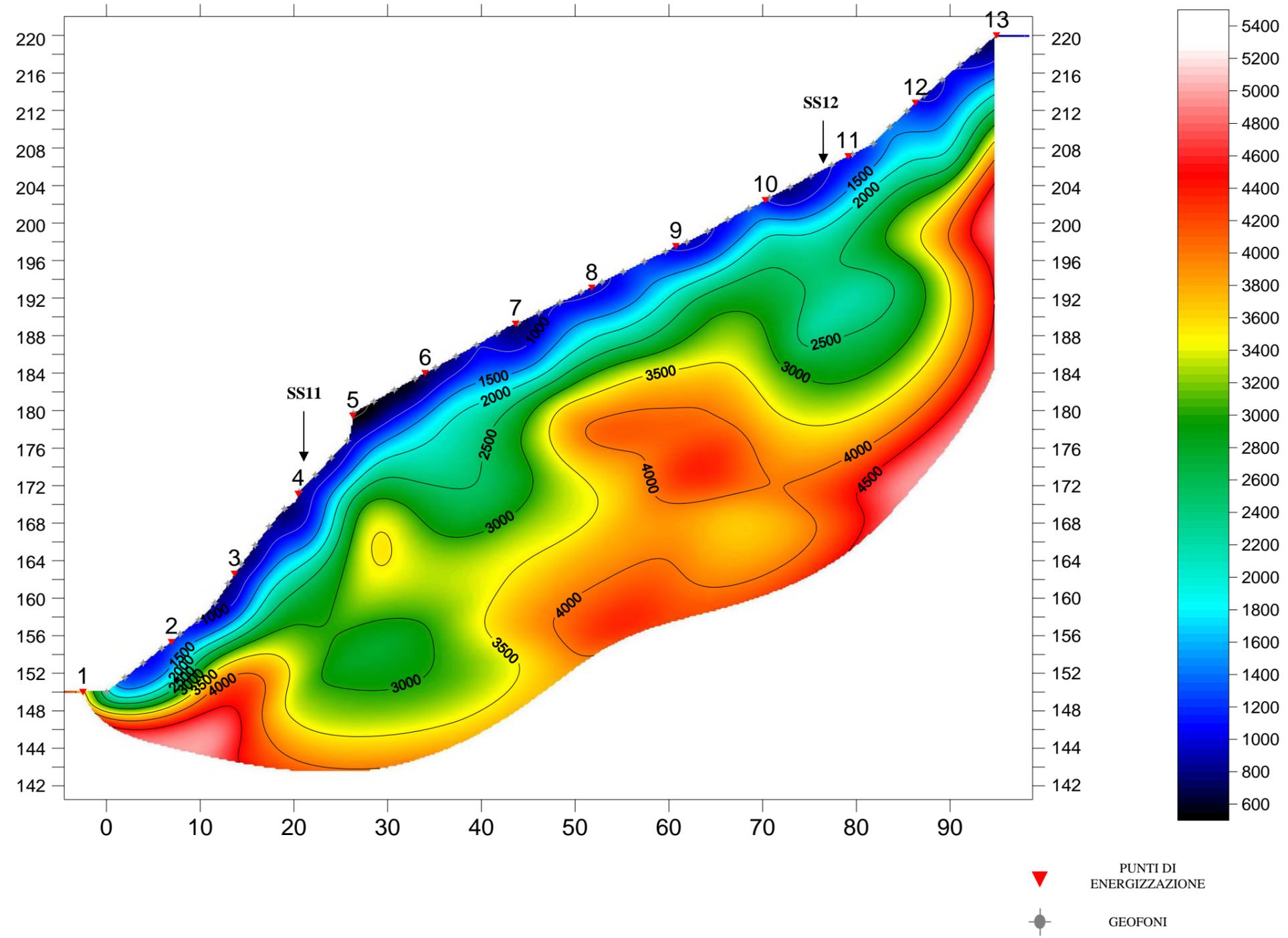


▼ PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 ★ GEOFONI

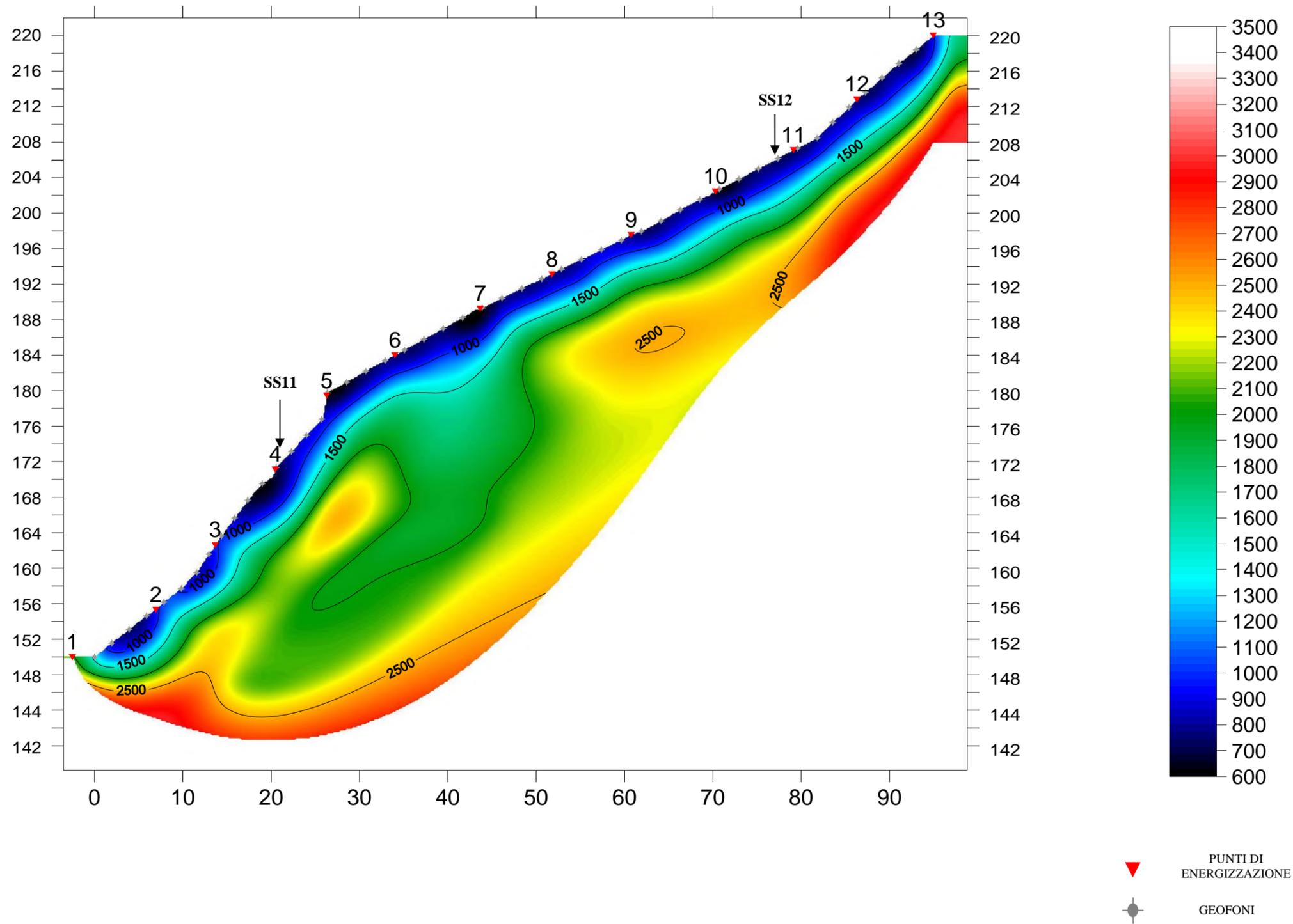
## TOMOGRAFIA SISMICA SS10-2 – Onde S



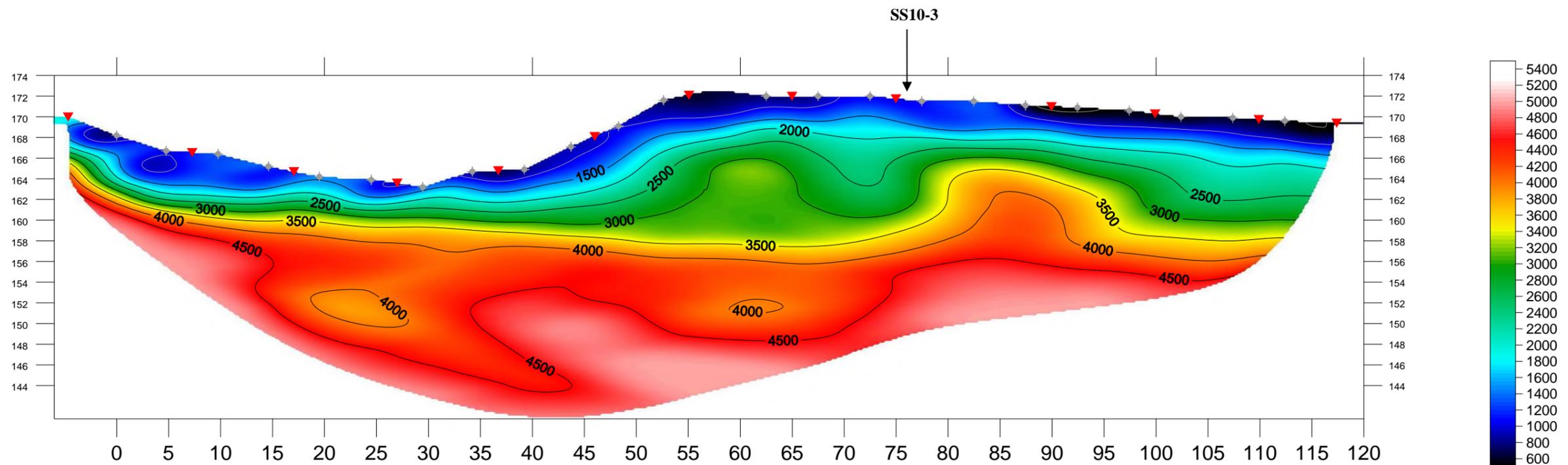
## TOMOGRAFIA SISMICA SS10-3 – Onde P



### TOMOGRAFIA SISMICA SS10-3 – Onde S

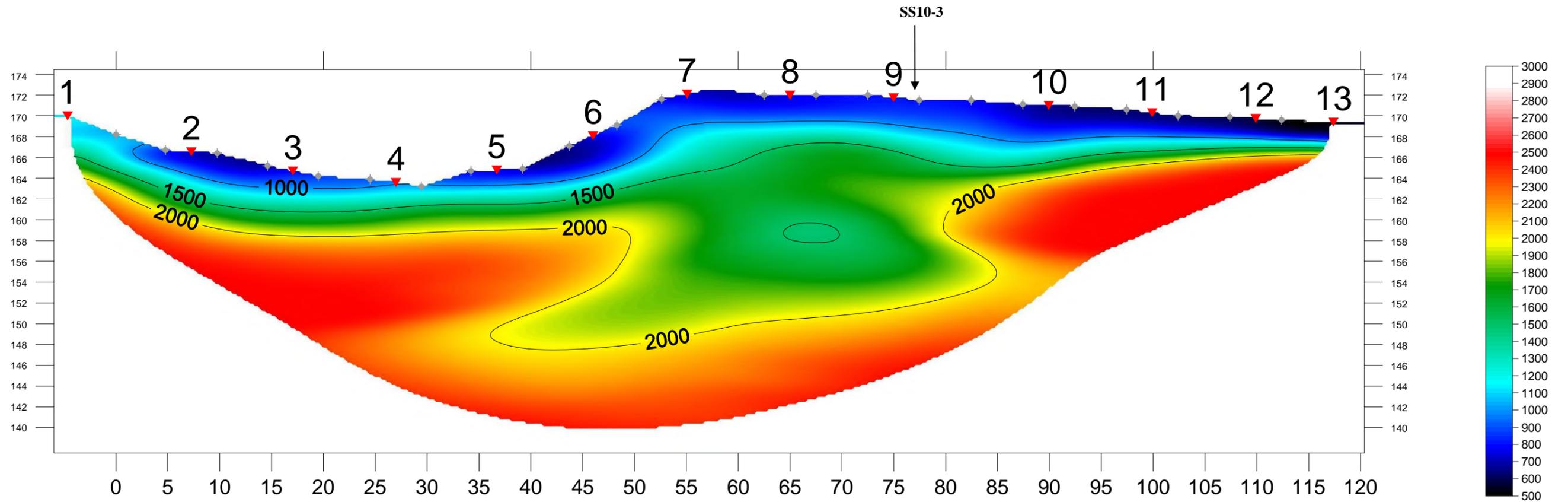


## TOMOGRAFIA SISMICA SS11 – Onde P



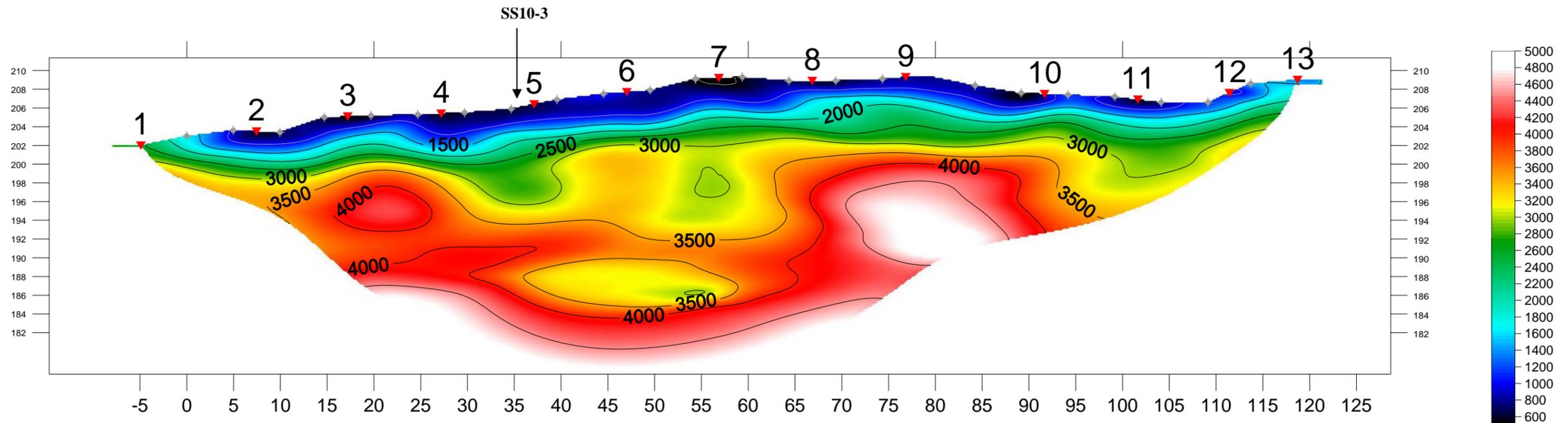
 PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 GEOFONI

### TOMOGRAFIA SISMICA SS11 – Onde S



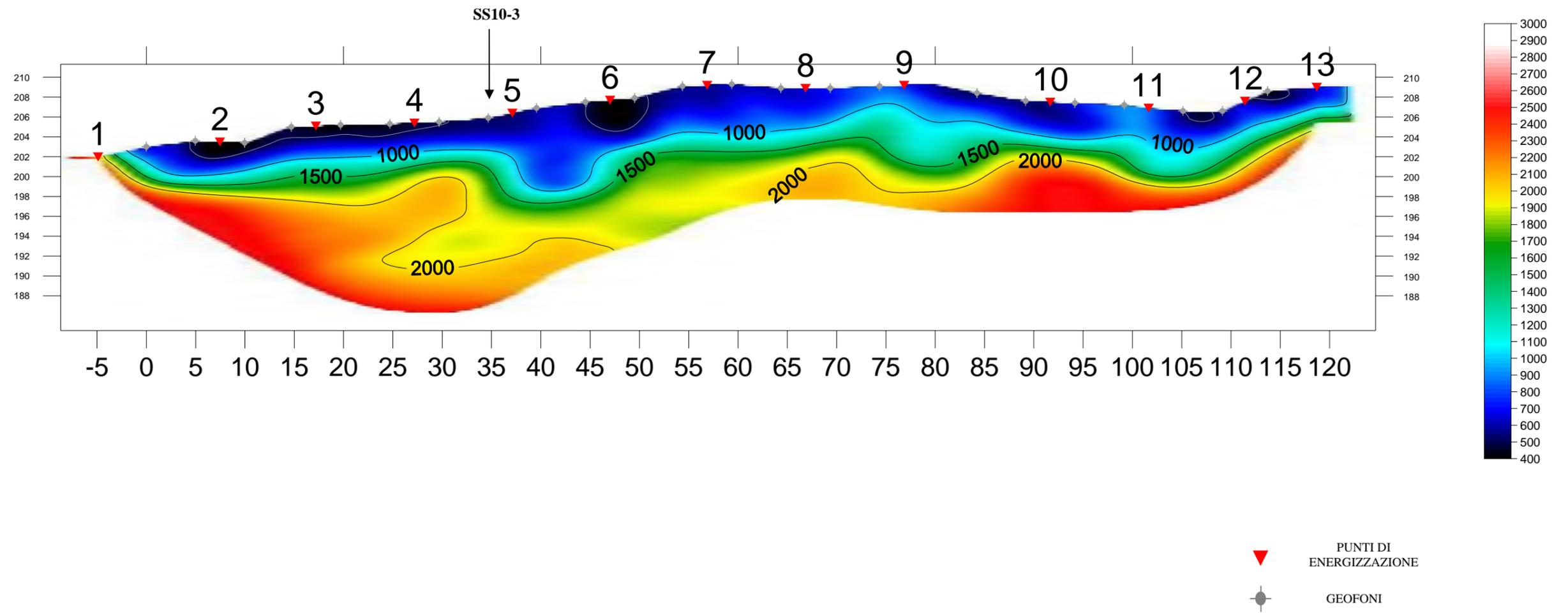
▼ PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 ⊕ GEOFONI

## TOMOGRAFIA SISMICA SS12 – Onde P

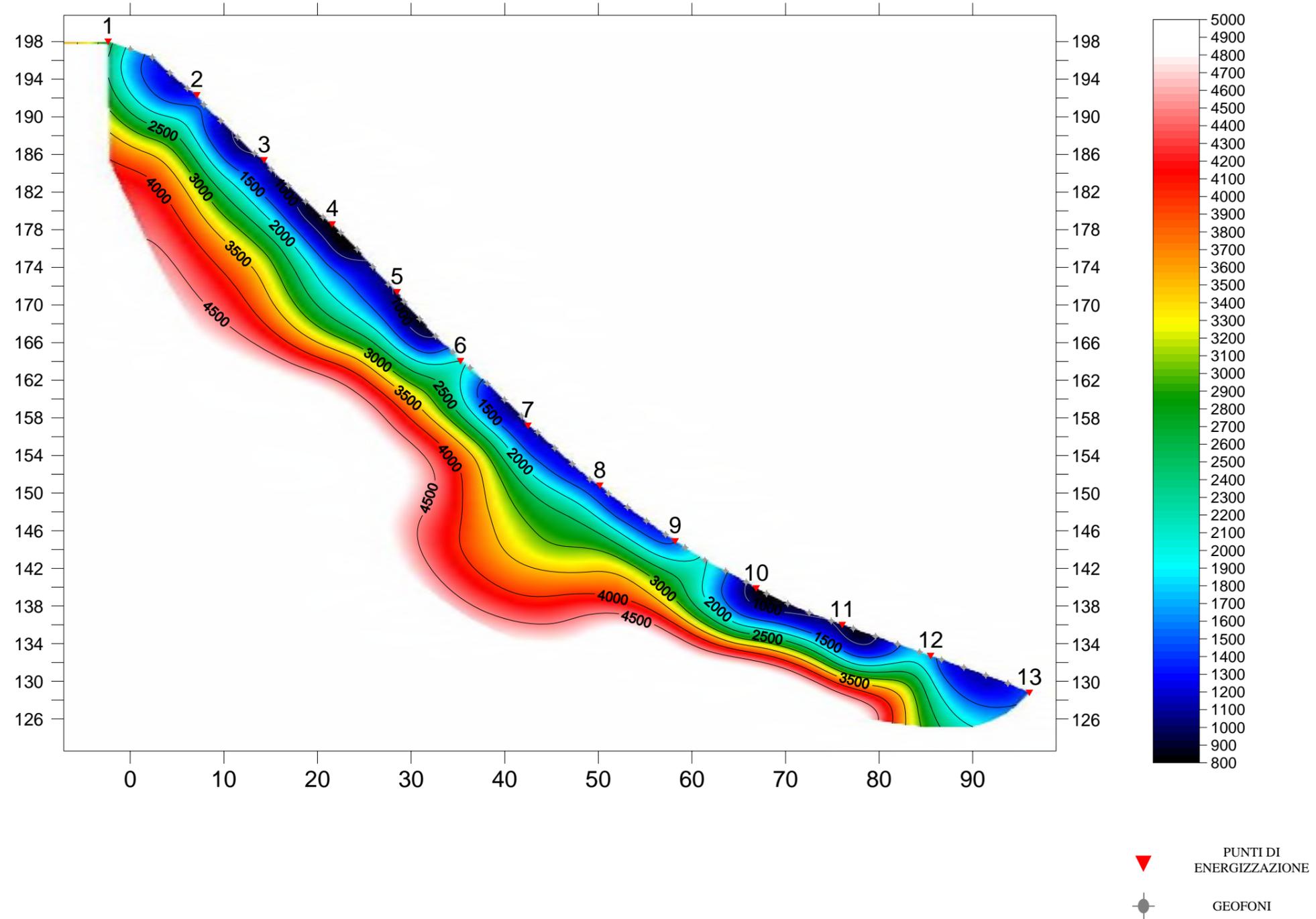


▼ PUNTI DI ENERGIZZAZIONE  
 ◆ GEOFONI

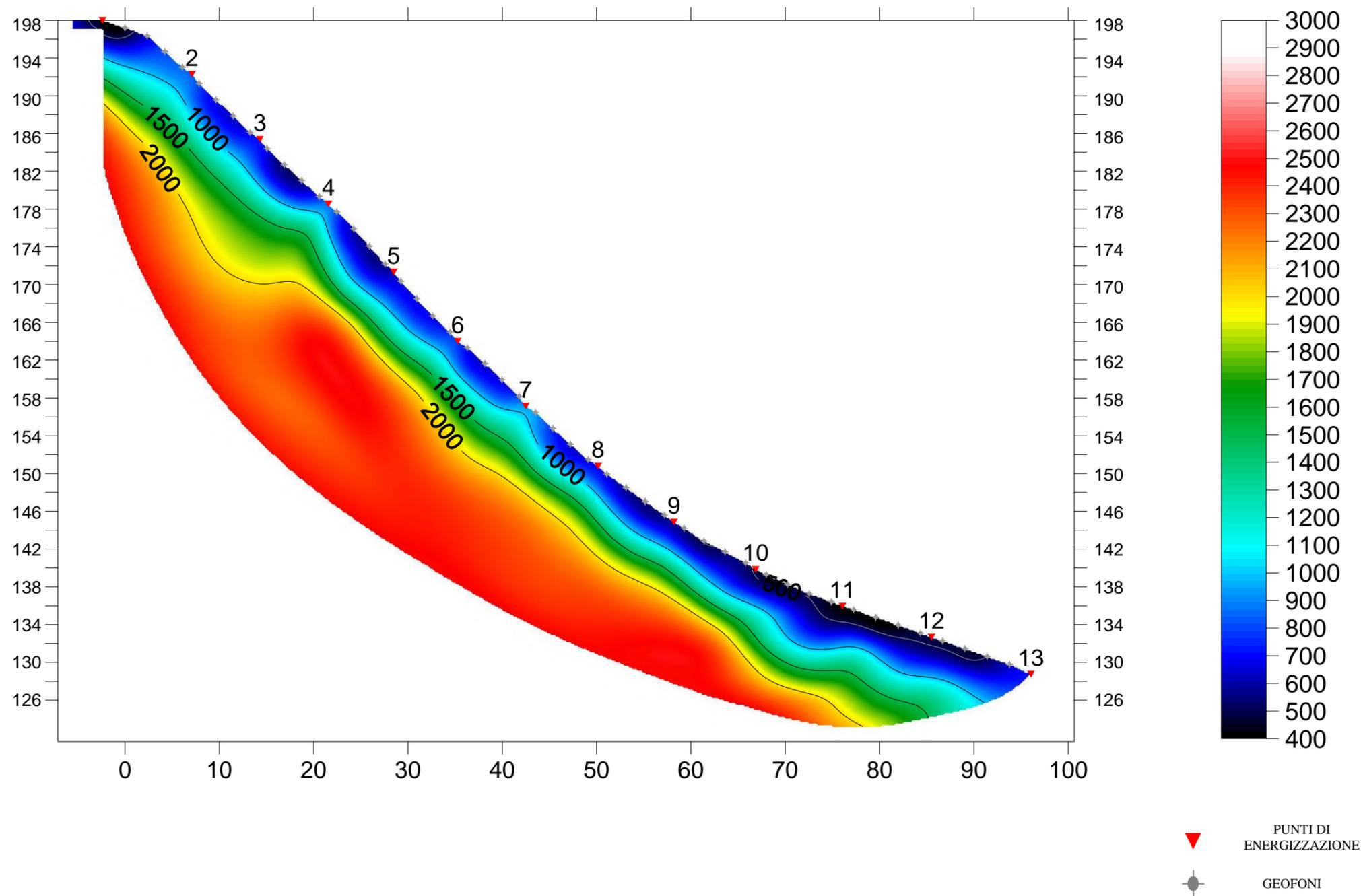
## TOMOGRAFIA SISMICA SS12 – Onde S



## TOMOGRAFIA SISMICA SS13 – Onde P



## TOMOGRAFIA SISMICA SS13 – Onde S



## **ALLEGATO 7 - Prove di laboratorio**



# **SPEA INGEGNERIA EUROPEA SPA**

**Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12  
Genova – Roma  
Progetto preliminare**

**Prove di laboratorio su terreni**

# **SPEA INGEGNERIA EUROPEA SPA**

**Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12  
Genova – Roma  
Progetto preliminare**

**Prove di laboratorio su terreni**

**SONDAGGIO FB6**

## DESCRIZIONE GEOTECNICA

Rapporto N° **34/11** Rif: **1721** Data : **set-11**  
Committente: \  
Cliente : **Spea Ingegneria Europea**  
Progetto : **Collegamento tra Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.**

### DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE

Sondaggio: **FB6**  
Campione : **CR1 + SPT**  
Profondità (m) : **1,95 - 2,10 - SPT 1,50**

Norme di riferimento : ASTM D2488 - 93

Campione rimaneggiato di colore grigio composto da ghiaia grossolona, spigolosa e matrice sabbiosa - limosa. Umidità assente, scarsa coesione e plasticità assente. Reagisce al HCl.



Esecuzione (dr. G. Zanotto)

Verifica (dr.R. Tomai)

Rapporto N° <b>34/11</b>	Rif: <b>1721</b>	Data: <b>set-11</b>
Committente: /		
Cliente: <b>Spea Ingegneria Europea</b>		
Progetto: <b>Collegamento tra Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>		

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE  Sondaggio: <b>FB6</b> Campione: <b>CR1 + SPT</b> Profondità (m): <b>1,95 - 2,10 - SPT 1,50</b>	APPARECCHIATURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA  SETACCI SERIE ASTM SOLUZIONE ESAMETAFOSFATO DI SODIO 40 gr/L ACQUA DISTILLATA FORNO REGATERM GDT 609 DENSIMETRO CALIBRATO CONTROLS GDT 610
---	---

Norme di riferimento: **ASTM D 422-63**

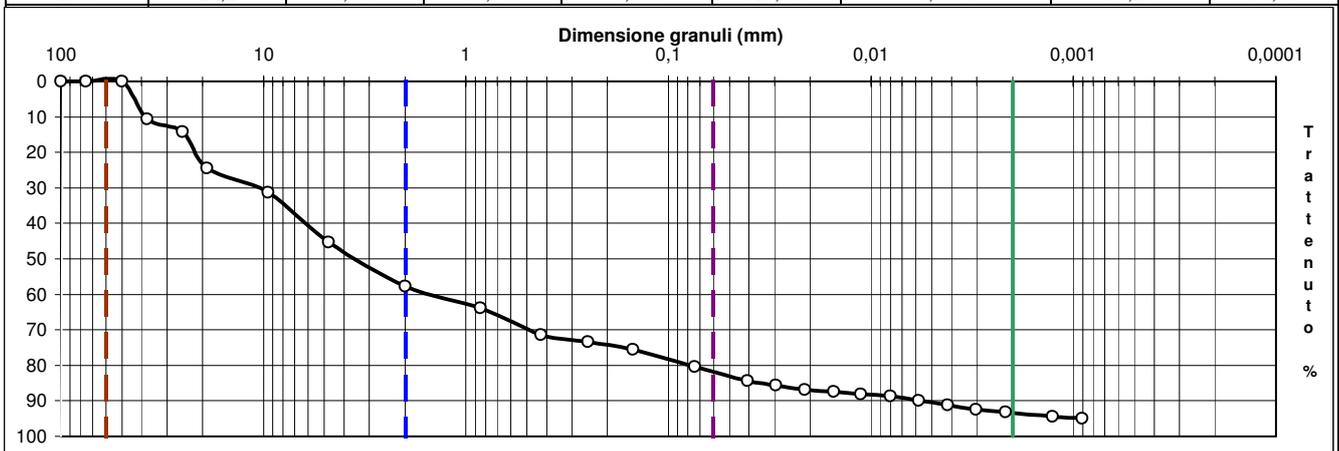
(A.G.I.): <b>GHIAIA SABBIOSA LIMOSA</b>	(USCS): <b>GC</b>	(CNR/UNI10006): <b>A1-b</b>	Indice Gruppo <b>0</b>
(A.G.I.): <b>DEBOLMENTE ARGILLOSA</b>			

ANALISI CON SETACCI						terreno analizzato (g):		1974		Frazioni:	
Setaccio nr.	Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)					(A.G.I.):	
4"	100,16	0,00	0,00	0,00	100,00					Ciottoli (%) = 0,0	
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00					Ghiaia (%) = 57,8	
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00					Sabbia (%) = 22,7	
1,5"	37,500	210,39	10,66	10,66	89,34					Limo (%) = 12,6	
1	25,000	69,78	3,53	14,19	85,81					Argilla (%) = 6,9	
3/4"	19,000	202,71	10,27	24,46	75,54						
3/8"	9,500	133,47	6,76	31,22	68,78						
4	4,750	278,49	14,11	45,33	54,67						
10	2,000	245,25	12,42	57,76	42,24						
20	0,850	121,29	6,14	63,90	36,10						
40	0,425	149,31	7,56	71,46	28,54						
60	0,250	37,35	1,89	73,36	26,64						
100	0,150	43,74	2,22	75,57	24,43						
200	0,074	96,39	4,88	80,45	19,55						
fondo	-	385,83	19,55	100,00	0,00						

**Note:**  
Diametro massimo dei granuli : 48,50 mm

ANALISI CON AEROMETRO			
Peso campione secco (g) = P <sub>sp</sub>	50,00	Peso specifico della parte < 0,074 mm = g <sub>s</sub>	2,67
Dispersivo: 125 cc soluzione al 4% di sodio esametafosfato e carbonato di sodio preparata il 20/09/2011		Peso specifico del liquido = g <sub>l</sub>	1,00
		costante K = $\frac{100 \cdot \gamma_s}{P_{sp} \cdot \gamma_s - \gamma_l}$	3,20

tempo (min)	temp. °C	R	R+Cm	R'=R+Ct	Hr (mm)	diametro (mm)	%tratt. parz.	%tratt. totale
1	20,2	1,027	27,500	25,050	89,570	0,0405	19,90	84,34
2	20,2	1,025	25,500	23,050	94,170	0,0294	26,30	85,59
4	20,2	1,023	23,500	21,050	98,770	0,0213	32,69	86,84
8	20,2	1,022	22,500	20,050	101,070	0,0152	35,89	87,47
15	20,2	1,021	21,500	19,050	103,370	0,0112	39,09	88,09
30	20,2	1,020	20,500	18,050	105,670	0,0080	42,28	88,72
60	20,2	1,018	18,500	16,050	110,270	0,0058	48,68	89,97
120	20,2	1,016	16,500	14,050	114,870	0,0042	55,07	91,22
240	20,2	1,014	14,500	12,050	119,470	0,0030	61,47	92,47
480	20,2	1,013	13,500	11,050	121,770	0,0022	64,67	93,09
1440	20,2	1,011	11,500	9,050	126,370	0,0013	71,06	94,34
2880	20,2	1,010	10,500	8,050	128,670	0,0009	74,26	94,97



Esecuzione (dr. G. Zanotto)	Verifica (dr. R. Tomai)
-----------------------------	-------------------------

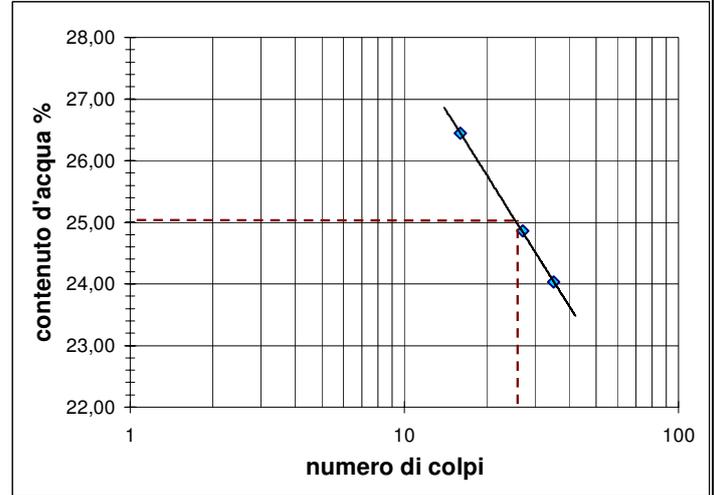
Rapporto N°	<b>34/11</b>	Rif:	<b>1721</b>	Data :	<b>set-11</b>
Committente:	\				
Cliente :	<b>Spea Ingegneria Europea S.p.A.</b>				
Progetto :	<b>Collegamento tra Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	APPARECCHIATURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA
Sondaggio: <b>FB6</b>	CUCCHIAIO DI CASAGRANDE GDT 614 ACQUA DISTILLATA FORNO REGATERM GDT 609
Campione : <b>CR1 + SPT</b>	
Profondità (m) : <b>1,95 - 2,10 - SPT 1,50</b>	

Norme di riferimento:	<b>ASTM D 4318-84</b>
-----------------------	-----------------------

### Limite liquido

N° colpi	16	27	35
contenitore n°	A	B	C
peso lordo umido	g 7,52	8,89	5,65
peso lordo secco	g 6,42	7,58	5,03
peso dell'acqua	g 1,10	1,31	0,62
tara contenitore	g 2,26	2,31	2,45
peso netto secco	g 4,16	5,27	2,58
contenuto d'acqua	% 26,44	24,86	24,03

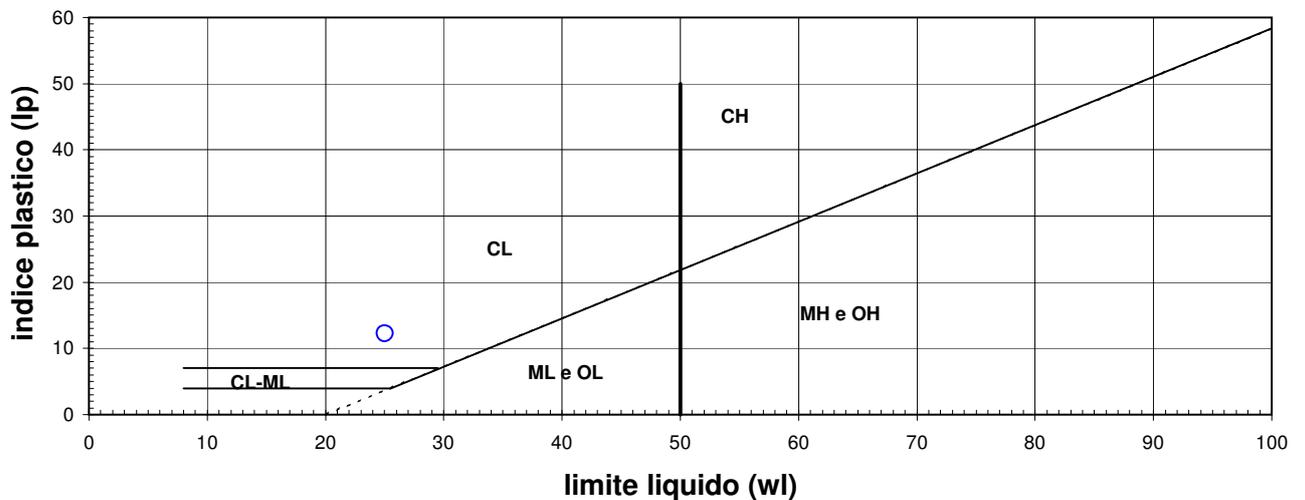


### Limite plastico

contenitore n°	D	E
peso lordo umido	g 3,74	4,01
peso lordo secco	g 3,57	3,83
peso dell'acqua	g 0,17	0,18
tara contenitore	g 2,25	2,41
peso netto secco	g 1,32	1,42
contenuto d'acqua	% 12,88	12,68

<b>wl</b>	<b>wp</b>	<b>lp</b>
<b>25,00</b>	<b>12,78</b>	<b>12,22</b>

## Carta di Plasticita'



Esecuzione (dr. G. Zanotto)	Verifica (dr.R. Tomai)
-----------------------------	------------------------

# **SPEA INGEGNERIA EUROPEA SPA**

**Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12  
Genova – Roma  
Progetto preliminare**

**Prove di laboratorio su rocce**

# **SPEA INGEGNERIA EUROPEA SPA**

**Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12  
Genova – Roma  
Progetto preliminare**

**Prove di laboratorio su rocce**

**SONDAGGIO FB6**

Rapporto N° :	<b>34/11</b>	Rif. :	<b>1721</b>	Data :	<b>set-11</b>
Committente:	\				
Cliente:	<b>SPEA Ingegneria Europea</b>				
Progetto:	<b>Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	<b>FB6</b>
Campione:	<b>CR2</b>
Profondità (m):	<b>6,00-6,20</b>
Litotipo:	<b>calcare marnoso</b>

**DESCRIZIONE MACROSCOPICA**

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	FB6
Campione:	CR3
Profondità (m):	11,30-11,80
Litotipo:	calcare marnoso

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

Rapporto N° :	3411	Rif. :	1721	Data :	Set-2011
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata
Sondaggio: <b>FB6</b>	Pressa Controls (150 Ton) - GD Test 18 <input type="checkbox"/>
Campione: <b>CR3</b>	Calibro meccanico Storm - GD Test 62 <input type="checkbox"/>
Provino: <b>GAI55</b>	Bilancia elettronica Kern <input type="checkbox"/>
Profondità (m): <b>11,30-11,80</b>	Strain Gauges TML - PL-60-11 <input type="checkbox"/>
Litotipo: <b>calcare marnoso</b>	Strain Gauges TML - PFL-30-11 <input type="checkbox"/>

Norme di riferimento: <b>ASTM D 4543 - 85(91) ASTM D 3148 - 93</b>
--

CARATTERISTICHE PROVINO					
Diametro (D) (mm):	<b>77,80</b>	Condizioni:	Secca	Ambiente	Satura
Lunghezza (L) (mm):	<b>149,60</b>	Peso (g)		<b>1907,20</b>	
Volume (cm <sup>3</sup> ):	<b>711,18</b>	Peso di volume (Mg/m <sup>3</sup> )		<b>2,68</b>	
Rettilinearità sup. laterale (mm)	<b>0,25</b>	Velocità incremento di carico (kPa/s)		<b>300</b>	
Tolleranza di perpendicolarità facce/asse provino (°)	<b>0,15</b>	Tolleranza di lappatura (µm)		<b>20</b>	

CAMPIONE PRE-TEST	DESCRIZIONE MACROSCOPICA	CAMPIONE POST-TEST
	<p>Colore: <b>grigiastro-nerastro</b></p> <p>Struttura: <b>aspetto massiccio e struttura laminata</b></p> <p>Piani di discontinuità e loro orientazione rispetto al carico: <b>presenza di millimetriche vene calcitiche variamente orientate.</b></p> <p>Alterazione: \</p> <p>Rottura: <b>improvvisa</b></p> <p>Comportamento: <b>fragile</b></p> <p>Fratturazione: <b>piani prevalentemente paralleli alla direzione di carico</b></p> <p>Osservazioni:</p>	

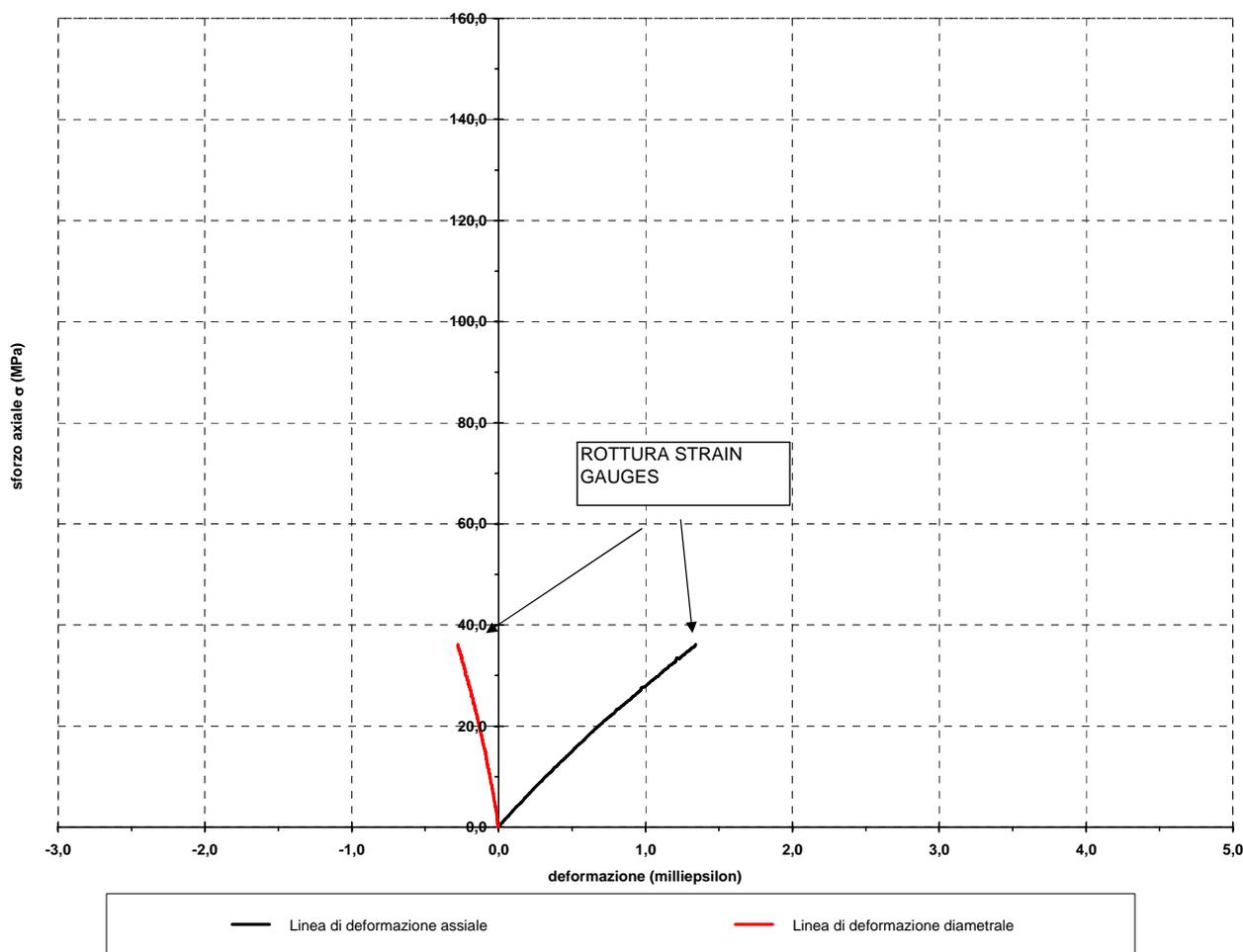
Rapporto L/D:		<b>1,92</b>
Carico di rottura (kN):	<b>F</b>	<b>177,14</b>
Area facce provino (cm <sup>2</sup> ):	<b>A</b>	<b>47,54</b>
Resistenza a compressione uniassiale (MPa):	<b>Co'</b>	<b>37,26</b>
Resistenza a compressione uniassiale corretta (D=50mm L/D=2) (Mpa):	<b>Co</b>	<b>40,15</b>
Modulo elast. longitudinale tangente (GPa):	A 50% del valore di Co	<b>It</b> <b>26,86</b>
Modulo elast. longitudinale secante (GPa):		<b>Is</b> <b>29,55</b>
Rapporto di Poisson tangente :		<b>vt</b> <b>0,22</b>
Rapporto di Poisson secante :		<b>vs</b> <b>0,20</b>

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

MODULO 136-ita - Rev.01 /01.09

Rapporto N° :	34\11	Rif:	1721	Data:	set-2011
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				
<b>DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE</b>					
Sondaggio:	FB6				
Campione:	CR3				
Provino:	GAI55				
Profondità (m):	11,30-11,80				
Litotipo:	calcare marnoso				
Norme di riferimento:	ASTM D 4543 - 85(91) ASTM D 3148 - 93				

MODULO 136-ita - Rev.01/01.09



	Moduli di deformazione (GPa)		Rapporto di Poisson		Resistenza a compressione uniassiale corretta - Co (MPa)
	longitudinale		tg	sec	
	tg	sec			
A 50% del valore di Co	<b>26,86</b>	<b>29,55</b>	<b>0,22</b>	<b>0,20</b>	<b>40,15</b>

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

## Velocità onde longitudinali, trasversali e Peso di Volume

Rapporto N° :	<b>34\11</b>	Rif. :	<b>1721</b>	Data :	<b>set-2011</b>
Committente:	\				
Cliente:	<b>SPEA Ingegneria Europea</b>				
Progetto:	<b>Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova\Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio: <b>FB6</b>	Pressa Controls (150 Ton) - GD Test 18	<input type="checkbox"/>
Campione: <b>CR3</b>	Calibro meccanico Storm - GD Test 62	<input checked="" type="checkbox"/>
Provino: <b>GAI55</b>	Bilancia elettronica Kern	<input checked="" type="checkbox"/>
Profondità (m): <b>11,30-11,80</b>	PUNDIT per l'emissione degli impulsi oscillatori	<input checked="" type="checkbox"/>
Litotipo: <b>calcare marnoso</b>	Oscilloscopio digitale	<input checked="" type="checkbox"/>

Norme di riferimento:	<b>ASTM D 2845-90 - ASTM D 4543-85 (91)</b>
-----------------------	---

<b>CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE</b>
-------------------------------------

Diametro (D) (mm):	<b>77,80</b>	Condizioni:	secco	ambiente	saturo
Lunghezza (L) (mm):	<b>149,60</b>	Peso (g)		<b>1907,20</b>	
Volume (cm <sup>3</sup> ):	<b>711,18</b>	Peso di volume (Mg/m <sup>3</sup> )		<b>2,68</b>	

	tempo di arrivo onde longitudinali	<b>Velocità onde longitudinali</b>
	$t_p$ ( $\mu$ s)	$v_p$ (m/s)
	<b>36,3</b>	<b>4121</b>
	tempo di arrivo onde trasversali	<b>Velocità onde trasversali</b>
	$t_p$ ( $\mu$ s)	$v_p$ (m/s)
	<b>63,5</b>	<b>2356</b>

#### Costanti elastiche dinamiche

Modulo di Young (Gpa)	E =	<b>37,43</b>
Modulo di taglio (Gpa)	G =	<b>14,88</b>
Coefficiente di Poisson	$\nu$ =	<b>0,26</b>
Modulo volumetrico (Gpa)	K =	<b>25,70</b>

Foto campione

Carico di serraggio                      50    kPa  
 Accoppiamento                            adesivo conduttivo RS

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

MODULO 129-ita - Rev.01 / 01.10

Rapporto N° : 3411

Rif. : 1721

Data : Set-2011

Committente:

 Cliente: **SPEA Ingegneria Europea**

 Progetto: **Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.**

 Norme di riferimento: **ASTM D 5731 -95 - ISRM - Suggested method for determining point load strength,1985**

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

 Sondaggio: **FB6**  
 Campione: **CR3-4-5**  
 Provino: **gai60**  
 Profondità (m): **11,30-28,30**  
 Litotipo: **calcare marnoso**

 Point Load Tester   
 Calibro meccanico Storm - GD Test 62   
  
  


PROVA N°	TIPO DI PROVA*	Angolo tra carico/scistosità	Diametro/spessore D	Larghezza W	Carico di rottura P	Diametro equivalente D <sub>e</sub>	Resistenza non corretta I <sub>s</sub>	Fattore di correzione dimensioni F	Resistenza corretta I <sub>s</sub> (50)
		(°)	(mm)	(mm)	(kN)	(mm)	(Mpa)		(Mpa)
1	D	0	78,0	78,0	13,34	78,0	2,19	1,222	2,68
2	D	0	78,0	78,0	10,84	78,0	1,78	1,222	2,18
3	D	0	78,0	78,0	11,10	78,0	1,82	1,222	2,23
4	D	0	78,0	78,0	10,32	78,0	1,70	1,222	2,07
5	D	0	78,0	78,0	13,14	78,0	2,16	1,222	2,64
6	D	0	78,0	78,0	7,97	78,0	1,31	1,222	1,60
7	D	0	78,3	78,3	14,08	78,3	2,30	1,224	2,81
8	D	0	78,6	78,6	6,98	78,6	1,13	1,226	1,38
9	D	0	78,6	78,6	5,32	78,6	0,86	1,226	1,06
10	D	0	78,6	78,6	4,30	78,6	0,70	1,226	0,85
Prove eseguite in direzione parallela ai piani di debolezza						Valore medio			2,02
						Deviazione standard			0,45
						Coefficiente di variazione			0,23

11	B	90	42,5	78,6	18,83	65,2	4,43	1,127	4,99
12	B	90	35,5	78,6	6,63	59,6	1,87	1,082	2,02
13	B	90	37,5	78,6	12,02	61,3	3,20	1,096	3,51
14	B	90	28,0	78,0	16,12	52,7	5,80	1,024	5,94
15	B	90	34,5	78,0	16,49	58,5	4,81	1,073	5,17
16	B	90	27,0	78,0	16,87	51,8	6,29	1,016	6,39
17	B	90	30,1	78,0	15,85	54,7	5,30	1,041	5,52
18	B	90	57,0	78,6	11,37	75,5	1,99	1,204	2,40
19	B	90	40,0	78,3	25,72	63,1	6,45	1,111	7,16
20	B	90	32,5	78,3	18,58	56,9	5,73	1,060	6,08
Prove eseguite in direzione ortogonale ai piani di debolezza						Valore medio			5,20
						Deviazione standard			0,93
						Coefficiente di variazione			0,18

**Indice di anisotropia** 2,58

CONDIZIONI: A = ambiente E = secca S = saturata

(\*) D = diametrale, A = assiale, B = blocco o provino irregolare

DESCRIZIONE:

Colore:	<b>grigiastro-nerastro</b>
Struttura:	<b>roccia sedimentaria di aspetto e struttura fortemente laminata</b>
Piani di discontinuità:	<b>presenza di venature millimetriche ricristallizzate di colore biancastro</b>
Alterazione:	<b>roccia sana</b>
Rottura:	<b>improvvisa</b>
Comportamento:	<b>fragile</b>
Fratturazione:	<b>parallela o ortogonale al carico (direzione delle punte) a seconda del tipo di prova eseguita (in direzione parallela o ortogonale ai piani di debolezza)</b>
Osservazioni:	<b>\</b>

 NOTE: La notevole dispersione dei dati nei grafici bilogarithmici P/De<sup>2</sup> ha suggerito, come indicato nelle vigenti Norme Tecniche d' Appalto SPEA, di ricavare i valori di I<sub>s</sub>50 medi con il metodo alternativo analitico piuttosto che grafico; per verifica sono comunque stati allegati su supporto informatico (CD ROM) i grafici suddetti.

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai) :	Verifica (Dr. Andrea Geuna) :
-----------------------------------	-------------------------------

Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				
<b>b1 cr</b>					
DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE					
Sondaggio:	FB6				
Campione:	CR4				
Profondità (m):	17,65-17,85				
Litotipo:	calcare marnoso				

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

Rapporto N° :	<b>34/11</b>	Rif. :	<b>1721</b>	Data :	<b>set-11</b>
Committente:	\				
Cliente:	<b>SPEA Ingegneria Europea</b>				
Progetto:	<b>Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	<b>FB6</b>
Campione:	<b>CR5</b>
Profondità (m):	<b>28,00-28,30</b>
Litotipo:	<b>calcare marnoso</b>

**DESCRIZIONE MACROSCOPICA**

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	FB6
Campione:	CR6
Profondità (m):	33,10-33,35
Litotipo:	calcare marnoso

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

## DESCRIZIONE MACROSCOPICA CAMPIONE LAPIDEO

Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	FB6
Campione:	CR7
Profondità (m):	37,00-37,50
Litotipo:	calcare marnoso

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è spezzato in due frammenti.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

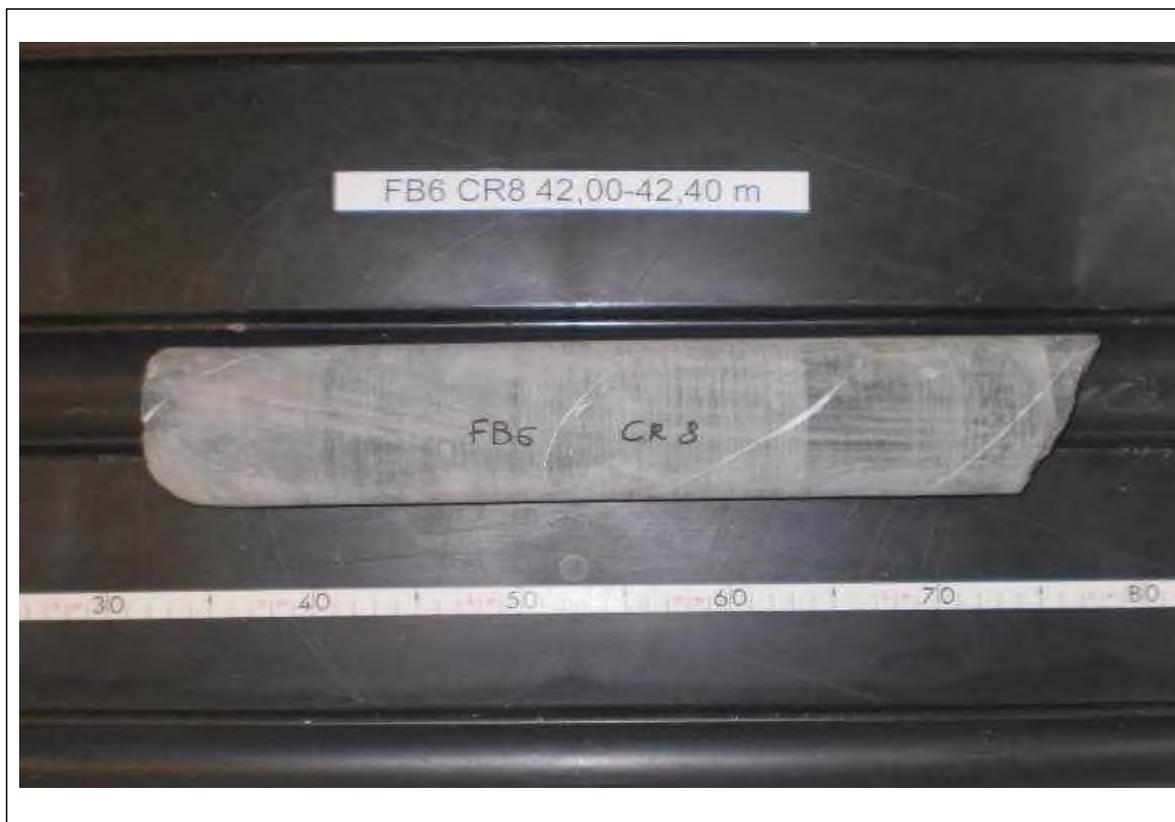
Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	FB6
Campione:	CR8
Profondità (m):	42,0-42,40
Litotipo:	calcare marnoso

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

Rapporto N° :	34\11	Rif. :	1721	Data :	Set-2011
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata
Sondaggio: <b>FB6</b>	Pressa Controls (150 Ton) - GD Test 18 <input type="checkbox"/>
Campione: <b>CR8</b>	Calibro meccanico Storm - GD Test 62 <input type="checkbox"/>
Provino: <b>GAI56</b>	Bilancia elettronica Kern <input type="checkbox"/>
Profondità (m): <b>42,00-42,40</b>	Strain Gauges TML - PL-60-11 <input type="checkbox"/>
Litotipo: <b>calcare marnoso</b>	Strain Gauges TML - PFL-30-11 <input type="checkbox"/>

Norme di riferimento:	ASTM D 4543 - 85(91) ASTM D 3148 - 93
-----------------------	---------------------------------------

CARATTERISTICHE PROVINO					
Diametro (D) (mm):	78,60	Condizioni:	Secca	Ambiente	Satura
Lunghezza (L) (mm):	148,90	Peso (g)		1951,40	
Volume (cm <sup>3</sup> ):	722,49	Peso di volume (Mg/m <sup>3</sup> )		2,70	
Rettilinearità sup. laterale (mm)	0,25	Velocità incremento di carico (kPa/s)		300	
Tolleranza di perpendicolarità facce/asse provino (°)	0,20	Tolleranza di lappatura (µm)		20	

CAMPIONE PRE-TEST	DESCRIZIONE MACROSCOPICA	CAMPIONE POST-TEST
	<p>Colore: <b>grigiastro-nerastro</b></p> <p>Struttura: <b>aspetto massiccio e struttura laminata</b></p> <p>Piani di discontinuità e loro orientazione rispetto al carico: <b>presenza di millimetriche vene calcitiche variamente orientate.</b></p> <p>Alterazione: \</p> <p>Rottura: <b>improvvisa</b></p> <p>Comportamento: <b>fragile</b></p> <p>Fratturazione: <b>piani prevalentemente paralleli alla direzione di carico</b></p> <p>Osservazioni:</p>	

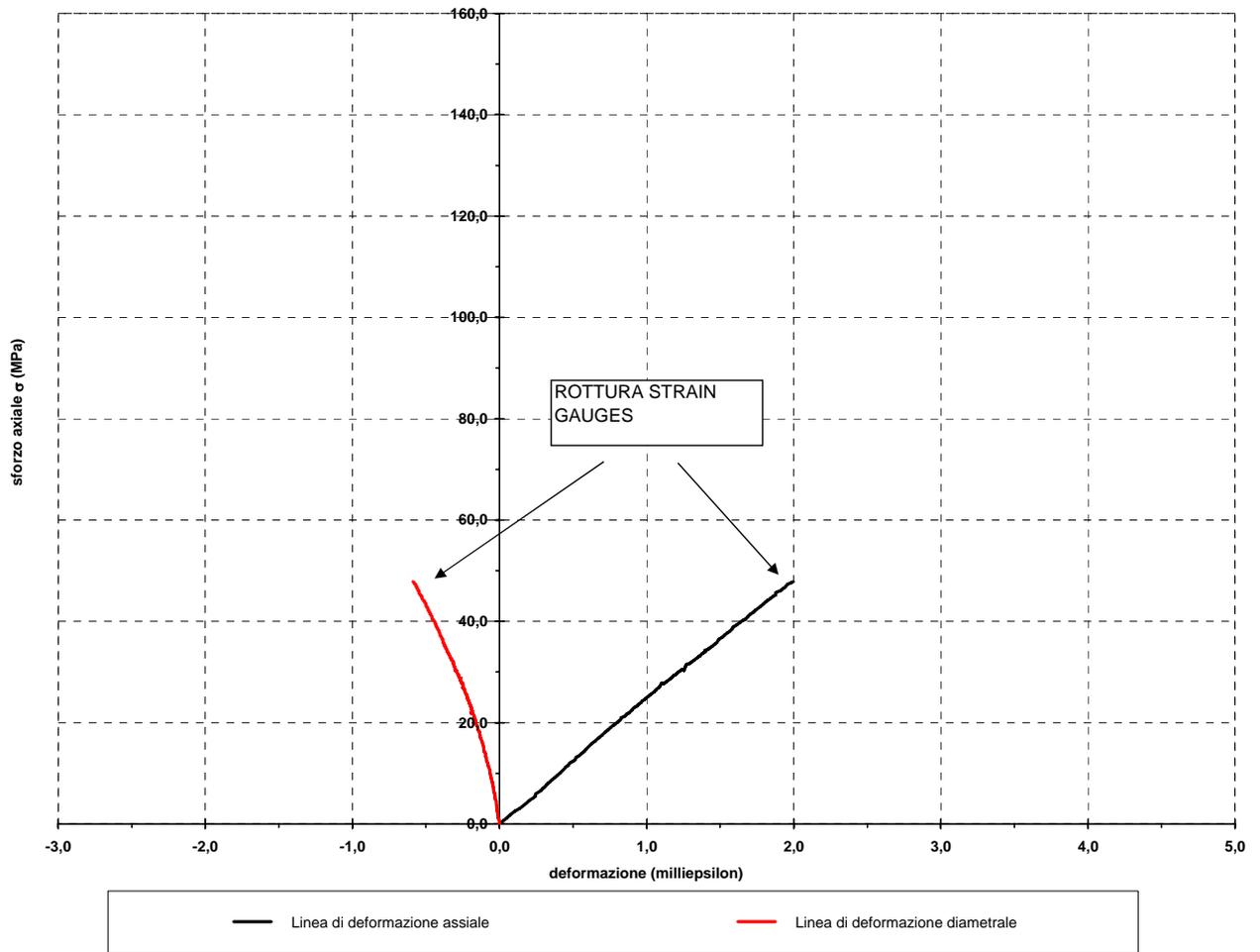
Rapporto L/D:		1,89	
Carico di rottura (kN):	F	247,15	
Area facce provino (cm <sup>2</sup> ):	A	48,52	
Resistenza a compressione uniassiale (MPa):	Co'	50,94	
Resistenza a compressione uniassiale corretta (D=50mm L/D=2) (Mpa):	Co	54,87	
Modulo elast. longitudinale tangente (GPa):	A 50% del valore di Co	I <sub>t</sub>	23,69
Modulo elast. longitudinale secante (GPa):		I <sub>s</sub>	24,90
Rapporto di Poisson tangente :		ν <sub>t</sub>	0,34
Rapporto di Poisson secante :		ν <sub>s</sub>	0,23
		ν <sub>s</sub>	0,23

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

MODULO 136-ita - Rev.01 /01.09

Rapporto N° :	34\11	Rif:	1721	Data:	set-2011
Committente:	\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova/Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				
<b>DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE</b>					
Sondaggio:	FB6				
Campione:	CR8				
Provino:	GAI56				
Profondità (m):	42,00-42,40				
Litotipo:	calcare marnoso				
Norme di riferimento:	ASTM D 4543 - 85(91) ASTM D 3148 - 93				

MODULO 136-ita - Rev.01/01.09



	Moduli di deformazione (GPa)		Rapporto di Poisson		Resistenza a compressione uniassiale corretta - Co (MPa)
	longitudinale		tg	sec	
	tg	sec			
A 50% del valore di Co	23,69	24,90	0,34	0,23	54,87

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

## Velocità onde longitudinali, trasversali e Peso di Volume

Rapporto N° :	<b>34\11</b>	Rif. :	<b>1721</b>	Data :	<b>set-2011</b>
Committente:	\				
Cliente:	<b>SPEA Ingegneria Europea</b>				
Progetto:	<b>Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - Genova\Roma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio: <b>FB6</b>	Pressa Controls (150 Ton) - GD Test 18	<input type="checkbox"/>
Campione: <b>CR8</b>	Calibro meccanico Storm - GD Test 62	<input checked="" type="checkbox"/>
Provino: <b>GAI56</b>	Bilancia elettronica Kern	<input checked="" type="checkbox"/>
Profondità (m): <b>42,00-42,40</b>	PUNDIT per l'emissione degli impulsi oscillatori	<input checked="" type="checkbox"/>
Litotipo: <b>calcare marnoso</b>	Oscilloscopio digitale	<input checked="" type="checkbox"/>

Norme di riferimento:	<b>ASTM D 2845-90 - ASTM D 4543-85 (91)</b>
-----------------------	---

### CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

Diametro (D) (mm):	<b>78,60</b>	Condizioni:	secco	ambiente	saturo
Lunghezza (L) (mm):	<b>148,90</b>	Peso (g)		<b>1951,40</b>	
Volume (cm <sup>3</sup> ):	<b>722,49</b>	Peso di volume (Mg/m <sup>3</sup> )		<b>2,70</b>	



tempo di arrivo onde longitudinali	<b>Velocità onde longitudinali</b>
$t_p$ ( $\mu$ s)	$v_p$ (m/s)
38,0	<b>3918</b>
tempo di arrivo onde trasversali	<b>Velocità onde trasversali</b>
$t_p$ ( $\mu$ s)	$v_p$ (m/s)
68,5	<b>2174</b>

#### Costanti elastiche dinamiche

Modulo di Young (Gpa)	E =	<b>32,61</b>
Modulo di taglio (Gpa)	G =	<b>12,76</b>
Coefficiente di Poisson	$\nu$ =	<b>0,28</b>
Modulo volumetrico (Gpa)	K =	<b>24,45</b>

Foto campione

Carico di serraggio                      50    kPa  
 Accoppiamento                            adesivo conduttivo RS

Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):	Verifica (Dr. Andrea Geuna):
----------------------------------	------------------------------

MODULO 129-ita - Rev.01 / 01.10

Rapporto N° :	<b>34/11</b>	Rif. :	<b>1721</b>	Data :	<b>set-11</b>
Committente:	\				
Cliente:	<b>SPEA Ingegneria Europea</b>				
Progetto:	<b>Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.</b>				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	<b>FB6</b>
Campione:	<b>CR9</b>
Profondità (m):	<b>48,65-49,00</b>
Litotipo:	<b>calcare marnoso</b>

**DESCRIZIONE MACROSCOPICA**

Roccia sedimentaria di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti di dimensioni anche pluricentriche, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

## DESCRIZIONE MACROSCOPICA CAMPIONE LAPIDEO

Rapporto N° :	34/11	Rif. :	1721	Data :	set-11
Committente:	\\				
Cliente:	SPEA Ingegneria Europea				
Progetto:	Collegamento tra la Val Fontanabuona e l'Autostrada A12 - GenovaRoma - Progetto preliminare - Prove di laboratorio.				

DESIGNAZIONE DEL CAMPIONE	
Sondaggio:	FB6
Campione:	CR10
Profondità (m):	52,60-52,95
Litotipo:	calcare marnoso

### DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Roccia metamorfica di basso grado di composizione prevalentemente calcarea di colore grigio, aspetto e struttura fortemente laminata a tessitura fine. Presenza frazione siltosa organica nerastra diffusa. Le fratture presenti, sono sempre interessate da una ricristallizzazione di calcite pura di colore da bianco-trasparente a giallo-bruno-trasparente a seconda dei minerali subordinati presenti. Il campione reagisce fortemente all'acido cloridrico. L'alterazione non particolarmente spinta risulta localizzata e non diffusa, il campione è integro.

MODULO 137-ita - Rev.01 /01.09



Esecuzione (Dr. Romualdo Tomai):

Verifica (Dr. Andrea Geuna):

**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it



*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove  
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

**RIASSUNTO PROVE E ANALISI SU ROCCE**

Sondaggio	Campione	Profondità	Descrizione	peso di volume naturale	massa volumica	Compressione monoax			Compressione triassiale				Trazione indiretta (brasiliana)	Velocita' sonica		contenuto carbonati	Abrasivita' Cerchar	DRI (Drop Test)	
						Valore rottura	Modulo di Young tangente	Coefficiente di Poisson	Carico deviatorico di rottura	Pressione di confinamento	Modulo di Young	Coefficiente di Poisson		Vp	Vs				
n°		m		$\gamma_n$	Mg/m3	$\sigma_c$	E	$\nu$	$\sigma_1-\sigma_3$	$\sigma_3$	Et	$\nu$	$\sigma_t$	Mpa	m/s	m/s	%	CAI	
FB3	CR7	32.40-32.95	Marna	26.26		20.71	34088	0.29						4827	2627				
FB3	CR9	43.50-43.90	Calcere marnoso	26.45		57.45	38788	0.29						5482	2774				

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1056

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR1
Località: .	Profondità da 2.00 m a 2.35 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 05/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 30 cm. Marna caratterizzata da due sistemi di vene sigillate da calcite di spessore millimetrico, rispettivamente inclinati di circa 60° e 75°; presenza di n°1 discontinuità avente andamento irregolare, parzialmente serrata e lievemente alterata.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1057

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR2
Località: .	Profondità da 6.10 m a 6.40 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 05/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 37 cm. Marna calcarea omogenea e compatta, caratterizzata da sistema di microvene sigillate da calcite inclinate di circa 25°; presenza di n°1 discontinuità parzialmente serrata, inclinata di circa 55°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1058

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR3
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 10.50 m <b>a</b> 10.85 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 05/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 33 cm. Calcare marnoso a grana fine (silt), eterogeneo, a laminazione convoluta e interessato da numerose vene di calcite di spessore millimetrico conferenti aspetto lievemente brecciato. Presenza di n° 2 discontinuità subparallele, parzialmente serrate, a riempimento argilloso in spessori millimetrici.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1059

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR4
Località: .	Profondità da 16.65 m a 17.00 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 05/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**  
 Campione di lunghezza 31 cm. Marna omogenea caratterizzata da sistema di vene di spessore millimetrico, sigillate da calcite e inclinate di circa 50°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1060

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR5
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 23.50 m <b>a</b> 24.00 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 05/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input checked="" type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 31 cm. Marna calcarea eterogenea e fratturata a causa di n°1 sistema di discontinuità parzialmente serrate, inclinate di circa 20°, con superfici rivestite di calcite o patine di materiale argilloso. Presenza di vene sigillate da calcite di spessore pari a circa 5 mm.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1061

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR6
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 28.50 m <b>a</b> 29.00 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 05/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 48 cm. Marna calcarea suddivisa in due spezzoni lungo discontinuità inclinata di circa 30°, avente superficie scabra. Presenza di n°1 discontinuità parzialmente serrata, inclinata di circa 65°, e di numerose vene di calcite conferenti a luoghi un lieve aspetto brecciato.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1062

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR7
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 32.40 m <b>a</b> 32.95 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 05/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input checked="" type="checkbox"/> <4"
	<input type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 50 cm. Marna omogenea. Presenza, nella porzione superiore, di numerose vene sigillate da calcite e di microfratture parzialmente serrate conferenti aspetto brecciato. Presenza di fitte anisotropie planari circa longitudinali all'asse della carota.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1063

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR7
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 32.40 m <b>a</b> 32.95 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 08/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna

<i>DIAMETRO</i>	<i>ALTEZZA</i>	<i>MASSA</i>	<i>VOLUME</i>	<i>DENSITA'</i>	<i>DENSITA'</i>
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
63.0	139.5	1164.64	0.000435	2.68	26.26

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
139.5	28.9	4827

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
139.5	53.1	2627

E = 47673 MPa Modulo di Young  
 G = 18484 MPa Modulo di taglio  
 μ = 0.29 Coefficiente di Poisson  
 K = 37756 MPa Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1064

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR7
Località: .	Profondità: da 32.40 m a 32.95 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 08/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna

**DATI PROVINO**

Diametro	63.0	mm
Altezza	139.5	mm
Superficie	31.17	cm2

**Modalità di prova**

**CONTROLLO DI CARICO**

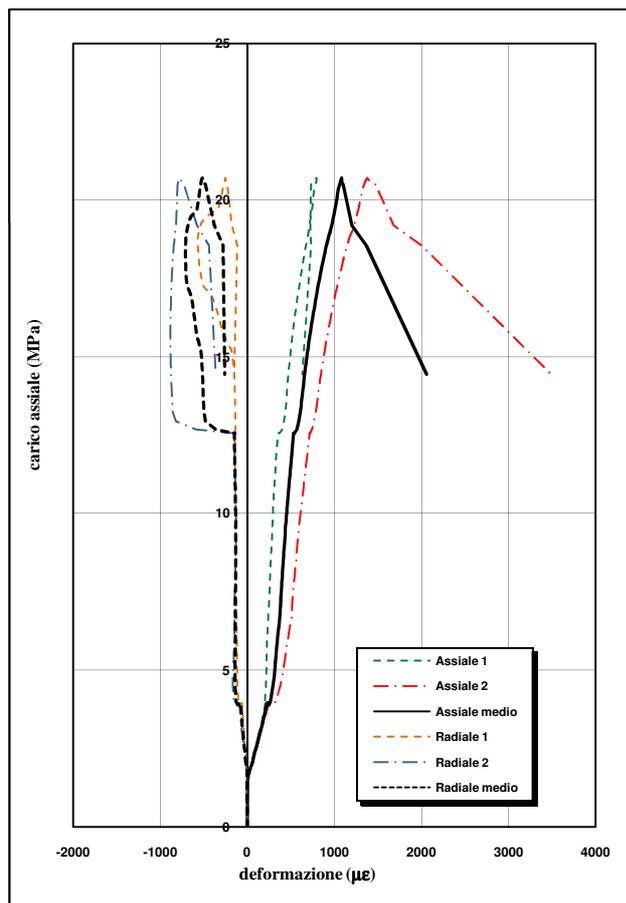
Velocità (kPa/sec) **500**

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	20.71	MPa
Modulo tangente 50%	34088	MPa
Modulo secante 50%	19170	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.29	-



Descrizione rottura: lungo anisotropie planari inclinate di circa 75°.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1064

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB3

Campione: CR7

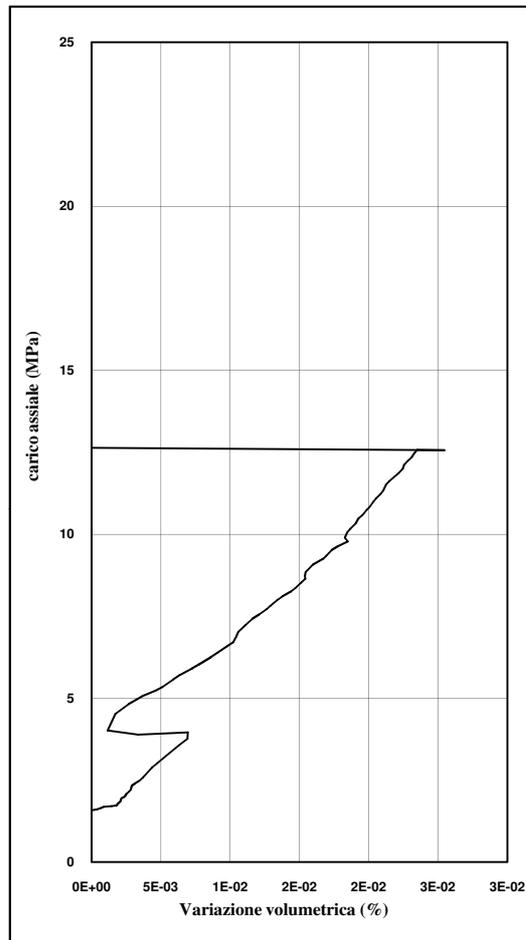
Profondità: da 32.40 m a 32.95 m

Data esecuzione prova: 08/07/2013

Specifiche di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Marna



Note

Precarico: 1.51 Mpa

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ .

Modulo secante 50% riferito al valore di precarico (inizio deformazioni)

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

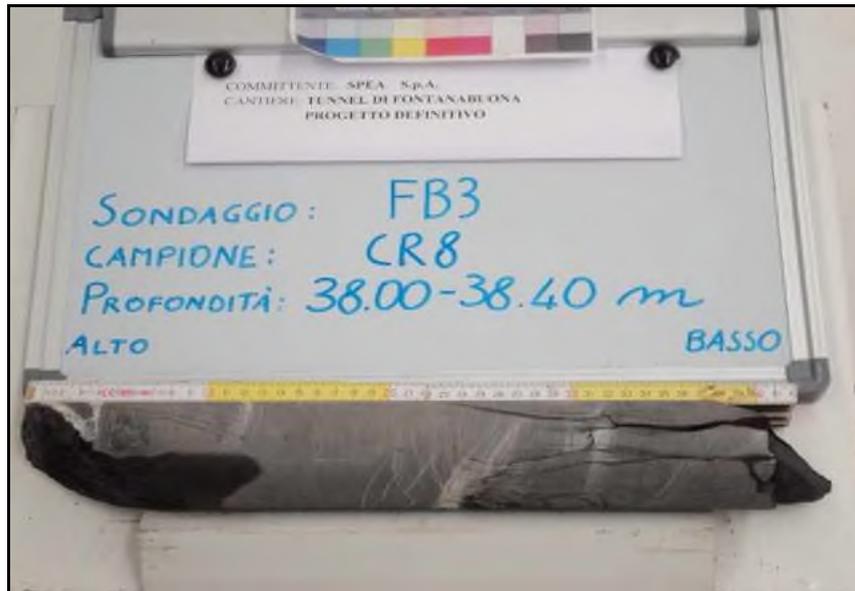
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1065

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR8
Località: .	Profondità da 38.00 m a 38.40 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 05/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input checked="" type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 36 cm. Marna calcarea interessata da fitto sistema di discontinuità sub-orizzontali a riempimento argilloso (massimo spessore 3 mm) e da numerose vene e microvene sigillate da calcite a orientazione varia.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1066

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR9
Località: .	Profondità da 43.50 m a 43.90 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 05/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 36 cm. Calcare marnoso compatto con sistema di microvene a calcite inclinate di circa 45° e sistema di microfratture molto serrate inclinate di circa 60°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1067

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR9
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 43.50 m <b>a</b> 43.90 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 08/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

<i>DIAMETRO</i>	<i>ALTEZZA</i>	<i>MASSA</i>	<i>VOLUME</i>	<i>DENSITA'</i>	<i>DENSITA'</i>
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
63.0	138.7	1166.20	0.000432	2.70	26.45

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
138.7	25.3	5482

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
138.7	50.0	2774

E = 55124 MPa Modulo di Young  
 G = 20756 MPa Modulo di taglio  
 μ = 0.33 Coefficiente di Poisson  
 K = 53391 MPa Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1068

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB3
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR9
Località: .	Profondità: da 43.50 m a 43.90 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 08/07/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Calcare marnoso

**DATI PROVINO**

Diametro	63.0	mm
Altezza	141.2	mm
Superficie	31.17	cm <sup>2</sup>

**Modalità di prova**

**CONTROLLO DI CARICO**

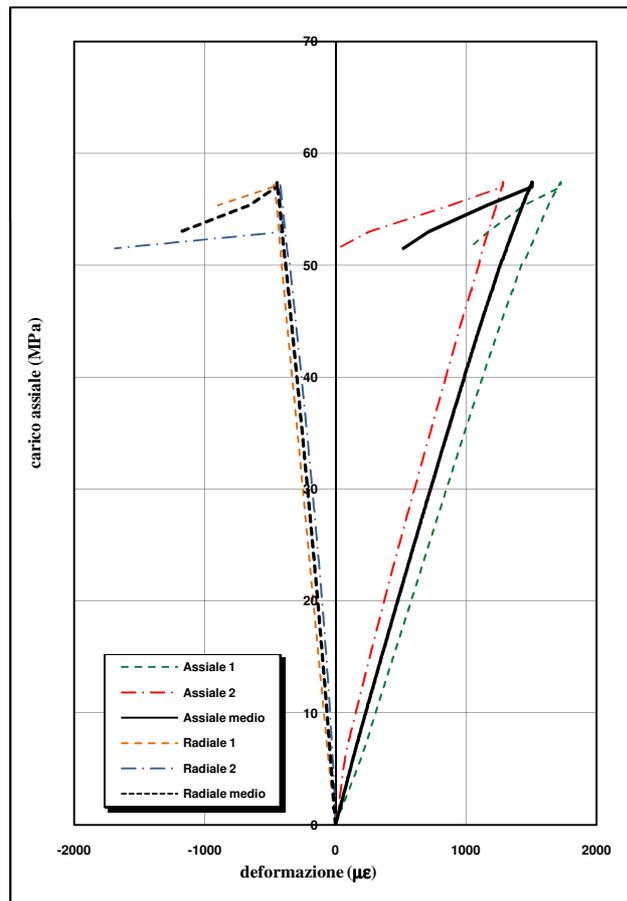
Velocità (kPa/sec) **500**

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	57.45	MPa
Modulo tangente 50%	38788	MPa
Modulo secante 50%	41357	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.29	-



Descrizione rottura: lungo microfrattura preesistente inclinata di circa 65° sull'orizzontale, e lungo piano subverticale.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1068

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB3

Campione: CR9

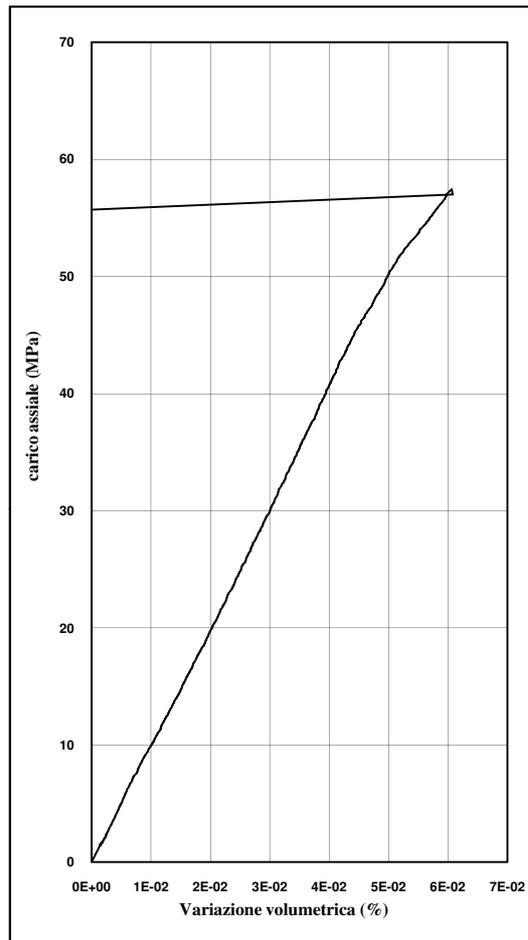
Profondità: da 43.50 m a 43.90 m

Data esecuzione prova: 08/07/2013

Specifiche di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcarea marnosa



Note

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ .

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

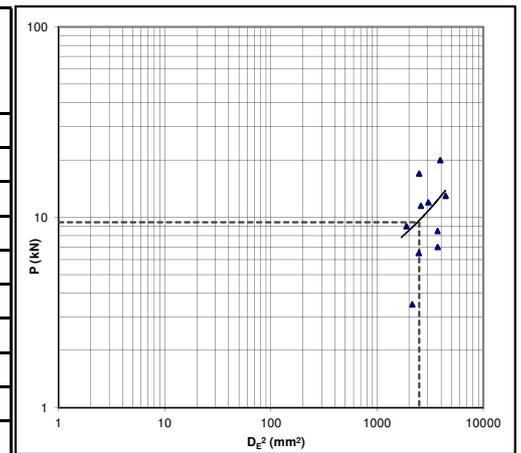
*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

**PROVA A CARICO CONCENTRATO (Spezzoni di carota)**

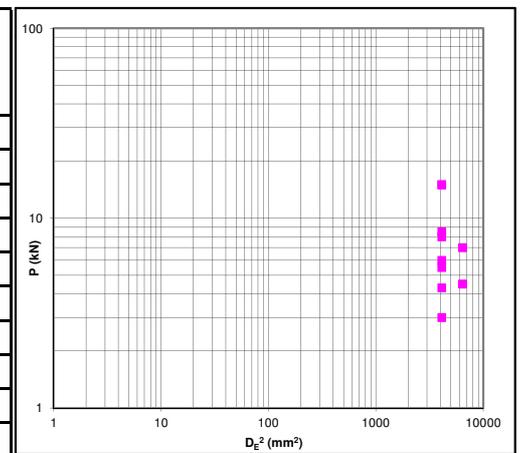
Rapporto di prova n° 13054009

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB3
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> Diversi
<b>Località:</b> .	<b>Profondità:</b> Diverse
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 22/07/2013
<b>Data verbale:</b> 21/5/2013	<b>Specifica di prova:</b> ISRM 1985 ASTM D5731-95
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054

Test assiale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR1	X		51	61	8.5	2.30	2.51	60.20
2-CR1	X		47	61	7.0	1.89	2.06	49.49
3-CR8	X		39	55	12.0	3.96	4.14	99.28
4-CR3	X		55	63	20.0	5.10	5.64	135.45
5-CR1	X		43	50	6.5	2.64	2.63	63.11
6-CR3	X		39	50	17.0	6.85	6.84	164.07
7-CR8	X		44	51	11.5	4.46	4.49	107.83
8-CR9	X		55	66	13.0	2.95	3.35	80.36
9-CR4	X		37	43	9.0	4.78	4.48	107.56
10-CR4	X		40	46	3.5	1.64	1.58	37.92



Test diametrale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR6		X	64	64	4.3	1.05	1.17	28.16
2-CR1		X	80	80	7.0	1.09	1.35	32.43
3-CR1		X	80	80	4.5	0.70	0.87	20.85
4-CR4		X	64	64	5.5	1.34	1.50	36.01
5-CR4		X	64	64	3.0	0.73	0.82	19.64
6-CR8		X	64	64	15	3.66	4.09	98.22
7-CR8		X	64	64	8	1.95	2.18	52.38
8-CR6		X	64	64	6	1.46	1.64	39.29
9-CR6		X	64	64	8.5	2.08	2.32	55.66
10-CR3		X	64	64	15	3.66	4.09	98.22



Media Is(50) perpendicolare (MPa)	3.60
Media Is(50) parallelo (MPa)	1.69
Media C <sub>0</sub> perpendicolare (MPa)	86.40
Media C <sub>0</sub> parallelo (MPa)	40.56
Indice di anisotropia	0.47

Deviazione standard test assiali°	1.66
Varianza test assiali°	2.49
Deviazione standard test diametrali°	1.20
Varianza test diametrali°	1.31

Note:  
 \* Rispetto al piano di debolezza  
 + Calcolato utilizzando k=24  
 ° Deviazione standard e varianza calcolate su tutte le rotture eseguite

Lo Sperimentatore \_\_\_\_\_

Il Direttore di Laboratorio \_\_\_\_\_

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove  
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

**PROVA A CARICO CONCENTRATO (Spezzoni di carota)**

Rapporto di prova n° 13054009

**Committente: SPEA S.p.A.****Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo****Località: .****Verbale di accettazione n°: 51****Data verbale: 21/5/2013****Note:****Sondaggio: FB3****Campione: Diversi****Profondità: Diverse****Data esecuzione prova: 22/07/2013****Specifica di prova: ISRM 1985 ASTM D5731-95****Rep: 13-054**

<b>Test Diametrale Lunghezza spezzoni</b>		
Test n°	Campione	Lunghezza (mm)
1	CR6	120
2	CR1	320
3	CR1	170
4	CR4	300
5	CR4	130
6	CR8	380
7	CR8	160
8	CR6	140
9	CR6	170
10	CR3	250

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio

**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it



*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove  
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

**RIASSUNTO PROVE E ANALISI SU ROCCE**

Sondaggio	Campione	Profondità	Descrizione	peso di volume naturale	massa volumica	Compressione monoax			Compressione triassiale				Trazione indiretta (brasigliana)	Velocita' sonica		contenuto carbonati	Abrasivita' Cerchar	DRI (Drop Test)	
						Valore rottura	Modulo di Young tangente	Coefficiente di Poisson	Carico deviatorico di rottura	Pressione di confinamento	Modulo di Young	Coefficiente di Poisson		Vp	Vs				
n°		m		$\gamma_n$	Mg/m3	$\sigma_c$	E	$\nu$	$\sigma_1-\sigma_3$	$\sigma_3$	Et	$\nu$	$\sigma_t$	Mpa	m/s	m/s	%	CAI	
FB4	CR1	4.65-5.00	Marna calcarea	26.32		35.67	18176	0.35							3741	2196			
FB4	CR6	27.55-27.95	Calcarea marnoso	26.60		93.07	19359	0.48							5075	2364			

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

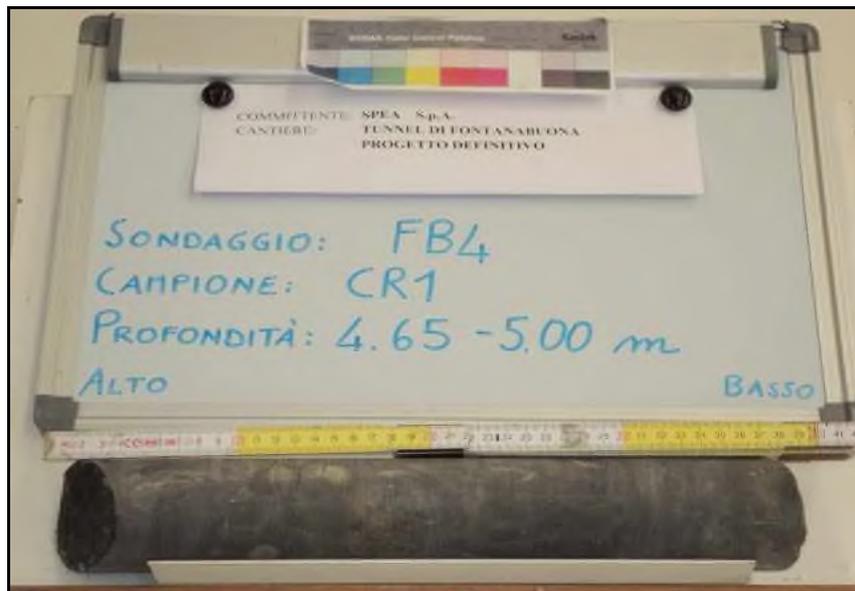
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1069

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB4
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR1
Località: .	Profondità da 4.65 m a 5.00 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 21/05/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1979
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**  
 Campione di lunghezza 32 cm. Marna calcarea omogenea e compatta caratterizzata da laminazione sedimentaria inclinata di circa 60°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1070

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB4
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR1
Località: .	Profondità da 4.65 m a 5.00 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 21/05/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Marna calcarea

DIAMETRO	ALTEZZA	MASSA	VOLUME	DENSITA'	DENSITA'
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
62.9	129.8	1082.65	0.000403	2.68	26.32

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
129.8	34.7	3741

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
129.8	59.1	2196

E = 32032 MPa Modulo di Young  
 G = 12948 MPa Modulo di taglio  
 μ = 0.24 Coefficiente di Poisson  
 K = 20295 MPa Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1071

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB4

Campione: CR1

Profondità da 4.65 m a 5.00 m

Data esecuzione prova: 21/05/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Marna calcarea

**DATI PROVINO**

Diametro	62.9	mm
Altezza	129.8	mm
Superficie	31.07	cm <sup>2</sup>

**Modalità di prova**

**CONTROLLO DI CARICO**

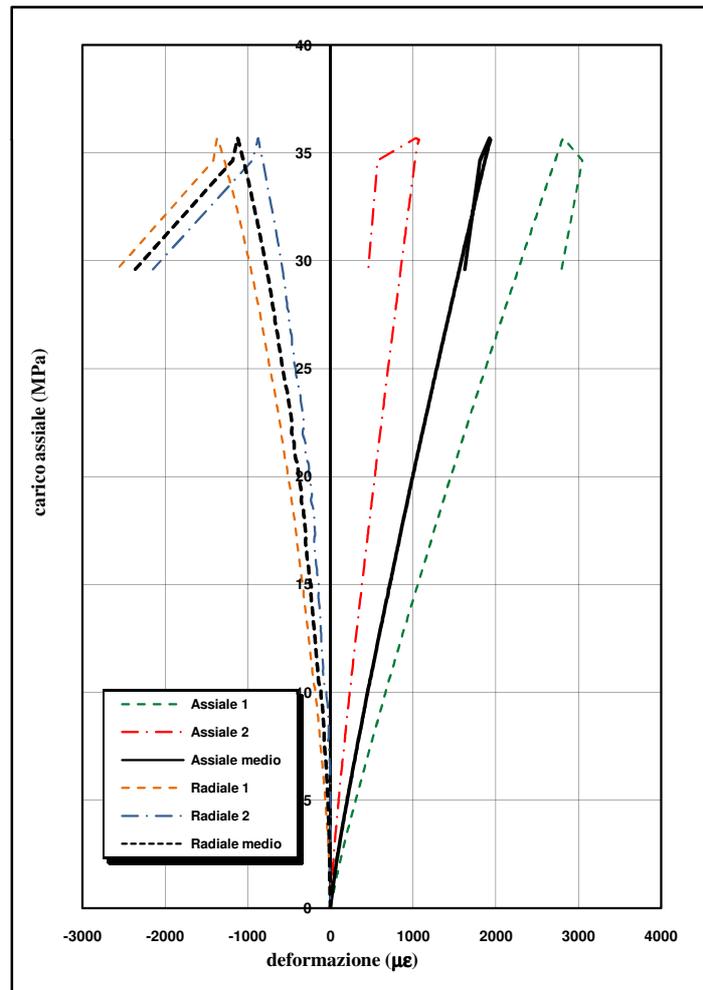
Velocità (kPa/sec)	<b>500</b>
--------------------	------------

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	35.67	MPa
Modulo tangente 50%	18176	MPa
Modulo secante 50%	20339	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.35	-



Descrizione rottura: lungo piano inclinato di circa 70° e lungo piano subverticale.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1071

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB4

Campione: CR1

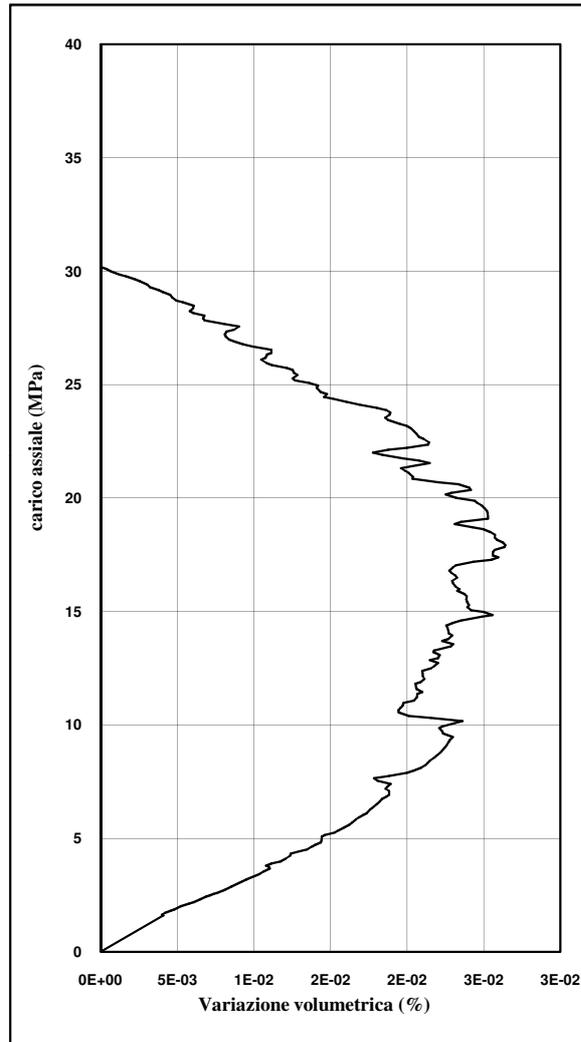
Profondità da 4.65 m a 5.00 m

Data esecuzione prova: 21/05/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Marna calcarea



Note

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ .

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1072

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR2
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 9.20 m <b>a</b> 9.70 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 43 cm. Marna omogenea e compatta caratterizzata da laminazione sedimentaria, malamente riconoscibile, inclinata di circa 45°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

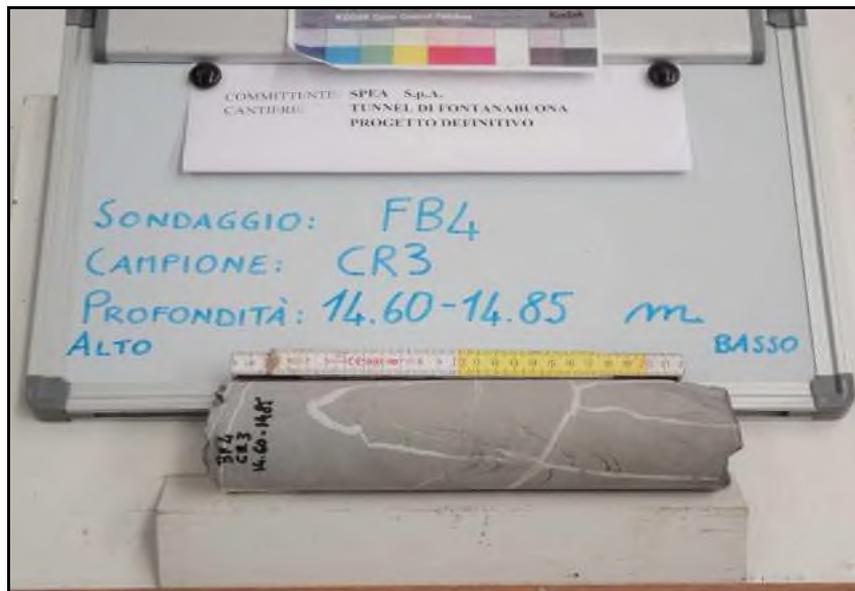
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1073

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR3
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 14.60 m <b>a</b> 14.85 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Siltite calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 20 cm. Siltite calcarea a grana fine con giunti stilolitici, a tratti con laminazione piano-parallelata inclinata di circa 70°. Presenza di numerose vene di calcite di spessore variabile (massimo spessore 1.5 cm) a diversa orientazione e inclinazione.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

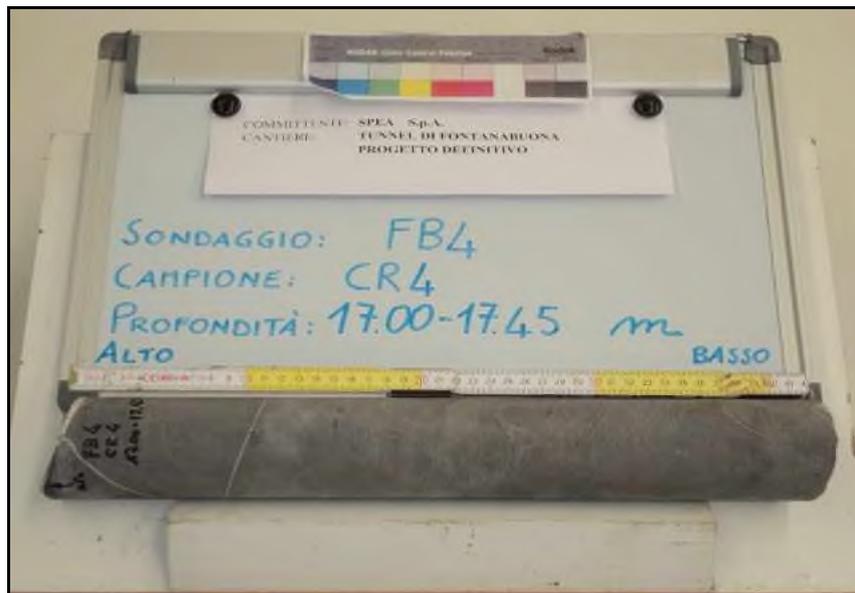
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1074

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR4
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 17.00 m <b>a</b> 17.45 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**  
 Campione di lunghezza 40 cm. Marna calcarea compatta, caratterizzata da numerose vene e microvene sigillate da calcite. Presenza di due sistemi principali di vene rispettivamente inclinati di circa 45° e 80°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

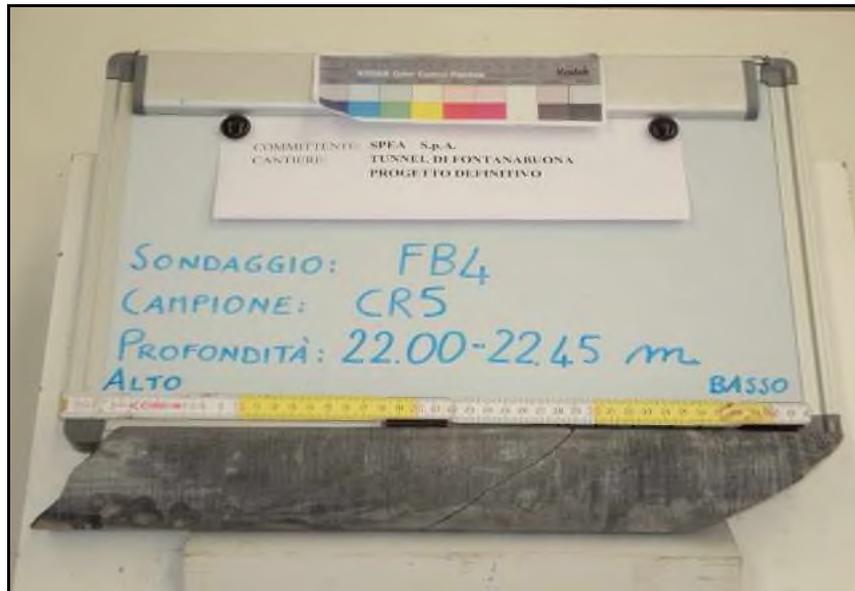
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1075

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR5
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 22.00 m <b>a</b> 22.45 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 32 cm (2 spezzoni). Marna tenera e omogenea caratterizzata da sistema di discontinuità molto serrate inclinate di circa 50°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

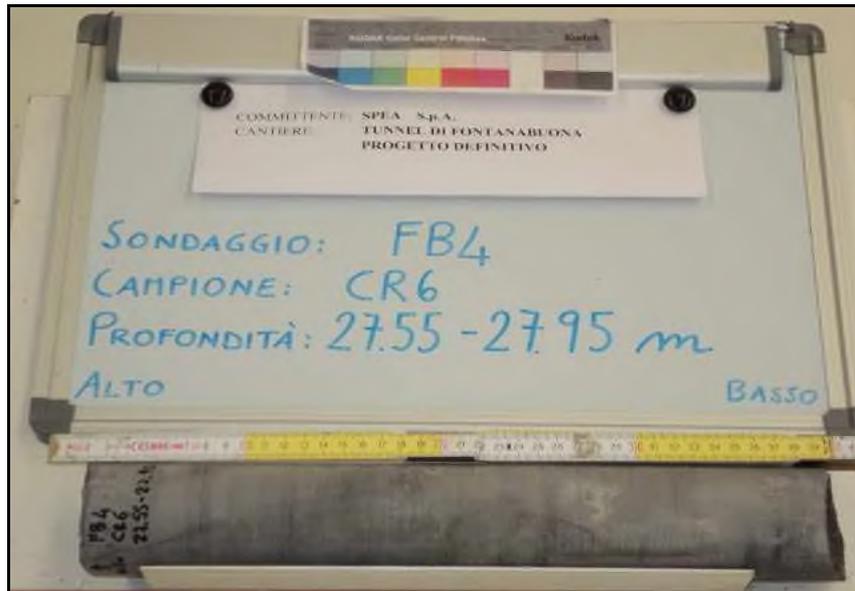
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1076

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR6
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 27.55 m <b>a</b> 27.95 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 35 cm. Calcare marnoso compatto, prevalentemente omogeneo e caratterizzato da vene sigillate da calcite a orientazione varia, aventi spessore inferiore ad 1 mm.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 1107201

Certificato n°: 1077

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB4
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: CR6
Località: .	Profondità da 27.55 m a 27.95 m
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 21/05/2013
Data verbale: 21/05/2013	Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
Note:	Rep: 13-054
	Litologia: Calcare marnoso

DIAMETRO	ALTEZZA	MASSA	VOLUME	DENSITA'	DENSITA'
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
62.9	135.0	1137.81	0.000419	2.71	26.60

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
135.0	26.6	5075

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
135.0	57.1	2364

E =	41282	MPa	Modulo di Young
G =	15161	MPa	Modulo di taglio
μ =	0.36		Coefficiente di Poisson
K =	49648	MPa	Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1078

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR6
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 27.55 m <b>a</b> 27.95 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

**DATI PROVINO**

Diametro	62.9	mm
Altezza	135.0	mm
Superficie	31.07	cm2

**Modalità di prova**  
**CONTROLLO DI CARICO**

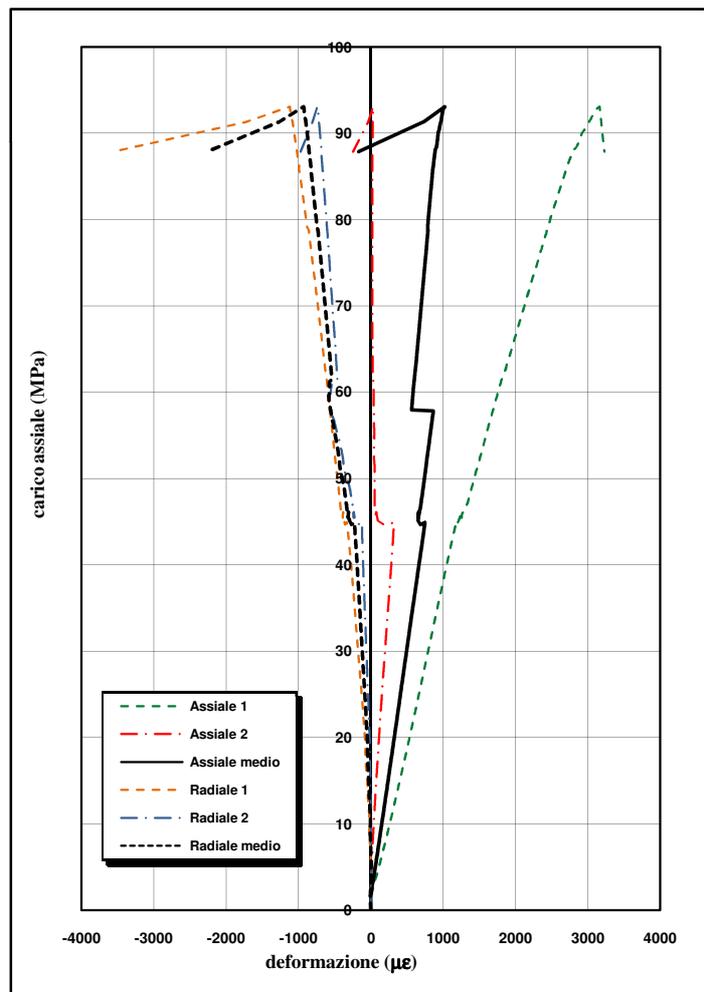
Velocità (kPa/sec)	<b>500</b>
--------------------	------------

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	93.07	MPa
Modulo tangente 50%	19359	MPa
Modulo secante 50%	34106	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.48	-



Descrizione rottura: lungo piano inclinato di circa 80° e lungo piano subverticale.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1078

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB4

Campione: CR6

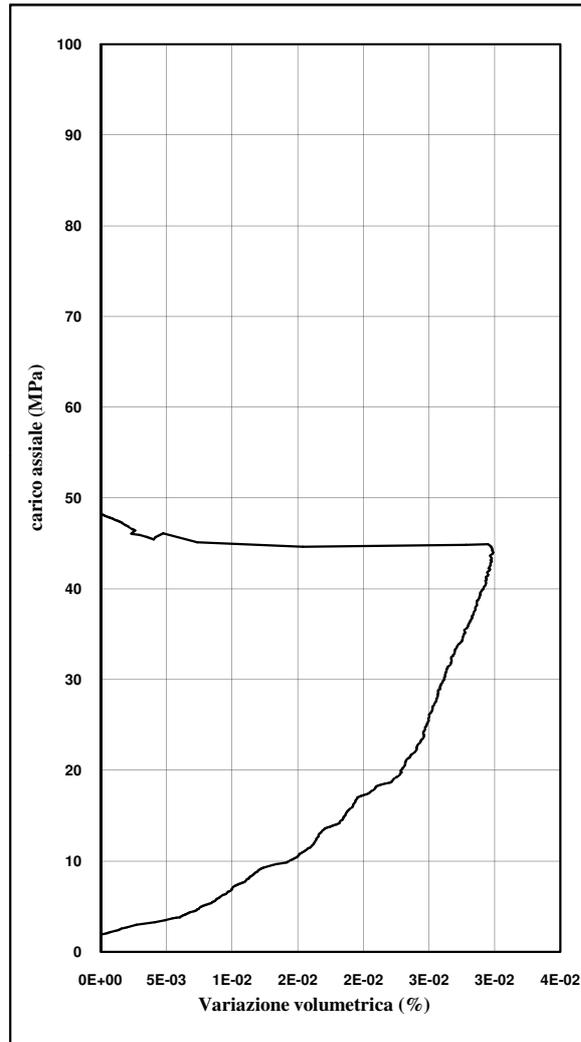
Profondità da 27.55 m a 27.95 m

Data esecuzione prova: 21/05/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcare marnoso



Note

Prearico: 1.67 Mpa

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ , considerando il solo estensimetro Assiale1.

Modulo secante 50% riferito al valore di prearico (inizio deformazioni), considerando il solo estensimetro Assiale1.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

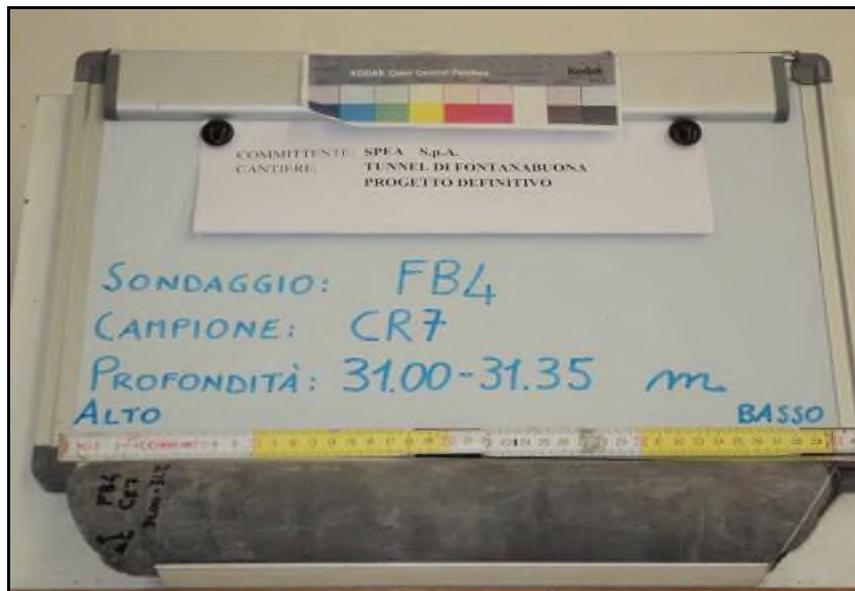
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1079

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR7
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 31.00 m <b>a</b> 31.35 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 32 cm (2 spezzoni). Marna calcarea omogenea e compatta caratterizzata da numerose vene sigillate da calcite, da subverticali a inclinate di circa 80°. Presenza di laminazioni inclinate di circa 70°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

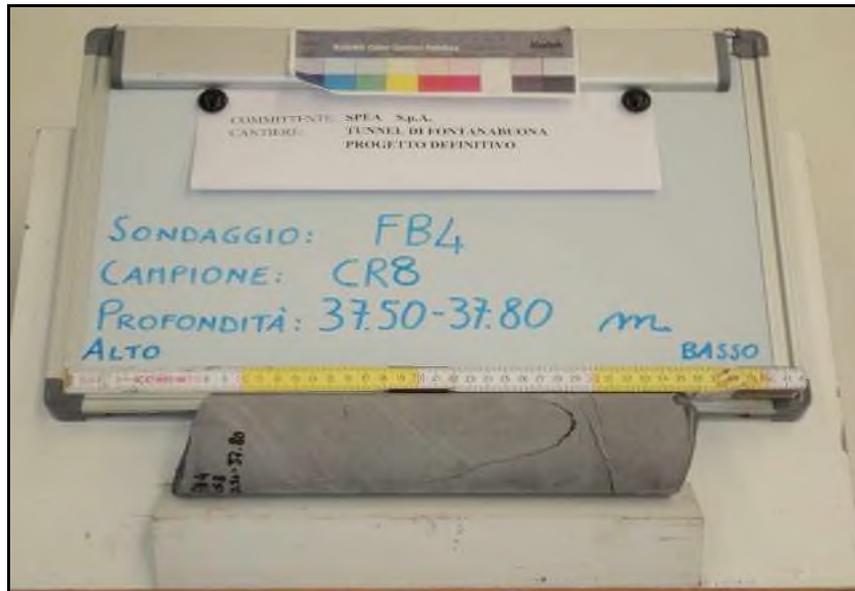
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1080

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB4
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR8
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 37.50 m <b>a</b> 37.80 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 21/05/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 28 cm. Calcare marnoso a giunti stilolitici, caratterizzato da n°2 famiglie di vene e microvene sigillate da calcite, rispettivamente inclinate di circa 45° e 60°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

**PROVA A CARICO CONCENTRATO (Spezzoni di carota)**

Rapporto di prova n° 13054001

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/5/2013

Note:

Sondaggio: FB4

Campione: Diversi

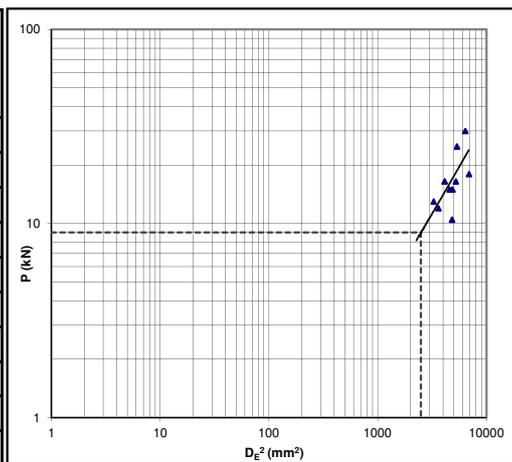
Profondità: Diverse

Data esecuzione prova: 04/06/2013

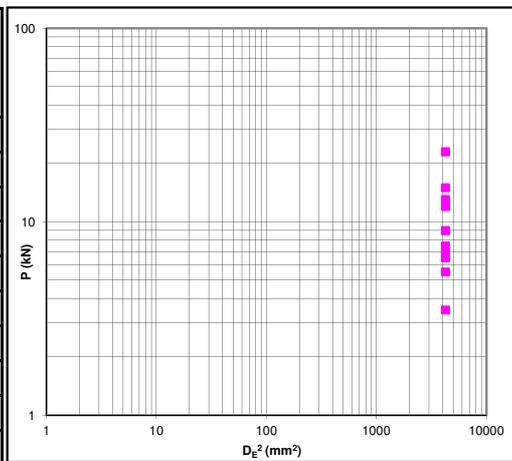
Specifica di prova: ISRM 1985 ASTM D5731-95

Rep: 13-054

Test assiale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR6	X		67	70	15	3.08	3.58	85.99
2-CR2	X		61	69	10.5	2.18	2.53	60.65
3-CR3	X		82	80	30	4.71	5.81	139.53
4-CR3	X		75	73	25	4.68	5.55	133.13
5-CR1	X		63	60	12	3.32	3.61	86.66
6-CR8	X		82	72	16.5	3.16	3.73	89.53
7-CR8	X		78	68	15	3.28	3.76	90.25
8-CR8	X		86	83	18	2.61	3.28	78.69
9-CR5	X		64	57	13	3.99	4.23	101.61
10-CR5	X		77	64	16.5	4.01	4.48	107.60



Test diametrale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR1		X	65	65	9.0	2.13	2.40	57.53
2-CR1		X	65	65	7.0	1.66	1.86	44.75
3-CR1		X	65	65	6.5	1.54	1.73	41.55
4-CR6		X	65	65	13.0	3.08	3.46	83.10
5-CR6		X	65	65	12.0	2.84	3.20	76.71
6-CR5		X	65	65	5.5	1.30	1.46	35.16
7-CR5		X	65	65	3.5	0.83	0.93	22.37
8-CR3		X	65	65	23	5.44	6.13	147.02
9-CR2		X	65	65	7.5	1.78	2.00	47.94
10-CR3		X	65	65	15	3.55	4.00	95.88



Media Is(50) perpendicolare (MPa)	3.90
Media Is(50) parallelo (MPa)	2.44
Media C <sub>0</sub> perpendicolare (MPa)	93.60
Media C <sub>0</sub> parallelo (MPa)	58.56
Indice di anisotropia	0.63

Deviazione standard test assiali°	1.00
Varianza test assiali°	0.91
Deviazione standard test diametrali°	1.53
Varianza test diametrali°	2.11

Note:

\* Rispetto al piano di debolezza

+ Calcolato utilizzando k=24

° Deviazione standard e varianza calcolate su tutte le rotture eseguite

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio

**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241 e-mail: sgllabo@alice.it



*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove  
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

**RIASSUNTO PROVE E ANALISI SU ROCCE**

Sondaggio	Campione	Profondità	Descrizione	peso di volume naturale	massa volumica	Compressione monoax			Compressione triassiale				Trazione indiretta (brasiliana)	Velocita' sonica		contenuto carbonati	Abrasivita' Cerchar	DRI (Drop Test)	
						Valore rottura	Modulo di Young tangente	Coefficiente di Poisson	Carico deviatorico di rottura	Pressione di confinamento	Modulo di Young	Coefficiente di Poisson		Vp	Vs				
n°		m		$\gamma_n$	Mg/m3	$\sigma_c$	E	$\nu$	$\sigma_1-\sigma_3$	$\sigma_3$	Et	$\nu$	$\sigma_t$	Mpa	m/s	m/s	%	CAI	
FB5	CR2	5.50-5.90	Calcare marnoso	26.42		142.04	47331	0.22						5393	3590				
FB5	CR6	25.05-25.40	Calcare marnoso	26.53		161.86	43504	0.30						5475	3600				

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1081

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR1
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 2.30 m <b>a</b> 2.65 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input checked="" type="checkbox"/> <4"
	<input type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 31 cm. Calcare marnoso compatto caratterizzato da vene sub-orizzontali sigillate da calcite, di spessore millimetrico, e da numerose fratture serrate a varia orientazione e inclinazione, alcune con riempimento costituito da materiale argilloso.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

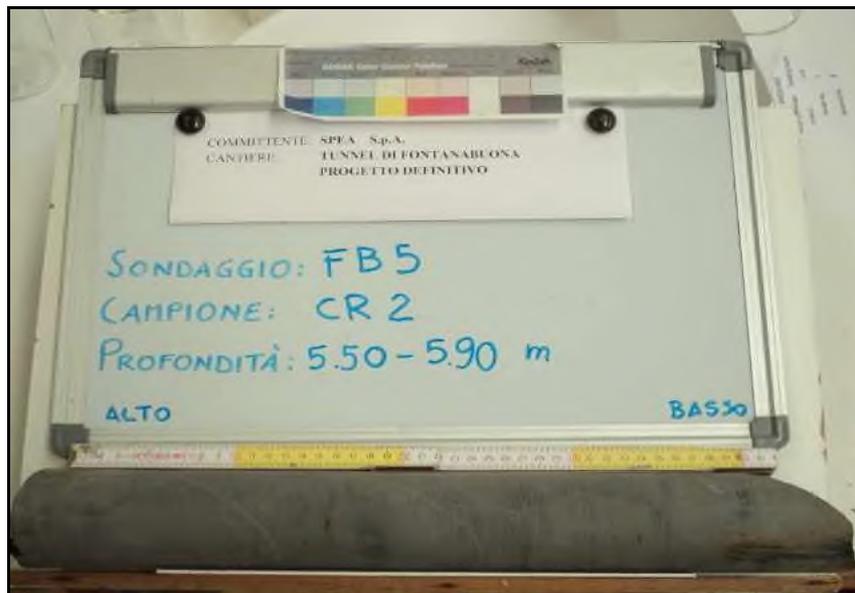
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1082

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR2
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 5.50 m <b>a</b> 5.90 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 41 cm. Calcare marnoso compatto, a laminazione piano-parallela inclinata di circa 40°; presenza di microfrazioni serrate subparallele all'asse del campione.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1083

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR2
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 5,50 m <b>a</b> 5,90 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

DIAMETRO	ALTEZZA	MASSA	VOLUME	DENSITA'	DENSITA'
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
63,1	133,2	1122,22	0,000417	2,69	26,42

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
133,2	24,7	5393

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

DISTANZA	TEMPO	VELOCITA'
mm	μsec	m/sec
133,2	37,1	3590

E =	76537	MPa	Modulo di Young
G =	34728	MPa	Modulo di taglio
μ =	0,10		Coefficiente di Poisson
K =	32045	MPa	Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

---

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1084

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB5

Campione: CR2

Profondità da 5.50 m a 5.90 m

Data esecuzione prova: 10/06/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcare marnoso

**DATI PROVINO**

Diametro	63.1	mm
Altezza	133.2	mm
Superficie	31.27	cm <sup>2</sup>

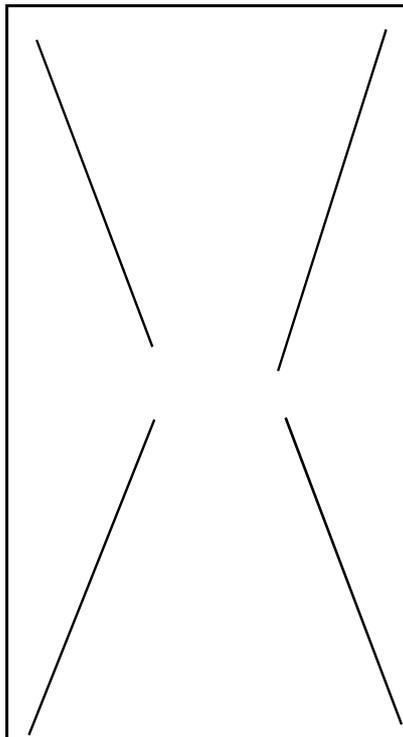
**Modalità di prova**

**CONTROLLO DI CARICO**

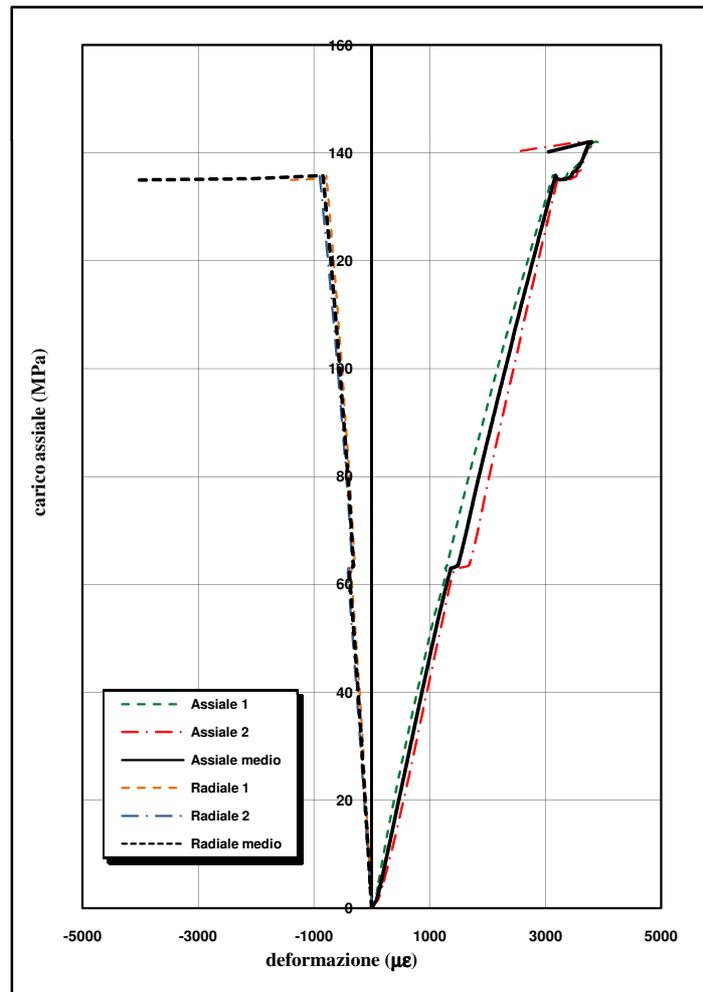
Velocità (kPa/sec)	<b>500</b>
--------------------	------------

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	142.04	MPa
Modulo tangente 50%	47331	MPa
Modulo secante 50%	42741	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.22	-



Descrizione rottura: a clessidra.  
Campione totalmente disarticolato, foto non possibile.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1084

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB5

Campione: CR2

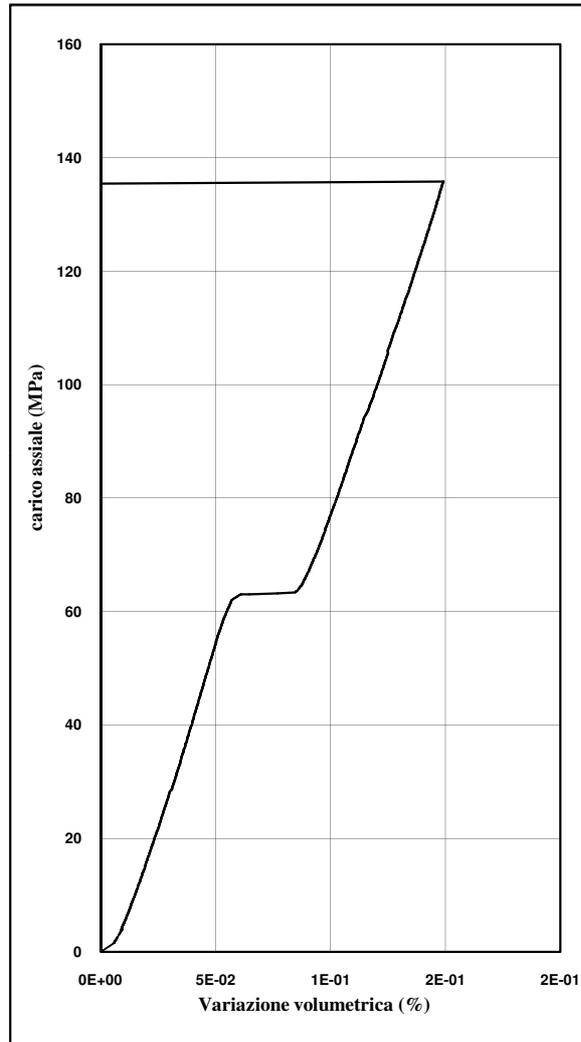
Profondità da 5.50 m a 5.90 m

Data esecuzione prova: 10/06/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcare marnoso



Note

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ .

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

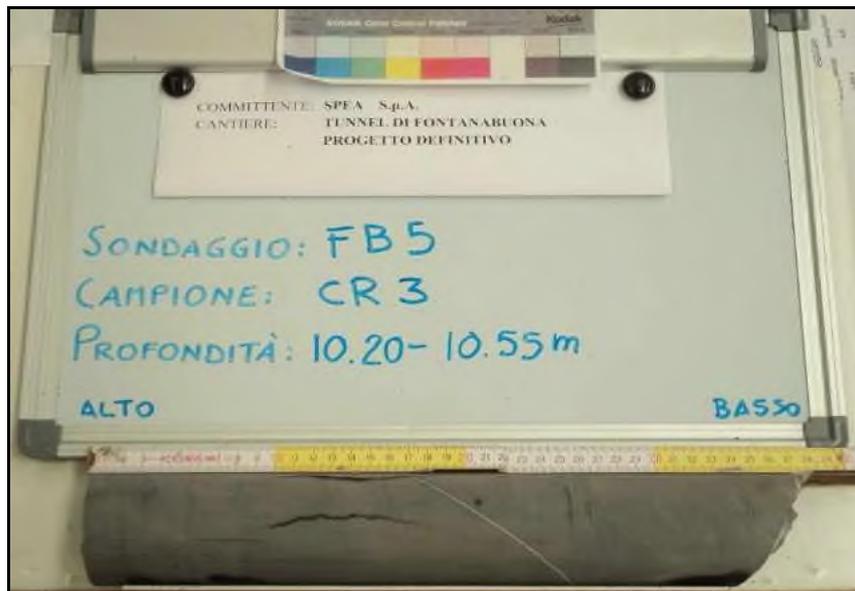
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1085

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR3
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 10.20 m <b>a</b> 10.55 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 34 cm. Calcare marnoso compatto caratterizzato da sistema di microvene sigillate da calcite inclinate di circa 45° e di spessore millimetrico. Presenza di n°1 discontinuità sigillata da calcite, di spessore millimetrico e inclinata di circa 40°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

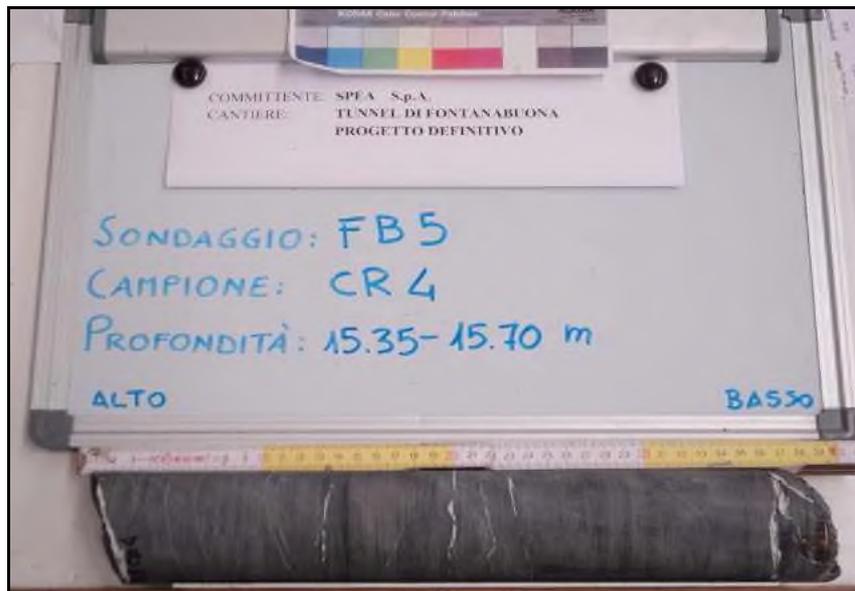
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1086

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR4
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 15.35 m <b>a</b> 15.70 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**  
Campione di lunghezza 37 cm. Marna calcarea dotata di numerose discontinuità sigillate da calcite, di spessore millimetrico e a varia orientazione e inclinazione.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

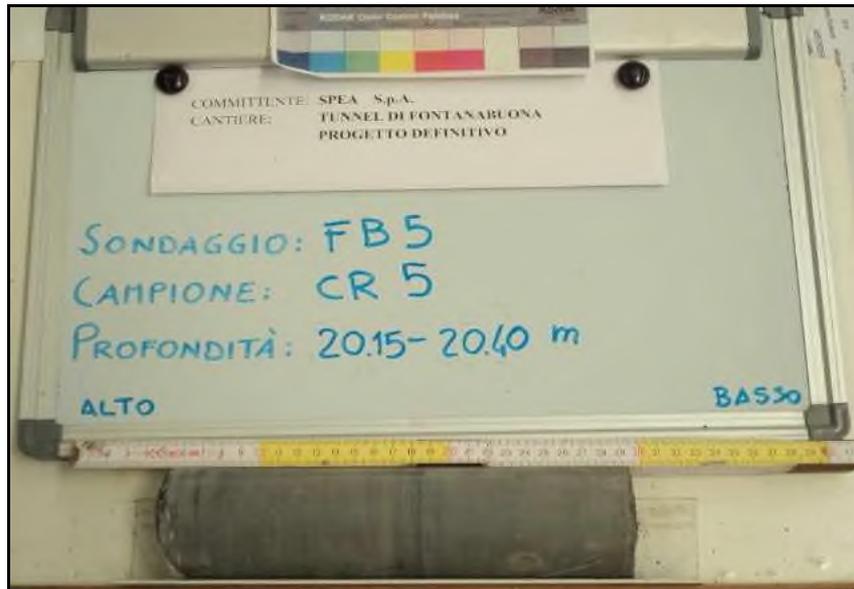
*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1087

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR5
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 20.15 m <b>a</b> 20.40 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 23 cm. Calcare marnoso omogeneo e compatto dotato di rare microvene sigillate da calcite.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

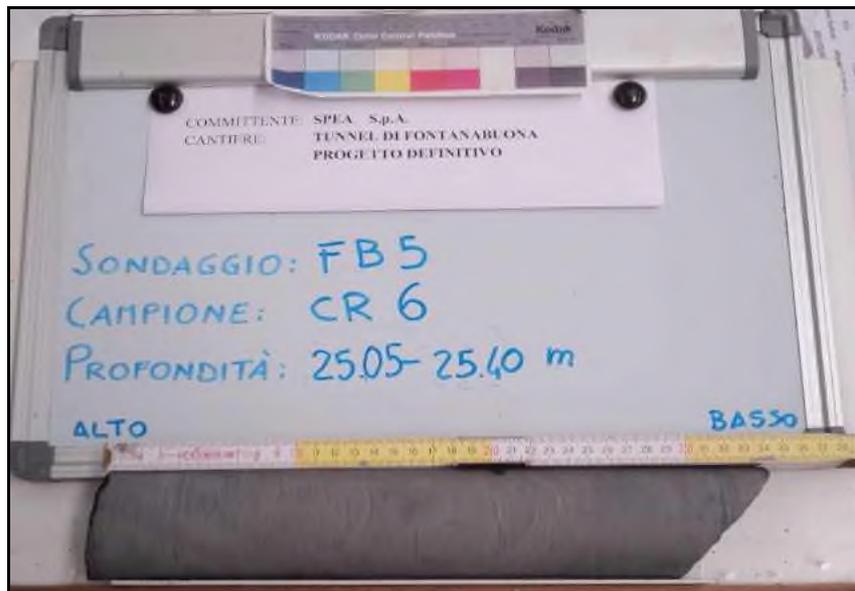
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1088

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR6
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 25.05 m <b>a</b> 25.40 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



<b>Descrizione del campione</b>
Campione di lunghezza 32 cm. Calcare marnoso compatto caratterizzato da laminazione inclinata di circa 35°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1089

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR6
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 25.05 m <b>a</b> 25.40 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1983 - ASTM D2845-08
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Calcare marnoso

<i>DIAMETRO</i>	<i>ALTEZZA</i>	<i>MASSA</i>	<i>VOLUME</i>	<i>DENSITA'</i>	<i>DENSITA'</i>
mm	mm	gr	m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
63.0	131.4	1108.25	0.000410	2.71	26.53

**VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
131.4	24.0	5475

**VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**

<i>DISTANZA</i>	<i>TEMPO</i>	<i>VELOCITA'</i>
mm	μsec	m/sec
131.4	36.5	3600

E = 78488 MPa Modulo di Young  
 G = 35065 MPa Modulo di taglio  
 μ = 0.12 Coefficiente di Poisson  
 K = 34350 MPa Modulo volumetrico

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1090

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB5

Campione: CR6

Profondità da 25.05 m a 25.40 m

Data esecuzione prova: 10/06/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcare marnoso

**DATI PROVINO**

Diametro	63.0	mm
Altezza	131.4	mm
Superficie	31.17	cm <sup>2</sup>

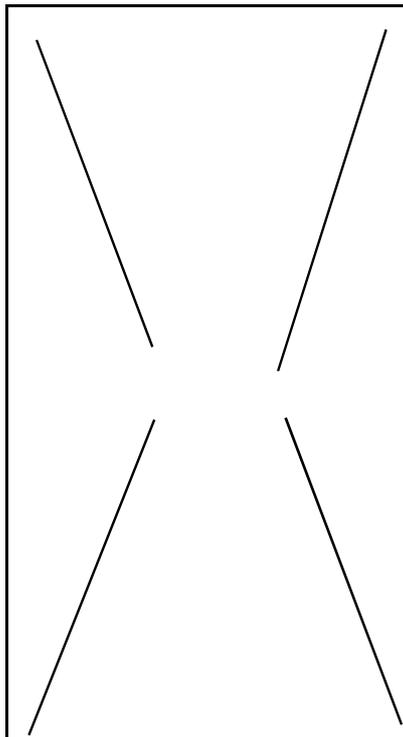
**Modalità di prova**

**CONTROLLO DI CARICO**

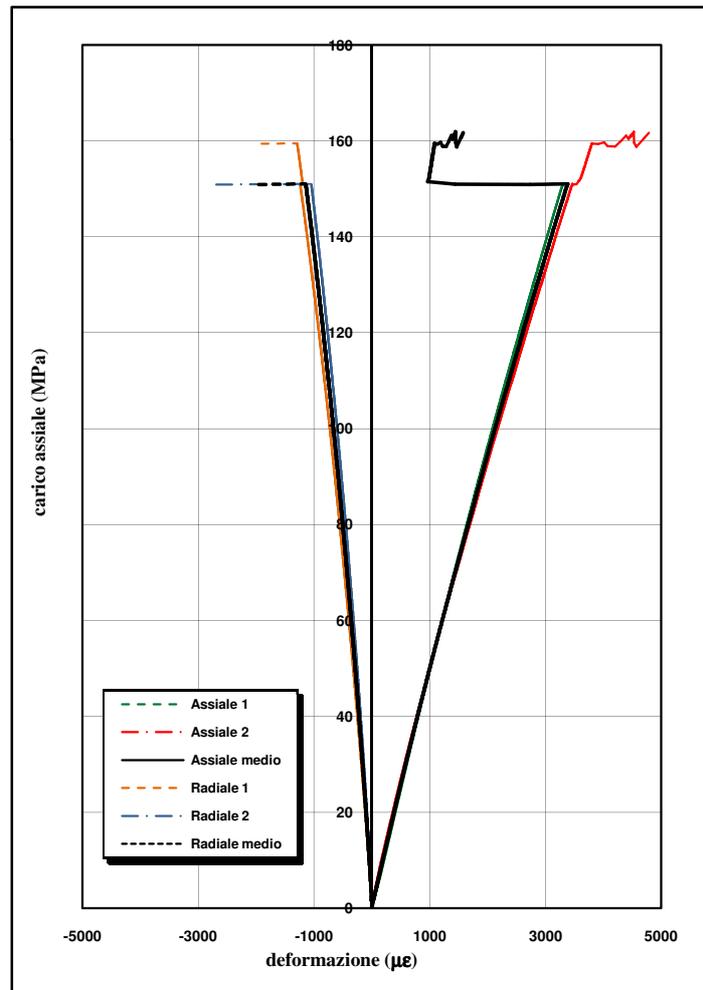
Velocità (kPa/sec)	<b>500</b>
--------------------	------------

**RISULTATI**

Carico di rottura $\sigma_1$	161.86	MPa
Modulo tangente 50%	43504	MPa
Modulo secante 50%	47880	MPa
Coeff. di Poisson 50%	0.30	-



Descrizione rottura: a clessidra.  
Campione totalmente disarticolato, foto non possibile.



Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1090

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE**

Committente: SPEA S.p.A.

Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo

Località: .

Verbale di accettazione n°: 51

Data verbale: 21/05/2013

Note:

Sondaggio: FB5

Campione: CR6

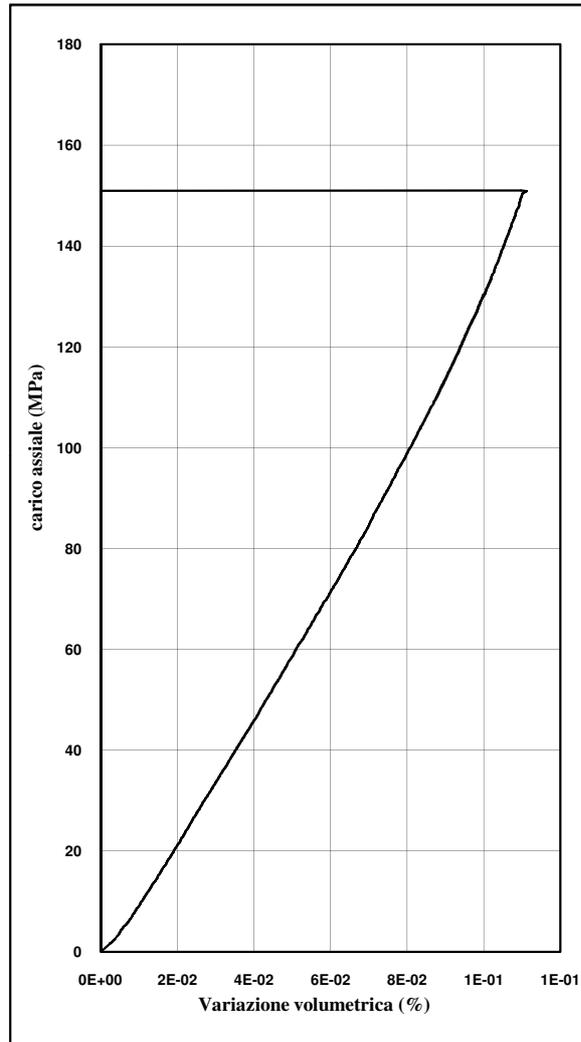
Profondità da 25.05 m a 25.40 m

Data esecuzione prova: 10/06/2013

Specifica di prova: I.S.R.M. 1983 - ASTM D7012-10

Rep: 13-054

Litologia: Calcare marnoso



Note

Modulo tangente 50 % calcolato in un intervallo di circa  $\pm 1.5$  MPa rispetto al 50% di  $\sigma_1$ .

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

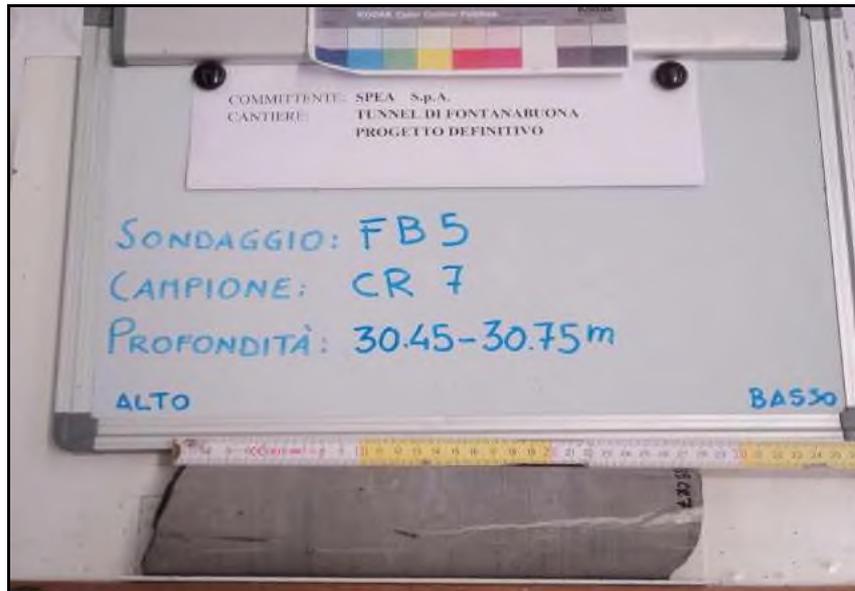
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1091

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Sondaggio:</b> FB5
<b>Cantiere:</b> Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	<b>Campione:</b> CR7
<b>Località:</b> .	<b>Profondità da</b> 30.45 m <b>a</b> 30.75 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 51	<b>Data esecuzione prova:</b> 10/06/2013
<b>Data verbale:</b> 21/05/2013	<b>Specifica di prova:</b> I.S.R.M. 1979
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 13-054
	<b>Litologia:</b> Marna calcarea

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**  
 Campione di lunghezza 27 cm. Marna calcarea compatta dotata di vena sub-orizzontale sigillata da calcite, con sistema di microvena a calcite inclinate di circa 20°.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
 Dott. Geol. Cesare Ferrero

*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

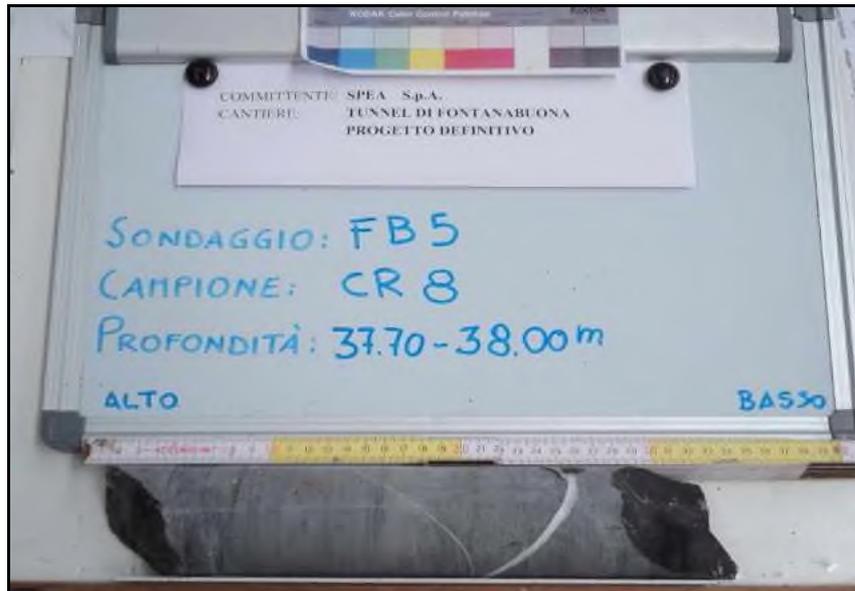
Data emissione: 15/07/2013

Certificato n°: 1092

**DESCRIZIONE DEL CAMPIONE**

Committente: SPEA S.p.A. Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo Località: . Verbale di accettazione n°: 51 Data verbale: 21/05/2013 Note:	Sondaggio: FB5 Campione: CR8 Profondità da 37.70 m a 38.00 m Data esecuzione prova: 10/06/2013 Specifica di prova: I.S.R.M. 1979 Rep: 13-054 Litologia: Calcare marnoso
--	---

Contenitore del campione	<input type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC
	<input type="checkbox"/> Ferro	<input checked="" type="checkbox"/> Sacchetto
Dimensioni del campione	<input type="checkbox"/> <2"	<input type="checkbox"/> <4"
	<input checked="" type="checkbox"/> <3"	<input type="checkbox"/> >4"
Condizioni del materiale	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Fratturata
	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Strati piegati
	<input type="checkbox"/> Cattive	<input type="checkbox"/> Disarticolata



**Descrizione del campione**

Campione di lunghezza 25 cm. Calcare marnoso compatto dotato di discontinuità planari sigillate da calcite, di spessore inferiore al millimetro e a varia orientazione e inclinazione.

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio  
Dott. Geol. Cesare Ferrero

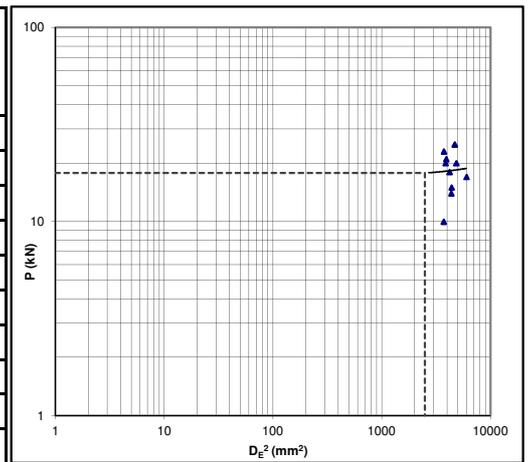
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

**PROVA A CARICO CONCENTRATO (Spezzoni di carota)**

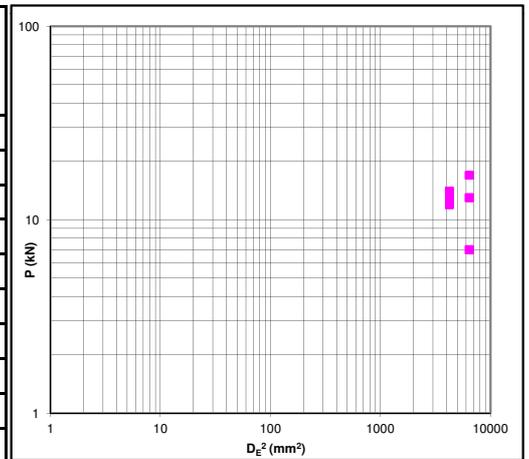
Rapporto di prova n° 13054002

Committente: SPEA S.p.A.	Sondaggio: FB5
Cantiere: Tunnel di Fontanabuona-Progetto Definitivo	Campione: Diversi
Località: .	Profondità: Diverse
Verbale di accettazione n°: 51	Data esecuzione prova: 20/06/2013
Data verbale: 21/5/2013	Specifica di prova: ISRM 1985 ASTM D5731-95
Note:	Rep: 13-054

Test assiale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR1	X		54	63	21	5.36	5.93	142.29
2-CR1	X		47	61	10	2.70	2.95	70.70
3-CR1	X		48	61	23	6.17	6.75	162.00
4-CR4	X		68	70	20	4.13	4.79	114.91
5-CR4	X		76	66	14	3.22	3.64	87.42
6-CR8	X		66	65	18	4.28	4.81	115.56
7-CR6	X		80	68	25	5.34	6.15	147.50
8-CR6	X		75	78	17	2.83	3.44	82.63
9-CR5	X		76	62	20	5.17	5.70	136.83
10-CR8	X		82	66	15	3.42	3.88	93.16



Test diametrale n°	Perpend*	Parallelo*	Distanza tra i punzoni (mm)	Diametro equivalente (mm)	Carico misurato (kN)	Is (MPa)	Is(50) (MPa)	C <sub>0</sub> <sup>+</sup> (MPa)
1-CR1		X	80	80	7.0	1.09	1.35	32.43
2-CR1		X	80	80	13.0	2.03	2.51	60.23
3-CR1		X	80	80	17.0	2.66	3.28	78.77
4-CR4		X	65	65	14.0	3.31	3.73	89.49
5-CR4		X	65	65	13.0	3.08	3.46	83.10
6-CR4		X	65	65	12	2.84	3.20	76.71
7-CR8		X	65	65	14	3.31	3.73	89.49
8-CR8		X	65	65	13	3.08	3.46	83.10
9-CR6		X	65	65	14	3.31	3.73	89.49
10-CR5		X	65	65	12	2.84	3.20	76.71



Media Is(50) perpendicolare (MPa)	7.12
Media Is(50) parallelo (MPa)	3.39
Media C <sub>0</sub> perpendicolare (MPa)	170.88
Media C <sub>0</sub> parallelo (MPa)	81.36
Indice di anisotropia	0.48

Deviazione standard test assiali°	1.30
Varianza test assiali°	1.52
Deviazione standard test diametrali°	0.74
Varianza test diametrali°	0.49

Note:  
 \* Rispetto al piano di debolezza  
 + Calcolato utilizzando k=24  
 ° Deviazione standard e varianza calcolate su tutte le rotture eseguite

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio