

REGIONE:



COMUNE:



CASSANO SPINOLA

PROVINCIA:

PROVINCIA DI  
ALESSANDRIA

PROGETTO:

# Interventi di riassetto idraulico ed idrogeologico dell'asta del Rio Garigliano che interessa l'abitato - Lotto 1

CUP:E24H20000640001



Coordinate: Latitudine 44.764304 - Longitudine 08.864990

## PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.

ALLEGATO N°

2

## RELAZIONE GEOLOGICA

DATA:

Ottobre 2021

PROTOCOLLO:

042-2021

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Scioldo  
Ing. Roberto Sperandio

TIMBRI E FIRME:

REV.:

REDATTO:

VALIDATO:

VERIFICATO:

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

1

Geol. Marco Puddu

Marcello Bocca



STUDIO ASSOCIATO INGEOPROJECT

Ing. Giorgio Scioldo – Ing. Roberto Sperandio

Corso Matteotti, 12  
10121 Torino  
Tel +39 0115 113490  
mail: info@ingeoproject.it

STUDIO TECNICO



STUDIO TECNICO

Geom. Valter Carniglia

Via Prato, 4  
15060 Cantalupo Ligure AL  
Tel +39 0143 90958  
mail: info@carnigliastudio.it

# COMUNE DI CASSANO SPINOLA

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI ALESSANDRIA



## RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO DELL'ASTA DEL RIO GARIGLIANO

COMMITTENTE: COMUNE DI CASSANO SPINOLA  
PIAZZA XXVI APRILE  
15063, CASSANO SPINOLA (AL)

## RELAZIONE GEOLOGICA



**Dr Marco Puddu – geologo**

Via Martiri della Benedicta, 29 - 16010 Rossiglione (GE)

cell: 338.3630990

e-mail: marco4puddu@gmail.com

# SOMMARIO

1.) PREMESSA .....	2
2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE.....	3
3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI .....	3
4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	4
4.1.) LINEAMENTI TETTONICI REGIONALI .....	4
4.2.) GEOLOGIA LOCALE .....	5
5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	6
6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	7
7.) CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL VERSANTE.....	8
7.1.) PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI.....	8
7.2.) PARAMETRI IDROLOGICI E PLUVIOMETRICI .....	9
7.3.) PORTATE DI PIENA.....	14
8.) INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	15
8.1.) PROVA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	15
8.2.) TOMOGRAFIA ELETTRICA .....	17
8.3.) TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE.....	20
8.4.) SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	27
8.4.1) PROVE PENETROMETRICHE SPT .....	28
8.4.2.) PROVE ESEGUITE IN LABORATORIO .....	28
8.5.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH.....	30
9.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	33
9.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE .....	33
9.2.) PARAMETRI GEOTECNICI.....	34
10.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	35
10.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....	37
10.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE.....	37
11.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	38

## ALLEGATI:

TAV.1 COROGRAFIA (SCALA 1:10.000)

TAV.2 PLANIMETRIA\_UBICAZIONE PROVE (SCALA 1:200)

ELABORATI SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

ELABORATO PROVA SISMICA MASW

ELABORATO TOMOGRAFIA ELETTRICA

RAPPORTO DI PROVA DEL LABORATORIO GEOTECNICO

PARAMETRI SISMICI DI SITO

## **1.) PREMESSA**

Il presente elaborato fa seguito dell'incarico conferito al geologo Marco Puddu, con studio in Comune di Rossiglione (GE), Via Martiri della Benedicta, 29 – regolarmente iscritto con il n. 676/AP all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria – dal Comune di Cassano Spinola (AL).

### *SCOPO DELL'INDAGINE*

La seguente relazione contiene i risultati delle indagini geologiche preliminari eseguite nei terreni interessati dalla realizzazione delle opere di cui ad oggetto.

Scopo del lavoro è indicare, sulla base dei risultati ottenuti ed in via preliminare, le principali caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area oggetto dell'intervento, in particolare in merito alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

### *INDAGINE ESEGUITE*

- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio;
- Rilievo geologico e geomorfologico dell'area;
- Esecuzione di n. 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Esecuzione di n. 6 tomografie sismiche a rifrazione;
- Esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- Esecuzione di n. 10 prove penetrometriche SPT (nei fori di sondaggio);
- Esecuzione di n. 4 prove sismiche di tipo MASW;
- Esecuzione di n. 4 tomografie elettriche (ERT);
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative, per l'interpretazione delle prove geofisiche e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche del terreno.

### *INTERVENTI IN PROGETTO*

L'intervento consiste nel riassetto idraulico ed idrogeologico dell'asta del Rio Garigliano che interessa l'abitato del comune di Cassano Spinola (AL).

## **2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE**

L'area soggetta a indagine fa parte del territorio comunale di Cassano Spinola e si estende per circa 700 metri seguendo la toponatura del Rio Garigliano, a quote comprese tra i 180 e 225 metri s.l.m. La zona è cartografata sul Foglio 70 "ALESSANDRIA" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e sulla sezione 195030 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte.

## **3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI**

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata

- D. M. 14 gennaio 2008  
"Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Decreto 17 gennaio 2018  
Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del C.S.LL.PP.  
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887  
Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

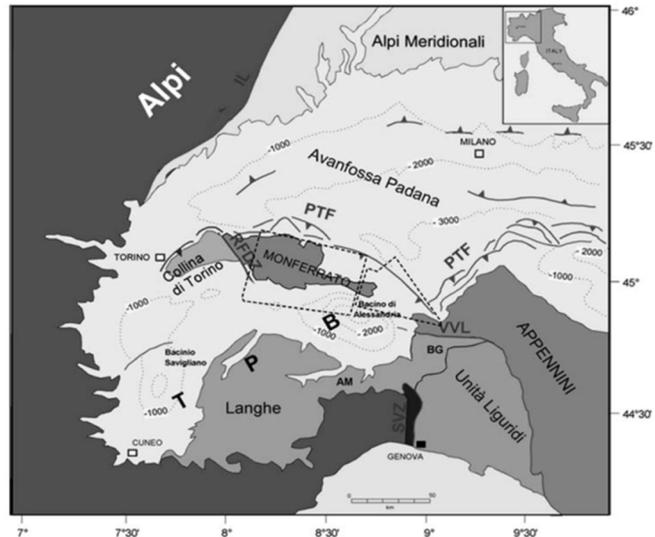
Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89.

#### 4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Bacino Terziario Piemontese (BTP) consiste di formazioni clastiche cenozoiche (Eocene Sup – Messiniano), che rappresentano il risultato della detrizione della catena alpina, conseguente al suo sollevamento, nel periodo da tardo a postorogenico. Per tale ragione appare quindi influenzato dalle fasi tettoniche terziarie dell'orogenesi alpino-appenninica. Il BTP viene anche definito un bacino episuturale, nel senso che si sviluppa al di sopra della giunzione tra la catena alpina e quella appenninica, che ne viene in parte mascherata. Esso infatti ricopre in discordanza unità di tipo diverso, unità metamorfiche alpine (Bacino delle Langhe ed Alto Monferrato) ed unità liguridi non metamorfiche (zona Borbera Grue) la cui giustapposizione tettonica è avvenuta in concomitanza della fase "ligure" (fase collisionale mesoalpina eocenica).

Questa evoluzione, che è coeva alla costruzione della catena appenninica, non deve però essere interpretata semplicemente nell'ottica di una propagazione da Sud verso Nord di fronti di sovrascorrimento che avrebbero dislocato unità alpine e liguridi precedentemente accorpate durante l'evento mesoalpino-ligure. Il quadro regionale deve tenere conto infatti di ingenti spostamenti laterali in direzione da Est-Ovest a NW-SE, ben testimoniati dalla tettonica trascorrente del Basso Monferrato. Il risultato è l'instaurazione di aree a forte subsidenza e di coevi settori in sollevamento (cinematismi trascorrenti, regimi compressivi e/o distensivi si alternano nel tempo e nello spazio) che hanno fatto sì che il BTP abbia assunto a scala regionale la conformazione di un'ampia depressione a sinclinale addossata all'Appennino Ligure, a Sud, e limitata a Nord dalla Collina di Torino, dallo Sperone di Tortona e dal margine della Pianura Padana.

Il BTP presenta un tipico assetto monoclinale con immersione Nord ed attenuazione delle pendenze verso la piana alessandrina.



Schema strutturale dei bacini terziari nella zona di giunzione tra Alpi ed Appennino. LI: Linea Insubrica; LVV: Linea Villalvernia-Varzi; ZDRF: Zona di Deformazione di Rio Freddo; ZSV: Zona Sestri-Voltaggio; BTP: Bacino Terziario Piemontese; AM: Alto Monferrato; BG: Zona Borbera-Grue.

##### 4.1.) LINEAMENTI TETTONICI REGIONALI

La successione BTP dell'Alto Monferrato (Oligocene Inf. – Messiniano) poggiate in discordanza sulle unità metamorfiche delle Alpi liguri, costituite dalle metaofioliti del Gruppo di Voltri, è limitata verso E dalla zona Sestri-Voltaggio che la separa dalle unità liguri dell'Appennino Settentrionale. Tale successione è stata interessata da una tettonica compressiva (Oligocene – Miocene) che ha determinato il sovrascorrimento, verso E-NE delle unità del substrato metamorfico alpino (Gruppo di Voltri) su di una parte della successione oligocenica.

Questa tettonica, sigillata da una discontinuità stratigrafica regionale di età burdigaliana, ha determinato un parziale sollevamento e inversione del bacino oligocenico riferito all'Alto Monferrato. Essa è verosimilmente caratterizzata da traslazioni orizzontali e rigetti verticali dell'ordine di pochi chilometri e da blande deformazioni plicative che non hanno modificato sensibilmente a scala regionale, la polarità delle successioni stratigrafiche. Le principali strutture tettoniche pre-burdigaliane hanno direzione media NW-SE e sono state riattivate o in parte dislocate, da sistemi sub-paralleli di faglie normali e transtensive, la cui attività è collegabile alla forte subsidenza.

In entrambi gli eventi descritti, si sviluppano inoltre sistemi di faglie trascorrenti a direzione E-W e ENE-WSW che delimitano, e/o svincolano i settori in compressione (pre-Burdigaliano) o in estensione (post-Burdigaliano). Una importante attività trascorrente lungo faglie molto inclinate a direzione compresa tra E-W e NW-SE è stata inoltre registrata sia nell'Alto Monferrato che nelle Langhe imputabili con ogni probabilità all'evento compressivo tardo-Serravalliano.

#### 4.2.) GEOLOGIA LOCALE

Nell'area di interesse, come descritto nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, di cui di seguito viene riportato uno stralcio, è presente la formazione alluvionale denominata *Fluviale Medio*, che è caratterizzata da alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, al di sotto dei quali vi è il substrato pliocenico.

Il substrato individuabile a profondità variabili è appartenente alla Formazione dei *Conglomerati di Cassano Spinola* (Pliocene Inf. – Messiniano); tale Formazione è descritta dalla sopracitata Carta come conglomerati ed arenarie in grosse bancate intercalati a marne sabbiose.



## **5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

La morfologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di rilievi, sui quali affiora o subaffiora il substrato, mentre i fondivalle subpianeggianti sono coperti da coltri, generalmente di spessore non elevato di depositi alluvionali. La morfologia di tale settore, oltre ad essere fortemente condizionata dall'idrografia è peraltro influenzata in maniera significativa dalla natura litologica e strutturale del substrato geologico oltre che da fattori morfogenetici legati a processi di degradazione e/o alterazione dei versanti e dall'attività antropica esplicita in tempi passati nella pratica agricola.

Come riportato in precedenza, nel settore in esame, il substrato roccioso è caratterizzato dalla presenza delle unità sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese.

L'assetto monoclinale delle successioni sedimentarie caratterizzanti il substrato, con immersione degli strati localmente verso NO, determina acclività moderate nei versanti settentrionali (assetto "a franapoggio") ed acclività più elevate nei versanti orientali, e meridionali (assetto "a reggipoggio").

La presenza in subaffioramento di litotipi sciolti (depositi alluvionali e coltre eluvio-colluviale del substrato) e di substrato fa sì che i processi degradatori varino puntualmente in presenza di concomitanza di spessori significativi di materiali erodibili con pendenze rilevanti.

L'area oggetto di studio è situata in una zona collinare ad Est del Torrente Scrivia, ad una quota compresa tra i 180 e 225 metri s.l.m. Il versante in cui sorge l'area è caratterizzato da una morfologia a pendenze da basse a moderate.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei versanti, il rilievo dell'area e l'analisi della cartografia tematica disponibile non hanno evidenziato nell'area la presenza di fenomeni di dissesto gravitativo, si evidenziano solo fenomeni di erosione accelerata in corrispondenza dei settori più acclivi.

## **6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Dal punto di vista idrogeologico, all'interno dell'area di interesse è possibile distinguere due differenti complessi:

- a. *COPERTURE ALLUVIONALI*: prevalentemente costituite da sabbie e limi di colore nocciola e da interclusi corpi litoidi di natura arenacea e marnosa, presentano conducibilità idraulica per porosità da bassa a molto bassa;
- b. *SUBSTRATO CONGLOMERATICO*: costituito da conglomerati, arenarie e marne sabbiose, risulta caratterizzato da conducibilità idraulica per porosità medio-bassa, con possibile permeabilità per fessurazione lungo discontinuità strutturali secondarie. Questo orizzonte presenta uno strato superiore derivante dall'alterazione del substrato.

In tale contesto idrogeologico, considerando anche l'orografia dell'area di intervento, non è presente una vera falda superficiale; si può però instaurare una circolazione subcorticale nelle coperture superficiali, che risulta strettamente connessa al regime meteorico ed è da ritenersi assente nei mesi estivi, mentre potrebbe portare a fenomeni di saturazione della coltre nelle stagioni umide.

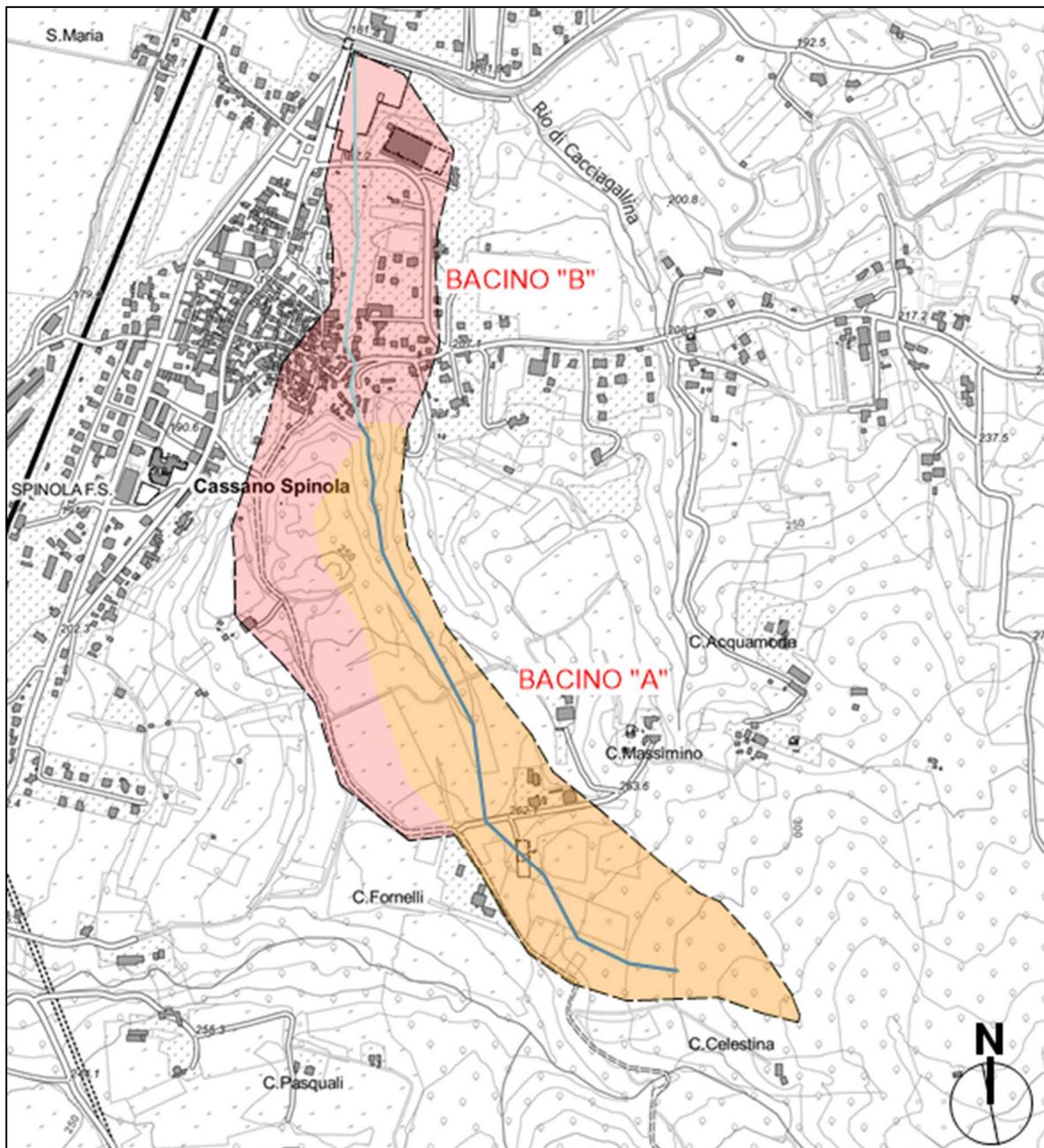
All'interno del substrato la presenza di livelli maggiormente sabbiosi, interclusi tra strati arenacei e marnosi con minore permeabilità possono essere sede di una limitata circolazione idrica.

## 7.) CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL VERSANTE

In previsione delle opere previste da progetto, è stato eseguito uno studio sulle caratteristiche idrauliche del versante a monte degli interventi in progetto. L'area è stata così suddivisa in due bacini idrografici con chiusura alla quota dell'inizio del rio tombinato per il bacino "A" e alla quota del campo sportivo, ovvero dove il rio Garigliano si immette nel rio Predasso, per il bacino "B".

### 7.1.) PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri morfometrici dei bacini interessati, basandosi sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, della quale viene riportato uno stralcio di seguito.



**Parametri morfometrici dei bacini:**

	Superficie sottesa (km <sup>2</sup> )	Lunghezza asta principale (m)	Quota sez chiusura (m slm)	Quota max. (m slm)	Quota media (m slm)	Pendenza media versanti (im) (%)
Bacino A	0,191	1061	210	340	275	12
Bacino B	0,374	1651	180	340	260	7

**7.2.) PARAMETRI IDROLOGICI E PLUVIOMETRICI**

Appare chiaro che in una verifica idraulica il parametro fondamentale risulta essere quello della portata di piena, in considerazione del fatto che, per il rio in oggetto, non sono disponibili misure dirette di portata e nemmeno stime attendibili, la valutazione delle portate di piena dovrà essere derivata da dati meteorologici; pertanto ci si è basati su dati forniti dall’Autorità di Bacino del fiume Po, e in particolare sulla “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” utilizzando i parametri caratteristici (a, n) della curva di possibilità pluviometrica massima per differenti tempi di ritorno (20, 100, 200, 500) riportati dall’Allegato 3 “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense” della suddetta direttiva.

I valori riportati in tabella 2 rappresentano i valori riferiti alla cella CQ122 del reticolo chilometrico di riferimento sulle quali si estendono i bacini studiati.

Parametri di piovosità:

T=20 anni		T=100 anni		T=200 anni		T=500 anni	
a	n	a	n	a	n	a	n
51,53	0,357	68,62	0,354	75,91	0,353	85,55	0,352

Di seguito vengono descritti i parametri principali utilizzati nei calcoli:

**Portata (Q):** la portata rappresenta il volume di acqua che passa attraverso una data sezione nell’unità di tempo, nel presente studio la portata viene calcolata in base al metodo razionale la cui espressione analitica è la seguente:

$$Q = \frac{i_{TC} * S * C}{3,6}$$

dove

- Q: portata di massima piena espressa in m<sup>3</sup>/s
- i<sub>TC</sub> = h<sub>TC</sub>/T<sub>C</sub>: intensità di pioggia media per il tempo di corrivazione, espressa in mm/h
- h<sub>TC</sub>: altezza di pioggia in mm, per un tempo pari al tempo di corrivazione
- T<sub>C</sub>: tempo di corrivazione espresso in ore
- S: superficie del bacino espressa in km<sup>2</sup>
- C: coefficiente di deflusso (tiene conto dell’infiltrazione)

**Tempo di corrivazione (Tc):** rappresenta il tempo impiegato da una particella d'acqua a raggiungere il punto di misura, partendo il punto più distante ad esso sotteso. Per questo calcolo si è optato per la formula di Tournon (1973) derivante dalla proposta di Giandotti (1934):

$$\bar{l}_c = 0,396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left( \frac{A}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,72}$$

dove

- A: superficie del bacino (km<sup>2</sup>)
- L: lunghezza asta principale (km)
- ΔH: differenza tra altitudine media e altitudine della sezione di chiusura (m)
- i<sub>a</sub>: pendenza caratteristica dell'asta principale
- i<sub>m</sub>: pendenza media del bacino

Si è scelto di utilizzare questo metodo di calcolo, seppure più adatto a bacini più grandi, in quanto a causa delle caratteristiche morfologiche del bacino in oggetto fornisce valori dal buon grado di attendibilità, a differenza della formula di Giandotti che sottostima il risultato.

Il valore del tempo di corrivazione calcolato con il metodo sopra esposto pertanto è il seguente:

**Bacino "A" Tc = 0,517 h pari a circa 0h e 31'**

**Bacino "B" Tc = 0,687 h pari a circa 0h e 41'**

**Pioggia critica (Pc):** rappresenta la quantità di acqua che cade durante il tempo di corrivazione.

L'intensità di pioggia da adottare è quella relativa ad un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione del bacino che si sta esaminando. Il parametro di pioggia critica è definito anche come la precipitazione di durata uguale o maggiore del tempo di corrivazione, capace quindi di provocare un'onda di piena in corrispondenza della sezione considerata. Si fa inoltre notare che il dato direttamente ottenuto dai parametri meteorologici risulta solitamente sovrastimato in quanto si dovrebbero ragguagliare le altezze di pioggia alle superfici alle quali sono attribuite per tener conto del fatto che nessun evento meteorico può presentarsi con altezza assolutamente costante su un'intera estensione.

La pioggia critica è espressa dalla curva caratteristica di possibilità pluviometrica che è rappresentata dalla seguente equazione generale:

$$P_c = a \cdot T^n$$

dove:

- T: tempo di corrivazione (ore)
- a, n: parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica e variano arealmente.

Considerando i valori di a ed n riportati in precedenza per i diversi tempi di ritorno si ottiene:

	<b>T=20 anni</b> (mm)	<b>T=100 anni</b> (mm)	<b>T=200 anni</b> (mm)	<b>T=500 anni</b> (mm)
Bacino A	40,72 mm	54,33 mm	60,14 mm	67,82 mm
Bacino B	45,07 mm	60,08 mm	66,49 mm	74,96 mm

**Coefficiente di deflusso (C):** è il rapporto tra la quantità di deflusso e la quantità di afflusso, riferiti ad una determinata sezione di chiusura.

Come è noto, non tutto il volume di acqua che precipita in un bacino contribuisce alla formazione delle portate in un fiume, torrente o qualsivoglia corpo idrico. Solo la parte che non viene assorbita dal terreno determina il volume di afflusso: naturalmente, tale quantità d'acqua dipende da fattori inerenti la morfologia del bacino, la sua permeabilità, la copertura vegetale, ecc.

Esistono diversi metodi che portano alla determinazione del coefficiente di deflusso, nella presente indagine si utilizza il metodo di Kennessey, applicabile soprattutto a piccoli bacini, per la determinazione di tale importante parametro.

Il suo valore è determinato dalla somma tre indici legati, rispettivamente, all'acclività topografica media del bacino ( $C_a$ ), alla sua copertura vegetale ( $C_v$ ) e alla permeabilità media dello stesso ( $C_p$ ).

I parametri climatici utilizzati sono quelli dell'atlante regionale dei dati meteo, mentre per quanto riguarda i dati sulle pendenze, derivano da una discretizzazione operata sul bacino utilizzando come base dati la carta tecnica regionale in formato vettoriale, per quanto riguarda la copertura vegetale sono state usate le fotografie aeree per determinare i diversi tipi di utilizzo del suolo, mentre per la permeabilità si è fatto ricorso a dati di indagini e prove eseguite dallo scrivente nelle vicinanze o in zone con caratteristiche geologiche assimilabili.

Le schede nelle pagine seguenti riportano, oltre al valore del coefficiente di deflusso risultante dai calcoli, anche i dati utilizzati per l'analisi.

<b>Stima del Coefficiente di deflusso Cd (Kennessey, 1930)</b>					
<b>DATI</b>					
<b>Progetto:</b>					
COMUNE	Cassano Spinola (AL)				
SOTTOBACINO	Rio Garigliano_Bacino "A"				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
STAZIONE TERMOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	443	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	1,2	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	13,6	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	22,90	°C		
$Ia = \frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t}$ <b>INDICE DI ARIDITA'</b>					
INDICE DI ARIDITA'			Ia	<b>9,7</b>	
<b>COEFFICIENTE</b>	<b>VALORE</b>	<b>COEFF. TABELLA</b>	<b>INCIDENZA</b>	<b>COEFF. CALCOL.</b>	<b>COEFF. ADOTTATO</b>
<b>Ca - acclività</b>	> 35 %	0,22	5,00%	0,011	<b>0,063</b>
	10 - 35 %	0,12	40,00%	0,048	
	3,5 - 10 %	0,01	40,00%	0,004	
	< 3,5 %	0,00	15,00%	0,000	
	100,00%				
<b>COEFFICIENTE</b>	<b>VALORE</b>	<b>COEFF. TABELLA</b>	<b>INCIDENZA</b>	<b>COEFF. CALCOL.</b>	<b>COEFF. ADOTTATO</b>
<b>Cp - permeabilità</b>	molto bassa	0,21	45,00%	0,095	<b>0,152</b>
	mediocre	0,12	40,00%	0,048	
	buona	0,06	15,00%	0,009	
	elevata	0,03	0,00%	0,000	
	100,00%				
<b>COEFFICIENTE</b>	<b>VALORE</b>	<b>COEFF. TABELLA</b>	<b>INCIDENZA</b>	<b>COEFF. CALCOL.</b>	<b>COEFF. ADOTTATO</b>
<b>Cv - vegetazione</b>	roccia	0,26	5,00%	0,013	<b>0,068</b>
	pascolo	0,17	0,00%	0,000	
	coltivo	0,07	65,00%	0,046	
	bosco	0,03	30,00%	0,009	
	100,00%				
<b>RISULTATI</b>					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
COMPONENTE ACCLIVITA'				Ca	0,063
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE				Cv	0,068
COMPONENTE PERMEABILITA'				Cp	0,152
<b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO</b>				<b>Cd</b>	<b>0,282</b>

<b>Stima del Coefficiente di deflusso Cd (Kennessey, 1930)</b>					
<b>DATI</b>					
<b>Progetto:</b>					
COMUNE	Cassano Spinola (AL)				
SOTTOBACINO	Rio Garigliano_Bacino "B"				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
STAZIONE TERMOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	443	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	1,2	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	13,6	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	22,90	°C		
$Ia = \frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t}$ <b>INDICE DI ARIDITA'</b>					
INDICE DI ARIDITA'		Ia	<b>9,7</b>		
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Ca - acclività</b>	> 35 %	0,22	5,00%	0,011	<b>0,051</b>
	10 - 35 %	0,12	30,00%	0,036	
	3,5 - 10 %	0,01	40,00%	0,004	
	< 3,5 %	0,00	25,00%	0,000	
				100,00%	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Cp - permeabilità</b>	molto bassa	0,21	55,00%	0,116	<b>0,164</b>
	mediocre	0,12	35,00%	0,042	
	buona	0,06	10,00%	0,006	
	elevata	0,03	0,00%	0,000	
				100,00%	
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
<b>Cv - vegetazione</b>	roccia	0,26	5,00%	0,013	<b>0,064</b>
	pascolo	0,17	0,00%	0,000	
	coltivo	0,07	55,00%	0,039	
	bosco	0,03	40,00%	0,012	
				100,00%	
<b>RISULTATI</b>					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
COMPONENTE ACCLIVITA'				Ca	0,051
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE				Cv	0,064
COMPONENTE PERMEABILITA'				Cp	0,164
<b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO</b>				<b>Cd</b>	<b>0,278</b>

### 7.3.) PORTATE DI PIENA

Dall'analisi dei dati sopra esposti si possono derivare le portate di piena nella tabella seguente si riportano i valori di portata calcolati con il metodo razionale per differenti tempi di ritorno delle precipitazioni.

Considerando una precipitazione con tempo di ritorno pari a 500 anni la portata risultante è pari a circa 1,96 m<sup>3</sup>/s per il bacino A e di 3,15 m<sup>3</sup>/s per il bacino B.

Portate di piena per differenti tempi di ritorno

	T=20 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Bacino A m <sup>3</sup> /s	1.18	1.57	1.74	1.96
Bacino B m <sup>3</sup> /s	1.89	2.52	2.79	3.15

In sede di calcolo, si utilizzeranno come valori di portata di progetto sia il valore corrispondente ad un tempo di ritorno di 20 anni ( $Q_{20}$ ) arrotondato al decimale superiore, sia quello corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni ( $Q_{200}$ ) sempre arrotondato al decimale superiore.

## **8.) INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Al fine di fornire un'esaustiva conoscenza del sito in oggetto è stata condotta una campagna di indagini geognostiche (geotecniche e geofisiche), mirata in particolare alla valutazione dell'assetto stratigrafico e delle caratteristiche geotecniche dei terreni caratterizzanti l'area.

Le indagini, la cui ubicazione è stata riportata nell'apposita planimetria allegata, sono state eseguite nel periodo di maggio 2021 e sono di seguito elencate:

- 1.) *n° 4 prove sismiche di tipo MASW;*
- 2.) *n° 4 tomografie elettriche ERT;*
- 3.) *n° 6 tomografie sismiche a rifrazione;*
- 4.) *n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo a profondità di 20 metri rispetto al piano campagna attuale, con l'esecuzione di un totale di n. 10 prove SPT in avanzamento con la perforazione dei sondaggi e il prelievo di n° 8 campioni indisturbati di tipo Shelby per l'esecuzione di prove di laboratorio;*
- 5.) *n° 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH;*

### **8.1.) PROVA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)**

La prova eseguita con metodologia MASW consente la determinazione della velocità  $V_{s30}$  necessaria alla classificazione sismica del sito e fornisce una stratigrafia basata sulle velocità delle onde S.

Per la presente indagine sono state eseguite n.4 prove MASW con lo scopo di caratterizzare l'intera area di studio.

Nello specifico, gli stendimenti sono stati fatti utilizzando 24 canali (in modalità interlacing), con interdistanza geofonica pari a 2 m (MASW 1-2-4) e 1.5 m (MASW 3) (in corrispondenza dello stendimento indicato nella planimetria allegata).

L'ubicazione delle prove e la descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati sono riportate in allegato.

Le misure sperimentali sono state elaborate per mezzo dello specifico programma di interpretazione che elabora un modello monodimensionale di velocità nel sottosuolo che soddisfa i valori misurati; di seguito vengono sintetizzate le stratigrafie sismiche ottenute:

**MASW 1:**

- Da 0 fino a 2 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 150 m/s, riferibili ai materiali eterogenei superficiali;
- Tra 2 metri e 7 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 200-250 m/s, riferibili a depositi alluvionali moderatamente addensati;
- Tra 7 metri e 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 400 m/s, riferibili a limi argillosi molto consistenti;
- Oltre 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di 670 m/s, riferibili probabilmente ad una porzione più consistente di substrato.

Il valore di  $V_{seq}$ , calcolato su 30 metri, è risultato pari a 407 m/s.

**MASW 2:**

- Da 0 fino a 2 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 250 m/s, riferibili ai materiali eterogenei superficiali;
- Tra 2 metri e 4 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 170 m/s, riferibili a depositi alluvionali poco addensati;
- Tra 4 metri e 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 350-400 m/s, riferibili a limi argillosi molto consistenti;
- Oltre 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di 750 m/s, riferibili probabilmente ad una porzione più consistente di substrato.

Il valore di  $V_{seq}$ , calcolato su 30 metri, è risultato pari a 479 m/s.

**MASW 3:**

- Da 0 fino a 2 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 250 m/s, riferibili ai materiali eterogenei superficiali;
- Tra 2 metri e 6 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 400-550 m/s, riferibili a limi argillosi molto consistenti;
- Tra 6 metri e 9 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 300 m/s, riferibili a limi argillosi moderatamente consistenti;
- Oltre 9 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di 800 m/s, riferibili probabilmente ad una porzione più consistente di substrato.

Il valore di  $V_{seq}$ , calcolato su 30 metri, è risultato pari a 567 m/s.

#### **MASW 4:**

- Da 0 fino a 4 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 400 m/s, riferibili ai materiali eterogenei consistenti;
- Tra 4 metri e 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di circa 300-350 m/s, riferibili a limi argillosi consistenti;
- Oltre 10 metri circa, sono stati rilevati valori  $V_s$  di 680 m/s, riferibili probabilmente ad una porzione più consistente di substrato.

Il valore di  $V_{seq}$ , calcolato su 30 metri, è risultato pari a 517 m/s.

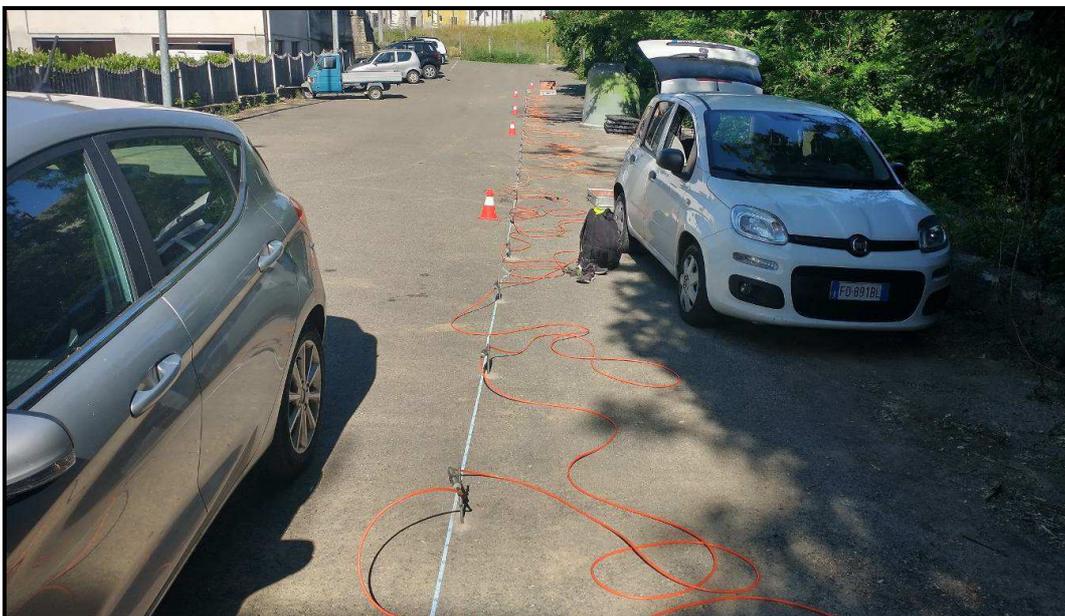
#### **8.2.) TOMOGRAFIA ELETTRICA**

In data 4 giugno 2021 è stata condotta una campagna di indagini geofisiche in corrispondenza dell'abitato di Cassano Spinola (prov. AL). Le indagini sono state eseguite con la principale finalità di ricavare informazioni sul posizionamento di eventuali collettori idrici tombati in passato e sull'assetto stratigrafico dei primi 10 m di profondità.

La strumentazione utilizzata per l'indagine geoelettrica è rappresentata dall' ARS-200E (Automatic Resistivity System) di fabbricazione GEOPHIZYKA (Gf Instruments Brno) le cui specifiche tecniche sono riportate in allegato.

Il metodo di indagine è del tutto analogo a quello su cui si basa il tradizionale sondaggio elettrico verticale (SEV): immettendo nel terreno corrente continua (o corrente alternata a bassa frequenza) si genera un campo elettrico le cui linee di corrente all'interno del sottosuolo indagato sono deformate dalla presenza di disomogeneità, come a titolo di esempio stratificazioni o corpi sepolti aventi differenti comportamenti elettrici.

Il metodo della resistività utilizza, come parametro geofisico per indagare il sottosuolo, la resistività elettrica del terreno.



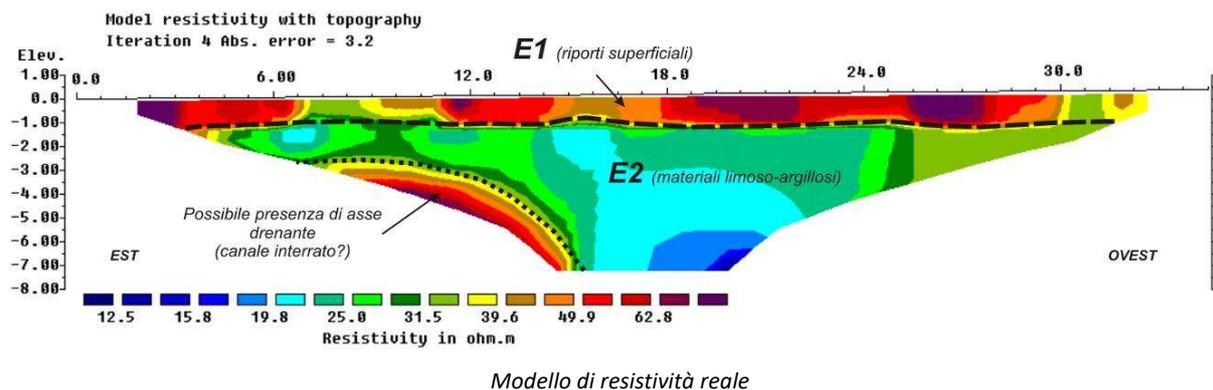
I risultati sono riportati nel rapporto in allegato insieme alla planimetria riportante l'ubicazione degli stendimenti eseguiti con disposizione appropriata in modo da indagare maggiormente l'area di studio, di seguito vengono riportati sinteticamente i risultati ottenuti.

### ERT 1:

La sezione tomografica ERT1 ha direzione circa E-O con una lunghezza di 34.5 metri ed ha permesso di indagare i primi 7-8 metri circa di profondità.

Nella sezione tomografica ERT1 i risultati indicano la presenza di materiali con valori di resistività superiori a 50 ohm\*m fino alla profondità di circa 1.5 metri riferibili a materiali medio-grossolani di riporto e sottofondo stradale. Al di sotto di queste coperture superficiali, sono stati rivenuti materiali con valori di resistività inferiori a 25-30 ohm\*m, interpretati come materiali fini limoso-argillosi.

È tuttavia evidente una zona connotata da un aumento delle resistività posta in corrispondenza dell'estremità orientale della sezione a partire da profondità pari a circa 3 m. Tale anomalia può essere riferita ad un cambio litologico o, più verosimilmente, alla presenza di un'infrastruttura interrata che potrebbe inoltre determinare un drenaggio del materiale circostante e quindi un aumento delle resistività.

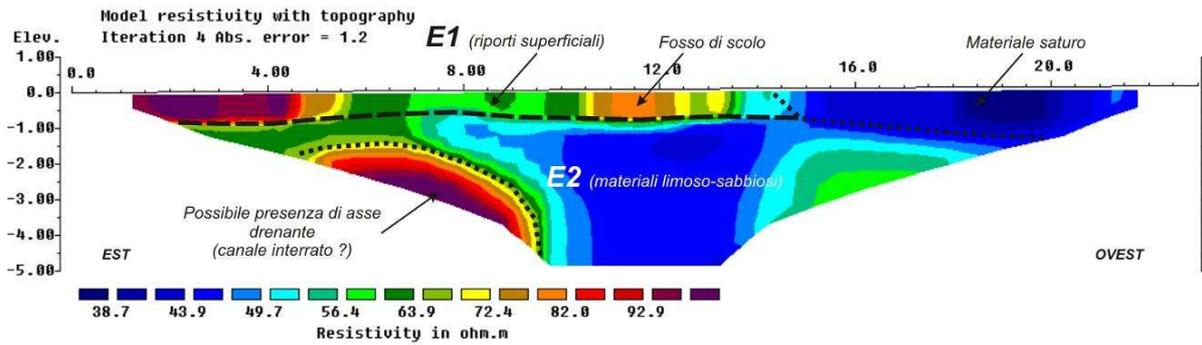


### ERT 2:

La sezione tomografica ERT2 ha direzione circa E-O con una lunghezza di 23.5 metri ed ha permesso di indagare i primi 5 metri circa di profondità. Questa stesa è stata eseguita parallelamente alla stesa ERT1, ad una distanza di circa 40 metri verso sud.

Nella sezione tomografica ERT2 i risultati indicano la presenza di materiali con valori di resistività superiori a 50 ohm\*m fino alla profondità di circa 1 metro riferibili a materiali medio-grossolani di riporto. A partire dalla profondità di circa 1 metro sono stati rivenuti materiali con valori di resistività inferiori a 50 ohm\*m, riferibili a materiali fini limoso-sabbiosi bagnati.

È tuttavia evidente una zona connotata da un aumento delle resistività posta in corrispondenza dell'estremità orientale della sezione a partire da profondità pari a circa 2 m. Tale anomalia, similmente a quanto evidenziato per ERT1, può essere riferita ad un cambio litologico o, più verosimilmente, alla presenza di un'infrastruttura interrata che potrebbe inoltre determinare un drenaggio del materiale circostante e quindi un aumento delle resistività.

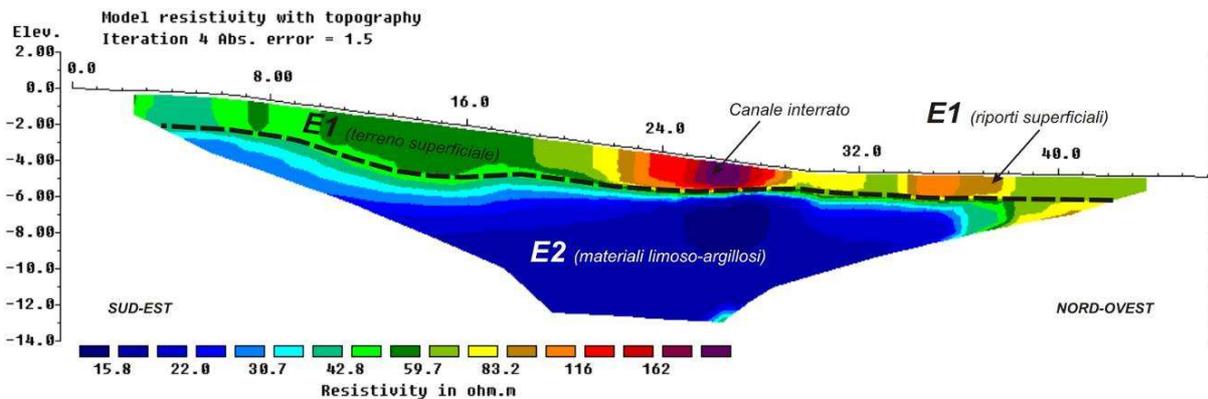


Modello di resistività reale

### ERT 3:

La sezione tomografica ERT3 ha direzione circa SE-NO con una lunghezza di 46 metri ed ha permesso di indagare i primi 10 metri circa di profondità.

Nella sezione tomografica ERT3 i risultati indicano la presenza di materiali con valori di resistività compresi tra 40-80  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  con profondità variabile tra 1-2.5 metri riferibili a materiali medio-grossolani di riporto e materiali eluvio-colluviali. All'interno di tale orizzonte superficiale è ben evidente l'anomalia ad elevata resistività posta tra le progressive 24 e 28 m circa, riferibile alla presenza del collettore idrico interrato. A profondità superiori i valori di resistività risultano sempre inferiori a 20  $\Omega\cdot\text{m}$  e sono riferibili a materiali fini limoso-argillosi bagnati.

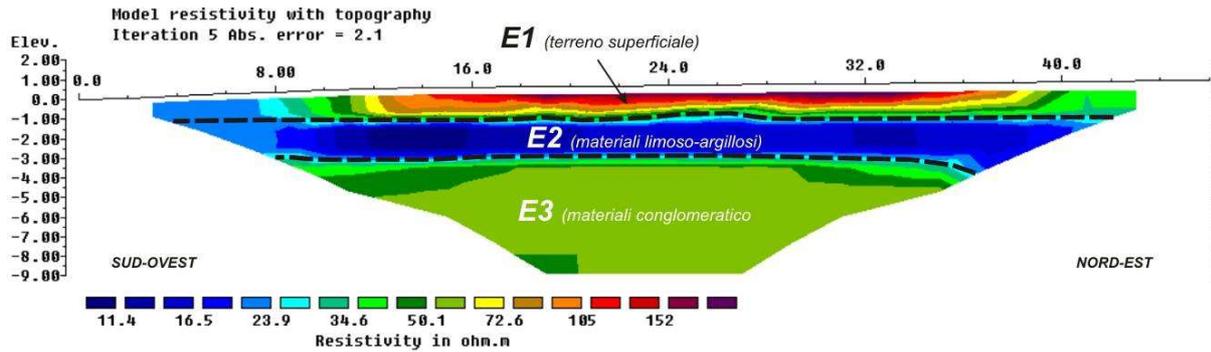


Modello di resistività reale

### ERT 4:

La sezione tomografica ERT4 ha direzione circa SO-NE con una lunghezza di 46 metri ed ha permesso di indagare i primi 10 metri circa di profondità.

Nella sezione tomografica ERT4 i risultati indicano la presenza di materiali con valori di resistività superiori a 70  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  fino a 1 metro di profondità riferibili a materiali medio-grossolani di riporto. Un secondo orizzonte è costituito da materiali aventi resistività inferiore a 20  $\Omega\cdot\text{m}$ , da 1 a 3 metri di profondità, riferibile a materiale limoso-argilloso. Infine, da 3 metri si hanno materiali con resistività costanti comprese tra 50-60  $\Omega\cdot\text{m}$ , e verosimilmente riferibili a materiali sabbiosi o conglomeratici (Formazione di Cassano Spinola).



Modello di resistività reale

### 8.3.) TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza le variazioni di velocità delle onde sismiche, le quali dipendono dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche dei materiali indagati. Il comportamento della propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni mantenendo invariata la geometria dei geofoni. Generalmente si usa una disposizione regolare e simmetrica dei geofoni e delle energizzazioni.

Per la presente indagine sono stati eseguiti sei profili tomografico-sismici (denominati RIFR\_1, RIFR\_2, RIFR\_3, RIFR\_4, RIFR\_5 e RIFR\_6), finalizzati alla determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle coperture e del substrato; gli stendimenti sono stati realizzati nell'area studiata (vedi planimetria prove allegata).

La correlazione con le informazioni puntuali ricavate dalle prove dirette consente una buona caratterizzazione stratigrafica dei terreni presenti nell'area di intervento.

La tabella seguente dettaglia le caratteristiche degli stendimenti eseguiti:

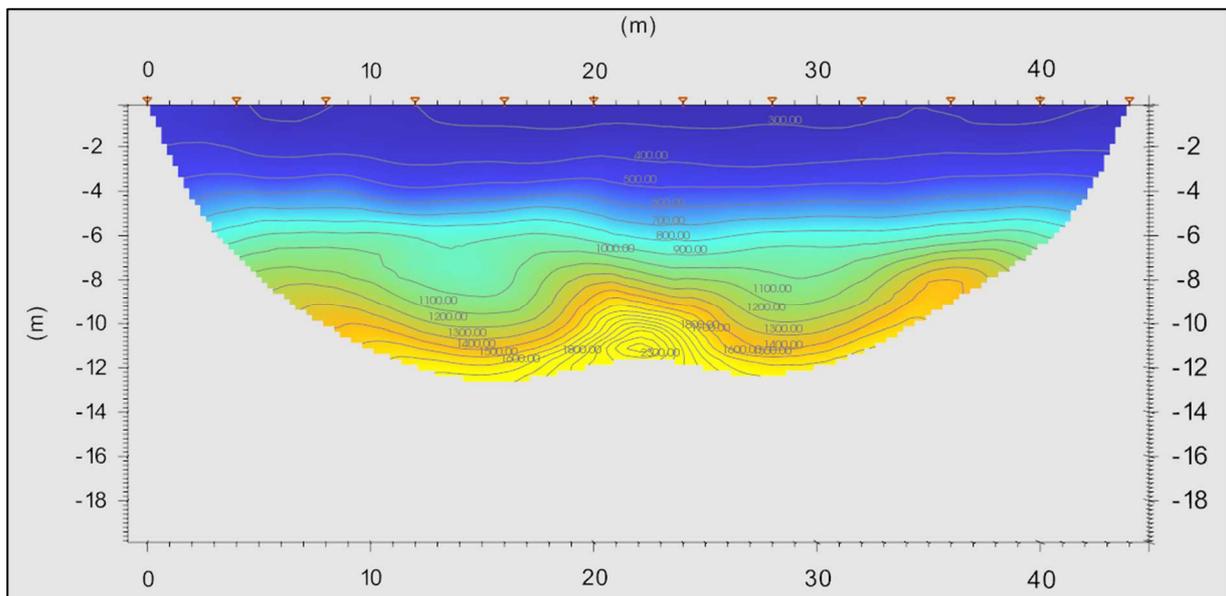
PROSPEZIONE TOMOGRAFICA SISMICA					
STESA	LUNGHEZZA MAX m	INTERDISTANZA GEOFONI m	GEOFONI N.	ENERGIZZAZIONI N.	PROFONDITA' INDAGATA m
RIFR1	44,0	4,0	12	5	≈ 11/13
RIFR2	44,0	4,0	12	5	≈ 14/16
RIFR3	33,0	3,0	12	5	≈ 6/8
RIFR4	44,0	4,0	12	5	≈ 9/11
RIFR5	44,0	4,0	12	5	≈ 13/15
RIFR6	55,0	5,0	12	5	≈ 12/14

L'interdistanza geofonica utilizzata nelle diverse stese con 12 canali, garantisce unitamente al raggiungimento di una adeguata profondità d'indagine anche un buon dettaglio risolutivo. L'interpretazione dei dati è stata effettuata con un software che consente di elaborare le registrazioni effettuate con la tecnica tomografica; il programma elabora un modello bidimensionale di velocità del sottosuolo che soddisfa i valori sperimentali acquisiti con le varie energizzazioni lungo lo stendimento, permettendo una ricostruzione graduale delle variazioni.

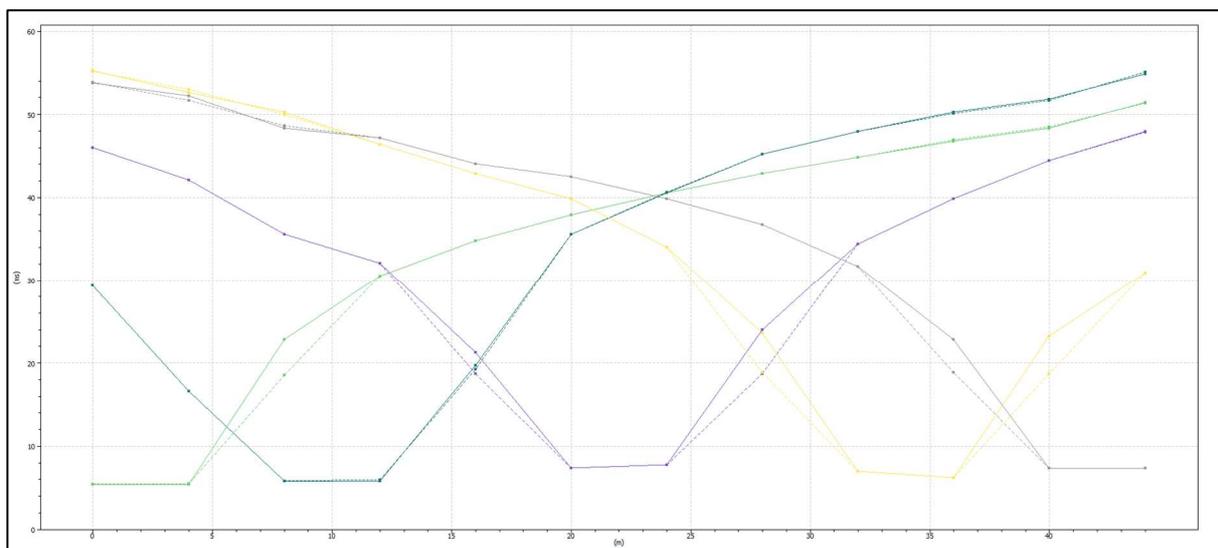
Di seguito vengono esposti i risultati ottenuti.

### RIFR\_1

Nella sezione è riconoscibile un primo strato corrispondente ai depositi alluvionali e di riporto che presenta uno spessore variabile tra 6 e 7 metri circa; il contatto depositi alluvionali-substrato argilloso-marnoso è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s.



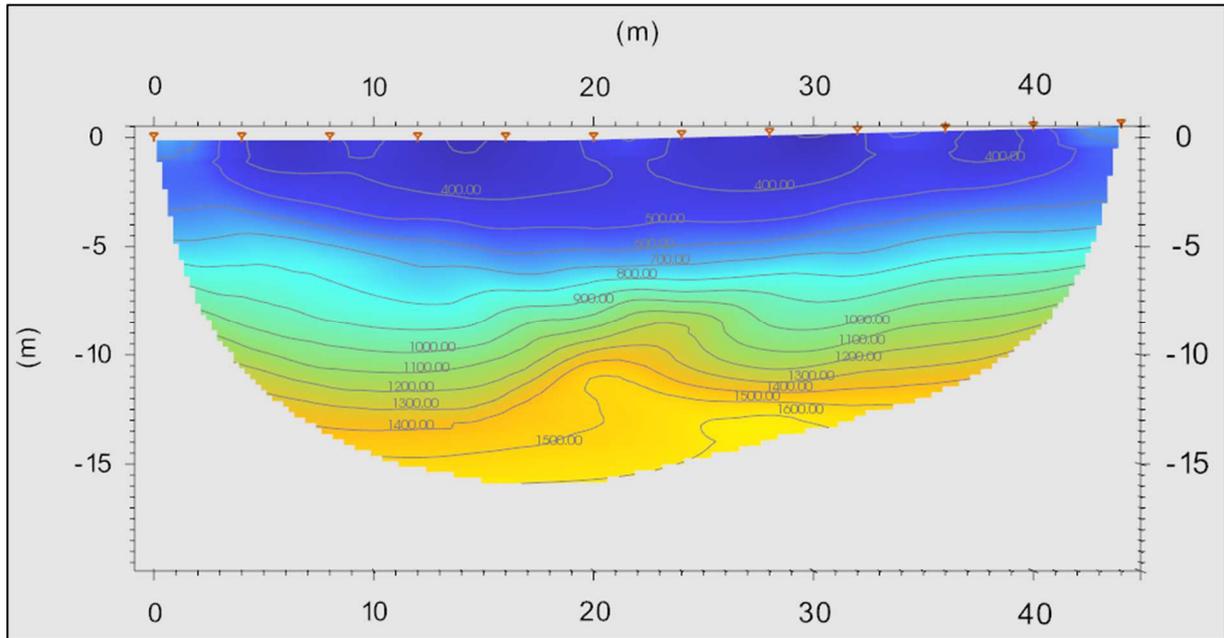
PROFILO - RIFR\_1



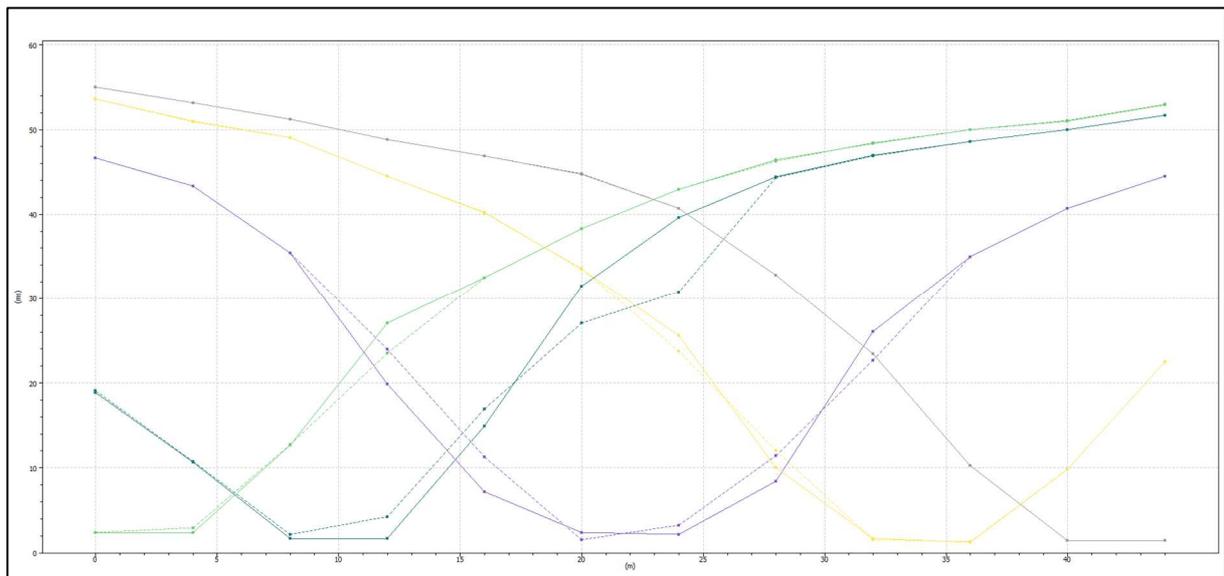
DROMOCRONE - RIFR\_1

**RIFR\_2**

Nella sezione è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale e depositi alluvionali che presenta uno spessore variabile tra 5 e 6 metri circa; il contatto coltre superficiale-substrato marnoso è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s. Il gradiente di velocità è, infatti, più elevato tra le isotache 800 e 1000 m/s, tali variazioni di velocità evidenziano un rapido passaggio dai depositi superficiali al substrato argilloso-marnoso.



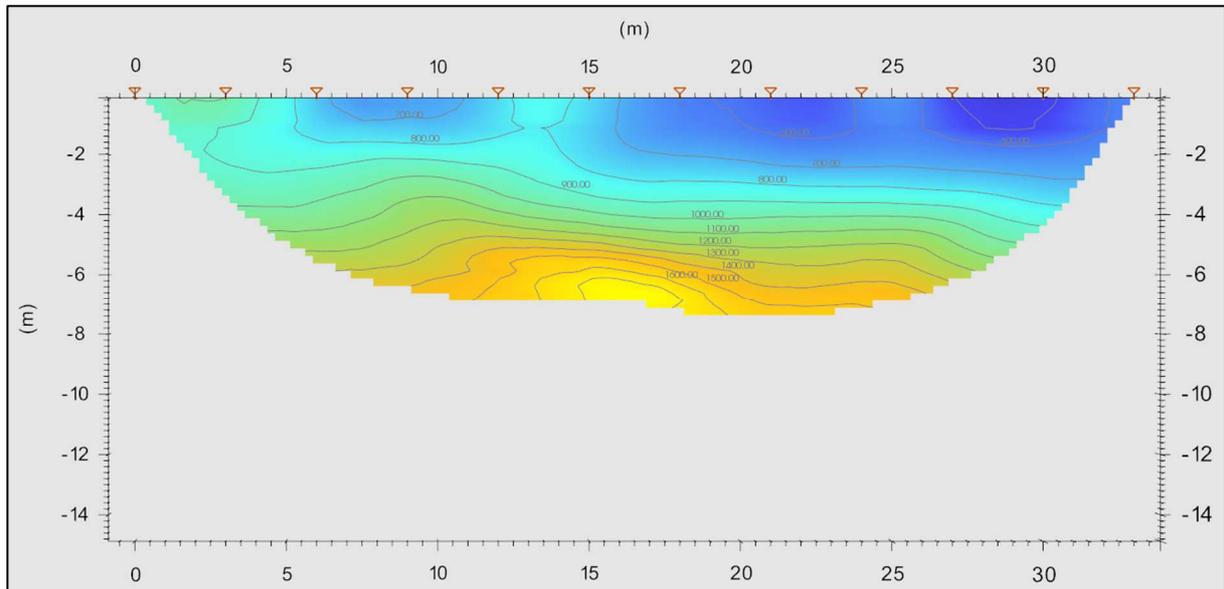
PROFILO – RIFR\_2



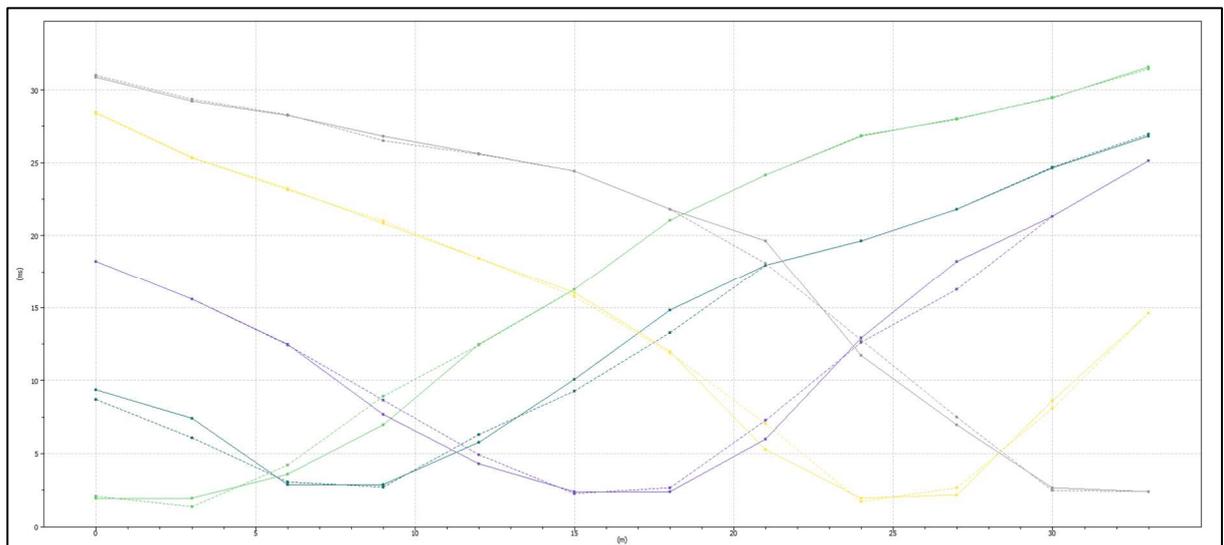
DROMOCRONE – RIFR\_2

### RIFR\_3

Nella sezione è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale e ai materiali di riporto che presenta uno spessore variabile tra 1 e 2 metri circa; il contatto coltre superficiale-substrato marnoso è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s. Le velocità elevate delle Vp ad inizio stesa (0-6 metri) sono dovute probabilmente a disturbi provocati da manufatti antropici.



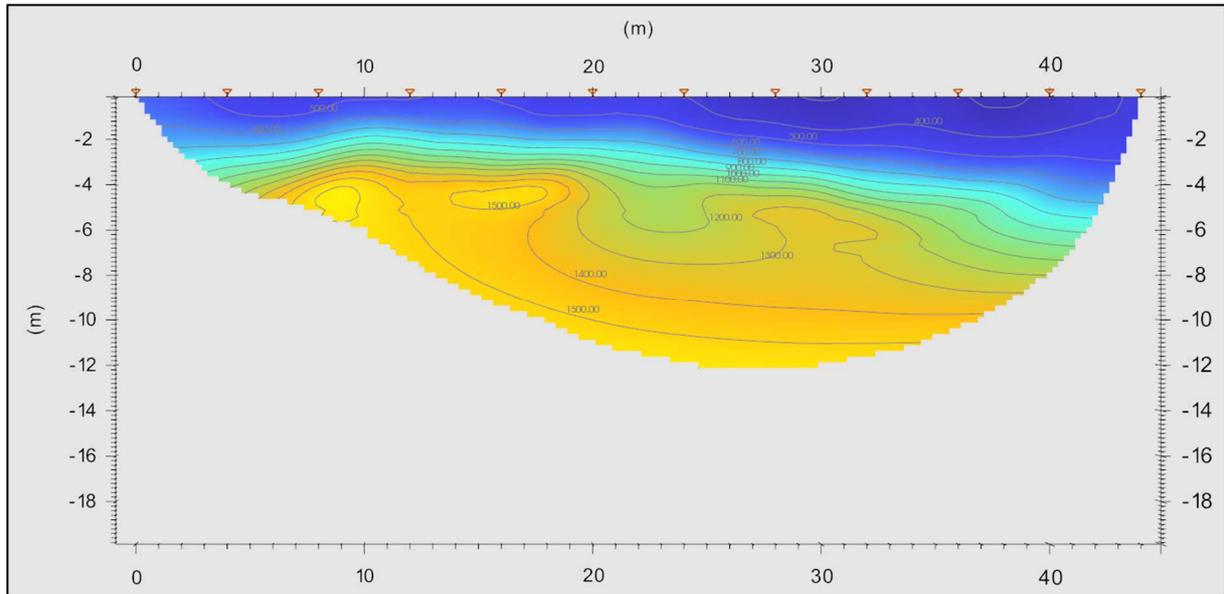
PROFILO – RIFR\_3



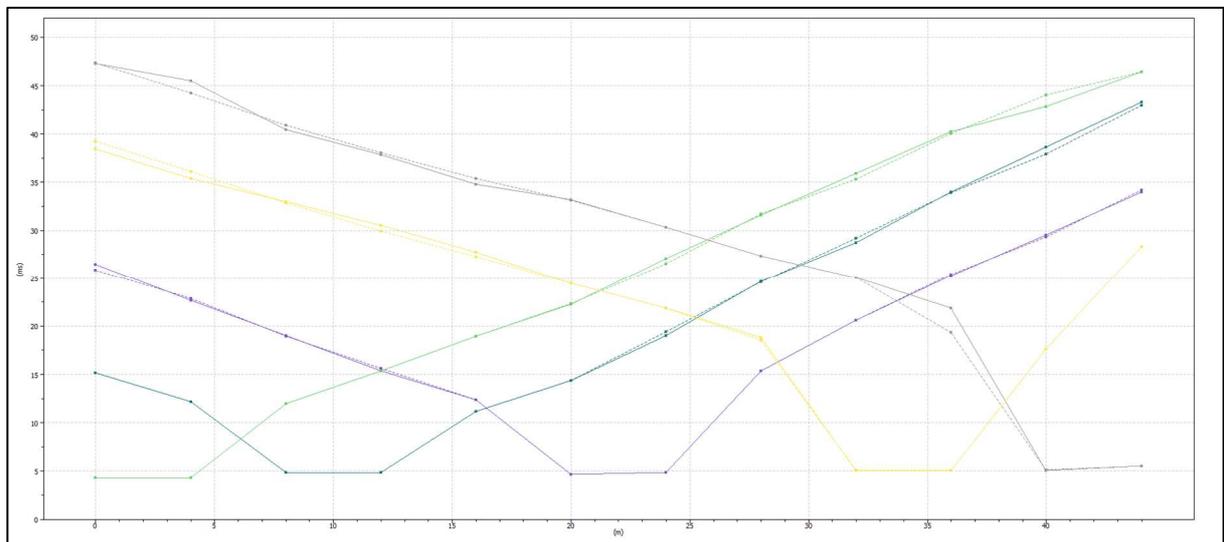
DROMOCRONE – RIFR\_3

### RIFR\_4

Nella sezione 4 è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale che presenta uno spessore variabile tra 2 e 5 metri circa; il contatto coltre superficiale-substrato marnoso è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s. Il gradiente di velocità è, infatti, più elevato tra le isotache 800 e 1000 m/s, tali variazioni di velocità evidenziano un rapido passaggio dai depositi superficiali al substrato argilloso-marnoso.



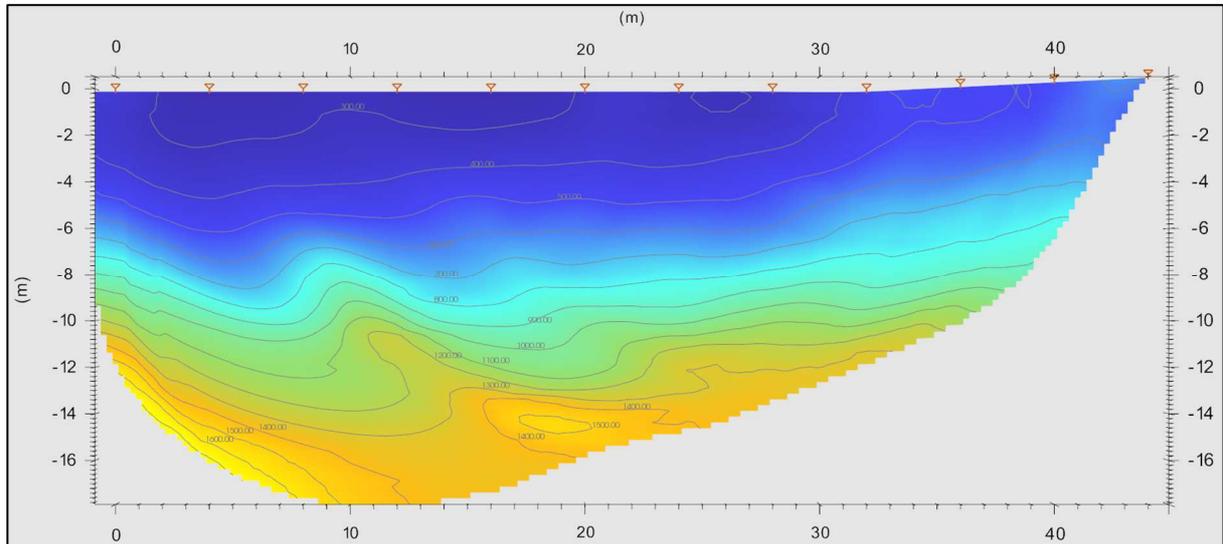
PROFILO – RIFR\_4



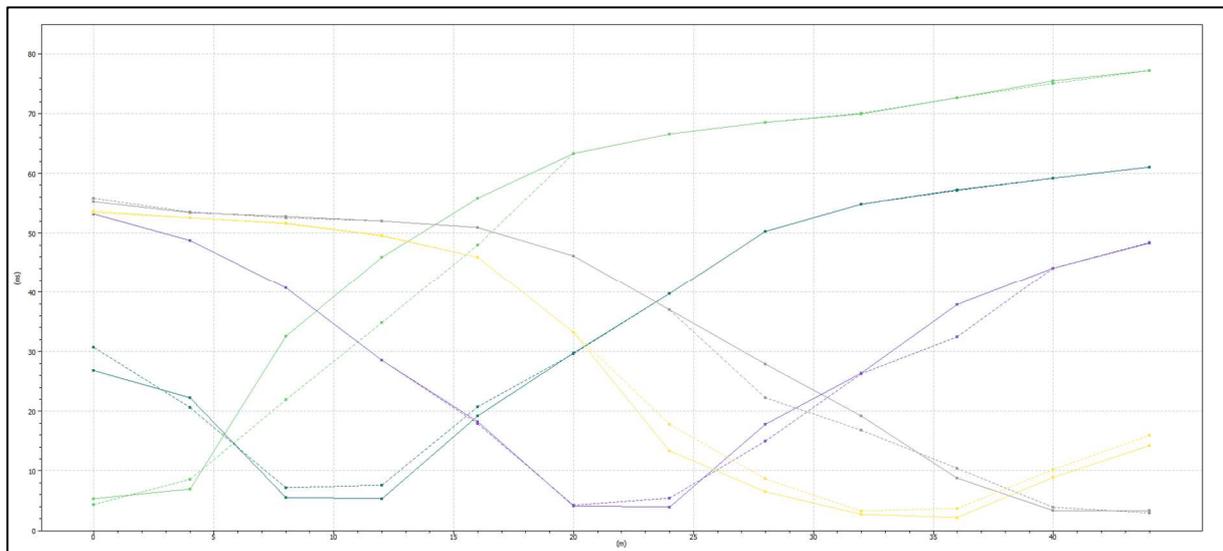
DROMOCRONE – RIFR\_4

### RIFR\_5

Analizzando la sezione 5 è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale e depositi alluvionali che presenta uno spessore variabile tra 6 e 8 metri circa; il contatto coltre superficiale-substrato marnoso è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s.



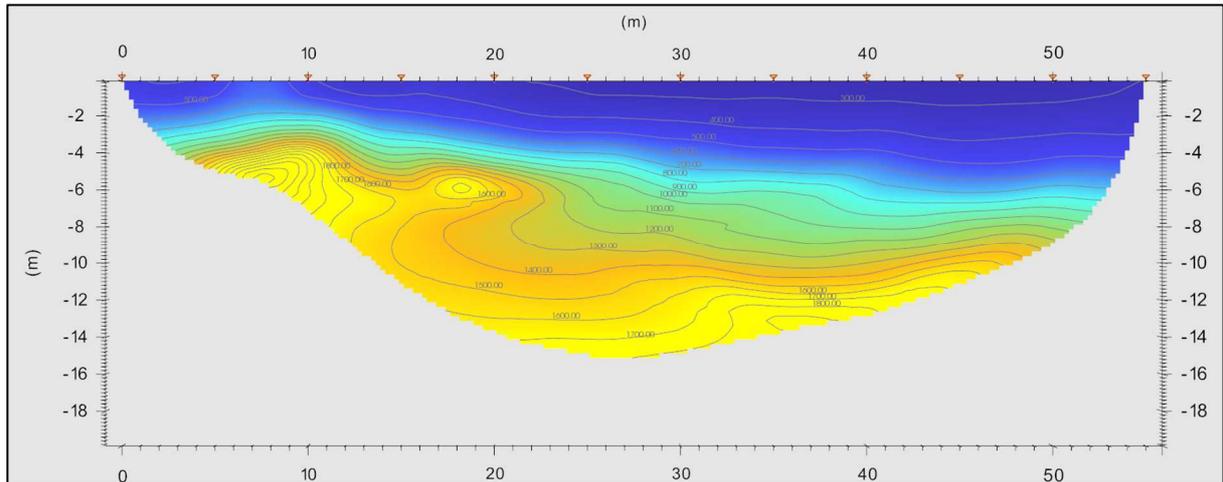
PROFILO – RIFR\_5



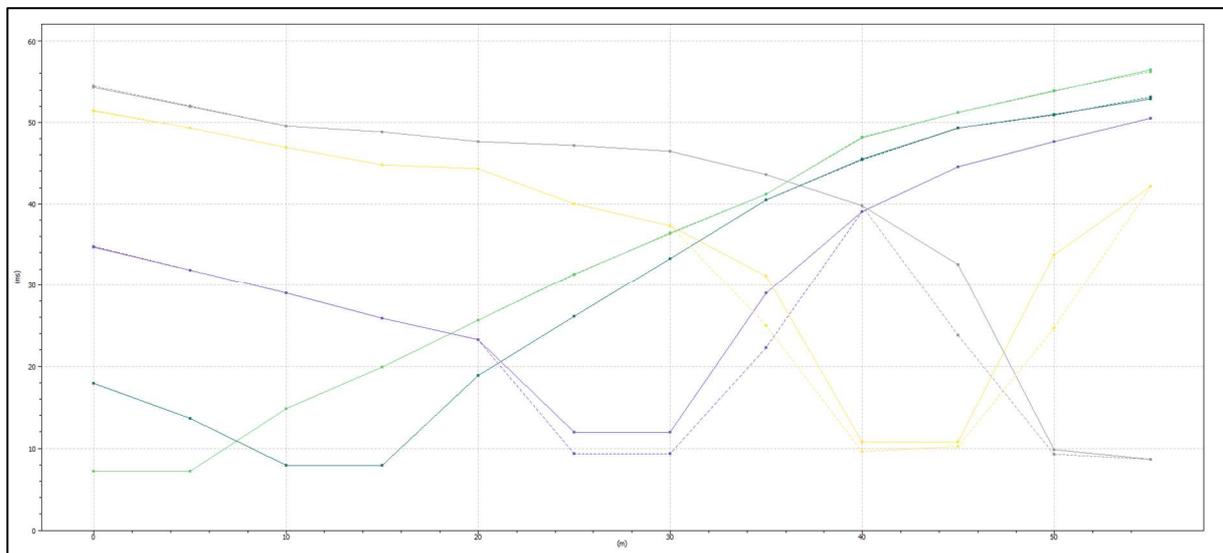
DROMOCRONE – RIFR\_5

**RIFR\_6**

Nella sezione è riconoscibile un primo strato corrispondente alla coltre superficiale e depositi alluvionali che presenta uno spessore variabile tra 2 e 6 metri circa; il contatto coltre superficiale-substrato è localizzabile tra le isotache Vp di 700-800 m/s. Il gradiente di velocità è, infatti, più elevato tra le isotache 800 e 1000 m/s, tali variazioni di velocità evidenziano un rapido passaggio dai depositi superficiali al substrato.



PROFILO – RIFR\_6



DROMOCRONE – RIFR\_6

#### **8.4.) SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO**

Sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità di 20.00 m rispetto al piano campagna.

Ubicazione e profondità sono state scelte al fine di ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area per un congruo spessore di terreno.

Per l'esecuzione dei carotaggi è stata utilizzata una perforatrice idraulica cingolata che ha consentito la realizzazione di una perforazione a carotaggio continuo del diametro  $\phi = 101$  mm con rivestimento di diametro  $\phi = 127$  mm.

I sondaggi eseguiti hanno interessato un primo orizzonte superficiale di terreno rimaneggiato e di riporto con spessore variabile da 1 a 2 metri circa caratterizzato da granulometrie eterogenee in matrice sabbioso-limosa, seguito dai depositi alluvionali e eluvio-colluviali aventi spessore variabile da 2 a 6 metri circa; seguiti dai depositi limoso-argillosi riscontrati fino a fondo foro.



I materiali estratti durante la perforazione sono stati opportunamente riposti in apposite cassette catalogatrici in PVC sulle quali sono riportate le profondità e la sigla del sondaggio.

In allegato si riporta la stratigrafia di ogni sondaggio eseguito con le informazioni relative a campioni prelevati e indagini in foro.

#### 8.4.1) PROVE PENETROMETRICHE SPT

Nel foro dei sondaggi geotecnici eseguiti sono state effettuate n. 10 prove SPT.

Queste prove consistono nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore che, penetrando nel terreno, consente di valutare la resistenza meccanica alla penetrazione (N colpi) e subordinatamente di prelevare piccoli campioni del terreno stesso.

La tabella esposta di seguito riassume i risultati delle prove SPT associate ai relativi sondaggi, dove  $Q_{SPT}$  indica la quota di esecuzione della prova e  $N_{SPT}$  indica la resistenza penetrometrica SPT.

<b>SONDAGGIO 1</b>		
<b>PROVA</b>	<b><math>Q_{SPT}</math> [m]</b>	<b><math>N_{SPT}</math> [colpi/piede]</b>
1	-3.00	3-5-7 (12)
2	-6.00	10-13-18 (31)
3	-9.00	12-15-18 (33)
4	-12.00	15-17-21 (38)
<b>SONDAGGIO 2</b>		
<b>Prova</b>	<b><math>Q_{SPT}</math> [m]</b>	<b><math>N_{SPT}</math> [colpi/piede]</b>
1	-3.00	1-3-4 (7)
2	-6.00	3-5-8 (13)
3	-9.00	5-8-11 (19)
4	-12.00	10-14-18 (32)
<b>SONDAGGIO 3</b>		
<b>PROVA</b>	<b><math>Q_{SPT}</math> [m]</b>	<b><math>N_{SPT}</math> [colpi/piede]</b>
1	-3.00	7-9-12 (21)
2	-9.00	47- RIF5cm

#### 8.4.2.) PROVE ESEGUITE IN LABORATORIO

Al fine ottenere un'adeguata caratterizzazione meccanica degli orizzonti individuati tramite le indagini sono state condotte una serie di prove di laboratorio su campioni, prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi geognostici.

In totale sono stati prelevati n° 8 campioni così come di seguito descritto:

<b>CAMPIONI TERRENO</b>			
Sondaggio	CAMPIONE	Intervallo (m p.c.)	Campionatore
S1	C1_S1	2.00-2.60	Shelby
S2	C1_S2	4.50-5.10	Shelby
S2	C2_S2	6.00-6.50	Shelby
S3	C1_S3	4.30-4.80	Shelby
S3	C2_S3	5.50-5.90	Shelby
S3	C3_S3	8.30-8.80	Shelby
S3	C4_S3	12.10-12.60	Shelby
S3	C5_S3	18.20-18.60	Shelby

Come riportato in tabella, per il prelievo dei terreni sciolti è stato utilizzato un campionatore a pareti sottili a pressione di tipo Shelby che, in materiali come quelli prelevati, consente di ottenere campioni indisturbati di elevata qualità.

Le prove eseguite sui campioni prelevati sono di seguito elencate con relativa specifica di riferimento:

- 1.) N.3 Analisi granulometrica con serie di setacci e con il metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n°230);
- 2.) N.3 Peso di volume ed umidità naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-2);
- 3.) N.3 Peso specifico dei grani (UNI CEN ISO/TS 17892-3);
- 4.) N.3 Determinazione dei Limiti di Atterberg (UNI EN ISO/TS 17892-12);
- 5.) N.2 Prove di taglio diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10);
- 6.) N.3 Prove di taglio triassiale consolidato non drenato (CIU) (UNI CEN ISO/TS 17892-9);
- 7.) N.4 prove di taglio triassiale non consolidato non drenato (UU) (UNI CEN ISO/TS 17892-8).

Vengono nella tabella seguente sintetizzati i risultati delle prove eseguite, mentre le schede dettagliate delle singole e i relativi certificati prove sono riportate in allegato.

	C1_S1	C1_S2	C2_S2	C1_S3	C2_S3	C3_S3	C4_S3	C5_S3
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.99	17.94	-	17.97	-	-	-	-
$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	13.02	14.61	-	14.89	-	-	-	-
w (%)	30.52	22.83	-	20.70	-	-	-	-
e	1.01	0.79	-	0.75	-	-	-	-
$\phi'$ (°)	29	30.9	-	27.1	-	-	-	-
c' (kPa)	5	0.5	-	13	-	-	-	-
Cu (kPa)	-	-	222	-	278	262	274	-
Ghiaia %	6.26	3.05	-	0.10	-	-	-	-
Sabbia %	<b>47.17</b>	<b>49.22</b>	-	13.76	-	-	-	-
Limo %	44.40	44.51	-	<b>75.41</b>	-	-	-	-
Argilla %	2.17	3.22	-	10.73	-	-	-	-
LL %	29.6	31.1	-	52.6	-	-	-	-
LP %	N.P.	N.P.	-	28	-	-	-	-
IP	N.P.	N.P.	-	24.6	-	-	-	-

Dai risultati delle analisi di laboratorio, che hanno compreso le prove elencate in precedenza, è emerso che i campioni sono classificabili come *sabbie limose* (C1\_S1 e C1\_S2) con una forte componente limosa e *limi sabbiosi* (C1\_S3) con una componente secondaria in argilla e ghiaia ad *alta plasticità* (secondo l'abaco di Casagrande), con un peso di volume naturale che varia tra 17 e 18 kN/m<sup>3</sup>.

Le prove di resistenza al taglio hanno riportato, come si può vedere dalla tabella riportata in precedenza, che i campioni

sono caratterizzati da angoli di attrito efficace compreso tra 27° e 31° mentre il dato riferito alla

**Dove:**

$\gamma$ : peso di volume naturale  
 $\gamma_d$ : peso di volume secco  
w: contenuto umidità naturale  
e: indice dei vuoti  
 $\phi'$ : angolo di attrito efficace  
c': coesione efficace  
Cu: coesione non drenata  
LL: Limite Liquido  
LP: Limite Plastico  
IP: Indice Plastico

coesione efficace è risultato estremamente variabile da campione a campione, infine per quanto riguarda il dato relativo alla coesione non drenata esso varia da un minimo di 222 ad un massimo di 278 kPa.0

#### **8.5.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH**

Le prove penetrometriche dinamiche sono state condotte mediante una strumentazione superpesante (DPSH) di produzione Pagani, di seguito si sintetizzano le caratteristiche principali delle strumentazioni utilizzate:

<i>Peso maglio:</i>	<i>63,5 kg</i>
<i>Altezza di caduta maglio:</i>	<i>75 cm</i>
<i>Lunghezza aste:</i>	<i>1,0 m</i>
<i>Peso aste:</i>	<i>6,4 kg</i>
<i>Area punta:</i>	<i>20 cmq</i>
<i>Angolo apertura punta:</i>	<i>90°</i>

Le prove consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto che cade da un'altezza costante. L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm misurando il numero di colpi ( $N_{20}$ ) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati. Pertanto, l'interpretazione dell'istogramma (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

#### **Descrizione delle prove dinamiche (DPSH 1-2-3-4-5-6)**

Le prove sono state posizionate in modo tale da ottenere una corretta ricostruzione stratigrafica e una adeguata comprensione delle caratteristiche dei materiali. La profondità raggiunta varia da 3.20 a 9.60 metri da piano campagna, interessando le litologie sabbioso-limose che caratterizzano l'area.

Durante l'esecuzione delle prove non si è rilevata la presenza di terreni saturi d'acqua.

La tabella esposta di seguito sintetizza le risultanze ottenute durante le prove.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH1</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 0,60 m	<b>R<sub>0</sub></b>	Terreno di riporto / rimaneggiato
0,60 m - 2,20 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
2,20 m - 3,20 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH2</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 0,40 m	<b>R<sub>0</sub></b>	Terreno di riporto / rimaneggiato
0,40 m - 6,80 m	<b>A<sub>0</sub></b>	Depositi alluvionali / eluvio-colluviali molto sciolti
6,80 m - 8,00 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
8,00 m - 8,60 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH3</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 8,40 m	<b>A<sub>0</sub></b>	Depositi alluvionali / eluvio-colluviali sciolti
8,40 m - 9,20 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
9,20 m - 9,60 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH4</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 5,00 m	<b>A<sub>0</sub></b>	Depositi alluvionali / eluvio-colluviali sciolti
5,00 m - 5,60 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
5,60 m - 6,00 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH5</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 0,40 m	<b>R<sub>0</sub></b>	Terreno di riporto / rimaneggiato
0,40 m - 6,00 m	<b>A<sub>0</sub></b>	Depositi alluvionali / eluvio-colluviali molto sciolti
6,00 m - 6,60 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
6,60 m - 7,00 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA <b>DPSH6</b>		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 1,00 m	<b>A<sub>0</sub></b>	Depositi alluvionali / eluvio-colluviali sciolti
1,00 m - 3,00 m	<b>A<sub>1</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi molto consistenti
3,00 m - 4,00 m (fine prova)	<b>A<sub>2</sub></b>	Limi argilloso-sabbiosi estremamente consistenti

### **Caratterizzazione litotecnica**

I valori di resistenza dinamica  $R_{PD}$  sono ricavati in funzione delle masse mobili e fisse del penetrometro e del numero medio di colpi  $N_{SPT}$  mediante la "formula degli Olandesi":

$$R_{PD} = M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M+P)] = M^2 \cdot H \cdot N_{SPT} / [A \cdot \delta \cdot (M+P)]$$

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standard Penetration Test), occorre applicare una correzione ai risultati delle prove DP, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

$$N_{SPT} = C_f N_{20}$$

dove è un parametro correttivo sulla base delle differenti modalità esecutive (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) indispensabile per rapportare il numero di colpi dell'SPT con quelli del dinamico continuo effettivamente utilizzato:

$$Cf = \frac{M_1 \cdot H_1 \cdot Pl_1 \cdot Ap_1}{M_2 \cdot H_2 \cdot Pl_2 \cdot Ap_2}$$

Il coefficiente di correlazione del penetrometro utilizzato è il seguente:

$$N_{SPT} = 1,47 N_{20}$$

I parametri geotecnici calcolabili per i terreni attraverso correlazioni dirette con il valore di  $N_{SPT}$  sono i seguenti:

- *angolo di resistenza al taglio*  $\phi$
- *densità relativa*  $Dr(\%)$

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio è stato ricavato con la relazione Shioi-Fukuni (1982):

$$\phi = \sqrt{15 N_{SPT}} + 15$$

La *densità relativa* può essere determinata in via qualitativa con Terzaghi & Peck (1948) ed in via quantitativa dalla correlazione di Gibbs & Holtz (1957):

$$Dr\% = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma + 0,7}}$$

dove  $\sigma$  è la pressione litostatica a metà strato.

Inoltre, per i terreni coesivi, i valori di  $N_{SPT}$  consentono una stima della coesione non drenata  $C_u$ . Per argille mediamente plastiche o argille sabbiose è possibile utilizzare la correlazione di Terzaghi & Peck:

$$C_u \text{ (kg/cmq)} = 0,067 * N_{SPT}$$

Nella tabella seguente vengono riassunti i valori medi di  $N_{SPT}$  riscontrati dalla prova penetrometrica dinamica.

ORIZZONTE	VALORI MEDI $N_{SPT}$
<b>R<sub>0</sub></b>	9,23
<b>A<sub>0</sub></b>	5,28
<b>A<sub>1</sub></b>	26,6
<b>A<sub>2</sub></b>	>50

## 9.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal raffronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento i dati delle prove eseguite ed i riscontri bibliografici è stato possibile ottenere una caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento.

### 9.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Facendo la premessa che la presente ricostruzione ha validità generale, e che puntualmente vi possono essere delle differenze rispetto al modello ipotizzato; l'assetto litostratigrafico locale può essere sintetizzato come segue:

- a) Orizzonte **R<sub>0</sub>** (*terreno rimaneggiato o di riporto*): orizzonte superficiale costituito da materiali eterogenei e sabbie limoso-argillose sciolti, con valori di  $N_{SPT}$  bassi e spessori che variano da 0,40 a 0,60 metri.
- b) Orizzonte **A<sub>0</sub>** (*depositi alluvionali o eluvio-colluviali*): orizzonte costituito da materiali eterogenei da sciolti a molto sciolti per uno spessore variabile da 6 a 8 metri.
- c) Orizzonte **A<sub>1</sub>** (*coltre d'alterazione*): orizzonte costituito da sabbie limoso-argillose e limi sabbioso-argillosi molto consistenti, caratterizzato da valori di  $N_{SPT}$  medi, con spessore variabile da 0,4 a 2 metri.
- d) Orizzonte **A<sub>2</sub>** (*substrato argilloso-marnoso*): orizzonte costituito da alternanze tra argille marnose e sabbie argillose; è stato rilevato fino alla fine dei sondaggi.

## 9.2.) PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dai risultati delle prove eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli orizzonti litostratigrafici descritti in precedenza.

### **ORIZZONTE GEOTECNICO R<sub>0</sub>**

peso di volume naturale                       $\gamma'$         =        18 kN/m<sup>3</sup>

### **ORIZZONTE GEOTECNICO A<sub>0</sub>**

angolo di attrito efficace                       $\phi'$         =        20-21° \*

coesione drenata                                       $c'$         =        2-3 kPa \*

coesione non drenata                               $C_u$        =        10-20 kPa

peso di volume naturale                       $\gamma'$         =        18 kN/m<sup>3</sup>

Densità relativa                                       $D_r$        =        10-20%

\* condizioni drenate

### **ORIZZONTE GEOTECNICO A<sub>1</sub>**

angolo di attrito efficace                       $\phi'$         =        24-25° \*

coesione drenata                                       $c'$         =        3-5 kPa \*

coesione non drenata                               $C_u$        =        30-40 kPa

peso di volume naturale                       $\gamma'$         =        20 kN/m<sup>3</sup>

Densità relativa                                       $D_r$        =        20-30%

\* condizioni drenate

### **ORIZZONTE GEOTECNICO A<sub>2</sub>**

angolo di attrito efficace                       $\phi'$         =        30-32° \*

coesione drenata                                       $c'$         =        5-8 kPa \*

coesione non drenata                               $C_u$        =        20-30 kPa

peso di volume naturale                       $\gamma'$         =        19 kN/m<sup>3</sup>

Densità relativa                                       $D_r$        =        30-40%

\* condizioni drenate

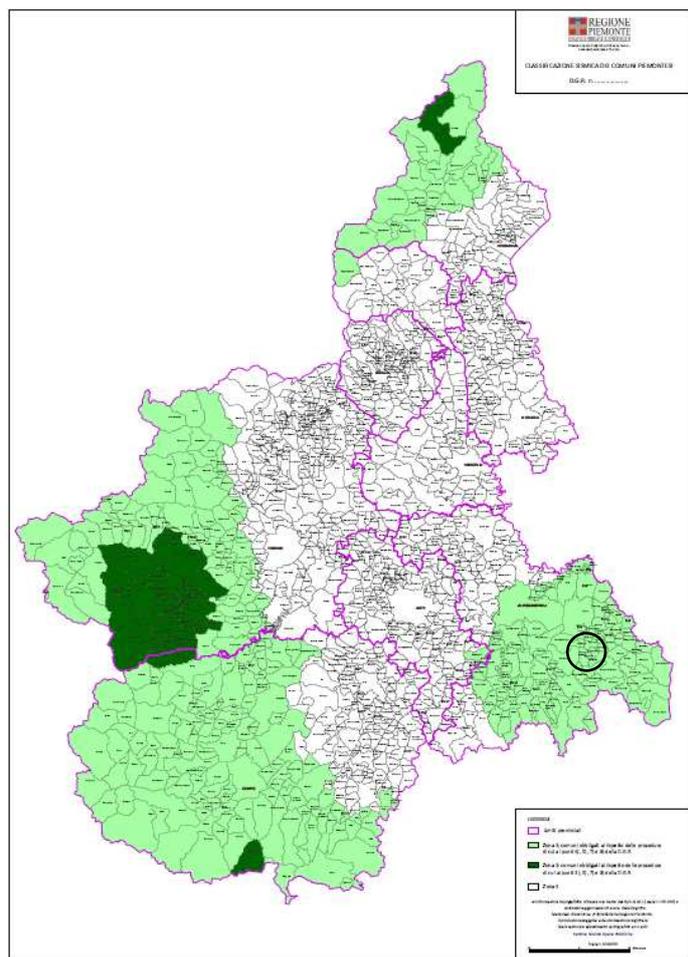
## 10.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo ( $a_g$ ) i fattori amplificativi degli spettri ( $F_0$ ) ed i periodi  $T_c^*$  relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza.

Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Cassano Spinola**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)", in **ZONA 3** (pericolosità bassa).

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.



### **Parametri per la determinazione dell'azione sismica**

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito ( $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ )

### **Determinazione della categoria di suolo di fondazione**

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio al di sopra del bedrock sismico ( $V_{seq}$ ); la parametrizzazione delle velocità caratteristiche di questi terreni è stata ottenuta dalle 4 prove MASW realizzate in sito. I valori riscontrati permettono di collocare il bedrock sismico a profondità inferiore ai 30 metri, pertanto la  $V_{seq}$  permette di collocare il sito di interesse in **Categoria di suolo B** ( $V_{seq}=407 - 479 - 517 - 567$  m/s).

estratto da tabella 3.2.II - NTC 18

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.</i>

### **Determinazione delle condizioni topografiche**

estratto da tabella 3.2. III - NTC 18

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$

### **Determinazione delle caratteristiche dell'opera**

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 18

<b>TIPI DI COSTRUZIONE</b>		<b>Valori minimi di <math>V_N</math> (in anni)</b>
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

### **Determinazione dei parametri sismici di sito**

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

periodo di riferimento della costruzione

$T_r$ : periodo di ritorno evento sismico

$a_g$ : accelerazione di riferimento del terreno

$F_o$ : fattore di amplificazione spettrale massima

$T_c^*$ : periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

### 10.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire e nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero. Di seguito si riportano le condizioni di esclusione dalla verifica di liquefazione così come indicate sulle NTC18.

#### 10.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in oggetto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (SLV) sono pari  $a_g = 0,092$  g quindi minori di 0,1 g, pertanto si esclude la condizione di liquefazione.

## **11.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

In base alle valutazioni precedentemente fatte riguardo i terreni in Comune di Cassano Spinola si possono trarre le seguenti conclusioni.

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire il modello geologico dei primi metri di terreno, questo è caratterizzato dalla presenza di una coltre superficiale e dai depositi alluvionali dalle caratteristiche piuttosto scadenti, al di sotto di questi materiali è presente un orizzonte costituito da materiali sabbioso limosi molto consistenti, i quali potrebbero rappresentare la parte superiore del substrato, che localmente si presenta in facies marnoso-sabbioso. Tramite l'esecuzione e relativa interpretazione di tomografie elettriche lungo il tracciato del rio tombinato, è stato possibile notare un'anomalia in corrispondenza dello stesso rio tombinato, con valori di resistività molto elevati causati dal disturbo nel manufatto e dal possibile disturbo dovuto alla messa in posa dell'intervento.

Geologicamente l'area è caratterizzata da una successione appartenente al Bacino terziario Piemontese, di età pliocenica, denominata Formazione dei Conglomerati di Cassano Spinola, localmente in facies sabbioso-argillosa, come riscontrato dalle indagini eseguite in loco. Ammantate sul substrato pliocenico vi è la presenza di una coltre alluvionale sabbioso-siltoso-argillosa riferibile al Fluviale Medio con spessori variabili tra 6 e 8 metri.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico non è presente una falda acquifera vera e propria ma si instaura un deflusso subcorticale, o comunque si verifica la saturazione dei materiali alla base della coltre di alterazione durante la stagione umida.

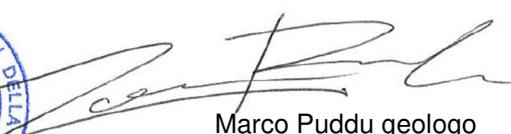
In conclusione si consiglia di agire all'interno dell'alveo del rio Garigliano, sia nella porzione di alveo intubata che in quella a cielo aperto, al fine di garantire la miglior ricezione di acque meteoriche ed il loro ottimale smaltimento anche durante eventi straordinari di piena. Dovrà inoltre essere assicurata un'attenta regimazione delle acque superficiali su tutto il bacino idrico del rio ed il loro corretto deflusso.

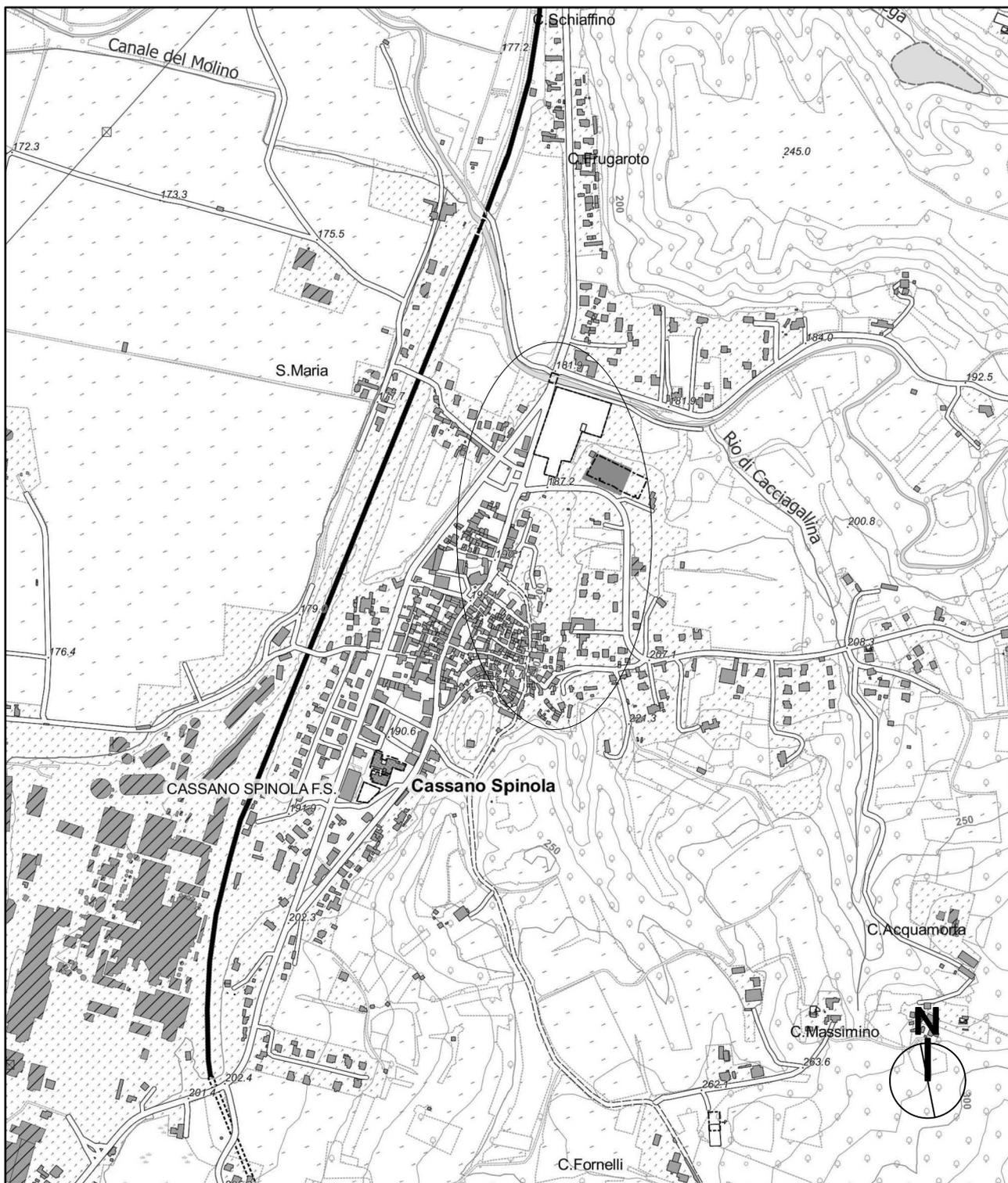
Per quanto concerne possibili interventi futuri si consiglia di apportare modifiche nella sezione del rio Predasso, facilitando il convogliamento delle acque in arrivo dal rio Garigliano all'interno dello stesso, soprattutto a seguito di eventi alluvionali straordinari.

Si consiglia inoltre una corretta regimazione delle acque superficiali a monte e lungo il rio tombinato, incanalandola in maniera ottimale.

Rossiglione, luglio 2021

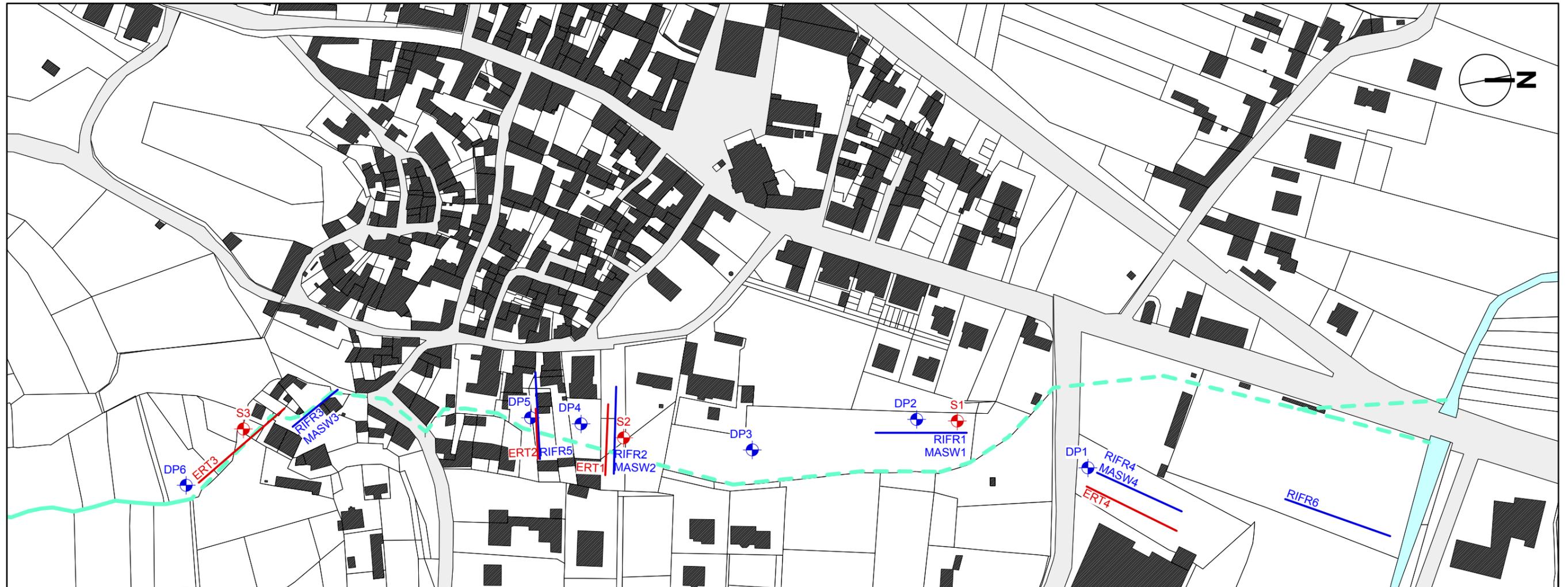


  
Marco Puddu geologo



Progetto: <b>RIASSETTO IDRAULICO RIO GARIGLIANO</b>	tavola: <b>01</b>
Committente: <b>COMUNE DI CASSANO SPINOLA</b>	vrs: 01
Località/Comune: <b>CASSANO SPINOLA (AL)</b>	data: <b>17.07.2021</b>
Elaborato: <b>COROGRAFIA_STRALCIO BDTRE 195030</b>	scala: <b>1:10.000</b>

Marco Puddu geologo - Rossiglione



**LEGENDA**

**ELEMENTI ANTROPICI E IDROLOGICI**

-  Edifici / Strade
-  Rio Predasso
-  Rio Garigliano scoperto / intubato

**INDAGINI IN SITO**

-  Prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH
-  Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
-  Indagini sismiche MASW e sismiche a rifrazione
-  Tomografie elettriche

Progetto: <b>RIASSETTO IDRAULICO RIO GARIGLIANO</b>	tavola: <b>02</b>
Committente: <b>COMUNE DI CASSANO SPINOLA</b>	vrs: 01
Località/Comune: <b>CASSANO SPINOLA (AL)</b>	data: <b>19.07.2021</b>
Elaborato: <b>PLANIMETRIA CATASTALE CON UBICAZIONE INDAGINI</b>	scala: <b>1:2.000</b>

Committente Comune di Cassano Spinola

Località Cassano Spinola (AL)

Ditta esecutrice EuroGeo srl

Profondità sondaggio 20,00 m

Metodo perf. carotaggio continuo

Diametro perf. 101 mm

Data inizio 20.05.2021 Data fine 20.05.2021

Sondaggio

**S1**

Foglio

1/1

Il geologo  
Marco Puddu

Scala grafica (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione (indicazione delle profondità in metri)	Spessori (m)	Profondità SPT valori	Rivestimento (m)	Cassetta n°
1,0	2,00		(0,00-2,00) Terreno superficiale ghiaioso di colore marrone scuro, poca matrice fino ad un metro, in aumento fino a 2,00 m. Presenza di ciottoli con diametro medio di circa 4 cm.	2,00	SPT1 3,00 m	indisturbato 2,00 2,20 2,60	1
2,0			(2,00-4,80) Sabbie limose con clasti centimetrici di colore marrone chiaro, poco addensate.	2,80			
3,0	4,80		(4,80-6,70) Sabbia ghiaiosa di colore marrone chiaro, presenza di clasti eterometrici fino a 3/4 cm, livello maggiormente sabbioso tra 5,40 e 5,70 m.	1,90	SPT2 6,00 m	10 13 18	2
4,0			(6,70-7,90) Sabbie a tratti limo-argillose poco addensate (addensate nei tratti argillosi), di colore beige e grigio.	1,20			
5,0	9,90		(7,90-9,90) Argilla limoso-sabbiosa, da consistente a molto consistente di colore grigio scuro, aumento della frazione sabbiosa con la profondità.	2,00	SPT3 9,00 m	12 15 18	3
6,0			(9,90-11,50) Sabbie sciolte color beige scuro, assenza di ciottoli.	1,60			
7,0	20,00		(11,50-20,00) Sabbie limose di colore grigio scuro, presenza di livelli sabbioso-argillosi compatti (11,50-13,00; 15,60-15,80; 17,20-17,60) e presenza di livelli con clasti di piccole dimensioni, di diametro massimo di 0,2 cm.	8,50	SPT4 12,00 m	15 17 21	4
8,0							
9,0							
10,0							
11,0							
12,0							
13,0							
14,0							
15,0							
16,0							
17,0							
18,0							
19,0							
20,0							

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO 1



*Postazione sondaggio n°1*



**Sondaggio 1**  
*Cassetta 1 (0.00 – 5.00 m)*



**Sondaggio 1**  
Cassetta 2 (5.00 – 10.00 m)



**Sondaggio 1**  
Cassetta 3 (10.00 – 15.00 m)



**Sondaggio 1**  
Cassetta 4 (15.00 – 20.00 m)

Committente Comune di Cassano Spinola

Località Cassano Spinola (AL)

Ditta esecutrice EuroGeo srl

Profondità sondaggio 20,00 m

Metodo perf. carotaggio continuo

Diametro perf. 101 mm

Data inizio 21.05.2021 Data fine 21.05.2021

Sondaggio

**S2**

Foglio

1/1

Il geologo  
Marco Puddu

Scala grafica (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione (indicazione delle profondità in metri)	Spessori (m)	Profondità SPT valori	Rivestimento (m)	Cassetta n°
1,0			(0,00-2,60) Riporti superficiali composti da ghiaia sabbiosa con resti di laterizi, livello argilloso tra 2,00 e 2,60 metri.	2,60			1
2,0	2,60		(2,60-3,40) Sabbia limosa di colore bruno, presenza di clasti di dimensioni fino a 0,5/0,7 cm.	0,80	SPT1 3,00 m	1 3 4	
3,0	3,40		(3,40-8,00) Sabbia limosa e limo sabbioso color marrone chiaro, rara presenza di clasti spigolosi subcentimetrici. Componente argillosa in aumento tra 5,20 e 5,70 metri e tra 6,90 e 7,50 metri.	4,60	SPT2 6,00 m	3 5 8 indisturbato 4,50 5,10 indisturbato 6,00 6,50	2
4,0							
5,0							
6,0							
7,0							
8,0	8,00		(8,00-9,00) Sabbia limosa color grigio scuro molato addensata, presenza di livelli centimetrici di colore beige.	1,00	SPT3 9,00 m	5 8 11	3
9,0	9,00		(9,00-11,20) Sabbia poco addensata color beige con livelli più limosi (9,70-9,90; 10,10-10,20; 10,80-10,90). Orizzonti centimetrici argilloso-sabbiosi di colore grigio.	2,20			
10,0							
11,0	11,20		(11,20-17,10) Sabbia limosa di colore grigio scuro addensata, presenza di rari clasti subcentimetrici.	5,90	SPT4 12,00 m	10 14 18	4
12,0							
13,0							
14,0							
15,0							
16,0							
17,0	17,10		(17,10-20,00) Limo sabbioso color grigio scuro molto compatto.	2,90			
18,0							
19,0							
20,0	20,00						

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO 2



*Postazione sondaggio n°2*



**Sondaggio 2**  
Cassetta 1 (0.00 – 5.00 m)



**Sondaggio 2**  
Cassetta 2 (5.00 – 10.00 m)



**Sondaggio 2**  
Cassetta 3 (10.00 – 15.00 m)



**Sondaggio 2**  
Cassetta 4 (15.00 – 20.00 m)

Committente Comune di Cassano Spinola

Località Cassano Spinola (AL) Metodo perf. carotaggio continuo

Ditta esecutrice EuroGeo srl Diametro perf. 101 mm

Profondità sondaggio 20,00 m Data inizio 25.05.2021 Data fine 26.05.2021

Sondaggio **S3** Foglio 1/1

Il geologo  
Marco Puddu

Scala grafica (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione (indicazione delle profondità in metri)	Spessori (m)	Profondità SPT valori	Rivestimento (m)	Cassetta n°	
1,0	2,90		(0,00-2,90) Sabbie argilloso-limose color marrone scuro. Elementi antropici fino a 0,70 metri. Presenza di clasti eterometrici, diametro medio di circa 4 cm, componente sabbiosa in aumento con la profondità.	2,90	SPT1 3,00 m	7 9 12	1	
2,0								
3,0								
4,0	20,00		(2,90-20,00) Limi sabbiosi e sabbie limose color grigio scuro, da compatte a molto compatte. Presenza sparsa di clasti marnosi spigolosi, con diametro massimo di 2/3 cm. Graduale passaggio da limo sabbioso a marna con componente sabbiosa estremamente consistente fino a fine sondaggio.	17,10	SPT2 6,00 m	47 R	indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato indisturbato	2 3 4
5,0								
6,0								
7,0								
8,0								
9,0								
10,0								
11,0								
12,0								
13,0								
14,0								
15,0								
16,0								
17,0								
18,0								
19,0								
20,0								

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO 3



*Postazione sondaggio n°3*



**Sondaggio 3**  
Cassetta 1 (0.00 – 5.00 m)



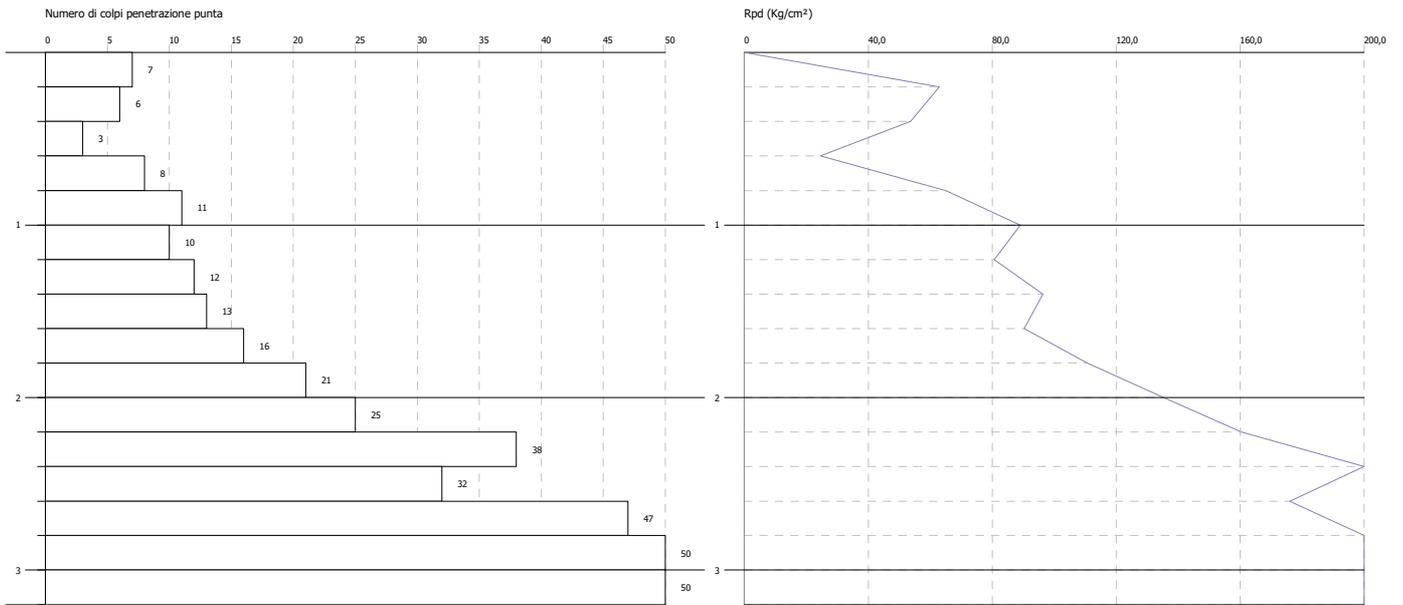
**Sondaggio 3**  
Cassetta 2 (5.00 – 10.00 m)

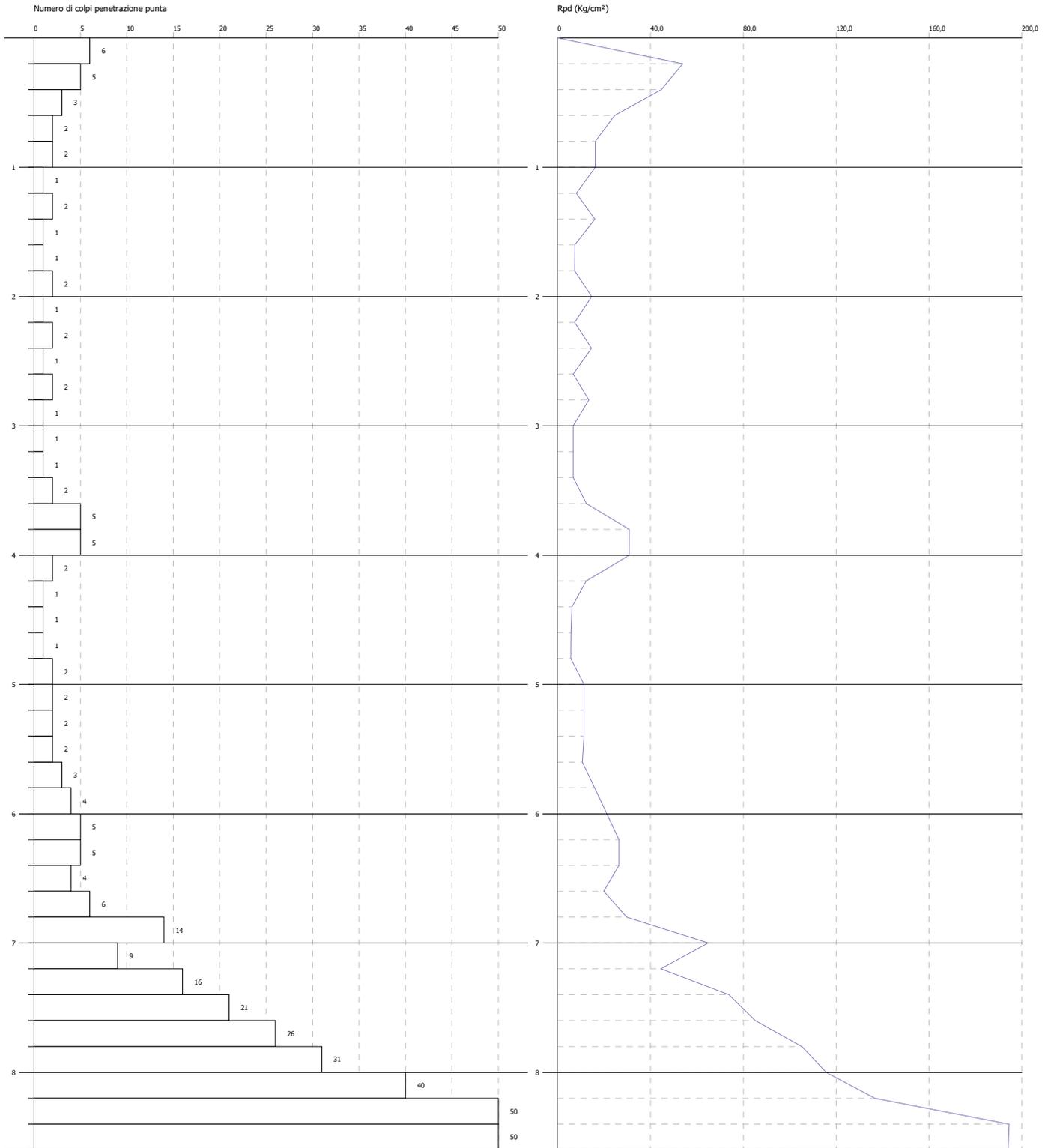


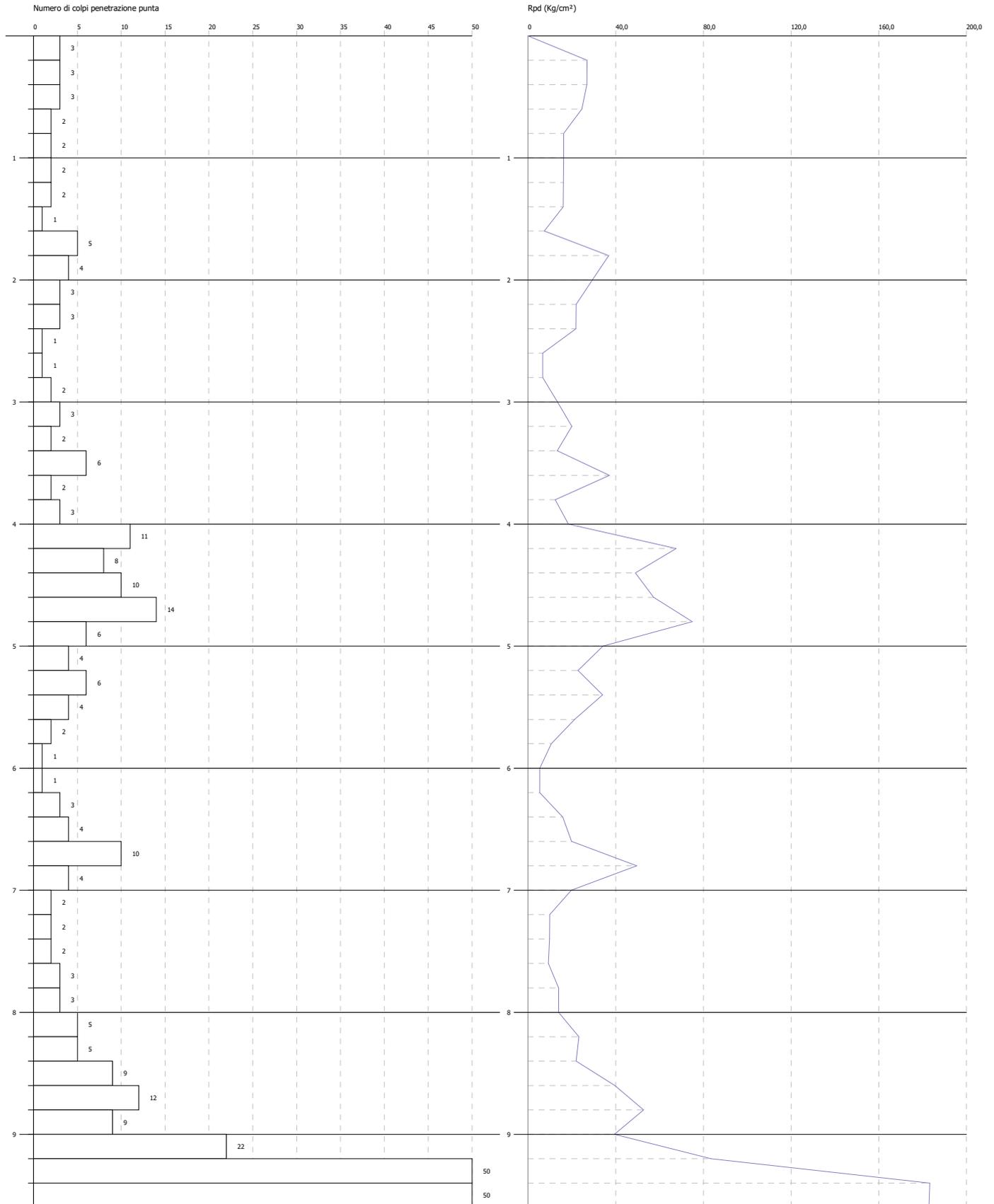
**Sondaggio 3**  
Cassetta 3 (10.00 – 15.00 m)

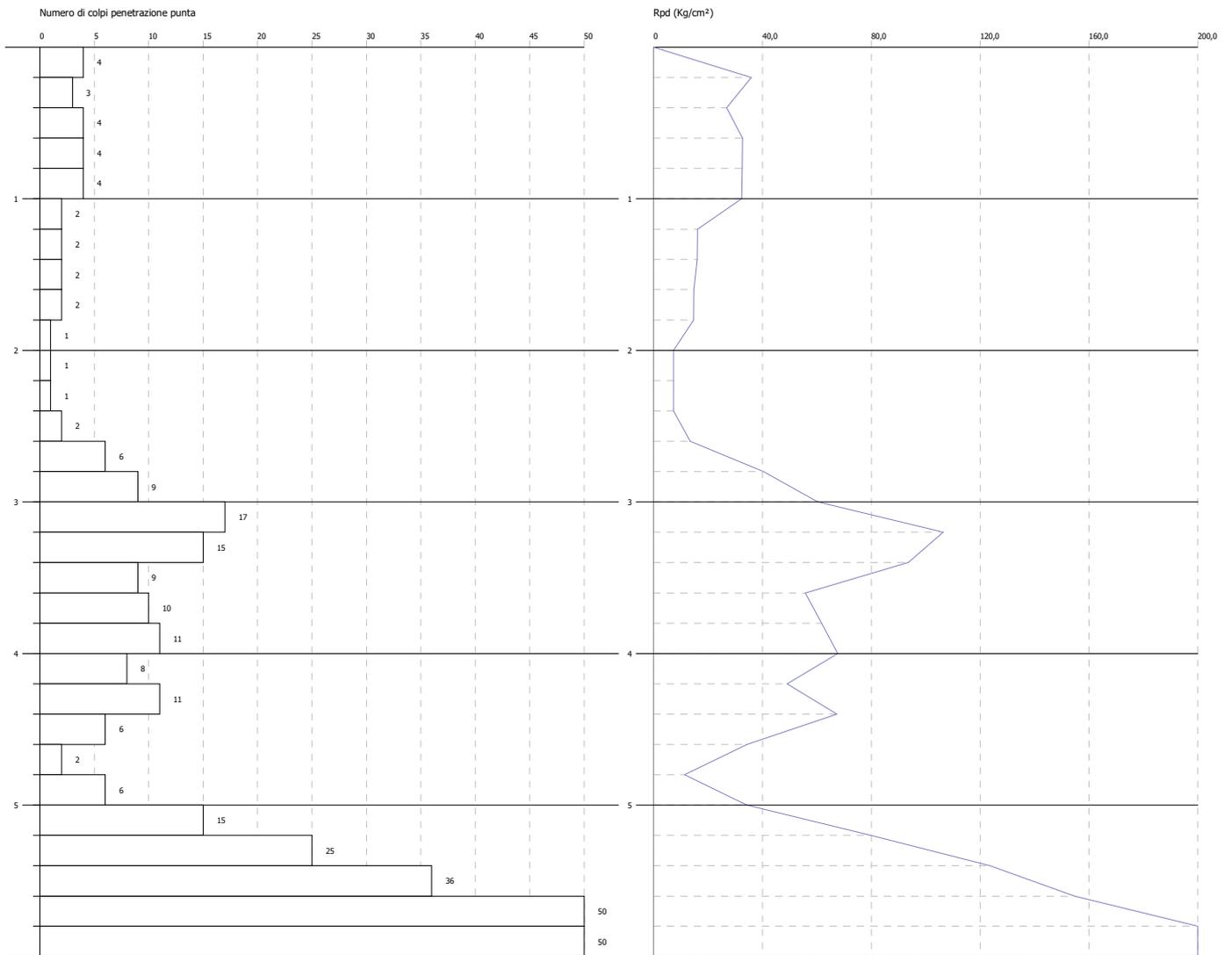


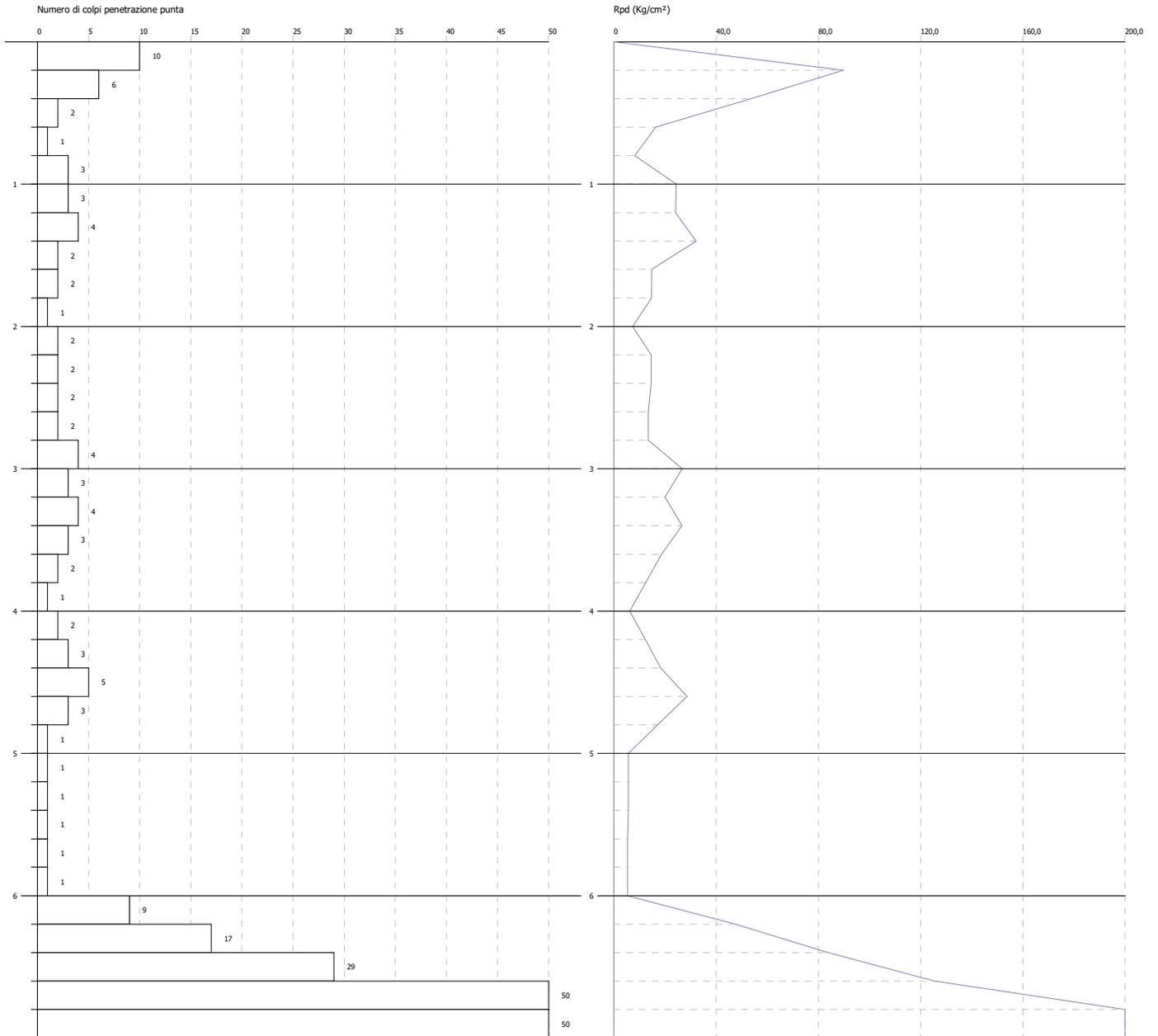
**Sondaggio 3**  
Cassetta 4 (15.00 – 20.00 m)

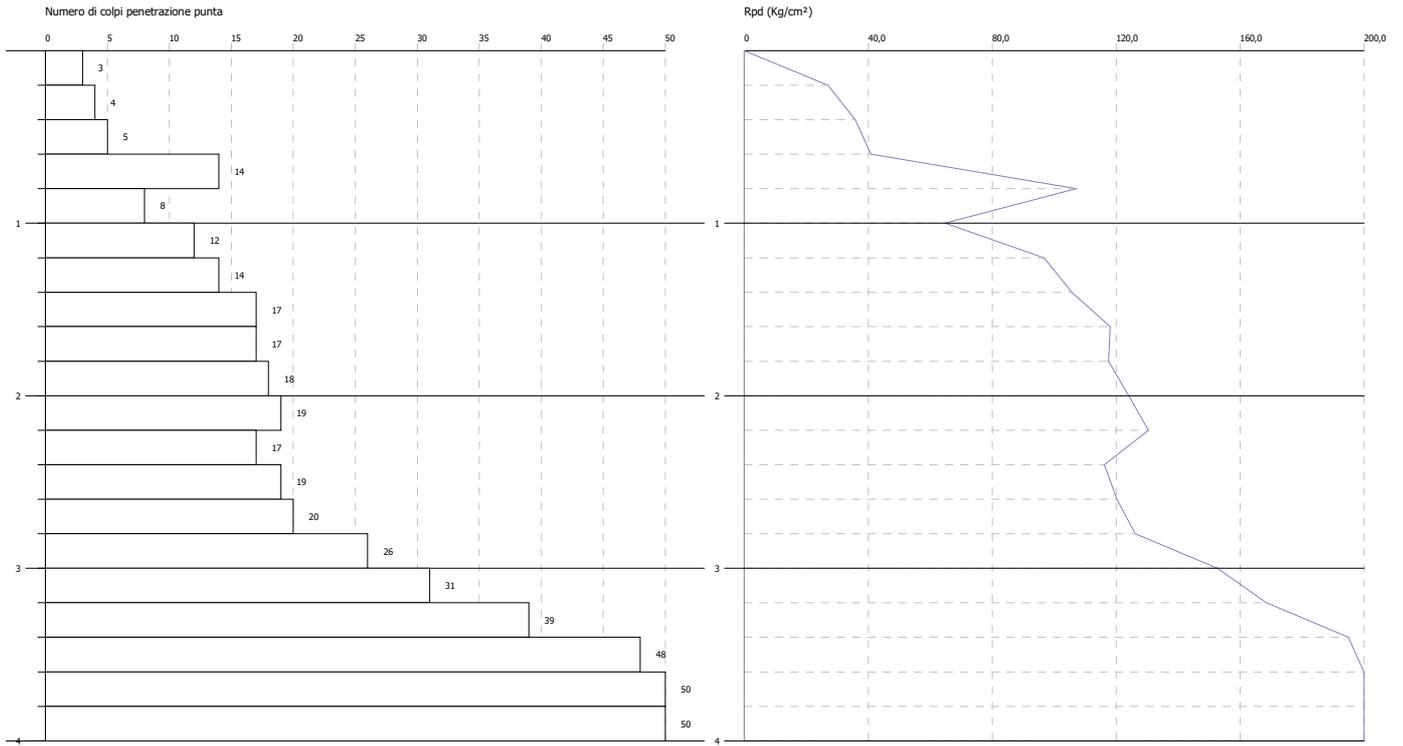












# Risultati delle analisi MASW\_1

Autore: Marco Puddu geologo  
Sito: Cassano Spinola (AL)  
Data: 01/07/2021

Redatto da MASW  
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	2m
Numero di campioni temporali .....	2000
Passo temporale di acquisizione .....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

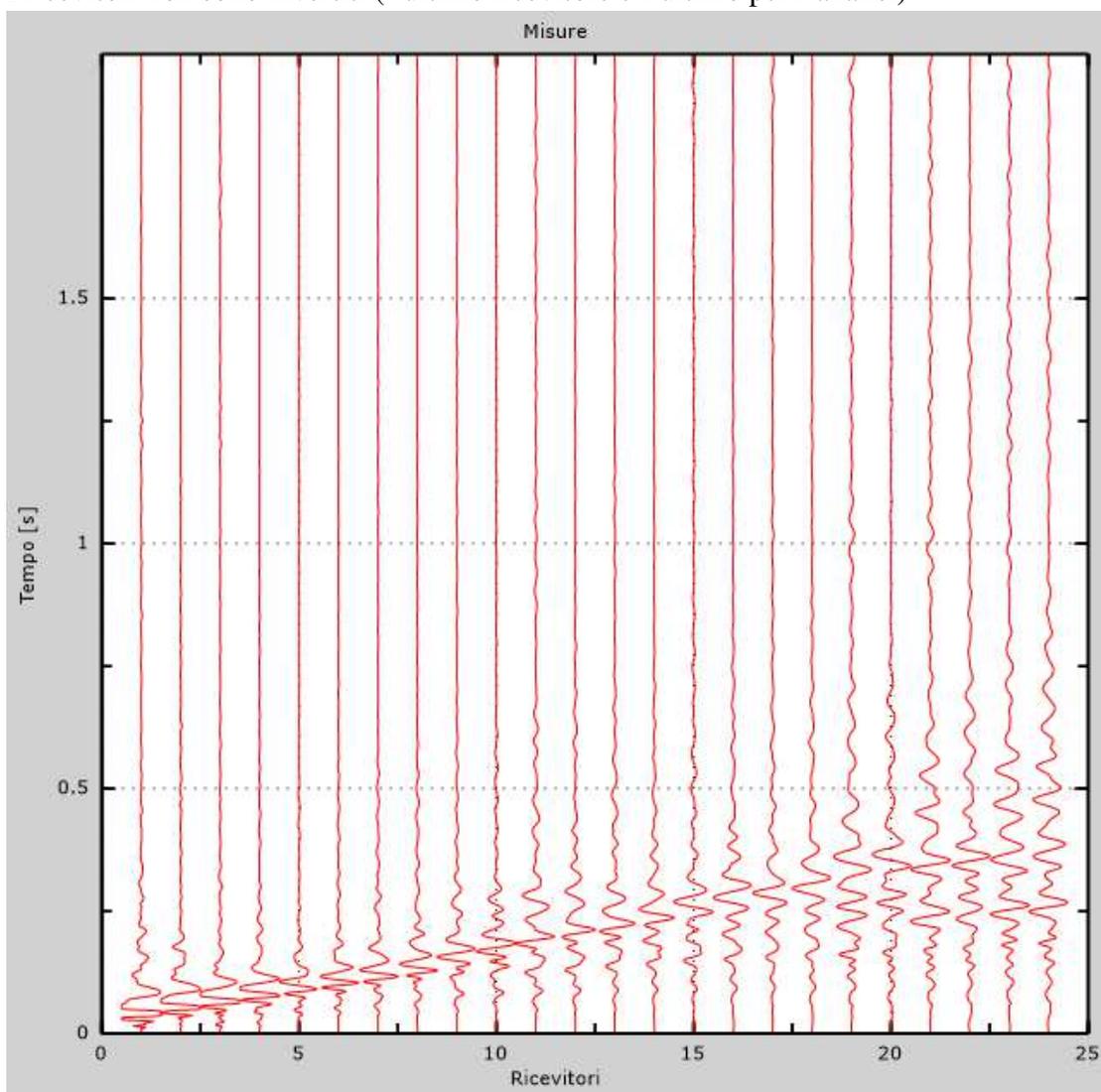


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

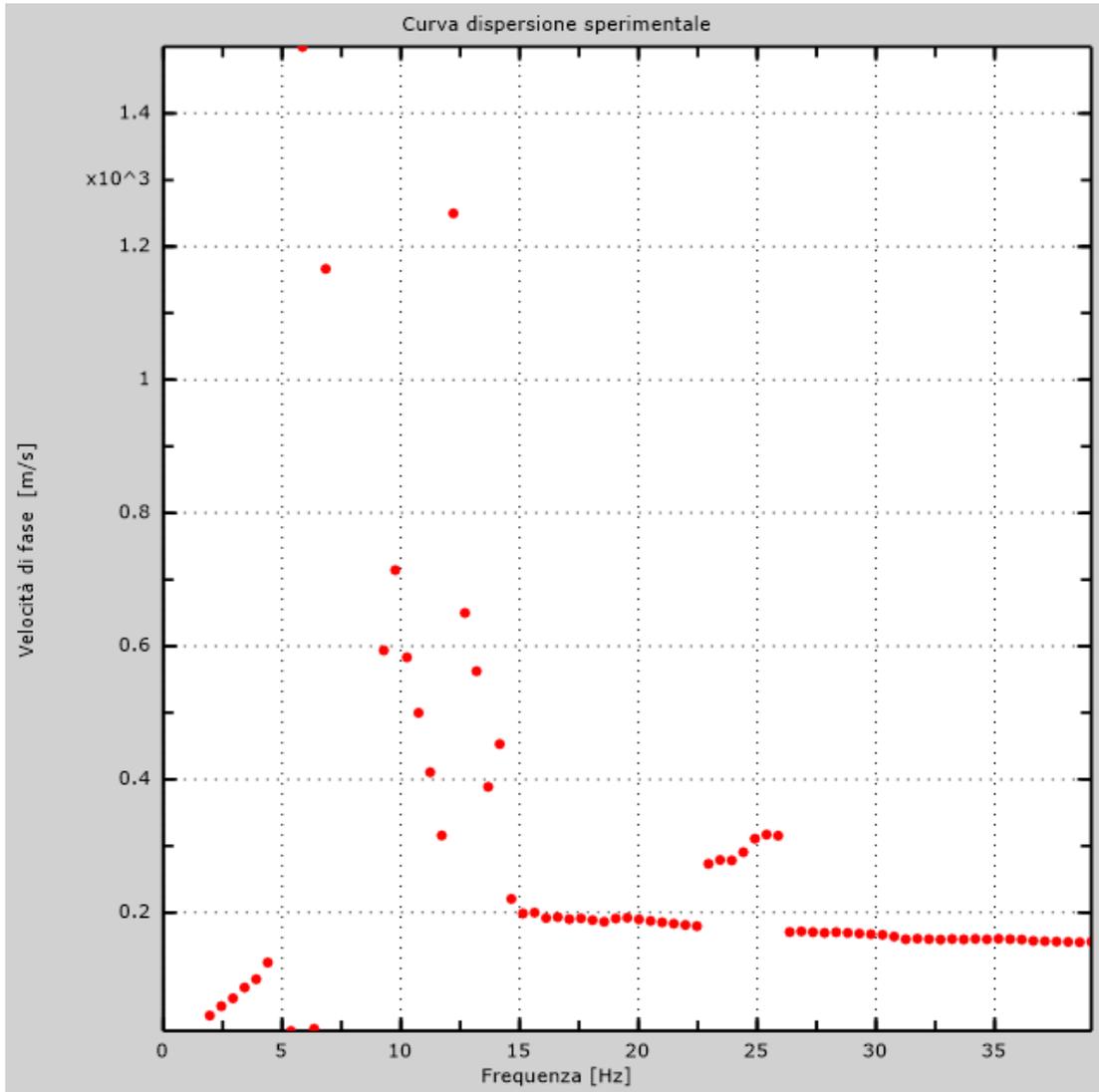


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12  
Numero di campioni temporali ..... 3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 119998ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

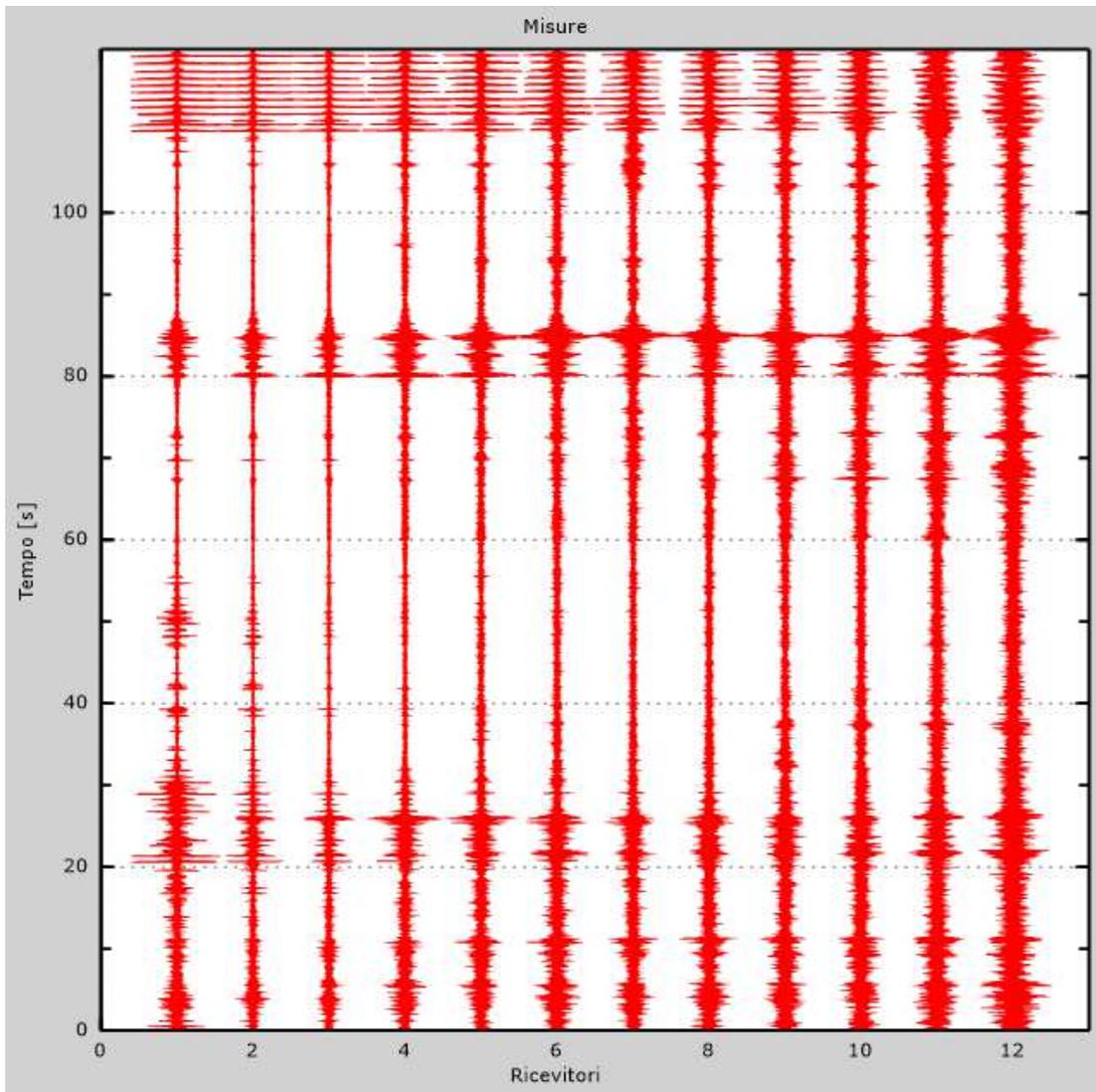


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

<b>Freq. [Hz]</b>	<b>V. fase [m/s]</b>	<b>V. fase min [m/s]</b>	<b>V. fase Max [m/s]</b>
10.952	419.103	367.545	470.66
14.5895	226.239	188.048	264.43
15.7227	198.372	178.535	218.209
19.165	191.459	172.313	210.605
22.6074	207.758	186.982	228.534
26.1875	174.681	138.4	210.962
29.4922	168.157	151.341	184.972
32.9346	159.908	143.917	175.899
36.377	158.523	142.671	174.375

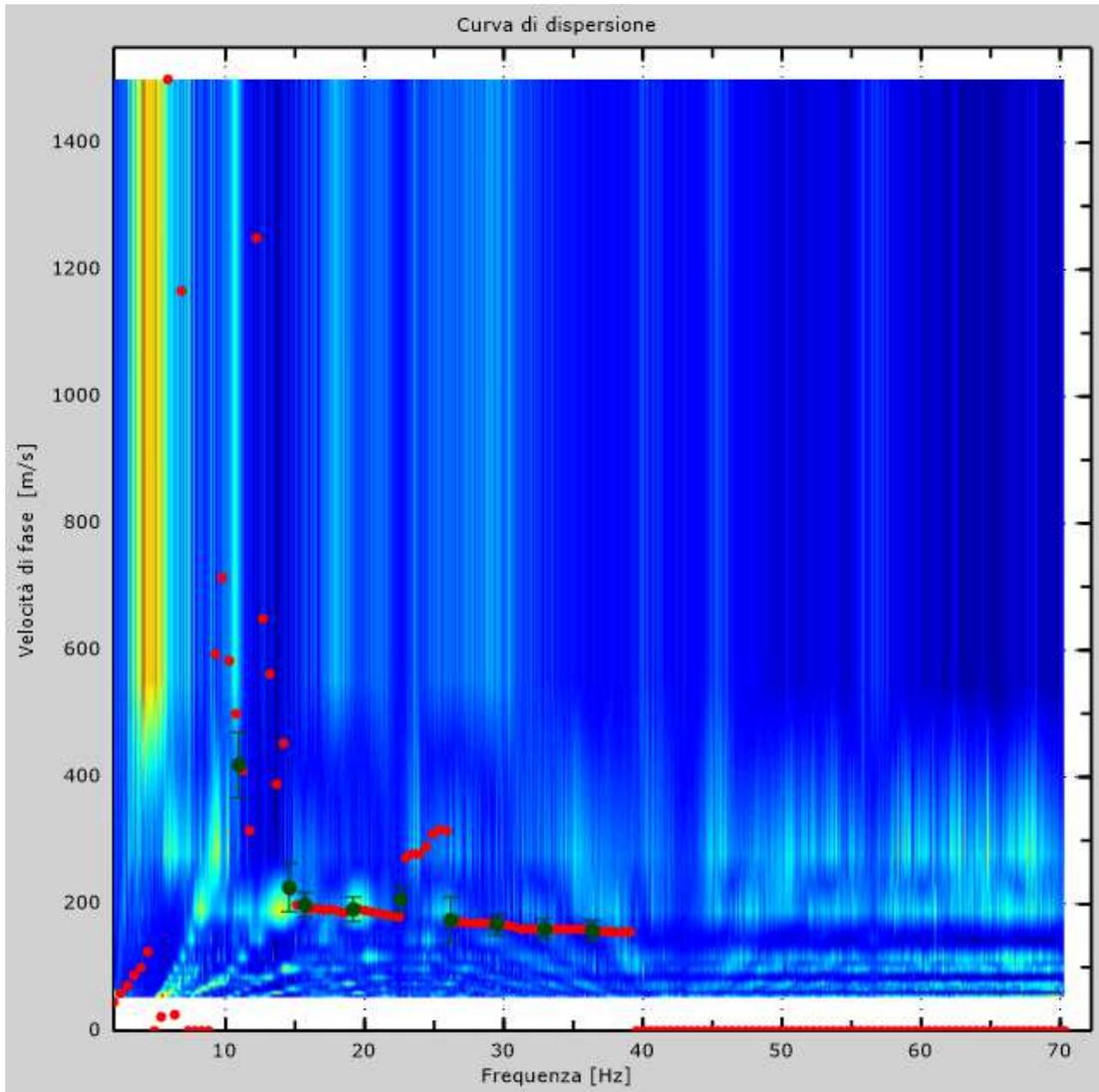


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori .....	2m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	150
Vp [m/s] .....	312

### Strato 2

h [m] .....	2
z [m] .....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	250
Vp [m/s] .....	520

### Strato 3

h [m] .....	3
z [m] .....	-7
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s] .....	200
Vp [m/s] .....	397

### Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s].....	400
Vp [m/s] .....	794

### Strato 5

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	670
Vp [m/s] .....	1253

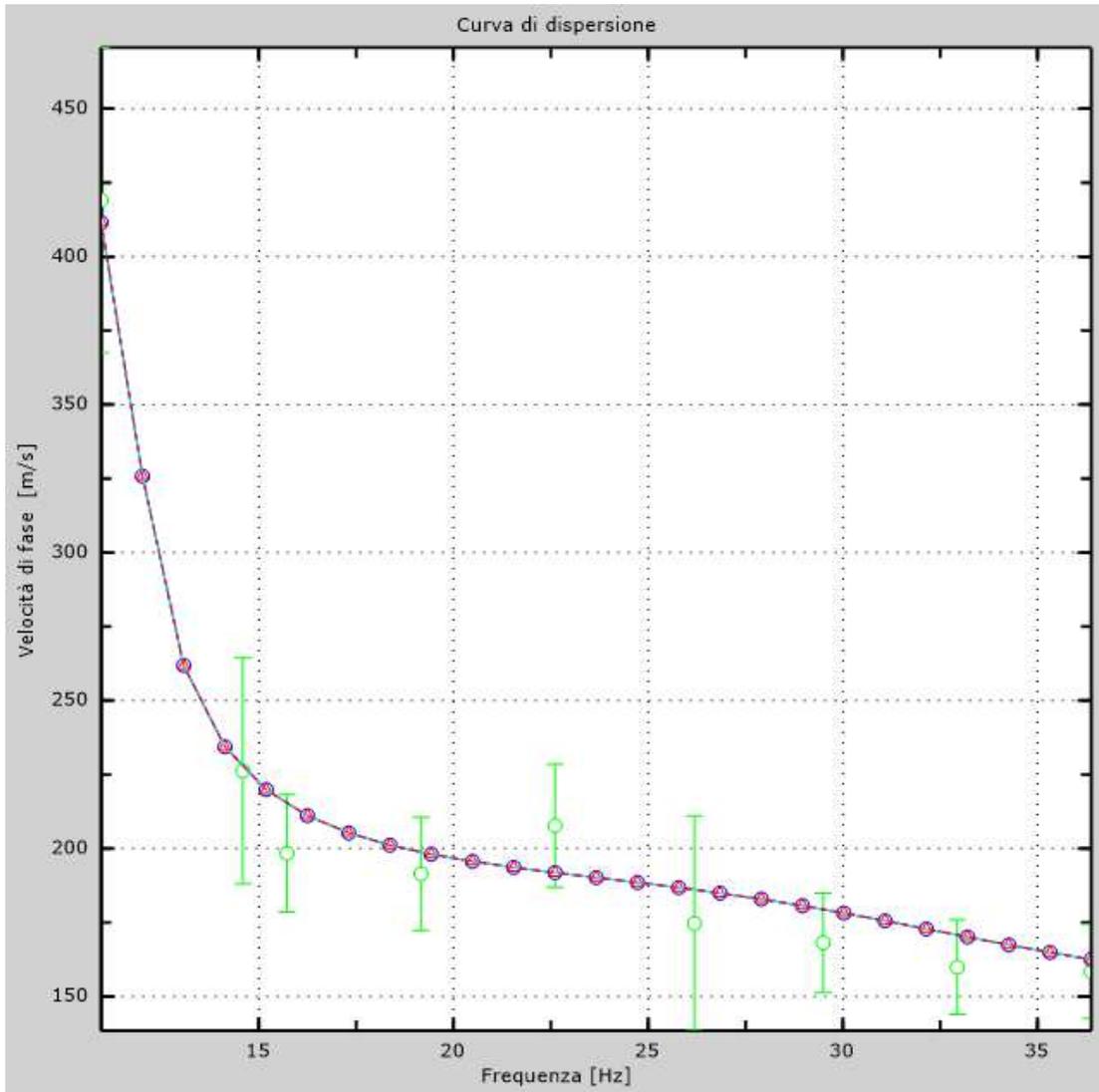


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

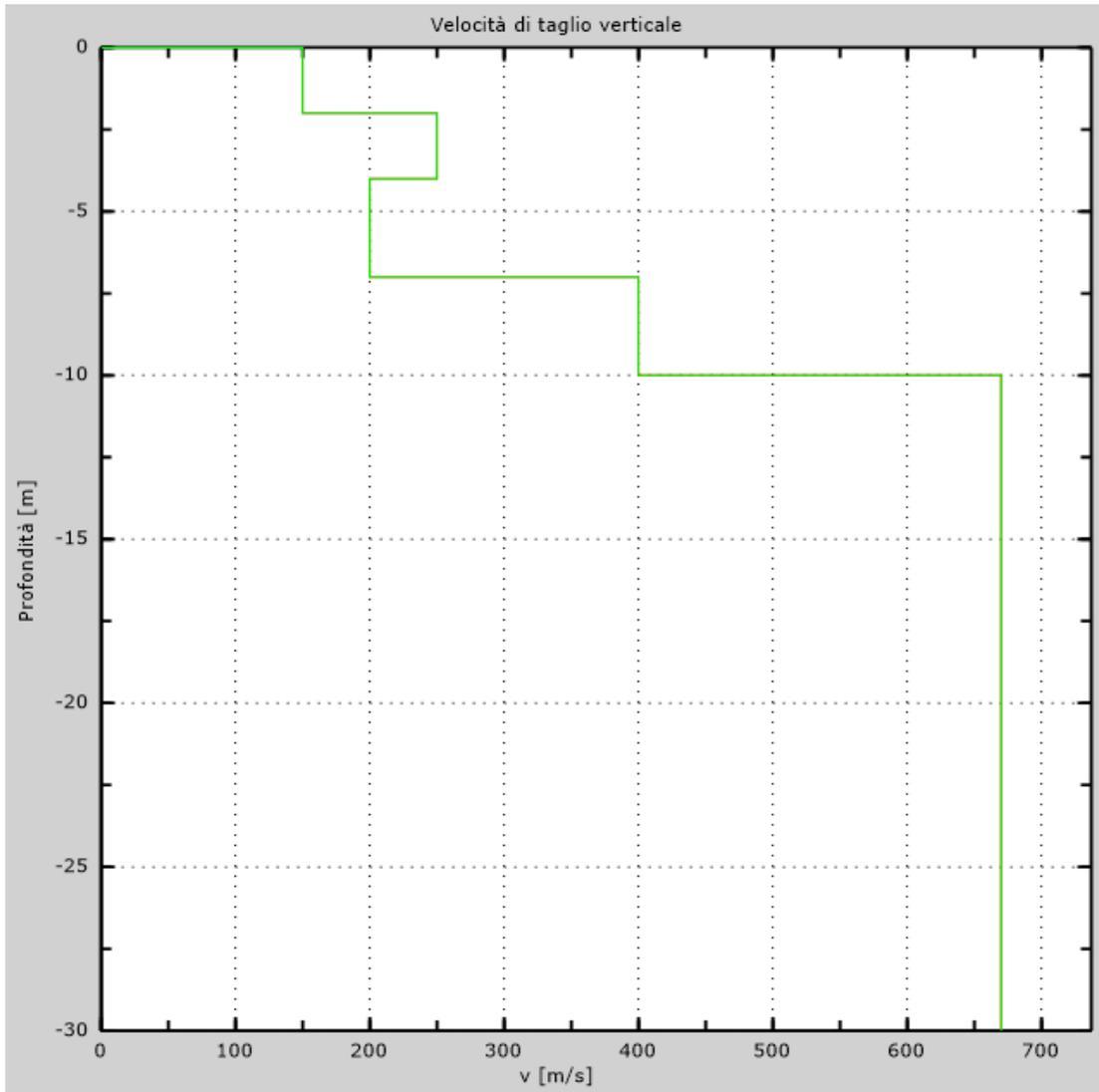


Figura 6: Velocità

## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....	0
Vseq [m/s].....	407
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018	
<b>Tipo di suolo</b> .....	<b>B</b>

## Appendice

### Tipo di suolo

**Tipo B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

# Risultati delle analisi MASW\_2

Autore: Marco Puddu geologo  
Sito: Cassano Spinola (AL)  
Data: 01/07/2021

Redatto da MASW  
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	2m
Numero di campioni temporali .....	2000
Passo temporale di acquisizione .....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

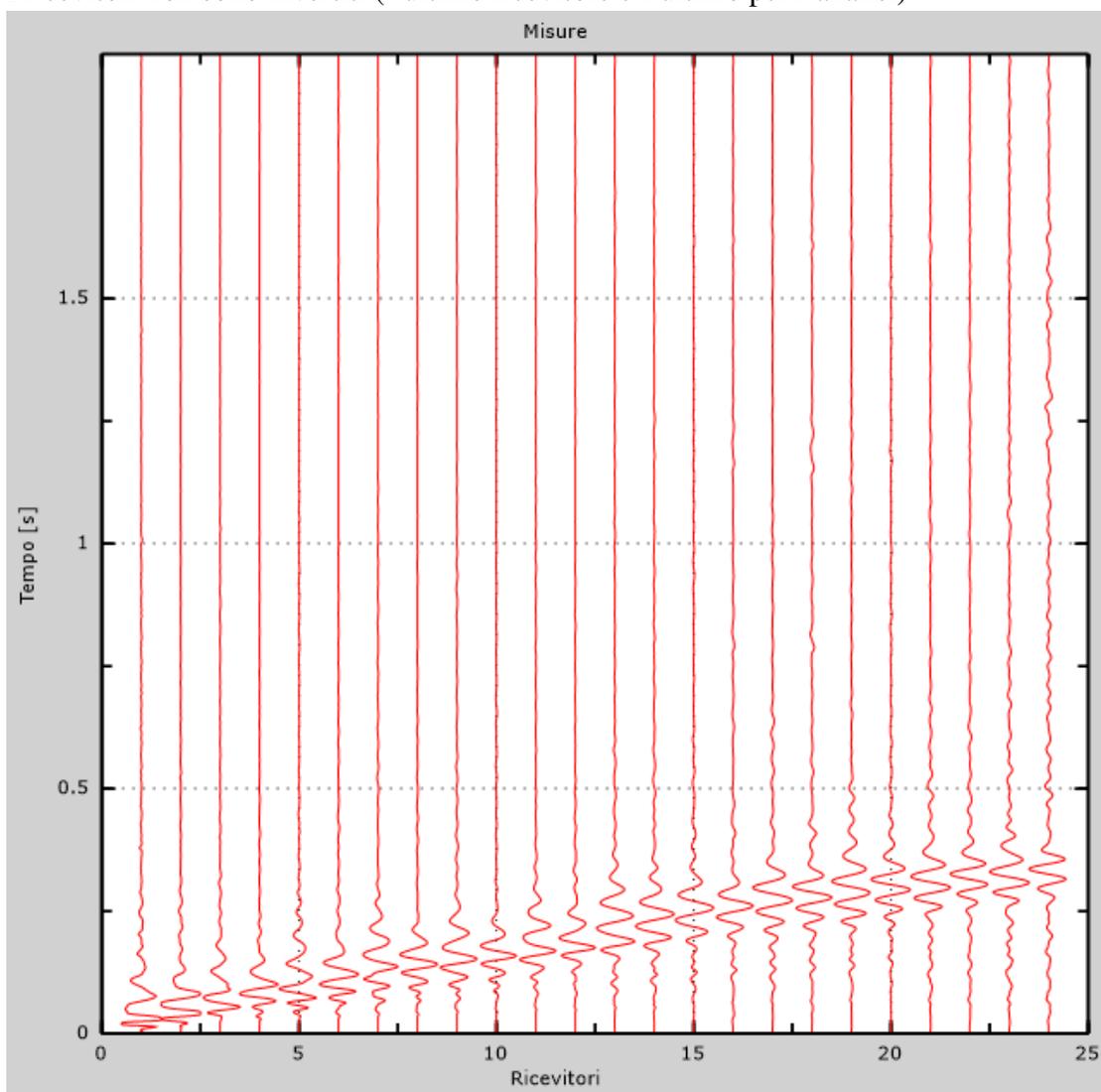


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

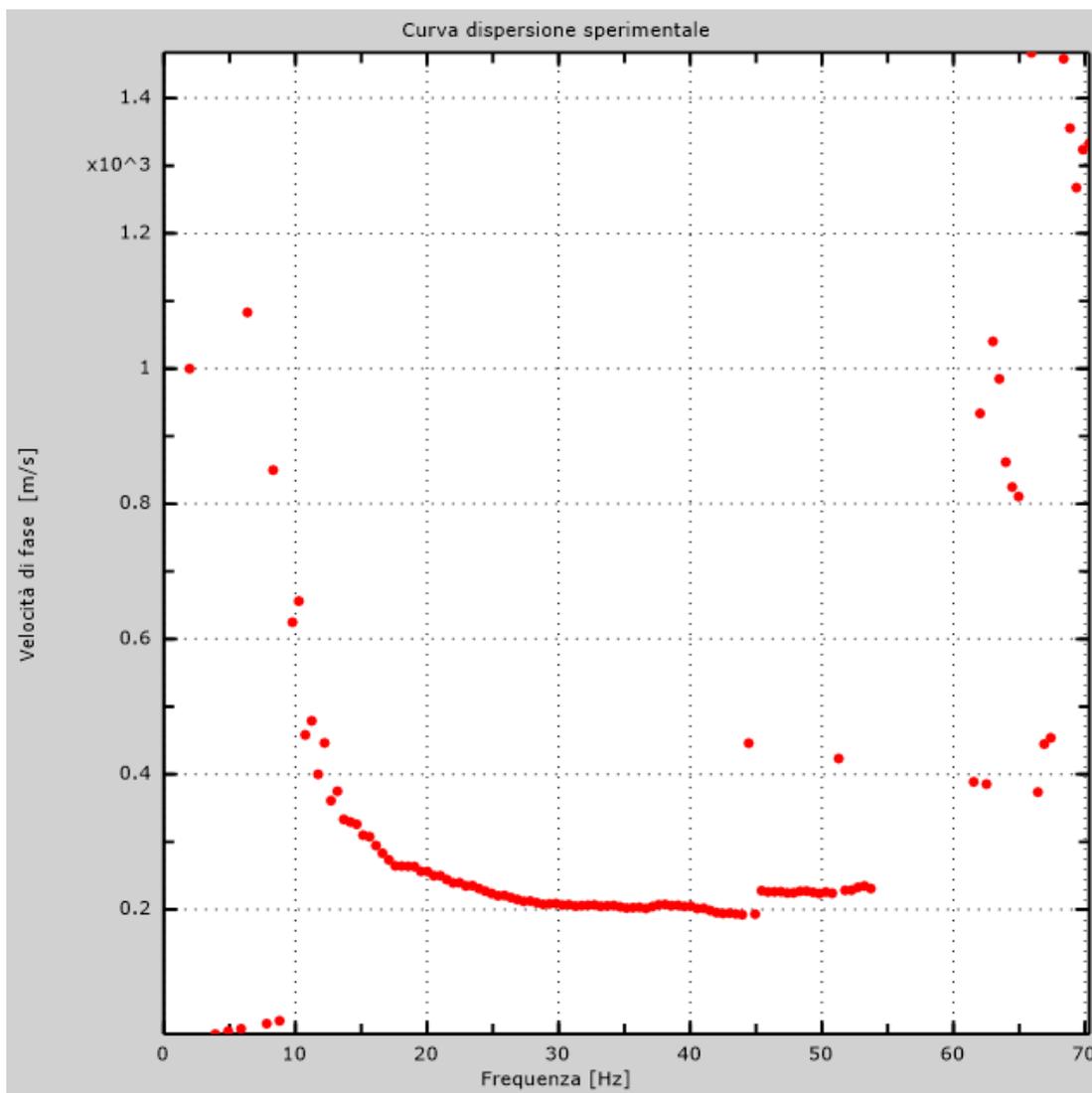


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12  
Numero di campioni temporali ..... 3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 59998ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

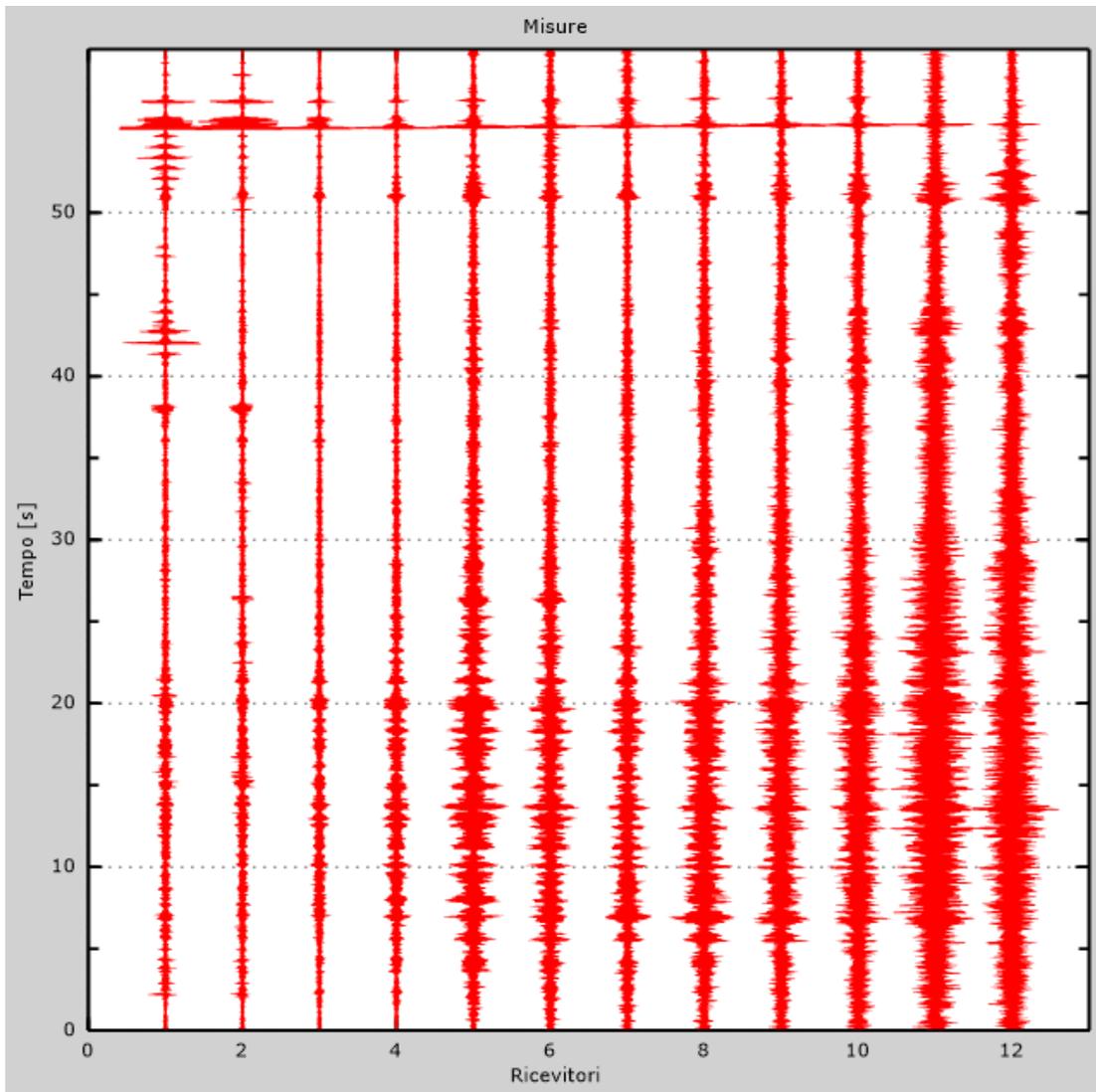


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
9.89758	618.024	512.814	723.234
12.3226	418.877	324.94	512.814
15.7227	305.082	274.574	335.591
19.165	261.738	235.564	287.911
22.6074	238.208	214.387	262.029
26.0498	219.751	197.776	241.726
29.4922	208.562	187.705	229.418
32.9346	205.903	185.313	226.494
36.377	202.455	182.209	222.7
39.8193	204.795	184.316	225.275
45.0607	204.7	140.823	268.578
50.1465	225.219	202.697	247.741
53.5889	232.048	208.843	255.253

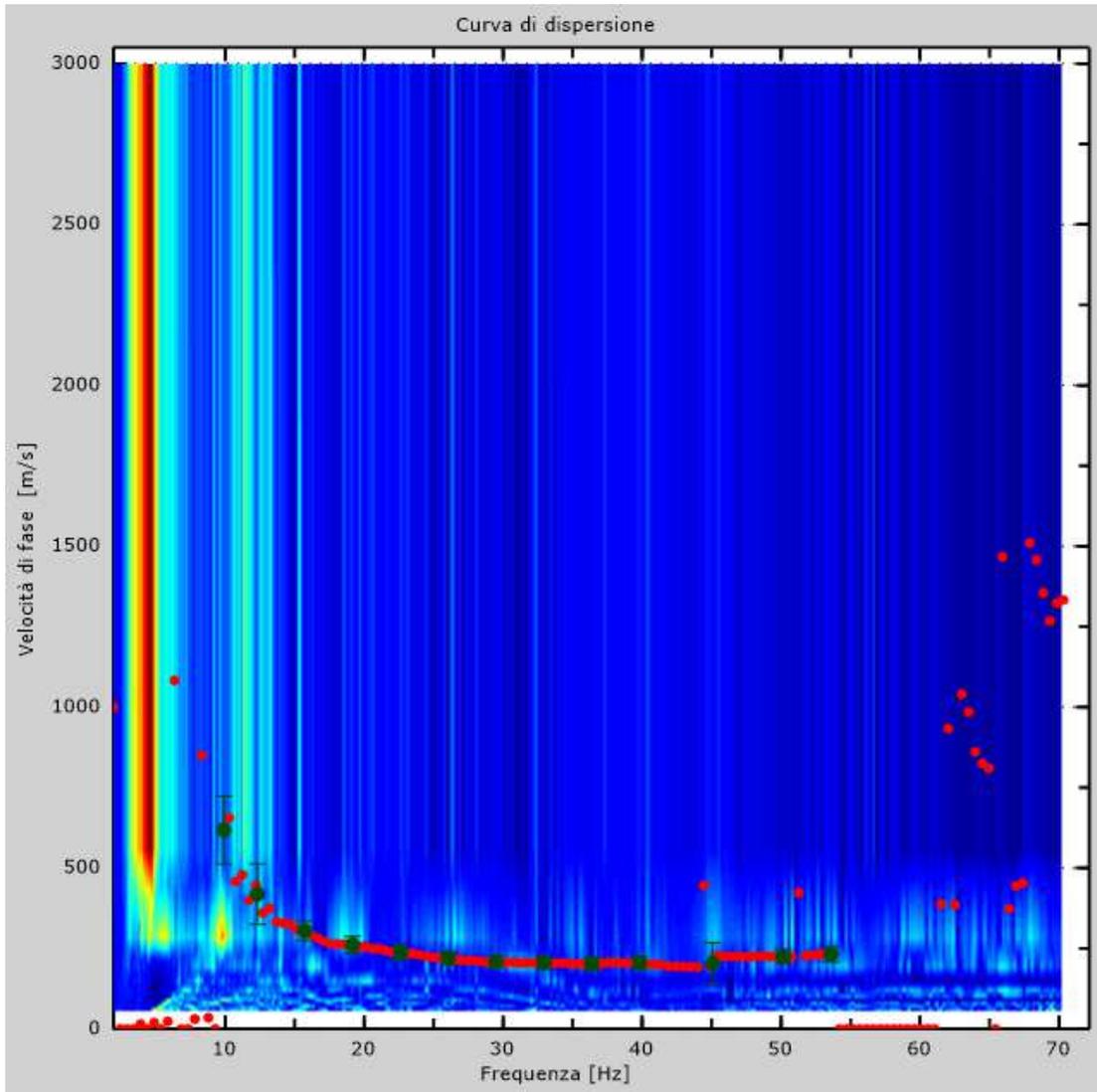


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori .....	2m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	250
Vp [m/s] .....	520

### Strato 2

h [m] .....	2
z [m] .....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	170
Vp [m/s] .....	354

### Strato 3

h [m] .....	3
z [m] .....	-7
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s] .....	400
Vp [m/s] .....	794

### Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s].....	350
Vp [m/s] .....	695

### Strato 5

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	750
Vp [m/s] .....	1403

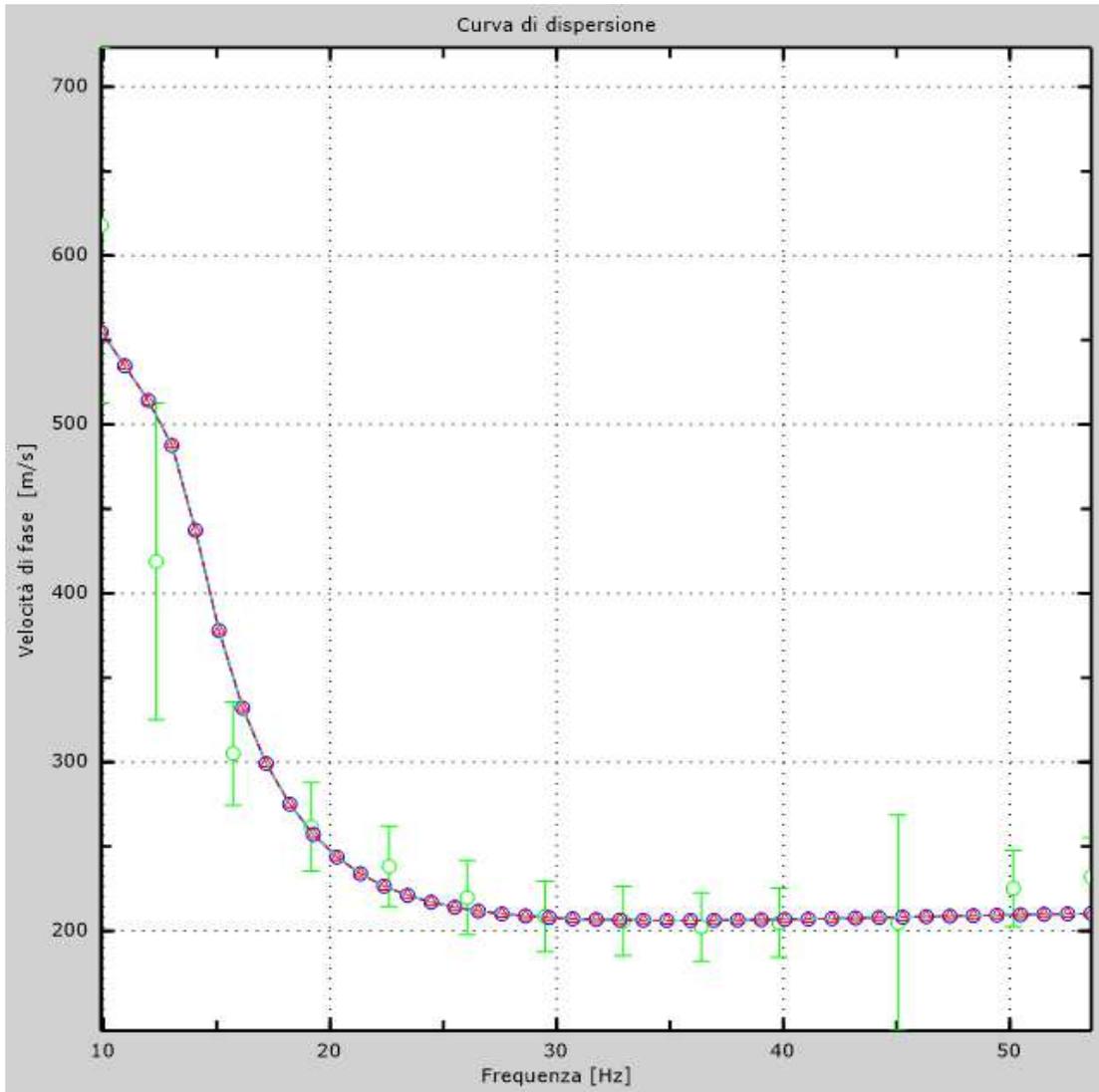


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

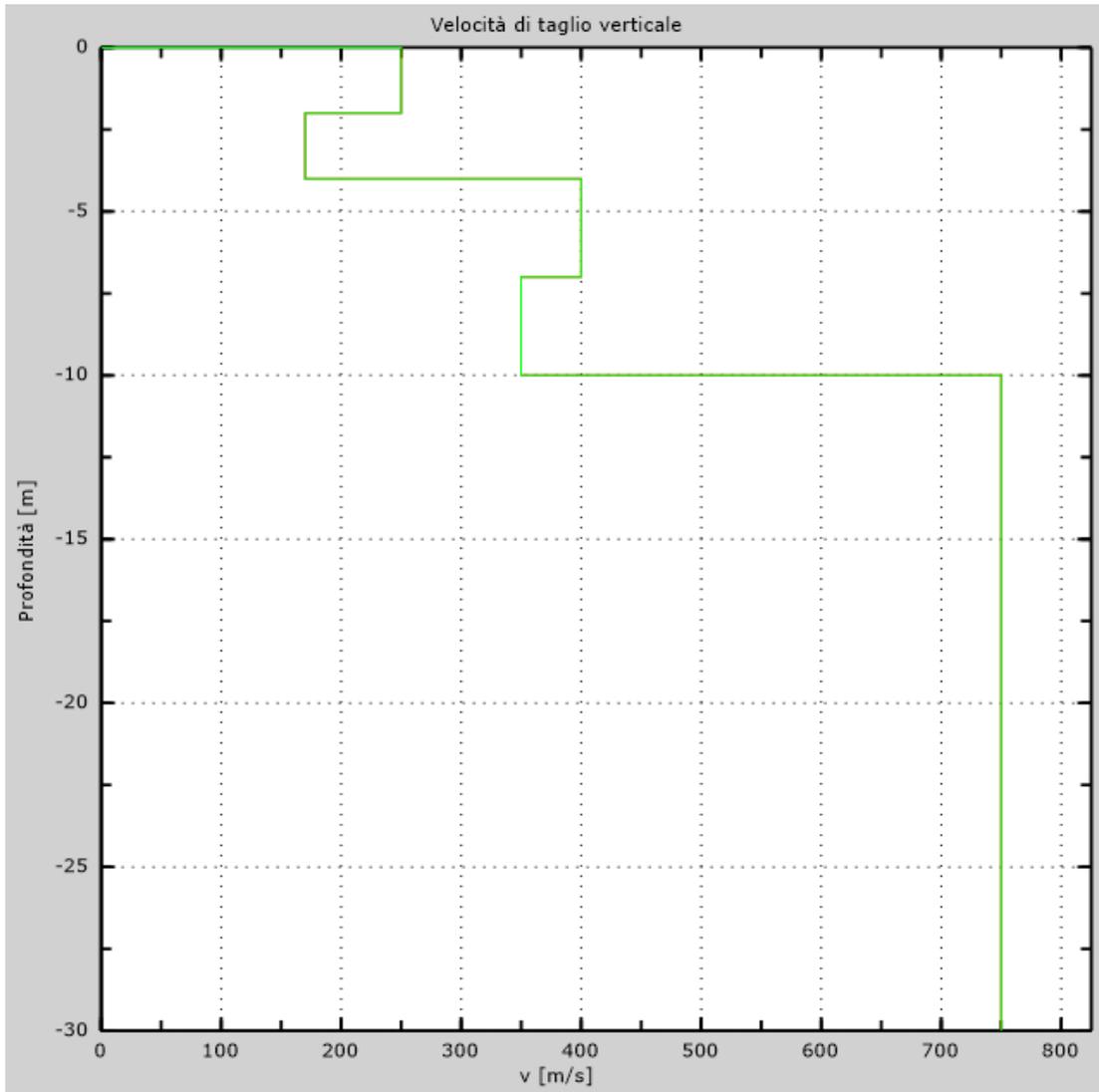


Figura 6: Velocità

## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
$V_{seq}$ [m/s].....	479
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018	
<b>Tipo di suolo</b> .....	<b>B</b>

## Appendice Tipo di suolo

**Tipo B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

# Risultati delle analisi MASW\_3

Autore: Marco Puddu geologo  
Sito: Cassano Spinola (AL)  
Data: 01/07/2021

Redatto da MASW  
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	1.5m
Numero di campioni temporali .....	2000
Passo temporale di acquisizione .....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

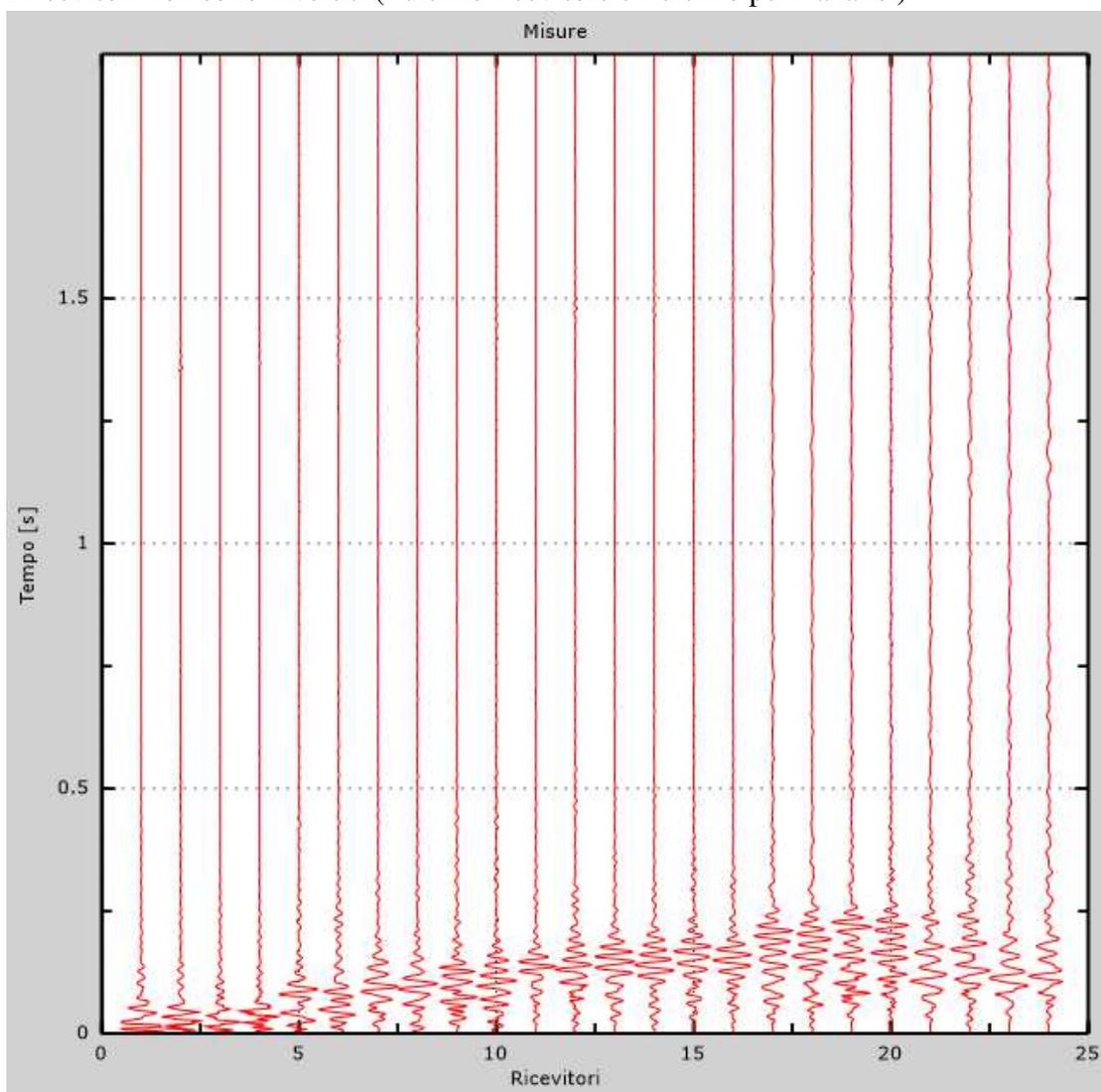


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

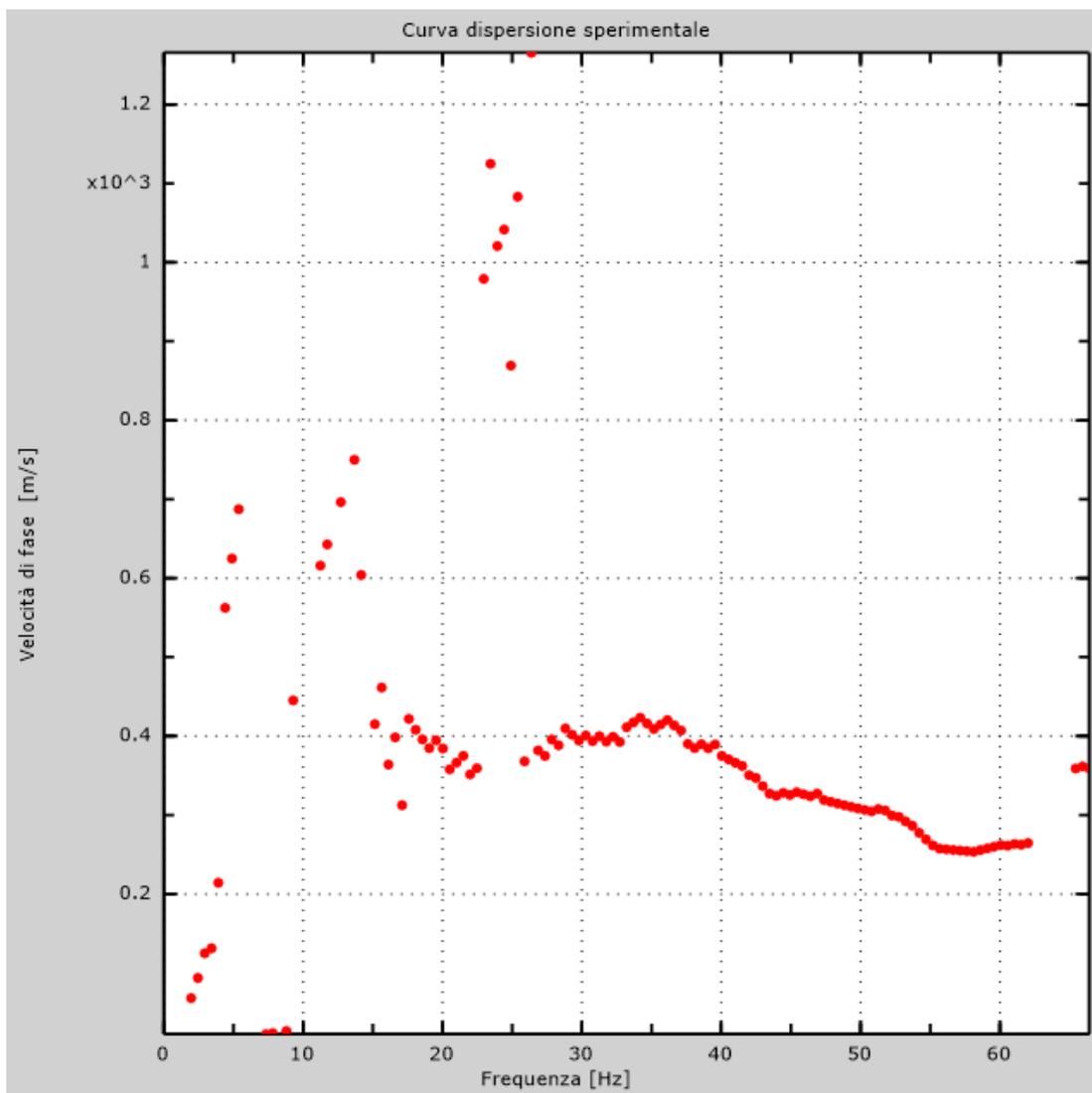


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12  
Numero di campioni temporali .....3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 59998ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

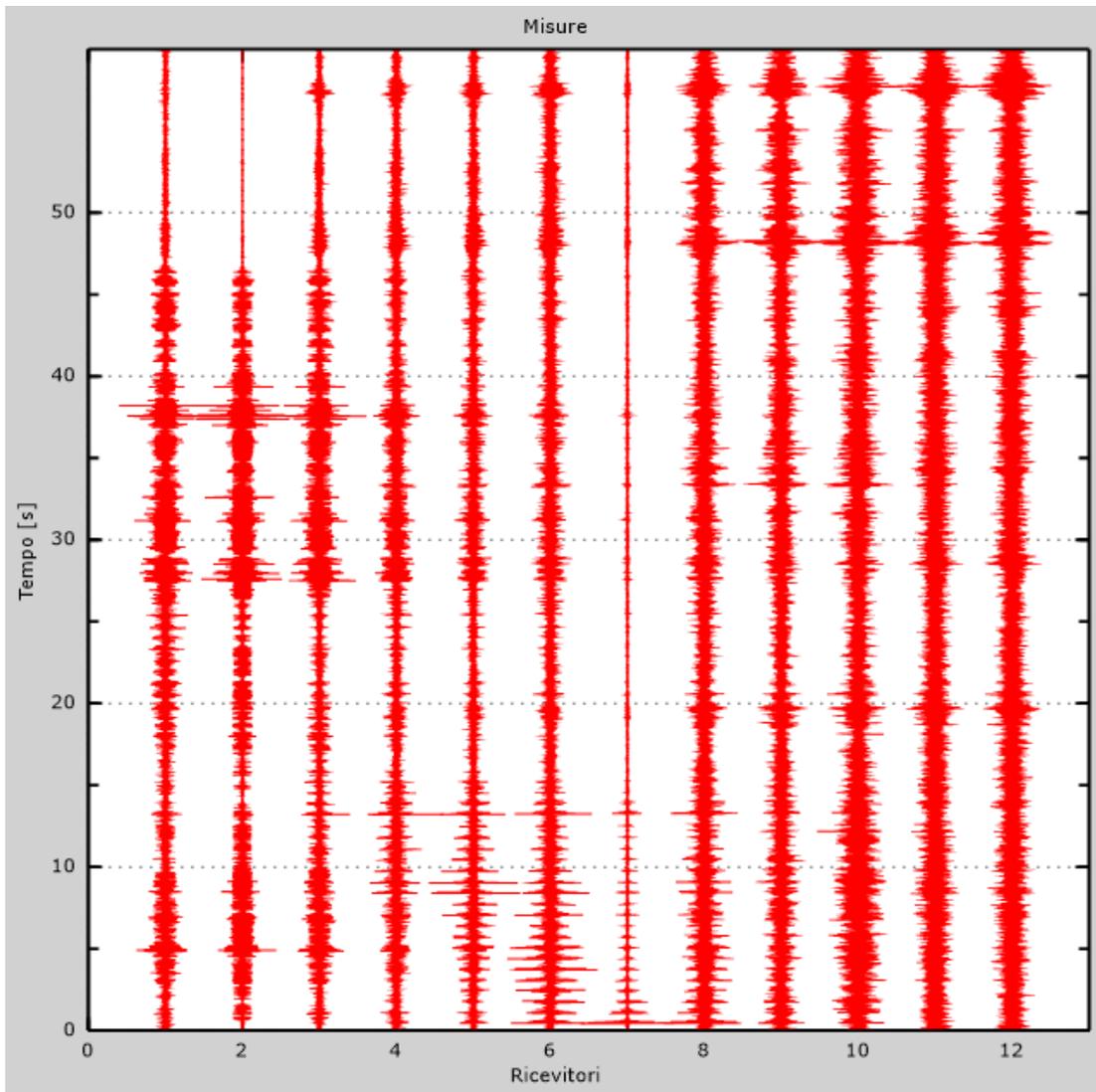


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
12.2172	663.114	587.964	738.264
15.7227	442.025	397.822	486.227
19.165	387.336	348.602	426.069
29.4922	398.83	358.947	438.713
32.6719	385.06	309.91	460.21
37.6274	381.302	302.395	460.21
40.8432	351.242	246.033	456.452
43.2617	331.017	297.916	364.119
46.7041	326.08	293.472	358.688
50.1465	307.124	276.411	337.836
53.5889	287.835	259.051	316.618
57.0312	255.246	229.722	280.771
60.4736	261.362	235.225	287.498

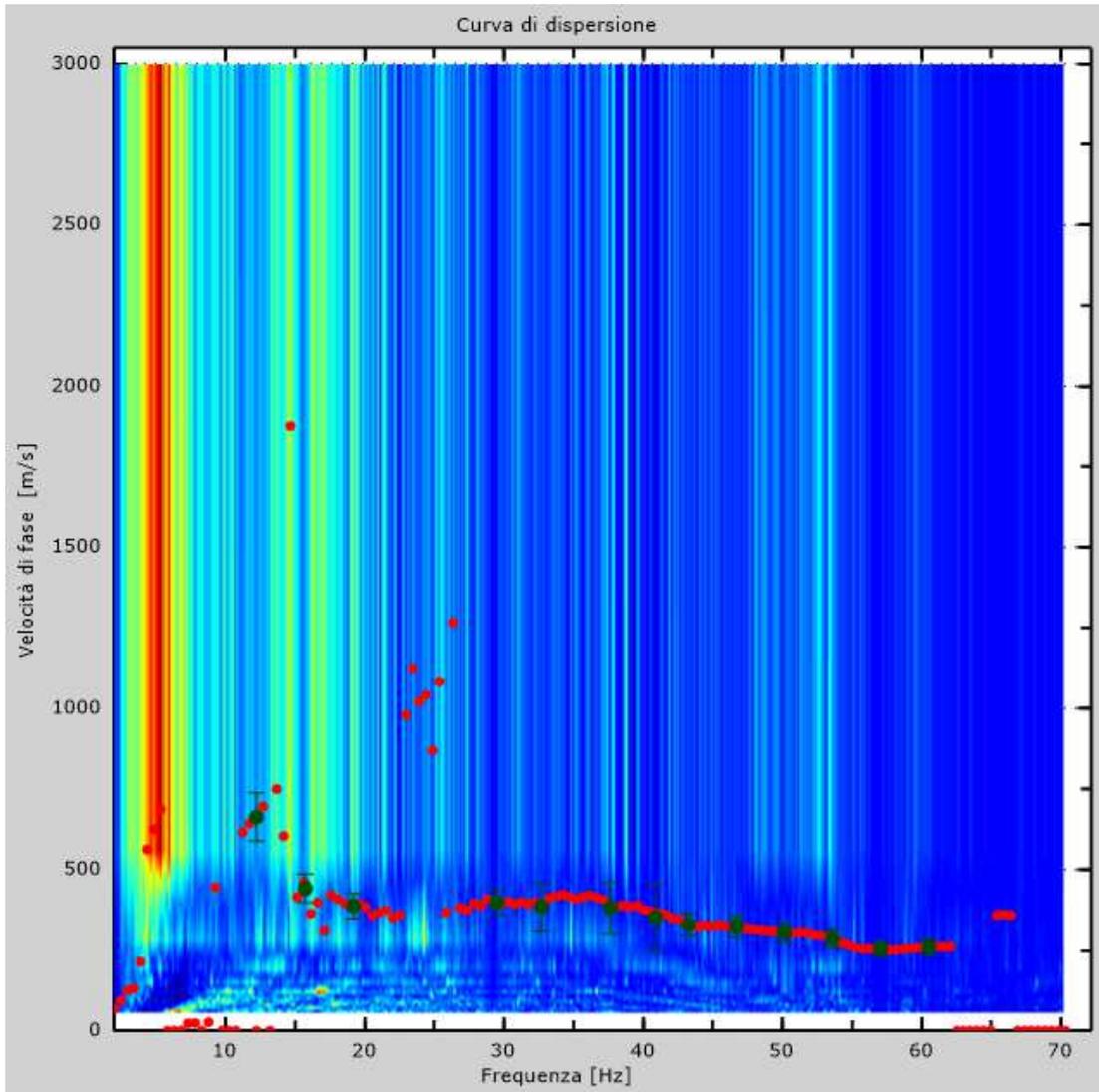


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori .....	1.5m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	250
Vp [m/s] .....	520

### Strato 2

h [m] .....	2
z [m] .....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	400
Vp [m/s] .....	833

### Strato 3

h [m] .....	2
z [m] .....	-6
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s] .....	550
Vp [m/s] .....	1092

### Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-9
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s].....	300
Vp [m/s] .....	596

### Strato 5

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	800
Vp [m/s] .....	1497

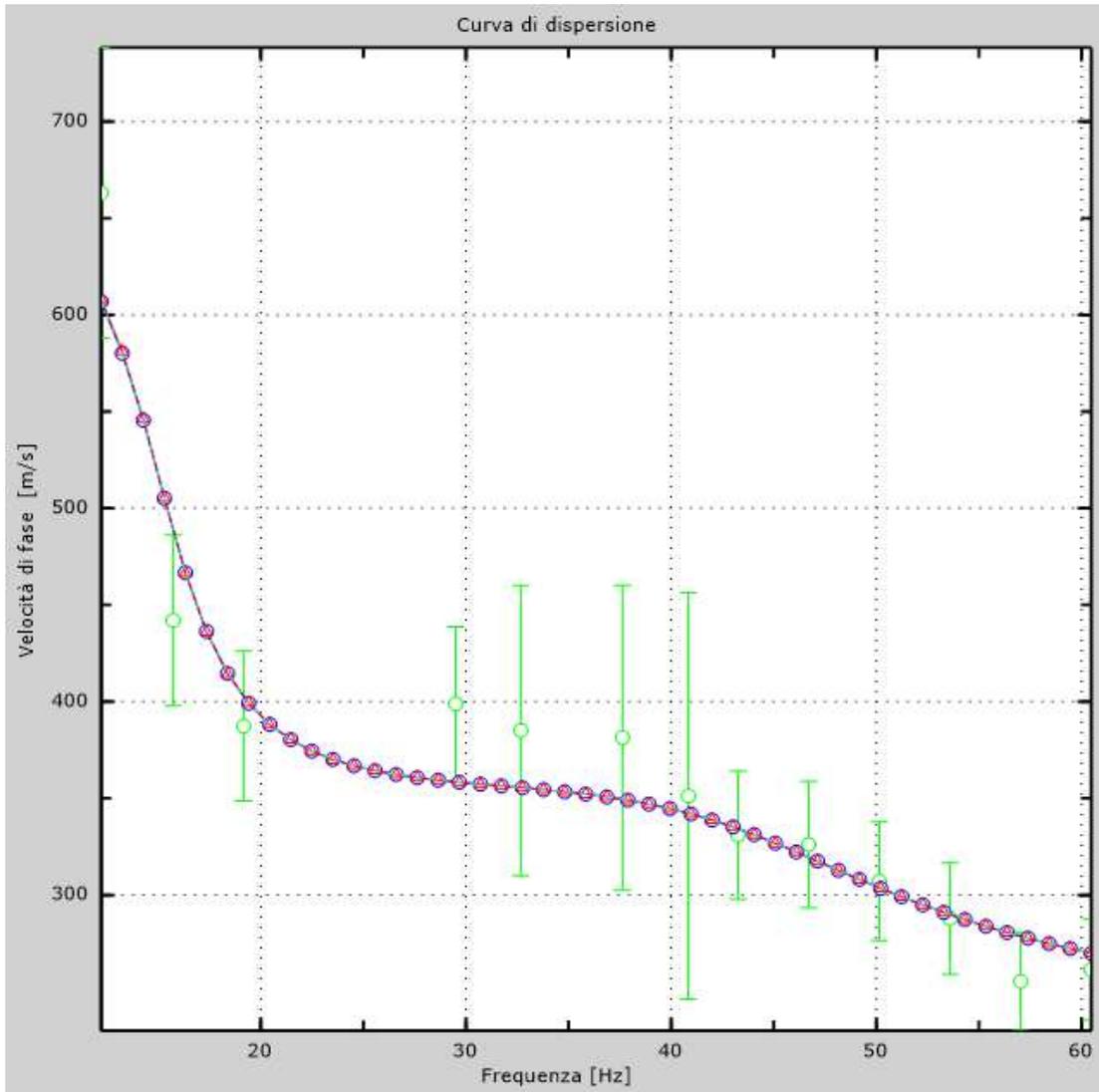


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

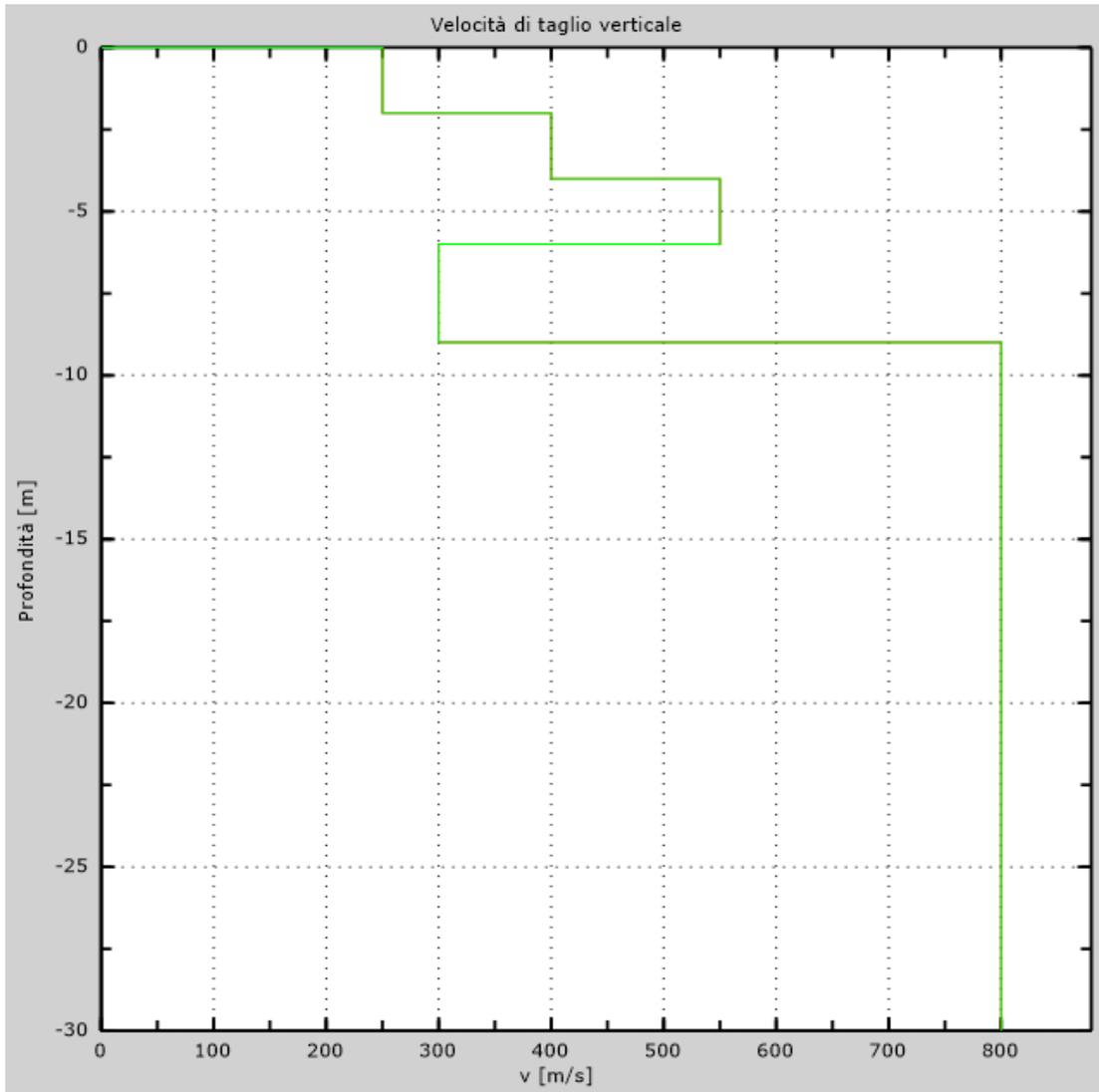


Figura 6: Velocità

## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
$V_{seq}$ [m/s].....	567
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018	
<b>Tipo di suolo</b> .....	<b>B</b>

## Appendice Tipo di suolo

**Tipo B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

# Risultati delle analisi MASW\_4

Autore: Marco Puddu geologo  
Sito: Cassano Spinola (AL)  
Data: 01/07/2021

Redatto da MASW  
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	2m
Numero di campioni temporali .....	2000
Passo temporale di acquisizione .....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

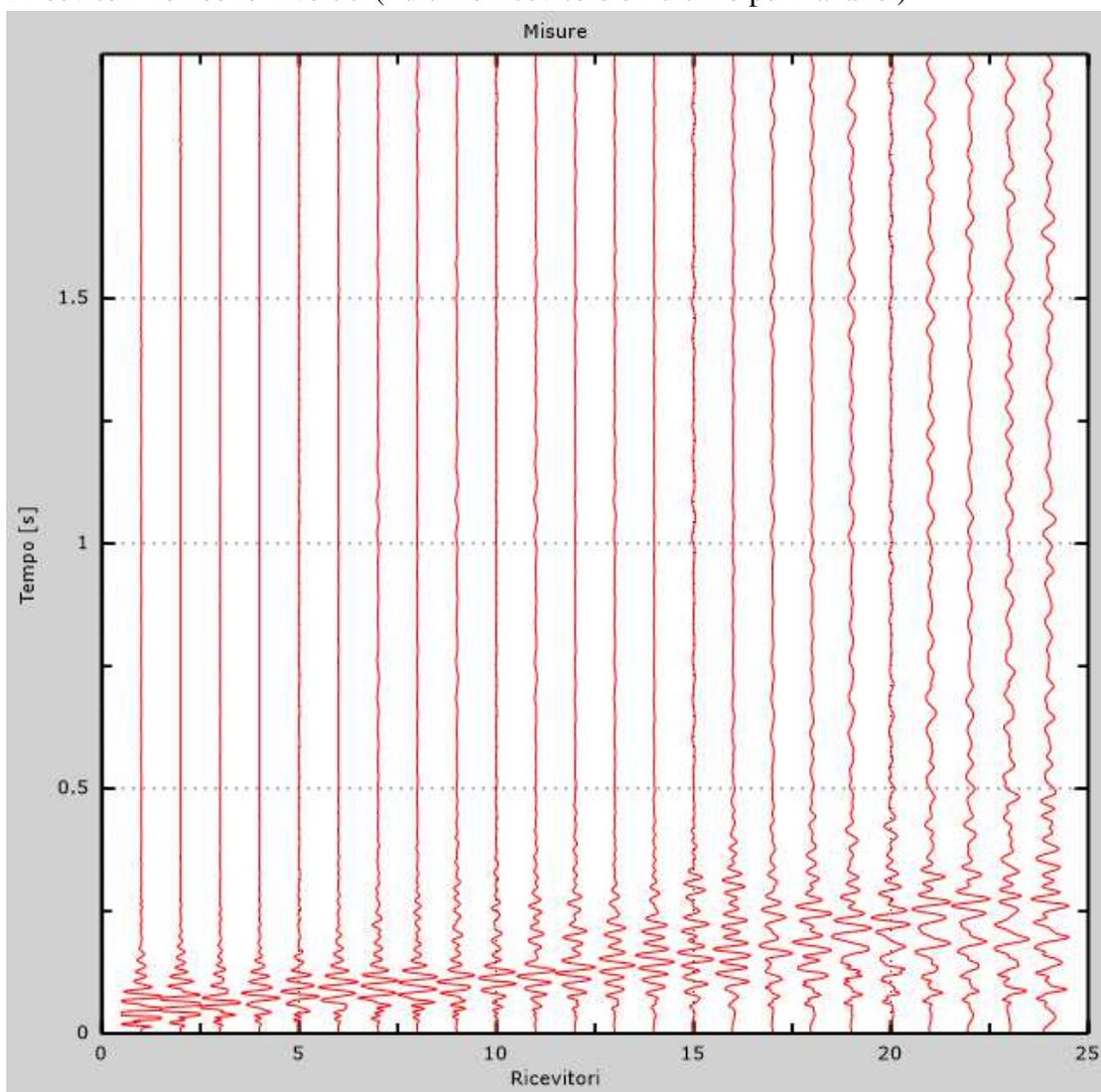


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

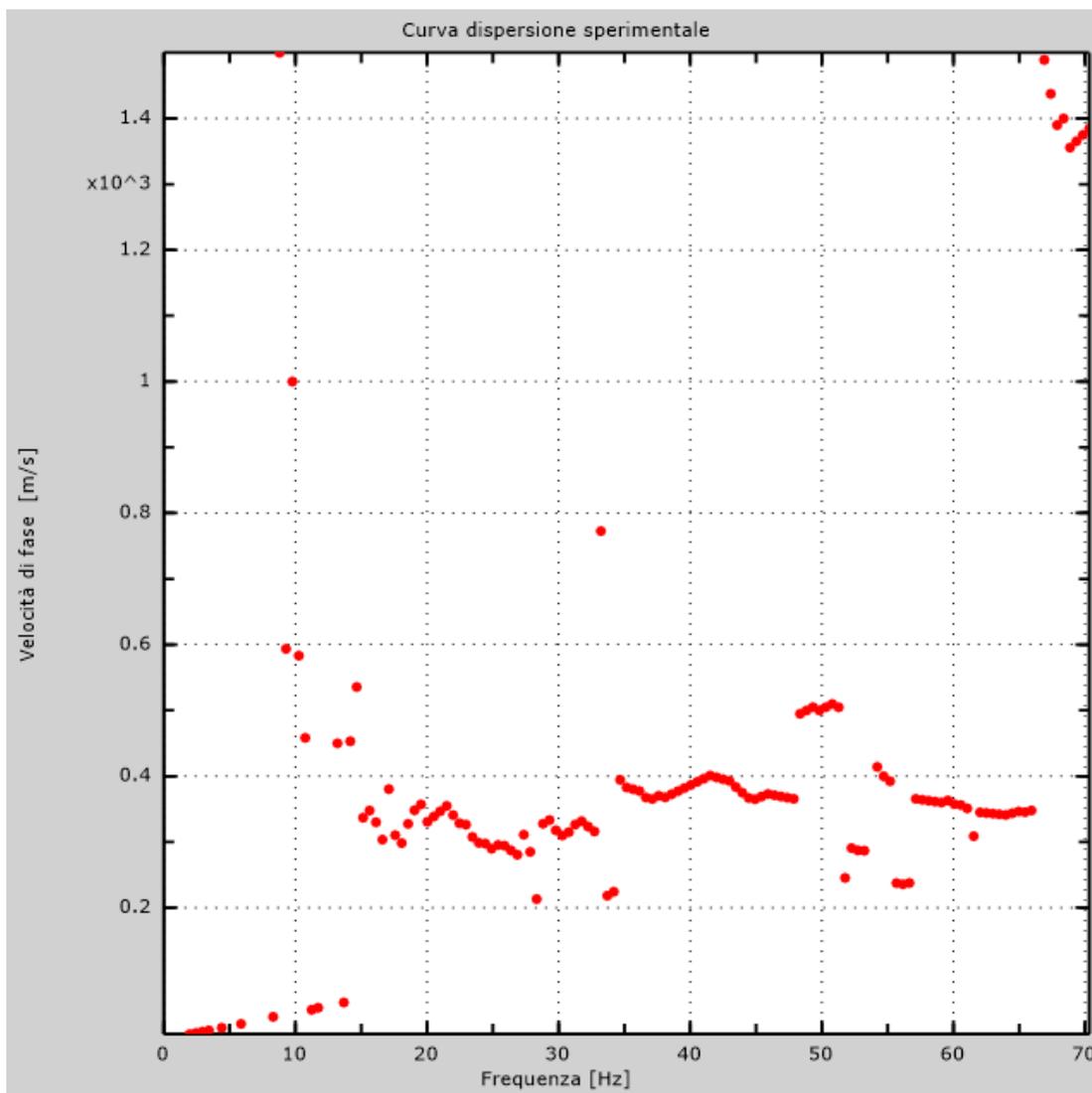


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12  
Numero di campioni temporali ..... 3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi ..... 12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 59998ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

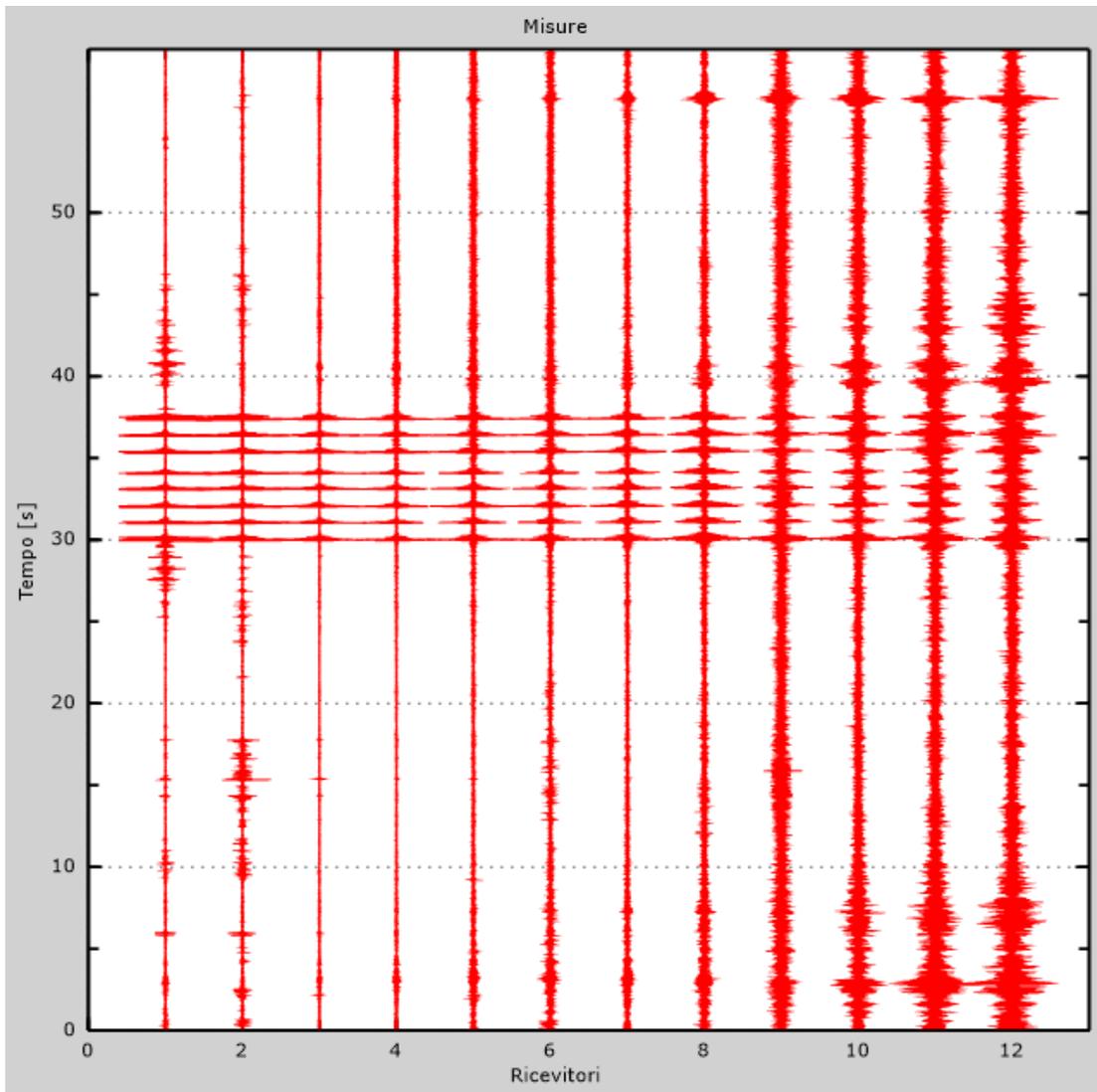


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

<b>Freq. [Hz]</b>	<b>V. fase [m/s]</b>	<b>V. fase min [m/s]</b>	<b>V. fase Max [m/s]</b>
10.0557	602.994	535.359	670.629
13.9042	463.967	400.09	527.844
17.0673	366.272	306.153	426.392
19.165	350.446	315.402	385.491
22.6074	327.917	295.125	360.708
26.3984	302.395	215.973	388.817
29.4922	327.083	294.375	359.792
36.377	372.599	335.339	409.859
39.8193	384.67	346.203	423.137
43.2617	387.315	348.584	426.047
46.7041	369.883	332.895	406.871

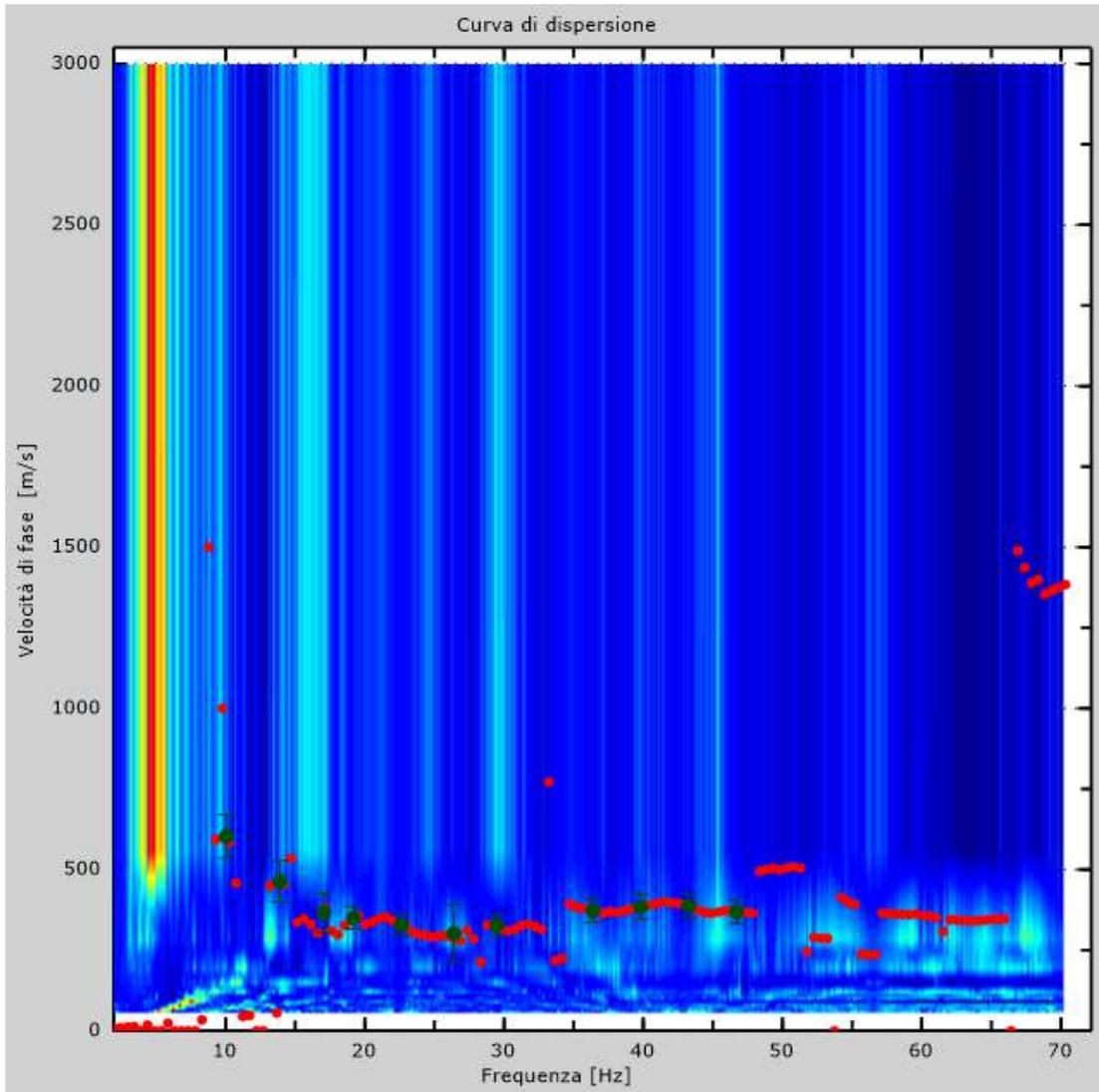


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori .....	2m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	400
Vp [m/s] .....	833

### Strato 2

h [m] .....	2
z [m] .....	-4
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	400
Vp [m/s] .....	833

### Strato 3

h [m] .....	3
z [m] .....	-7
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s] .....	300
Vp [m/s] .....	596

### Strato 4

h [m].....	3
z [m].....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.33
Vs [m/s].....	350
Vp [m/s] .....	695

### Strato 5

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	680
Vp [m/s] .....	1272

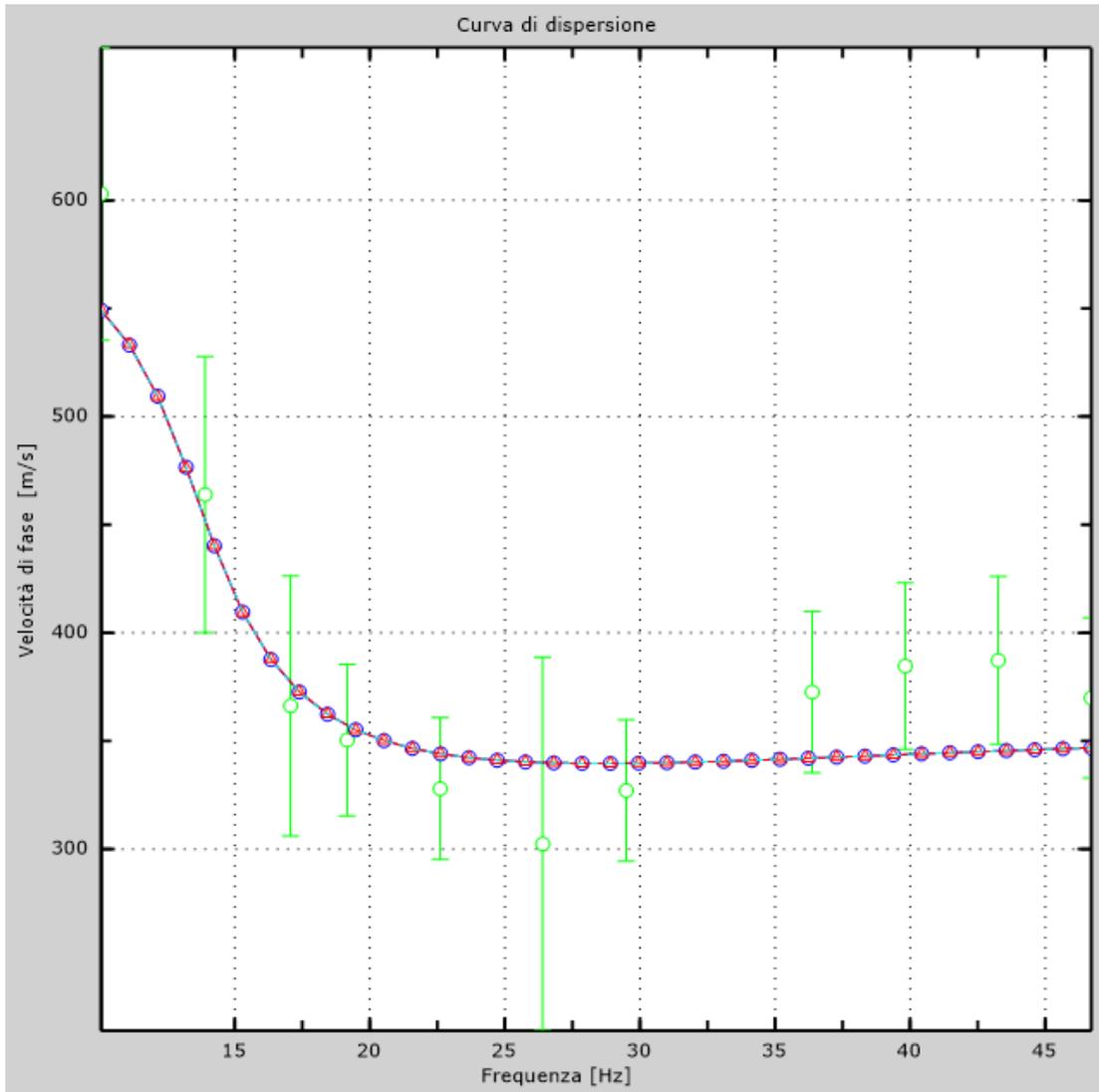


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

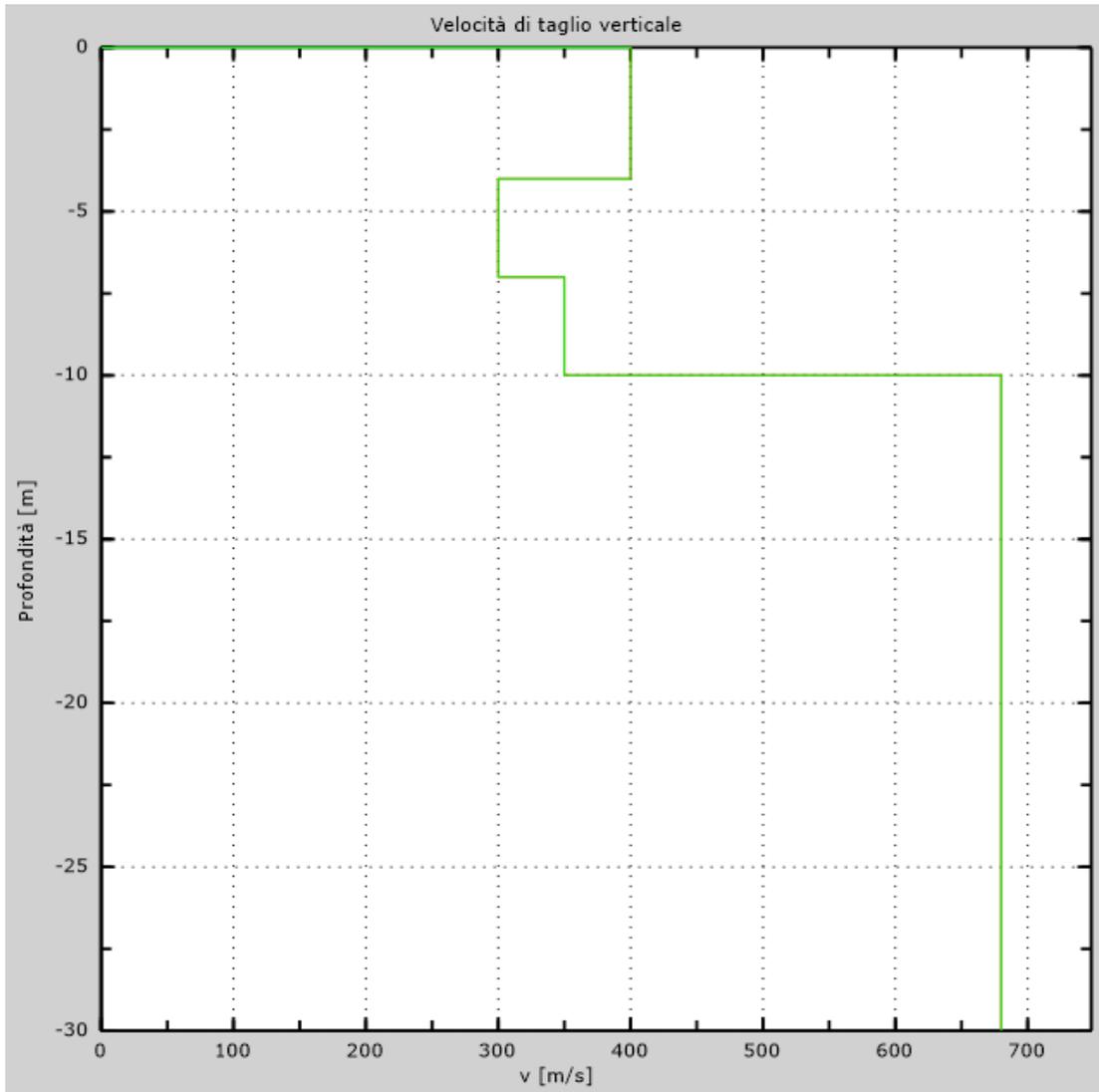


Figura 6: Velocità

## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
$V_{seq}$ [m/s].....	517
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018	
<b>Tipo di suolo</b> .....	<b>B</b>

## Appendice

### Tipo di suolo

**Tipo B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

COMUNE DI CASSANO SPINOLA

**RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO  
DELL'ASTA DEL RIO GARIGLIANO CHE INTERESSA  
L'ABITATO**

RAPPORTO INDAGINI TOMOGRAFIA ELETTRICA  
CASSANO SPINOLA (AL)

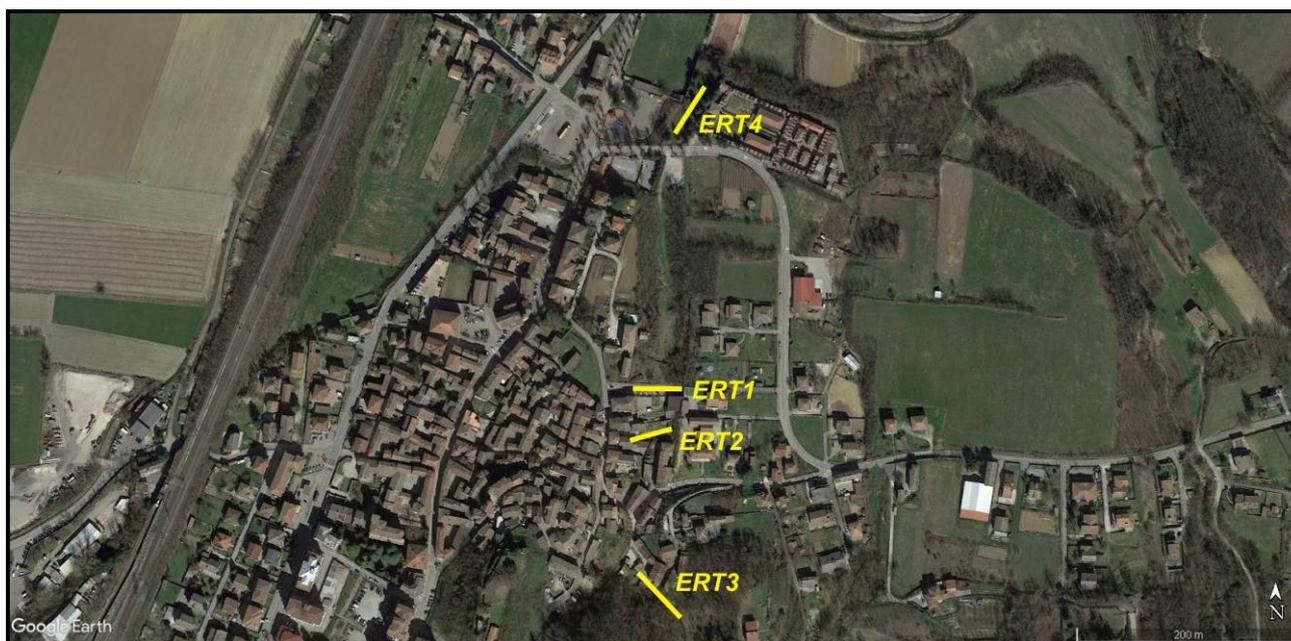

## **INDICE**

- 1.) PREMESSA E DESCRIZIONE TECNICA TOMOGRAFICA ELETTRICA
- 2.) MODALITA' DI ESECUZIONE
- 3.) ELABORAZIONE E RICOSTRUZIONE BIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO
- 4.) RISULTANZE DELLE INDAGINI
- 5.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

## 1.) PREMESSA E DESCRIZIONE TECNICA TOMOGRAFICA ELETTRICA

In data 4 giugno 2021 è stata condotta una campagna di indagini geofisiche in corrispondenza dell'abitato di Cassano Spinola (prov. AL). Le indagini sono state eseguite con la principale finalità di ricavare informazioni sul posizionamento di eventuali collettore idrici tombati in passato e sull'assetto stratigrafico dei primi 10 m di profondità.

La strumentazione utilizzata per l'indagine geoelettrica è rappresentata dall' ARS-200E (*Automatic Resistivity System*) di fabbricazione GEOPHIZYKA (Gf Instruments Brno) le cui specifiche tecniche sono riportate nella pagina successiva.



*Quadro d'unione posizionamento stese*

Il metodo di indagine è del tutto analogo a quello su cui si basa il tradizionale sondaggio elettrico verticale (SEV): immettendo nel terreno corrente continua (o corrente alternata a bassa frequenza) si genera un campo elettrico le cui linee di corrente all'interno del sottosuolo indagato sono deformate dalla presenza di disomogeneità, come a titolo di esempio stratificazioni o corpi sepolti aventi differenti comportamenti elettrici.

Le rocce (matrice rocciosa) in quanto aggregati di minerali, a loro volta sali inorganici a legame chimico etero valente molto forte, sono intrinsecamente isolanti, poiché non esistono al loro interno particelle cariche libere di muoversi e quindi atte a trasportare corrente (I) se sottoposte ad una differenza di potenziale ( $\Delta V$ ). Tuttavia gli "ammassi rocciosi" (coerenti) o gli "aggregati rocciosi" (incoerenti) sono generalmente fratturati o porosi e tale condizione favorisce la circolazione di acqua (elettrolita), la quale, essendo più o meno ricca di ioni, permette il passaggio della corrente elettrica, se esiste per qualche motivo un campo elettrico.

Nel caso di un materiale incoerente (per es. ghiaia, sabbia ecc) la *porosità efficace*, ovvero determinata alla porzione di pori interconnessi, è quella che da una parte risulta "utile" ai fini della circolazione acquifera in falda e dall'altra risulta altrettanto "utile" ai fine della condizione elettrica in quanto garantisce la continuità fisica della soluzione elettrolitica all'interno della matrice rocciosa. La correlazione tra circolazione idrica e circolazione di corrente nel dato mezzo è quantificata dalla *legge di Archie* che lega analiticamente la

resistività elettrica del mezzo ( $\rho$ ) con quella dell'acqua ( $\rho_w$ ) con il fattore di formazione (F) funzione quest'ultimo del fattore di cementazione (m) e della porosità ( $\varphi$ ) oltre che da un coefficiente empirico (a):

$$\rho = \rho_w F \quad \text{dove} \quad F = a\varphi^{-m}$$

Tale legge vale per rocce porose non argillose in quanto l'argilla inciderebbe in modo sostanziale alla conduttività elettrica a causa del fenomeno dell'adsorbimento cationico rendendo erronea la valutazione di ( $\rho_w$ ).

Il metodo geoelettrico utilizza quindi come parametro geofisico per indagare il sottosuolo, la resistività elettrica del terreno.

In valori di resistività registrati in campagna sono valori di "resistività apparente" ( $\rho_a$ ) funzione quest'ultima dell'intensità di corrente (I) immessa nel sottosuolo attraverso gli elettrodi di corrente A e B (anche nominati  $C_1$  e  $C_2$ ), ed alla differenza di potenziale ( $\Delta V$ ) misurata tra i due elettrodi M e N di potenziale (anche nominati  $P_1$  e  $P_2$ ) sulla scorta della nota legge di Ohm:

$$\rho_a = k(\Delta V/I)$$

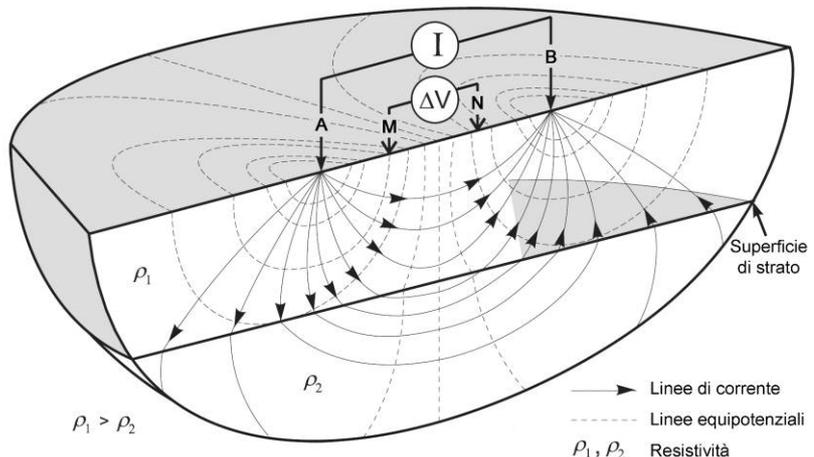
dove  $k$  è il "fattore geometrico" dipendente dal tipo di array utilizzato ovvero dalle posizioni reciproche di A,B,M,N.

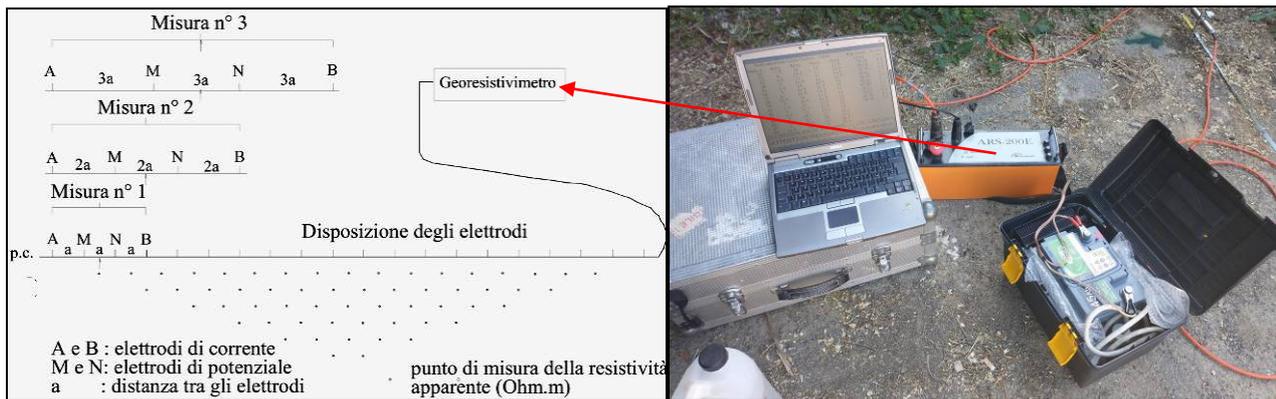
Ogni misura di resistività apparente è riferita orizzontalmente al centro del quadripolo utilizzato (A-M-N-B) ed a una profondità funzione della distanza A-B e del tipo di quadripolo utilizzato.

Si parla di "resistività apparente" perché le linee di corrente che consentono di valutare tale parametro, hanno attraversato più formazioni rocciose e quindi non corrisponde alla resistività reale di un dato strato a meno che il sottosuolo non sia omogeneo ed isotropo.

La tomografia elettrica (o multiSEV) è l'espressione più recente dell'evoluzione dei tradizionali metodi elettrici in corrente continua.

L'energizzazione e determinazione della differenza di potenziale generata è consentita tramite un sistema multielettrodo allineato comprendente n.32 elettrodi collegati con un georesistivimetro. Gli elettrodi sono alternativamente commutati in base a configurazioni specifiche in energizzanti (A e B) che di misura (M e N). Maggiore è la spaziatura tra gli elettrodi A e B (o  $C_1$  e  $C_2$ ) maggiore sarà la profondità investigata.





La lunghezza massima dello stendimento deve essere maggiore del tratto effettivo di investigazione in modo da ottenere la sua totale copertura.

## 2.) MODALITA' DI ESECUZIONE

L'indagine geoelettrica è stata effettuata per mezzo di georesistivometro di fabbricazione GF Instruments modello ARES-200E collegato a n.4 cavi ad 8 elettrodi intelligenti ottenendo acquisizioni a 32 canali totali. La misurazione della resistività è completamente automatizzata e può essere eseguita usando differenti configurazioni elettrodiche a seconda delle esigenze.



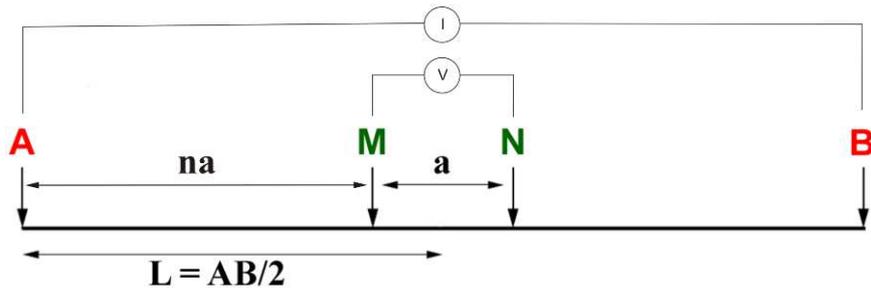
Georesistivometro ARES 200E

<b>TRANSMITTER:</b>	
POWER	Up to 300 W
CURRENT	1 A
VOLTAGE	600 V <sub>p.p</sub>
PROTECTION	ELECTR. OVERLOAD
PRECISION	0,10%
<b>RECEIVER:</b>	
INPUT IMPEDANCE	>22 M Ω
INPUT VOLTAGE RANGE	+/- 5 V DC
MAINS FREQUENCY FILTERING	50 or 60 Hz
MEASURING RESOLUTION	0,3 μV (24 bit)

Nello specifico sono state eseguite quattro stese tomografiche acquisite con configurazione elettrodica Schlumberger particolarmente adatta per la valutazione di variazioni orizzontali della resistività oltre che caratterizzato da un buon rapporto segnale/disturbo.

Al fine di evitare discrepanze tra la costante geometrica teorica dell'array e quella reale è stato importante garantire un ottimo allineamento delle stese (scostamento dalla traiettoria rettilinea inferiore al 5%).

Le stese sono state denominate con l'acronimo **ERT (Electrical Resistivity Tomography)** seguito dalla numerazione sequenziale.



Configurazione Schlumberger

	ERT1	ERT2	ERT3 e ERT4
Lunghezza stendimento	34,5 m	23,0 m	46,0 m
Interdistanza elettrodica	1,5 m	1,0 m	2,0 m
AB massimo	34,5 m	23,0 m	46,0 m
AB minimo	1,5 m	3,0 m	6,0 m
Numero elettrodi	24	24	24
Metodo utilizzato	Schlumberger	Schlumberger	Schlumberger
Numero data points	121	121	121

Tabella riassuntiva parametri di acquisizione

### 3.) ELABORAZIONE E RICOSTRUZIONE BIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO

Il valore numerico della resistività apparente misurata non è semplicemente il valore medio delle resistività degli elettrostrati incontrati dalle linee di corrente, ma è definito da una funzione più complessa in quanto dipende sia dalle resistività dei vari litotipi attraversati che dai loro spessori.

Ed è proprio grazie al fatto che la distribuzione della resistività apparente è legata allo spessore, alla localizzazione, alla forma e alla resistività dei litotipi che la corrente ha oltrepassato, che da questa misura si possono ottenere informazioni sulle discontinuità presenti nel sottosuolo.

La pseudosezione della resistività apparente (*Measured Apparent Resistivity Pseudosection*) ha quindi valore esclusivamente qualitativo in quanto ogni misura di resistività apparente raffigurata fa riferimento non al punto esatto in corrispondenza del quale essa viene attribuita convenzionalmente (centro del quadripolo a profondità funzione di A-B), bensì al considerevole volume di terreno interessato dalla circolazione di corrente introdotta da AB e misurata da MN. Per tale ragioni tale pseudosezione fornisce essenzialmente un disegno “sfocato” dell’andamento della resistività sia lateralmente che verticalmente ma non consente l’identificazione di contorni netti delimitanti bordi di strutture sepolte.

Le misure di resistività apparente ricavate sperimentalmente sono state quindi elaborate per mezzo dello specifico programma di interpretazione ed inversione tomografica bidimensionale RES2DINV ver. 3.59.

In generale il metodo inverso è un insieme organizzato di tecniche matematiche usate per analizzare i dati al fine di ottenere informazioni utili sulla realtà fisica che ha determinato l'andamento del dato misurato. Tale metodo può essere schematizzato come segue:

*dati misurati (input) → modello (filtro inverso) → stime dei parametri del modello (output)*

Nel caso della geoelettrica si deve risolvere un problema sovra-determinato (un sistema costituito da più dati che incognite), non lineare, che utilizza parametri realmente discreti o che possono essere considerati tali.

Se l'inversione è basata sulla suddivisione del sottosuolo in "voxel" omogenei, i parametri da determinare sono perciò i valori di resistività reale, i dati sono i valori di resistività apparente misurati in superficie e le risposte del modello sono le resistività apparenti calcolate tramite il modello.

Per fare ciò il programma RES2DINV discretizza il sottosuolo in un numero definito di blocchi rettangolari (non superiori ai dati acquisiti) elaborando un modello bidimensionale nel quale i valori di resistività dei singoli blocchi (*voxel*) soddisferanno i valori sperimentali acquisiti.

Uno dei parametri modificabili per la creazione di un buon modello teorico è la larghezza dei blocchi (*voxel*) con cui si discretizza il sottosuolo, la quale generalmente risulta essere pari all'interdistanza elettrodica. Tuttavia è anche possibile dimezzare tale parametro ottenendo in molti casi un modello più dettagliato e raffinato ("*model refinement*"). Data l'ottima qualità dei dati si è fatto utilizzo di questa tecnica per tutte le sezioni in esame ad eccezione della ERT4 per la quale è stata mantenuta la larghezza dei blocchi pari a l'interdistanza tra gli elettrodi.

La pseudosezione così calcolata (*Calculated Apparent Resistivity Pseudosection*) viene quindi confrontata con quella misurata (*Measured Apparent Resistivity Pseudosection*) indicato l'errore quadratico medio (RMS error), che fornisce in percentuale lo scarto tra i valori misurati e quelli calcolati: più basso è il valore, maggiore è la corrispondenza matematica tra i dati di campagna e quelli del modello. Successive iterazioni consentono di minimizzare tale errore ottenendo in fine la sezione di *resistività reale* definitiva (*Inverse Model Resistivity Section*) dalla quale è possibile ricavare informazioni sulla natura del sottosuolo, su eventuali terreni saturi o presenza di corpi sepolti.

Poiché la presenza di superfici non piane distorce il flusso della corrente iniettata la procedura di inversione ha anche tenuto conto della conformazione topografica delle sezioni ricavata dal rilievo topografico messo a disposizione.

#### **4.) RISULTANZE DELLE INDAGINI**

Durante la fase di acquisizione è apparso evidente l'ottima qualità del dato registrato. Ciò è stato garantito dall'assenza di sorgenti di disturbo elettro-magnetico e da un ottimo accoppiamento elettrodi-suolo.

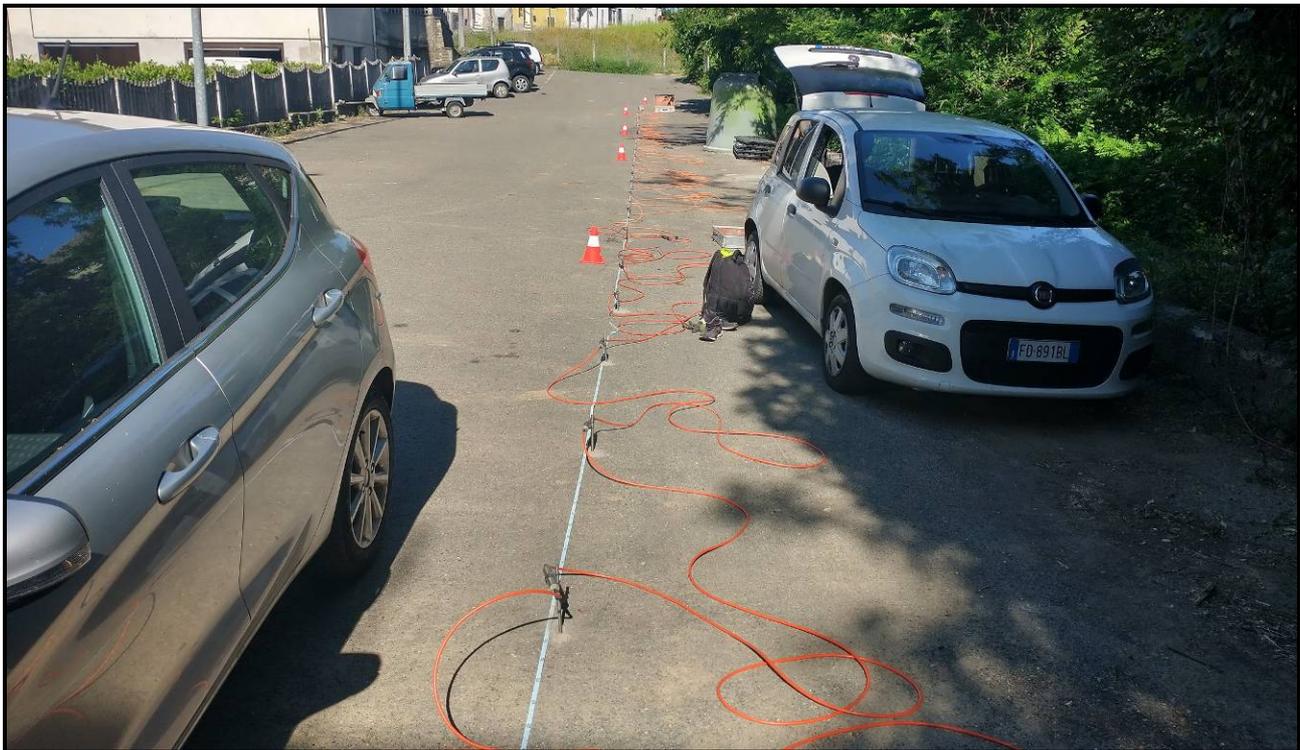
L'ulteriore screening dei dati nella fase pre-inversione non ha determinato l'esigenza di rimuovere valori anomali ("*spikes*" o "*bad data point*") in tutte le stese.

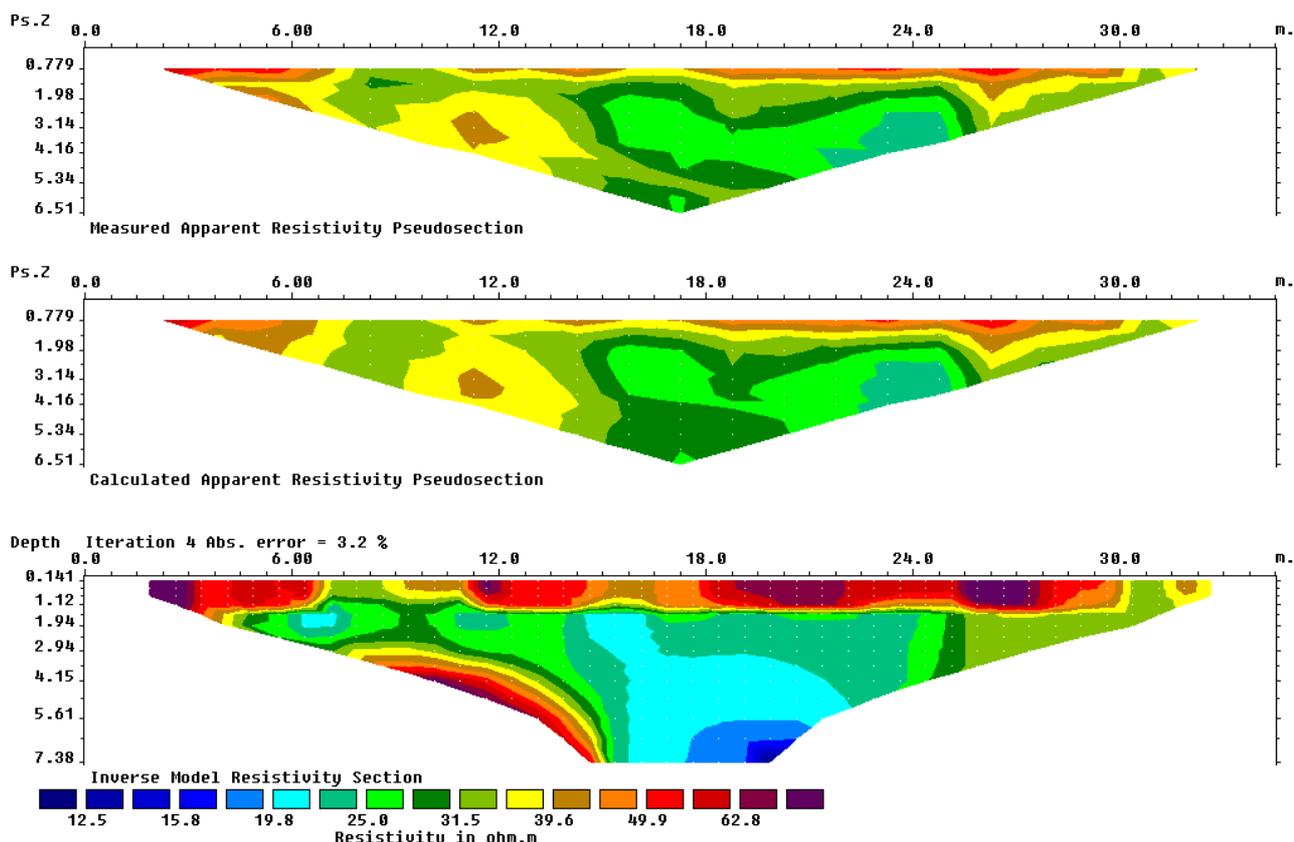
La stessa procedura di inversione non ha necessitato di un elevato numero di iterazioni (pari a 4 o 5 per le tutte stese) al fine di ottenere un modello di resistività reale più che accettabile sia dal punto di vista matematico (bassissimi valori di RMR) che dal successivo punto di vista interpretativo.

In generale i materiali presenti nell'area oggetto di studio sono connotati valori di resistività da bassi a bassissimi se si esclude l'orizzonte superficiale di riporto ove presente (spessore generalmente inferiore al 1,5 m).

Alcune anomalie a più alta resistività sono rilevabili sia nell'orizzonte superficiale (E1) sia nel sottostante orizzonte (E2). Nel primo caso possono essere associate a sottoservizi, fossi di scolo o presenza di materiali aridi. Nel secondo caso, in particolare per ERT1 ed ERT2 l'evidente zona a maggiore resistività posta a partire tra i 2-3m di profondità (lato sinistra/Est della sezione) può essere verosimilmente riconducibile all'effetto di un asse drenante generato dalla presenza di un collettore idrico intubato o, più direttamente, al materiale di rivestimento dello stesso. Sfortunatamente, gli spazi a disposizione per l'esecuzione delle due stese non hanno consentito un'indagine completa di tale anomalia.

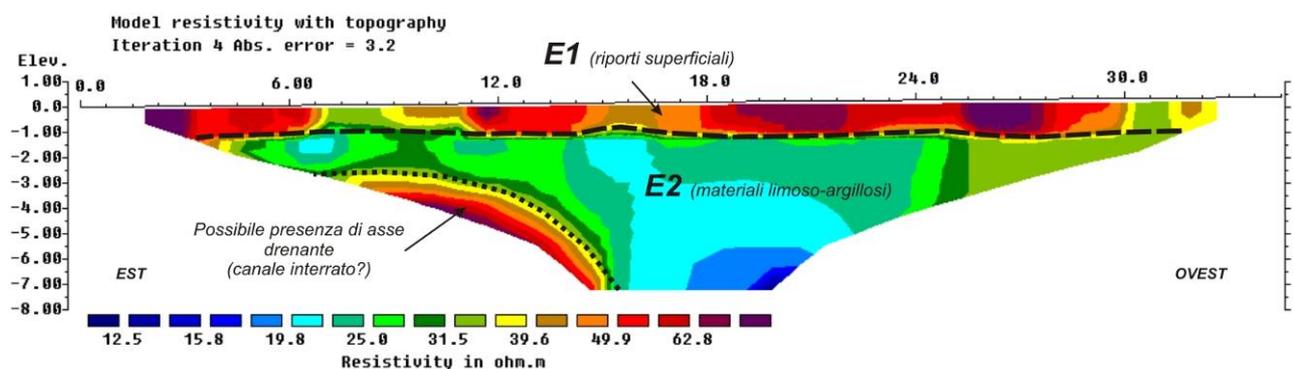
ERT1			
<i>Ubicazione</i>	<b>Via Brionte</b>	<i>Comune di:</i>	<b>Cassano Spinola</b>
<i>Orientazione:</i>	<b>da E a W</b>	<i>Lunghezza:</i>	<b>34,5 m</b>
<i>Prof. massima indagata:</i>	<b>7,5 m</b>	<i>Numero iterazioni:</i>	<b>4</b>
<i>Minima resistività:</i>	<b>10 <math>\Omega</math>*m</b>	<i>Massima resistività:</i>	<b>80 <math>\Omega</math>*m</b>





Pseudosezioni di resistività

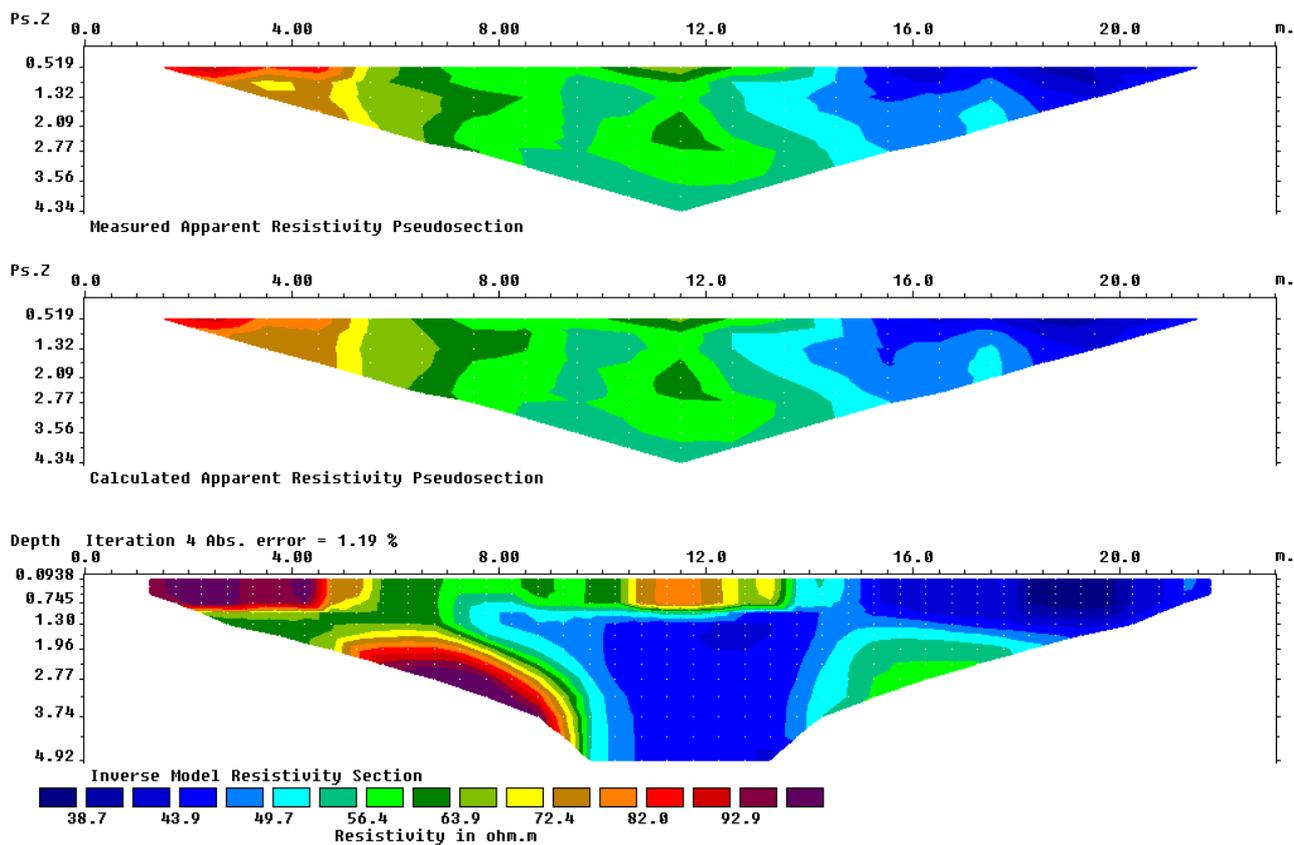
La stesa ERT1 è stata eseguita lungo un viale senza sbocco trasversale a Via Brionte. Nel primo metro e mezzo di profondità i valori di resistività risultano generalmente superiori a circa  $50 \Omega \cdot m$  e sono riferibili a materiali medio-grossolani di riporto e sottofondo stradale. A partire da profondità di circa 1,5 m i valori di resistività risultano inferiori a  $25-30 \Omega \cdot m$  e sono riferibili a materiali fini limoso-argillosi. E' tuttavia evidente una zona connotata da un aumento delle resistività posta in corrispondenza dell'estremità orientale della sezione a partire da profondità pari a circa 3 m. Tale anomalia può essere riferita ad un cambio litologico o, più verosimilmente, alla presenza di un'infrastruttura interrata che potrebbe inoltre determinare un drenaggio del materiale circostante e quindi un aumento delle resistività. Tuttavia, dati gli spazi a disposizione per l'esecuzione della stesa, non è stato possibile indagare l'interesse di tale elemento.



Modello di resistività reale

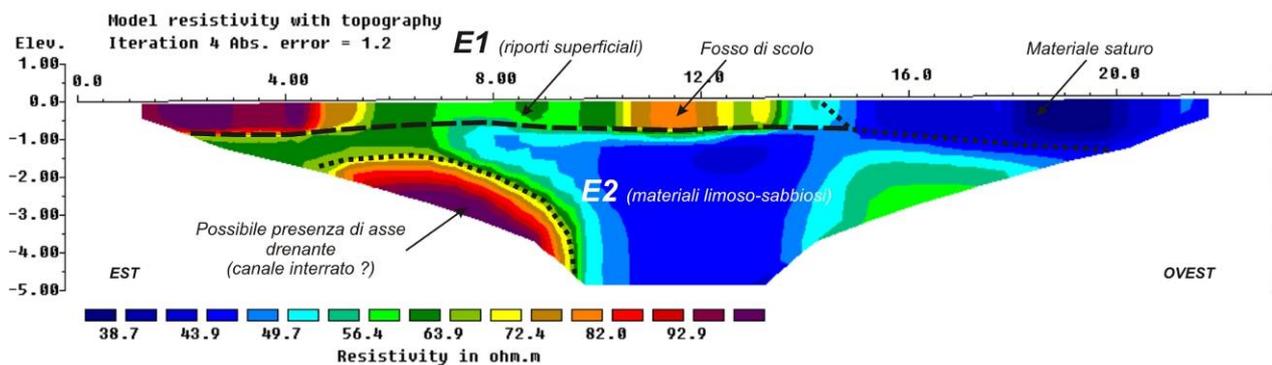
ERT2			
<i>Ubicazione</i>	<b>Via Brionte</b>	<i>Comune di:</i>	<b>Cassano Spinola</b>
<i>Orientazione:</i>	<b>da E a W</b>	<i>Lunghezza:</i>	<b>23,5 m</b>
<i>Prof. massima indagata:</i>	<b>5 m</b>	<i>Numero iterazioni:</i>	<b>4</b>
<i>Minima resistività:</i>	<b>40 <math>\Omega</math>*m</b>	<i>Massima resistività:</i>	<b>110 <math>\Omega</math>*m</b>





*Pseudosezioni di resistività*

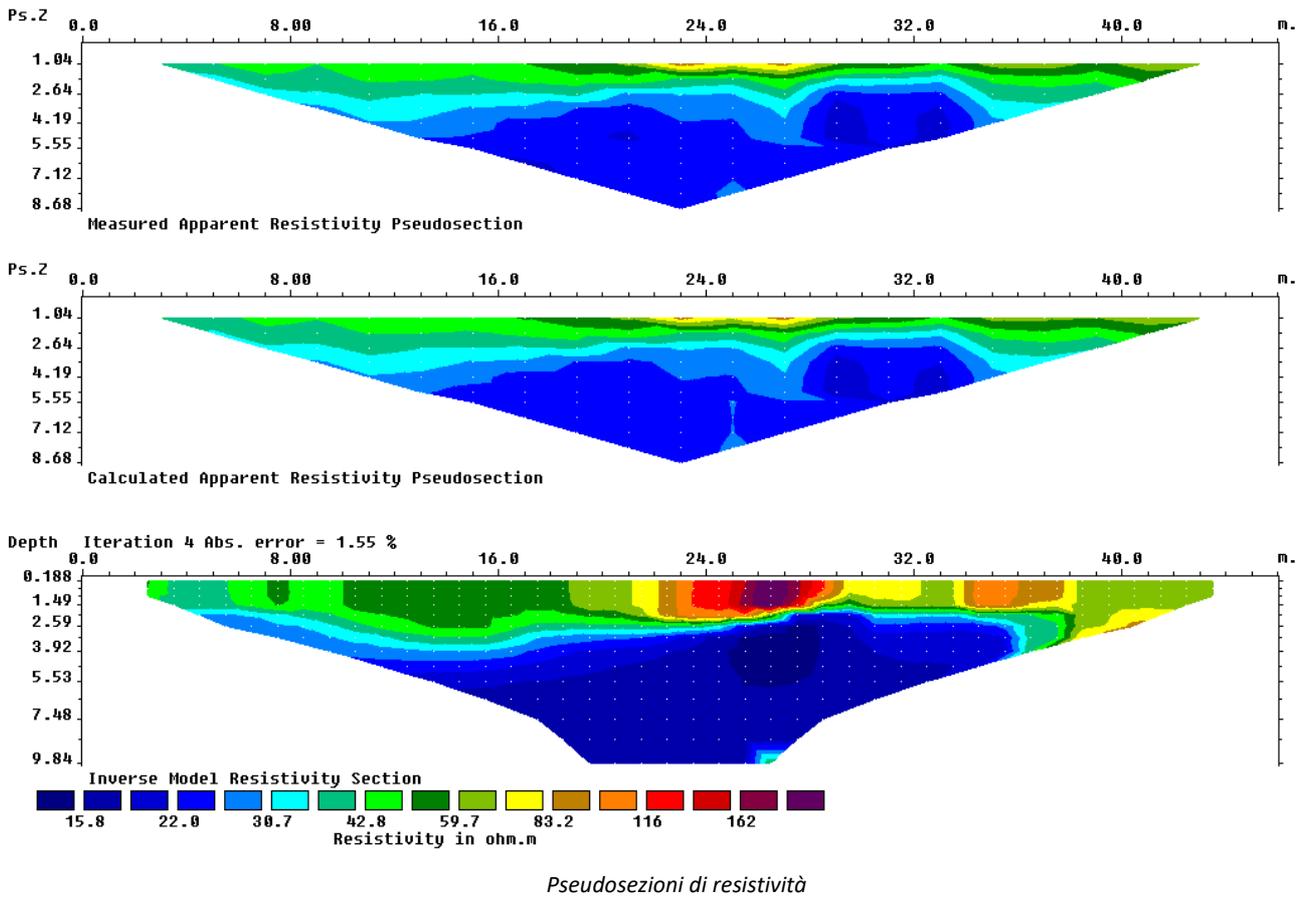
La stesa ERT2 è stata eseguita parallelamente alla stesa ERT1 (da cui si discosta circa 40 m verso sud) e all'interno di una corte trasversale a Via Brionte. Nel primo metro di profondità i valori di resistività risultano generalmente superiori a circa  $50 \Omega \cdot m$  e sono riferibili a materiali medio-grossolani di riporto. In corrispondenza della porzione ovest della stesa, a partire da 14 m, tali materiali si presentano decisamente bagnati e/o con frazione fine non trascurabile. Ciò determina una notevole diminuzione in termini di resistività. A partire da profondità di circa 1 m i valori di resistività risultano inferiori a  $50 \Omega \cdot m$  e sono riferibili a materiali fini limoso-sabbiosi bagnati. E' tuttavia evidente una zona connotata da un aumento delle resistività posta in corrispondenza dell'estremità orientale della sezione a partire da profondità pari a circa 2 m. Tale anomalia, similmente a quanto evidenziato per ERT1, può essere riferita ad un cambio litologico o, più verosimilmente, alla presenza di un'infrastruttura interrata che potrebbe inoltre determinare un drenaggio del materiale circostante e quindi un aumento delle resistività. Tuttavia, dati gli spazi a disposizione per l'esecuzione della stesa, non è stato possibile indagare l'interesse di tale elemento. Il posizionamento di tale anomalia è ottimamente correlabile con quanto riscontrato per ERT1



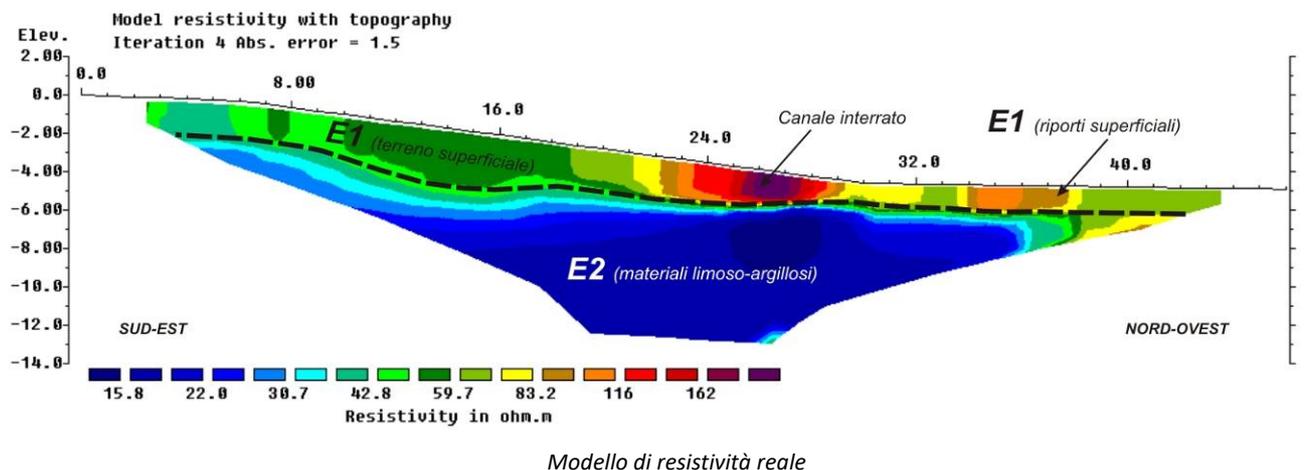
Modello di resistività reale

ERT3			
<i>Ubicazione</i>	<b>Via Garigliano</b>	<i>Comune di:</i>	<b>Cassano Spinola</b>
<i>Orientazione:</i>	<b>da SE a NW</b>	<i>Lunghezza:</i>	<b>46 m</b>
<i>Prof. massima indagata:</i>	<b>10 m</b>	<i>Numero iterazioni:</i>	<b>4</b>
<i>Minima resistività:</i>	<b>15 <math>\Omega</math>*m</b>	<i>Massima resistività:</i>	<b>250 <math>\Omega</math>*m</b>

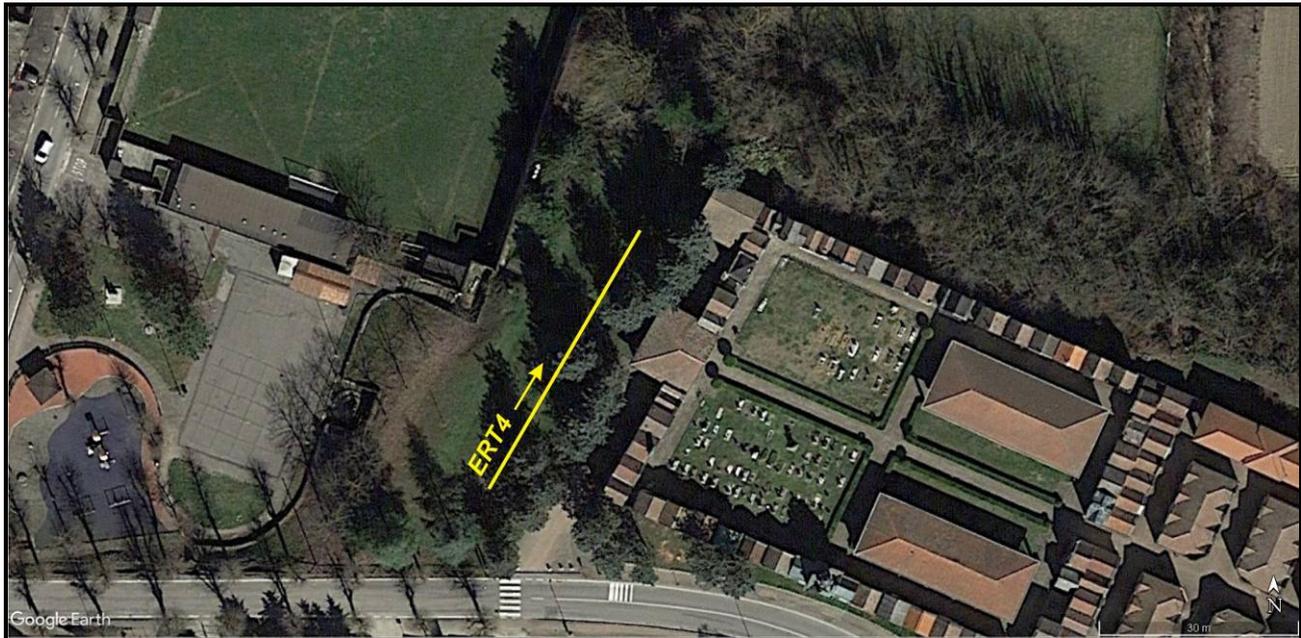


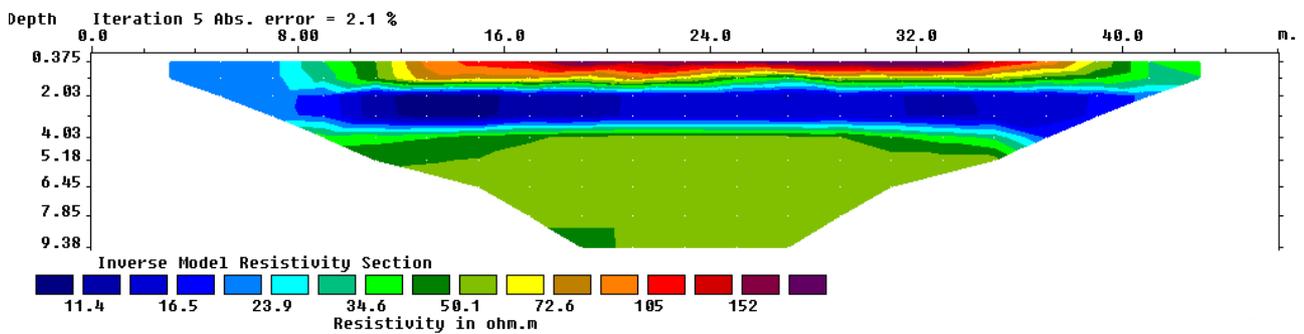
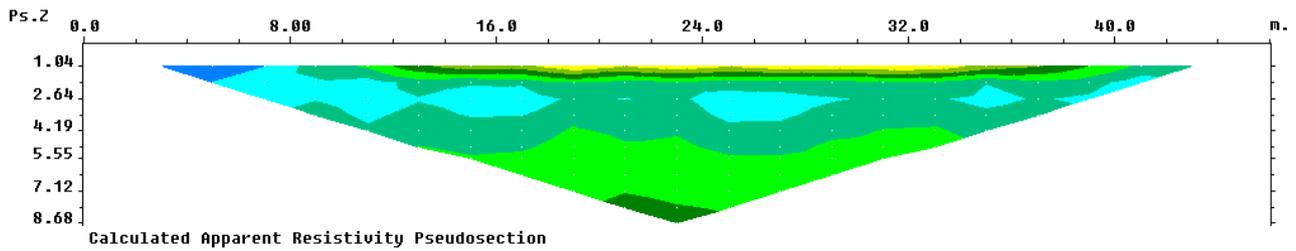
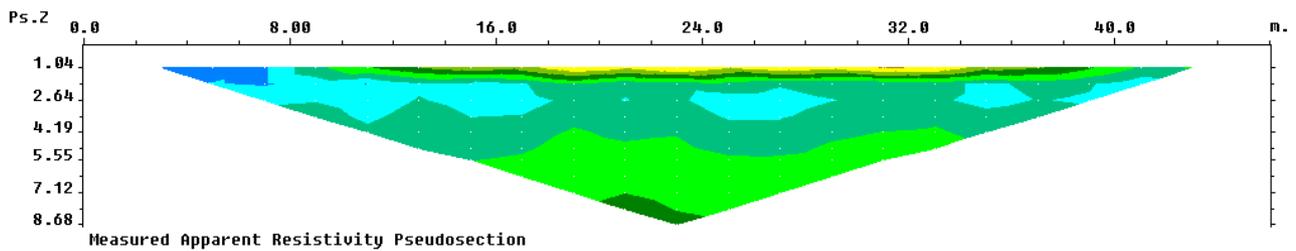


La stesa ERT3 è stata eseguita all'interno di una corte trasversale a Via Garigliano corrispondente alla terminazione sud-orientale dell'abitato di Cassano Spinola. Il tratto iniziale della stesa lambisce l'imbocco del collettore idrico che attraversa intubato l'agglomerato. Lo spessore dell'orizzonte superficiale (resistività comprese tra 40-80  $\Omega \cdot m$ ) varia tra 1-2,5 m ed è rappresentato da materiali eluvio-colluviali nella prima metà della stesa, e da materiali di riporto nella seconda metà sviluppata nel cortile. All'interno di tale orizzonte superficiale è ben evidente l'anomalia ad elevata resistività posta tra le progressive 24 e 28 m circa, riferibile alla presenza del collettore idrico interrato. A profondità superiori i valori di resistività risultano sempre inferiori a 20  $\Omega \cdot m$  e sono riferibili a materiali fini limoso-argillosi bagnati.



<b>ERT4</b>			
<i>Ubicazione</i>	<b>Zona cimitero</b>	<i>Comune di:</i>	<b>Cassano Spinola</b>
<i>Orientazione:</i>	<b>da SW a NE</b>	<i>Lunghezza:</i>	<b>46 m</b>
<i>Prof. massima indagata:</i>	<b>10 m</b>	<i>Numero iterazioni:</i>	<b>5</b>
<i>Minima resistività:</i>	<b>10 <math>\Omega</math>*m</b>	<i>Massima resistività:</i>	<b>240 <math>\Omega</math>*m</b>





*Pseudosezioni di resistività*

La stesa ERT4 è stata eseguita lungo la scarpata limitante ad occidente l'area cimiteriale comunale. Sono stati individuati tre orizzonti a differente comportamento elettrico: l'orizzonte superficiale (E1), avente spessore inferiore a 1





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

**CERTIFICATO DI PROVA  
TEST REPORT**

**1903**

**21.276**

**000**

**pagine del documento - document pages**

**4**

Verbale - *Acceptance report*  
Committente - *Commissioner*  
Località - *Locality*  
Cantiere - *Investigation site*

1903  
PUDDU GEOL. MARCO  
CASSANO SPINOLA (AL)  
RIASSETTO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

## DATI IDENTIFICATIVI DEI CAMPIONI E PROVE ESEGUITE

### *Samples identification and performed tests*

Sondaggio <i>Borehole</i>	Campione <i>Sample</i>	Profondità <i>Depth</i>	Prove eseguite - <i>Performed tests</i>
S1	C1	2.00- 2.60 m	Peso di volume ed umidità naturale, peso specifico dei grani, limiti di consistenza di Atterberg, analisi granulometrica meccanica e con il metodo del densimetro, taglio diretto, CD, in scatola di Casagrande, triassiale consolidata isotropicamente non drenata (CIU).
S2	C1	4.50- 5.10 m	Peso di volume ed umidità naturale, peso specifico dei grani, limiti di consistenza di Atterberg, analisi granulometrica meccanica e con il metodo del densimetro, taglio diretto, CD, in scatola di Casagrande, triassiale consolidata isotropicamente non drenata (CIU).
S2	C2	6.00- 6.50 m	Triassiale non consolidata non drenata (UU).
S3	C1	4.30- 4.80 m	Peso di volume ed umidità naturale, peso specifico dei grani, limiti di consistenza di Atterberg, analisi granulometrica meccanica e con il metodo del densimetro, triassiale consolidata isotropicamente non drenata (CIU).
S3	C2	5.50- 5.90 m	Triassiale non consolidata non drenata (UU).
S3	C3	8.30- 8.80 m	Triassiale non consolidata non drenata (UU).
S3	C4	12.10- 12.60 m	Triassiale non consolidata non drenata (UU).

### Note - *Remarks:*

Il nostro laboratorio esegue le prove commissionate secondo le norme di riferimento riportate su ogni certificato; il laboratorio segue inoltre le raccomandazioni contenute nella norma UNI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura". Questi risultati sono per uso esclusivo del cliente per il quale sono stati ottenuti. Essi sono applicabili solamente ai campioni testati e non sono indicativi di campioni apparentemente simili.  
*These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not indicative of apparently identical samples.*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

*Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 001
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S1</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>2.00- 2.60 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.78
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	96.08
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	90.16
Volume fustella tarata (cm <sup>3</sup> ) <i>Sampling tube volume</i>	14.88

<b>Umidità naturale (%) - <i>Water content</i></b>	<b>30.52</b>
<b>Massa volumica umida (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Bulk density</i></b>	<b>1699.48</b>
<b>Massa volumica secca (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Dry density</i></b>	<b>1302.07</b>

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO SPECIFICO DEI GRANI

*PARTICLE DENSITY - PYCNOMETER METHOD*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-3**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 002
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S1</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>2.00- 2.60 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.78
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	96.08
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	90.16
Massa picnometro + campione (g) <i>Pycnometer weight + dried specimen</i>	128.65
Massa picnometro + tappo + acqua (g) <i>Pycnometer weight + plug + water</i>	194.99
Massa picn. + tappo + acqua + camp. (g) <i>Pycnometer weight + plug + water + spec.</i>	235.38
Contentuto in acqua (%) - <i>Water content</i>	30.52
Massa volumica umida $\text{kg/m}^3$ - <i>Bulk density</i>	1699.48
Massa volumica secca ( $\text{kg/m}^3$ ) <i>Dried bulk density</i>	1302.07
<b>Massa specifica dei grani (<math>\text{kg/m}^3</math>) <i>Particle density</i></b>	<b>2623.06</b>
Indice dei vuoti - <i>Void index</i>	1.01
Porosità (%) - <i>Porosity</i>	50.36
Umidità di saturazione (%) <i>Water saturation content</i>	38.68
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	78.91

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

## ANALISI GRANULOMETRICA

### PARTICLE SIZE ANALYSIS

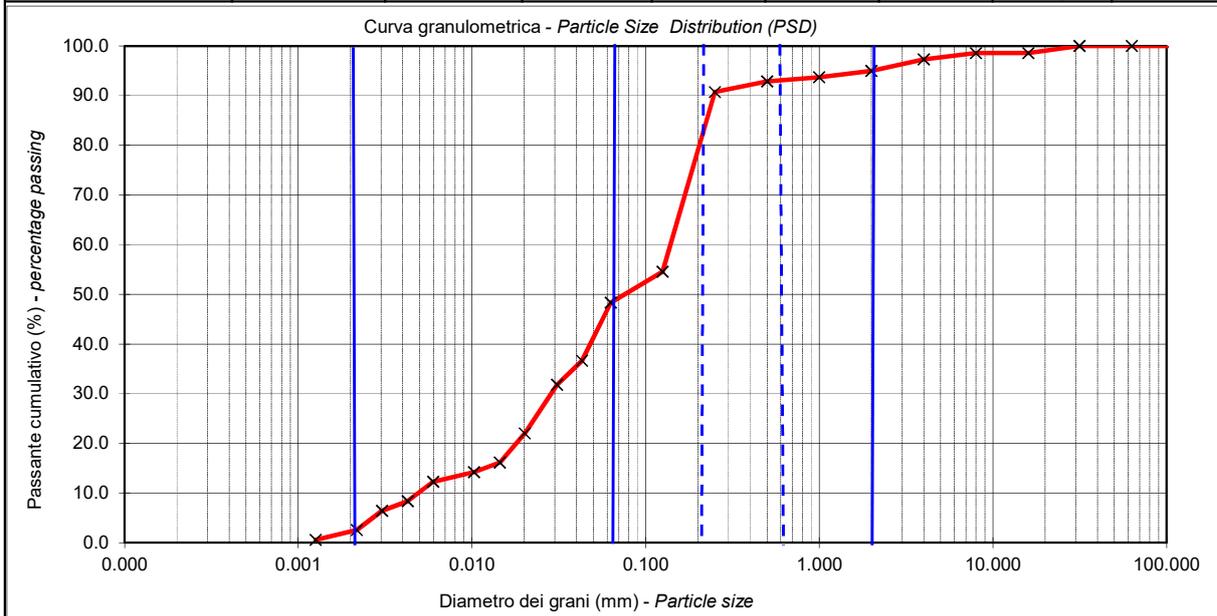
Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

#### Technical specification

Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date	1903- 21.276- 003 1903 PUDDU GEOL. MARCO CASSANO SPINOLA (AL) RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO <b>S1</b> <b>C1</b> <b>2.00 - 2.60 m</b> 09/06/2021 09/06/2021 18/06/2021 18/06/2021 09/06/2021
---	---

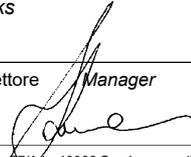
SETACCIATURA - SIEVES TEST			SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST		
Massa campione (g) - Specimen weight		607.80	Massa campione (g) - Specimen weight		40.32
Setaccio (mm) Sieve diameter	Peso (g) Mass retained	Passante (%) Percentage passing	Diametro (mm) Particle size	Lettura Data	Passante (%) Percentage passing
125	0.00	100.00	0.043	22.5	36.65
63	0.00	100.00	0.031	20.0	31.77
31.5	0.00	100.00	0.020	15.0	22.03
16	8.57	98.59	0.014	12.0	16.18
8	0.00	98.59	0.010	11.0	14.23
4	7.93	97.29	0.006	10.0	12.28
2	14.06	94.97	0.004	8.0	8.38
1	7.50	93.74	0.0030	7.0	6.43
0.5	5.28	92.87	0.0022	5.0	2.53
0.25	12.95	90.74	0.0013	4.0	0.58
0.125	219.84	54.57			
0.063	37.92	48.33			

Granulometria A.G.I. PSD	Ghiaia (%) Gravel	6.26	Sabbia (%) Sand	47.17	Limo (%) Silt	44.40	Argilla (%) Clay	2.17
-----------------------------	----------------------	------	--------------------	-------	------------------	-------	---------------------	------



<b>D<sub>10</sub></b> (mm) 0.005	<b>D<sub>60</sub></b> (mm) 0.144
Agente disperdente - dispersing agent: Sodium hexametaphosphate	temperatura di prova (°) - temperature 21

Note - Remarks

Direttore <i>Manager</i> 	Sperimentatore <i>Technician</i> 
---	--



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

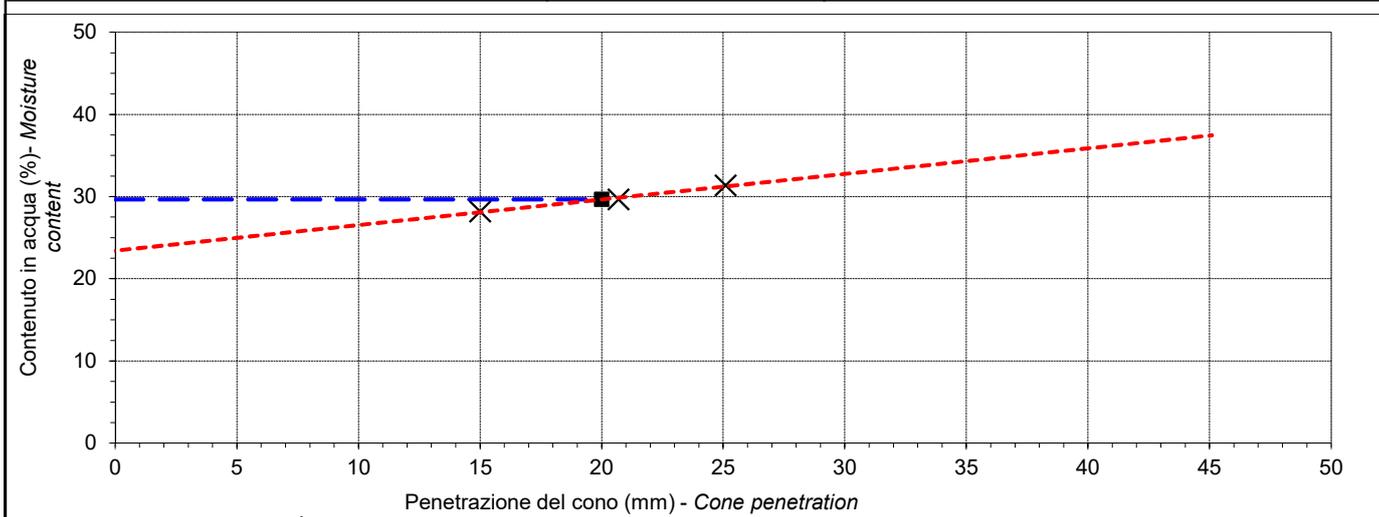
### Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 004
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S1</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>2.00- 2.60 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	15.00	20.70	25.10
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	62.22	62.50	71.93
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	75.64	76.49	89.11
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	72.69	73.29	85.01
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	28.18	29.66	31.35

<b>Limite liquido (%) - <i>Liquid limit</i></b>	<b>29.6</b>
---	-------------

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	-	-	differenza percentuale -
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	-	-	
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	-	-	
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	N.P.	N.P.	
<b>Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i></b>	<b>N.P.</b>		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

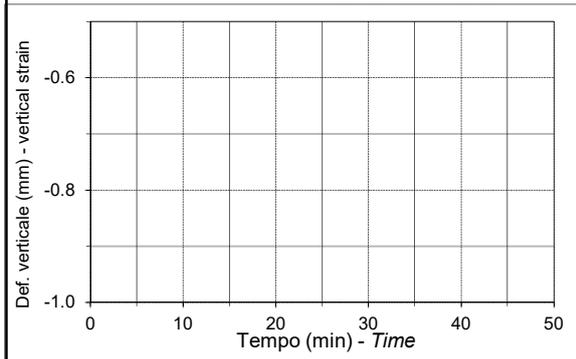
Technical specification

Certificato - Test report	1903- 21.276- 005
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIAN
Sondaggio - Borehole	<b>S1</b>
Campione - Sample	<b>C1</b>
Profondità - Depth	<b>2.00- 2.60 m</b>
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021
Classe del campione - Sample quality	Q4

Umidità iniziale - Initial water content	%	30.52		
Densità naturale iniziale - Initial wet density	kg/m <sup>3</sup>	1699.48		
Densità secca iniziale - Initial dry density	kg/m <sup>3</sup>	1302.07		
Provino - Specimen id	n°	1	2	3
Lato - Specimen side	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - Initial specimen height	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - Strain rate	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione - Consolidation pressure	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - Final water content	%	33.12	32.52	31.03

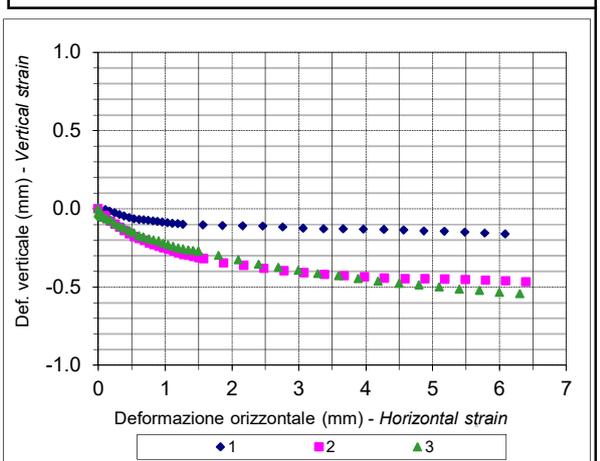
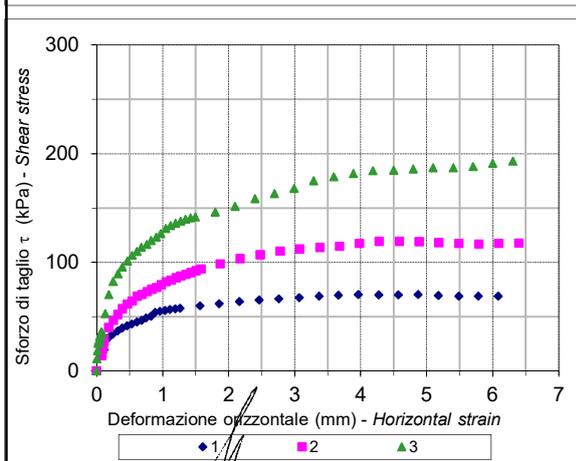
### Fase di consolidazione - Consolidation test

### Note - Remarks



Sabbia con limo di colore marrone scuro giallastro. Presenta livelli francamente più sabbiosi.

Pocket Penetrometer	-	kg/cm <sup>2</sup>
Tor Vane	-	kg/cm <sup>2</sup>



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,14%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## TAGLIO DIRETTO

### DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - Test report 1903- 21.276- 005  
Verbale - Acceptance report 1903

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1		0.11	0.01	19.53	0.08	0.05	13.85	0.01	0.03	11.26
6		0.17	0.02	30.56	0.08	0.05	16.21	0.01	0.03	18.65
12		0.24	0.03	33.96	0.09	0.05	20.34	0.02	0.03	25.40
24		0.32	0.04	36.79	0.10	0.05	23.88	0.03	0.04	26.69
30		0.39	0.05	39.62	0.11	0.05	26.82	0.03	0.04	26.05
60		0.46	0.06	41.60	0.12	0.06	29.48	0.03	0.04	25.73
90		0.53	0.06	43.30	0.19	0.08	39.79	0.04	0.04	26.69
120		0.61	0.07	45.28	0.25	0.10	46.57	0.04	0.05	28.62
180		0.68	0.07	46.69	0.32	0.12	51.88	0.05	0.05	30.87
240		0.75	0.07	48.96	0.39	0.14	57.19	0.05	0.05	32.80
300		0.82	0.08	50.65	0.47	0.16	61.31	0.06	0.05	34.41
360		0.88	0.08	53.77	0.54	0.18	64.56	0.07	0.05	35.69
420		0.96	0.09	54.90	0.61	0.19	68.68	0.08	0.05	35.69
480		1.04	0.09	55.75	0.69	0.20	70.45	0.13	0.06	52.74
540		1.11	0.09	56.60	0.77	0.22	72.81	0.19	0.07	70.42
600		1.19	0.09	57.16	0.84	0.23	75.17	0.25	0.09	82.32
900		1.27	0.10	57.73	0.91	0.24	76.64	0.32	0.11	89.40
1200		1.57	0.10	59.99	0.98	0.25	79.29	0.39	0.12	95.83
1500		1.86	0.11	61.97	1.06	0.26	81.95	0.47	0.14	101.30
1800		2.16	0.11	63.95	1.13	0.27	83.42	0.54	0.15	106.44
2100		2.46	0.11	65.37	1.21	0.28	85.78	0.61	0.17	109.98
2400		2.76	0.12	66.50	1.28	0.29	87.25	0.68	0.18	113.84
2700		3.07	0.12	67.63	1.36	0.30	88.73	0.76	0.19	116.41
3000		3.37	0.13	69.05	1.43	0.31	90.50	0.82	0.20	119.95
3300		3.66	0.13	69.90	1.51	0.31	92.27	0.90	0.21	123.16
3600		3.97	0.13	70.46	1.58	0.32	93.74	0.97	0.22	126.38
4200		4.27	0.13	70.18	1.88	0.35	98.46	1.05	0.23	131.20
4800		4.57	0.14	70.18	2.18	0.36	103.17	1.12	0.24	133.77
5400		4.87	0.14	70.46	2.48	0.38	107.00	1.20	0.25	136.03
6000		5.18	0.14	69.61	2.78	0.40	110.25	1.27	0.26	137.96
7200		5.49	0.15	69.05	3.08	0.41	112.31	1.35	0.26	139.56
8400		5.78	0.16	69.05	3.38	0.42	113.49	1.42	0.27	140.85
9600		6.08	0.16	69.05	3.68	0.43	114.67	1.50	0.27	141.81
10800					3.98	0.44	117.32	1.80	0.30	146.32
12000					4.28	0.44	119.09	2.10	0.33	151.46
13200					4.59	0.45	119.09	2.40	0.35	158.54
14400					4.89	0.45	118.79	2.70	0.37	163.36
16800					5.19	0.45	118.21	2.99	0.39	168.18
19200					5.49	0.45	117.32	3.29	0.42	174.94
21600					5.79	0.46	116.73	3.59	0.43	178.80
28800					6.10	0.46	117.32	3.89	0.45	181.69
36000					6.40	0.47	117.62	4.19	0.46	184.26
45600								4.50	0.48	184.91
54000								4.80	0.49	185.87
72000								5.10	0.50	187.16
79200								5.40	0.51	187.16
82800								5.70	0.52	188.12
86400								6.00	0.53	191.34
								6.31	0.54	193.27

Note - Remarks

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori





# GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 006
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S1
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	2.00- 2.60 m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe del campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Pocket penetrometer ( kg/cm <sup>2</sup> ):	-		
Tor vane. ( kg/cm <sup>2</sup> ):	-		
Umidità naturale (%) - <i>Natural water content</i>	30.52		
Massa volumica umida kg/m <sup>3</sup> - <i>Bulk density</i>	1699.48		
Massa volumica secca (kg/m <sup>3</sup> ) <i>Dried bulk density</i>	1302.07		
Massa specifica dei grani kg/m <sup>3</sup> <i>Particle density</i>	2623.06		
Indice dei vuoti - <i>Void ratio</i>	1.01		
Umidità di saturazione (%) <i>Saturation water content</i>	78.91		
Ghiaia (%) - <i>Gravel</i>	6.26		
Sabbia (%) - <i>Sand</i>	47.17		
Limo (%) - <i>Silt</i>	44.40		
Argilla (%) - <i>Clay</i>	2.17		
Limite liquido (%) <i>Liquid limit</i>	30		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	N.P.		
Indice plastico - <i>Plastic index</i>	0		
Provino - <i>Specimen</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Altezza iniziale - <i>Initial height</i>	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione <i>Height after consolidation</i>	75.75	74.82	74.36
Area provino - <i>Specimen area</i>	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione <i>Area after consolidation</i>	11.42	11.13	10.98
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	91.65	91.65	91.65
Umidità finale (%) - <i>Final water content</i>	32.47	32.12	32.02
$\sigma_3$ (kPa)	150	250	250
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - <i>Shear rate</i>	0.0125	0.0125	0.0125

### Note - Remarks

Sabbia con limo di colore marrone scuro giallastro. Presenta livelli francamente più sabbiosi.

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail [laboratorio.geotea@database.it](mailto:laboratorio.geotea@database.it)  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 006  
1903

Studio della consolidazione - Consolidation test

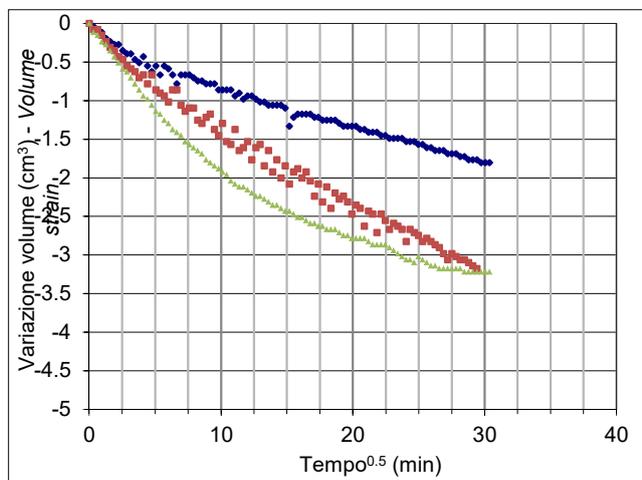
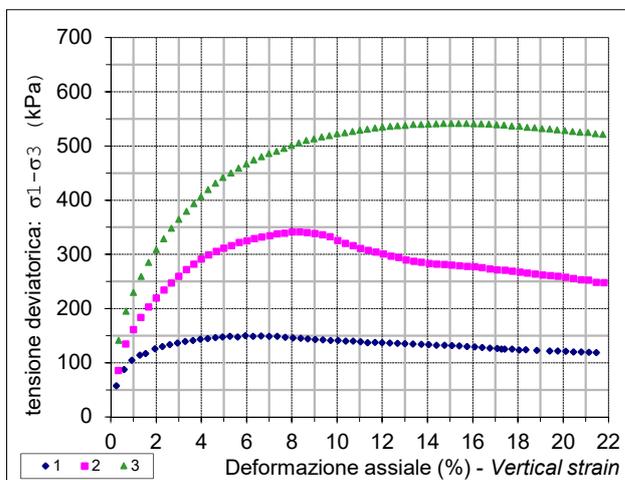
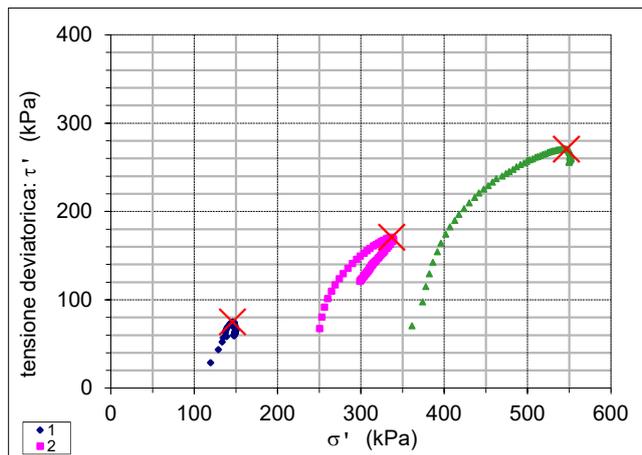


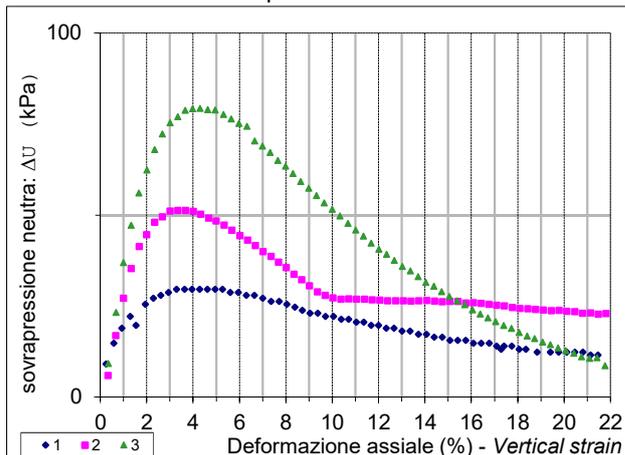
Grafico sforzi / deformazioni - Stress / strain graph



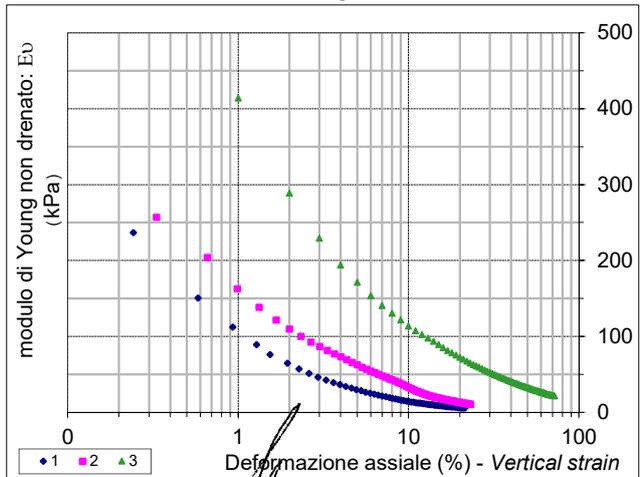
Stress Path



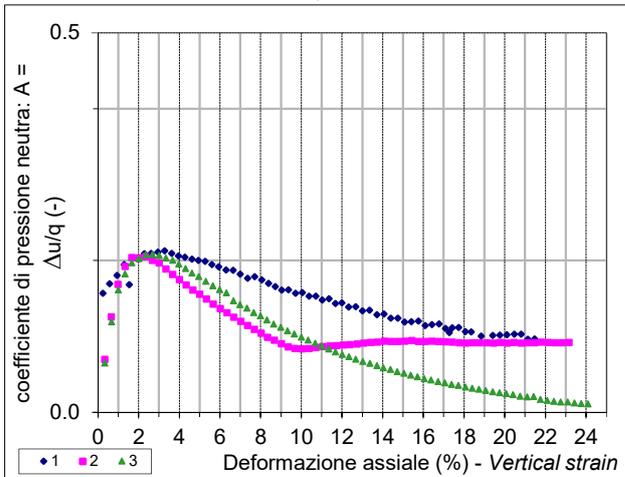
Sovrappressione neutra



Modulo di Young non drenato



Coefficiente di pressione neutra



Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTEAs.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 006  
1903

Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)
0.58	87.26	14.78	0.66	134.76	16.91	0.68	194.83	23.17
0.93	104.71	18.89	0.99	161.00	27.15	1.00	229.42	36.92
1.28	114.03	22.18	1.33	183.49	35.28	1.34	258.86	47.15
1.54	117.15	19.71	1.67	203.18	41.40	1.67	284.86	56.03
1.95	125.74	25.47	2.00	219.22	44.64	2.01	308.20	62.36
2.28	129.83	27.12	2.34	234.25	48.02	2.34	328.17	67.99
2.61	133.33	27.94	2.68	247.44	49.48	2.68	347.98	72.21
2.94	136.24	28.76	3.01	259.66	51.07	3.01	364.46	75.30
3.28	139.12	29.59	3.34	271.79	51.32	3.34	379.20	77.03
3.63	141.40	29.59	3.67	282.12	51.26	3.67	393.07	78.73
3.96	143.70	29.59	4.00	291.50	50.99	3.98	406.09	79.21
4.28	144.87	29.59	4.33	299.09	50.20	4.30	418.99	79.23
4.62	146.57	29.59	4.67	305.76	49.19	4.63	430.98	78.93
4.94	147.72	29.59	5.00	311.52	48.38	4.96	441.30	78.81
5.27	148.86	29.59	5.34	316.37	47.21	5.31	449.87	77.58
5.61	147.78	28.76	5.68	322.01	45.81	5.65	458.41	76.38
5.94	149.97	28.76	6.02	325.07	44.34	5.98	466.10	75.17
6.30	148.87	27.94	6.35	328.97	43.15	6.32	473.73	74.38
6.65	149.39	27.94	6.68	332.00	41.63	6.66	479.75	70.33
7.00	148.83	27.12	7.02	334.12	40.00	6.99	485.76	68.88
7.36	148.78	26.29	7.36	337.90	38.64	7.32	490.14	67.13
7.71	147.15	26.29	7.68	339.21	37.07	7.66	495.27	64.96
8.05	146.08	25.47	8.02	341.27	35.57	7.99	500.34	63.43
8.39	145.01	24.65	8.35	341.71	33.77	8.31	505.41	61.34
8.71	143.97	23.83	8.68	340.48	32.25	8.64	509.65	59.19
9.04	142.93	23.00	9.02	338.40	30.60	8.98	513.01	57.35
9.38	142.40	23.00	9.36	336.32	28.92	9.32	516.35	55.34
9.71	141.35	22.18	9.69	332.64	27.94	9.66	518.92	53.30
10.05	140.82	22.18	10.03	325.73	27.27	10.00	522.18	51.50
10.39	139.78	21.36	10.37	320.47	26.90	10.34	523.92	49.66
10.71	139.79	21.36	10.71	316.04	26.94	10.69	526.32	47.66
11.04	138.77	20.54	11.04	310.87	26.92	11.02	528.79	45.88
11.36	137.24	20.54	11.39	307.30	26.84	11.34	530.51	44.15
11.69	137.76	19.71	11.72	304.54	26.67	11.69	532.86	42.26
12.00	136.76	19.71	12.06	301.01	26.65	12.02	534.51	40.61
12.33	136.24	18.89	12.39	296.72	26.42	12.35	536.12	39.19
12.67	135.64	18.89	12.73	294.00	26.42	12.68	537.00	37.48
13.01	135.11	18.07	13.07	289.74	26.44	13.02	537.74	35.81
13.36	134.57	18.07	13.40	287.08	26.35	13.37	539.20	34.58
13.73	134.00	17.25	13.74	285.20	26.40	13.71	539.21	33.05
14.06	133.48	17.25	14.08	283.28	26.54	14.04	539.98	31.44
14.40	132.46	16.43	14.42	282.18	26.35	14.38	540.68	30.40
14.75	132.41	16.43	14.75	281.08	26.15	14.72	541.38	28.93
15.08	131.41	15.60	15.08	279.98	26.27	15.05	541.37	27.58
15.41	130.89	15.60	15.42	278.87	26.31	15.38	541.37	26.38
15.75	129.88	15.60	15.76	277.75	25.85	15.72	541.33	25.28
16.09	129.36	14.78	16.09	277.42	25.90	16.05	540.60	23.88
16.43	127.88	14.78	16.43	275.55	25.75	16.38	540.51	22.79
16.76	126.88	14.78	16.76	272.97	25.48	16.72	539.70	21.68
17.09	126.38	13.96	17.09	271.13	25.18	17.06	538.90	20.68
17.41	125.41	13.96	17.43	270.77	25.04	17.39	538.09	19.62
17.74	124.92	13.96	17.76	268.93	24.58	17.73	536.59	18.78
18.06	123.48	13.14	18.09	267.11	24.37	18.06	535.74	17.71
18.36	123.98	13.14	18.43	265.28	24.24	18.40	534.19	16.71
17.28	125.14	13.14	18.77	263.44	24.08	18.73	533.39	16.00
18.84	122.77	12.32	19.11	261.63	23.91	19.07	531.84	15.06
19.41	121.91	12.32	19.45	260.53	23.74	19.41	530.96	14.29
19.76	121.38	12.32	19.78	259.44	23.83	19.74	529.43	13.45
20.11	120.85	12.32	20.12	257.63	23.51	20.07	527.89	12.70
20.47	119.86	12.32	20.46	255.12	23.45	20.42	526.29	11.97
20.80	119.80	12.32	20.80	253.31	23.05	20.75	525.38	11.01
21.14	119.29	11.50	21.13	252.23	23.07	21.10	524.40	10.59
21.47	118.80	11.50	21.47	248.34	22.76	21.42	522.23	10.76
21.80	118.75	11.50	21.81	247.98	22.91	21.76	521.28	8.56
22.13	118.25	11.50	22.15	246.20	22.64	22.08	519.80	8.00
22.46	118.19	10.67	22.48	244.43	22.41	22.42	518.18	7.35
			22.82	243.38	22.30	22.76	517.20	6.89
			23.16	242.31	22.24	23.10	514.89	6.79
			23.49	241.27	22.18	23.44	513.92	6.24
			23.83	240.89	22.03	23.76	511.72	5.70
			24.16	239.84	22.38	24.09	510.77	5.53
			24.49	239.46	22.30			
			24.83	238.39	22.20			
			25.16	237.35	22.28			
			25.49	230.26	21.82			

Direttore *Manfred*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

*Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 007
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S2</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.50- 5.10 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.74
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	97.45
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	92.49
Volume fustella tarata (cm <sup>3</sup> ) <i>Sampling tube volume</i>	14.88

<b>Umidità naturale (%) - <i>Water content</i></b>	<b>22.83</b>
<b>Massa volumica umida (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Bulk density</i></b>	<b>1794.88</b>
<b>Massa volumica secca (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Dry density</i></b>	<b>1461.30</b>

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail [laboratorio.geotea@database.it](mailto:laboratorio.geotea@database.it)  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO SPECIFICO DEI GRANI

*PARTICLE DENSITY - PYCNOMETER METHOD*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-3**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 008
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S1</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>2.00- 2.60 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.74
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	97.45
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	92.49
Massa picnometro + campione (g) <i>Pycnometer weight + dried specimen</i>	127.93
Massa picnometro + tappo + acqua (g) <i>Pycnometer weight + plug + water</i>	194.24
Massa picn. + tappo + acqua + camp. (g) <i>Pycnometer weight + plug + water + spec.</i>	234.27
Contentuto in acqua (%) - <i>Water content</i>	22.83
Massa volumica umida kg/m <sup>3</sup> - <i>Bulk density</i>	1794.88
Massa volumica secca (kg/m <sup>3</sup> ) <i>Dried bulk density</i>	1461.30
<b>Massa specifica dei grani (kg/m<sup>3</sup>) <i>Particle density</i></b>	<b>2618.55</b>
Indice dei vuoti - <i>Void index</i>	0.79
Porosità (%) - <i>Porosity</i>	44.19
Umidità di saturazione (%) <i>Water saturation content</i>	30.24
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	75.48

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

## ANALISI GRANULOMETRICA

### PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

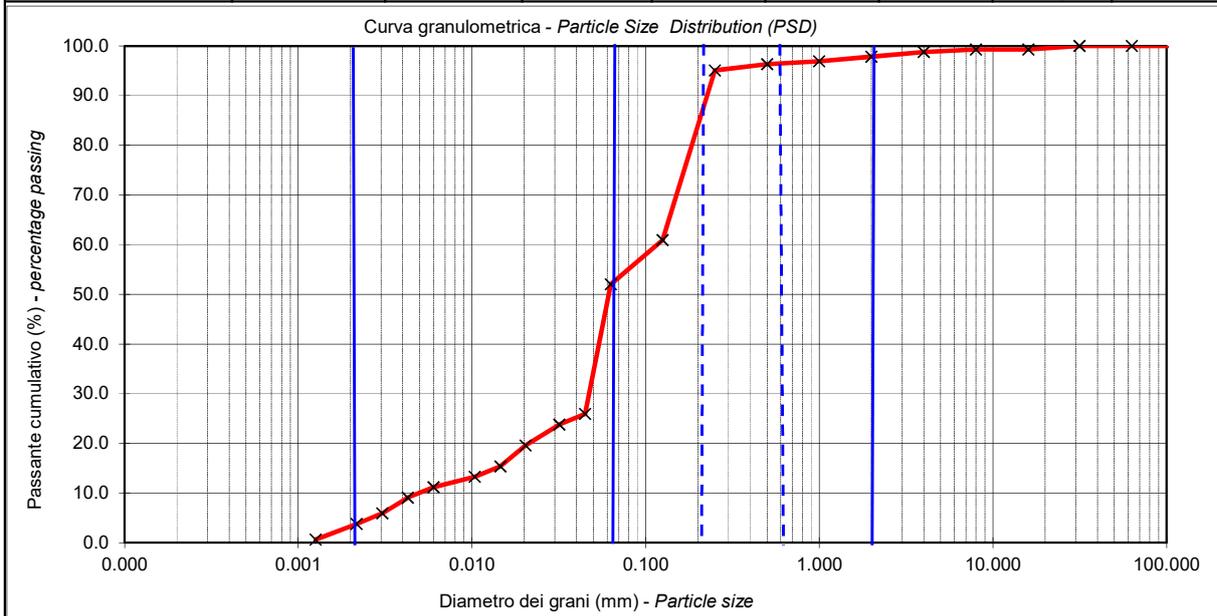
### Technical specification

Certificato - Test report	1903- 21.276- 009
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - Borehole	<b>S2</b>
Campione - Sample	<b>C1</b>
Profondità - Depth	<b>4.50 - 5.10 m</b>
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021

SETACCIATURA - SIEVES TEST			SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST				
Massa campione (g) - Specimen weight		604.60	Massa campione (g) - Specimen weight		40.16		
Setaccio (mm) Sieve diameter	Peso (g) Mass retained	Passante (%) Percentage passing	Diametro (mm) Particle size	Lettura Data	Passante (%) Percentage passing		
125	0.00	100.00	0.045	16.0	25.92		
63	0.00	100.00	0.032	15.0	23.81		
31.5	0.00	100.00	0.020	13.0	19.60		
16	4.42	99.27	0.015	11.0	15.38		
8	0.00	99.27	0.010	10.0	13.27		
4	2.85	98.80	0.006	9.0	11.17		
2	5.81	97.84	0.004	8.0	9.06		
1	5.39	96.95	0.0030	6.5	5.90		
0.5	3.48	96.37	0.0022	5.5	3.79		
0.25	7.62	95.11	0.0013	4.0	0.63		
0.125	206.74	60.91					
0.063	53.69	52.03					

<b>Granulometria A.G.I.</b> PSD	<b>Ghiaia (%)</b> Gravel	<b>3.05</b>	<b>Sabbia (%)</b> Sand	<b>49.22</b>	<b>Limo (%)</b> Silt	<b>44.51</b>	<b>Argilla (%)</b> Clay	<b>3.22</b>
------------------------------------	-----------------------------	-------------	---------------------------	--------------	-------------------------	--------------	----------------------------	-------------



<b>D<sub>10</sub> (mm)</b>	0.005	<b>D<sub>60</sub> (mm)</b>	0.119
Agente disperdente - dispersing agent: Sodium hexametaphosphate		temperatura di prova (°) - temperature	21

Note - Remarks

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica, 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

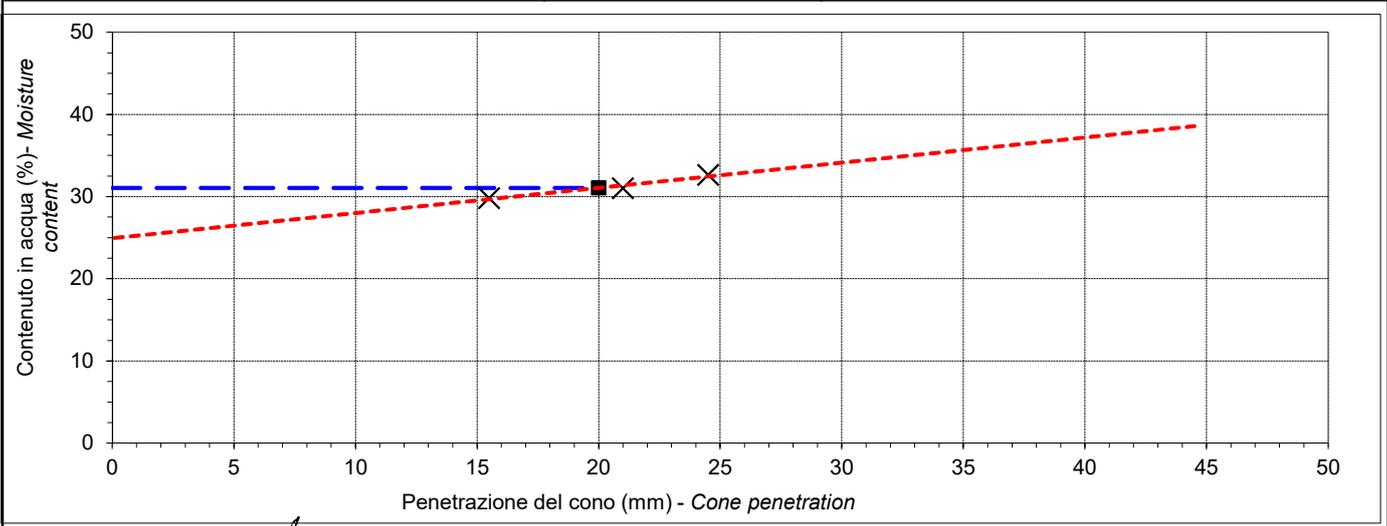
### Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 010
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S2</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.50- 5.10 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	15.50	21.00	24.50
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	13.26	21.72	13.49
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	31.46	35.53	34.82
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	27.28	32.26	29.57
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	29.81	31.02	32.65

**Limite liquido (%) - *Liquid limit*** **31.1**

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	-	-	differenza percentuale -
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	-	-	
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	-	-	
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	-	-	
<b>Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i></b>	<b>N.P.</b>		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## TAGLIO DIRETTO

**DIRECT SHEAR TEST**

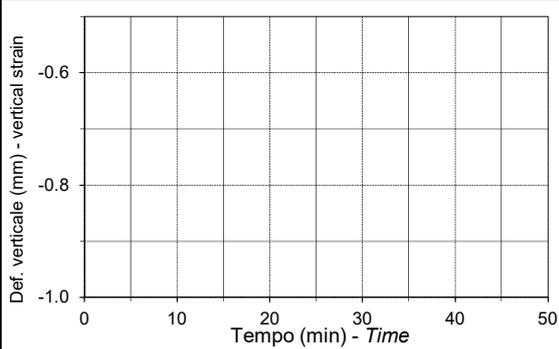
**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10**

**Technical specification**

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 011
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIAN
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S2</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.50- 5.10 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe del campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Umidità iniziale - <i>Initial water content</i>	%	22.83		
Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i>	kg/m <sup>3</sup>	1794.88		
Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i>	kg/m <sup>3</sup>	1461.30		
Provino - <i>Specimen id</i>	n°	1	2	3
Lato - <i>Specimen side</i>	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i>	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i>	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i>	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - <i>Final water content</i>	%	26.26	24.66	24.00

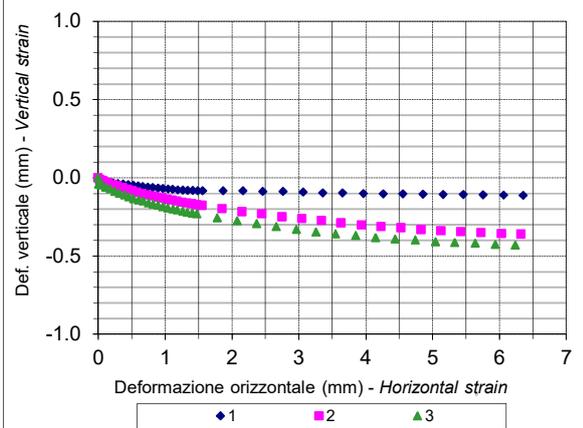
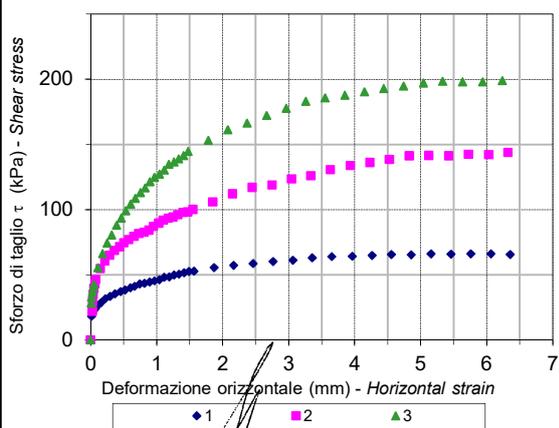
### Fase di consolidazione - *Consolidation test*



### Note - *Remarks*

Sabbia con limo di colore marrone giallastro. Presenta porzioni francamente più sabbiose.

Pocket Penetrometer	-	kg/cm <sup>2</sup>
Tor Vane	-	kg/cm <sup>2</sup>



Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,15%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## TAGLIO DIRETTO

### DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - Test report 1903- 21.276- 011  
Verbale - Acceptance report 1903

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1		0.01	0.02	18.06	0.03	0.02	21.90	0.01	0.04	28.33
6		0.02	0.02	20.83	0.03	0.02	22.83	0.02	0.04	32.78
12		0.03	0.02	21.67	0.03	0.02	29.74	0.03	0.04	36.67
24		0.04	0.02	23.06	0.04	0.02	35.17	0.04	0.04	39.44
30		0.05	0.02	23.61	0.05	0.02	39.54	0.05	0.05	42.50
60		0.07	0.02	24.17	0.06	0.02	42.94	0.11	0.06	55.28
90		0.08	0.02	25.56	0.08	0.02	46.36	0.18	0.07	66.39
120		0.16	0.03	28.61	0.15	0.03	54.74	0.25	0.09	74.17
180		0.22	0.03	31.67	0.22	0.04	60.44	0.32	0.10	80.56
240		0.29	0.04	33.61	0.29	0.05	65.01	0.39	0.11	88.06
300		0.37	0.04	35.28	0.36	0.06	68.74	0.46	0.12	93.61
360		0.45	0.04	37.22	0.44	0.07	71.44	0.53	0.13	99.17
420		0.52	0.05	38.33	0.51	0.08	74.37	0.60	0.14	104.17
480		0.60	0.05	40.00	0.58	0.09	77.03	0.68	0.15	108.61
540		0.67	0.06	41.11	0.66	0.10	79.24	0.75	0.16	113.06
600		0.74	0.06	43.06	0.73	0.11	81.55	0.82	0.17	116.67
900		0.82	0.06	43.61	0.81	0.12	82.66	0.90	0.18	121.39
1200		0.89	0.07	44.44	0.88	0.12	84.19	0.97	0.19	124.72
1500		0.97	0.07	45.28	0.95	0.13	86.92	1.04	0.19	127.22
1800		1.04	0.07	46.39	1.03	0.14	89.53	1.12	0.20	130.28
2100		1.12	0.07	48.06	1.10	0.14	91.89	1.18	0.21	134.72
2400		1.19	0.08	48.33	1.17	0.15	93.38	1.26	0.21	136.67
2700		1.26	0.08	49.72	1.25	0.16	94.34	1.33	0.22	138.89
3000		1.34	0.08	50.56	1.32	0.16	96.00	1.41	0.23	141.39
3300		1.42	0.08	51.67	1.40	0.17	97.63	1.47	0.23	144.72
3600		1.49	0.08	52.50	1.47	0.17	98.15	1.78	0.26	153.06
4200		1.56	0.08	52.78	1.55	0.18	100.05	2.08	0.28	161.11
4800		1.87	0.08	55.56	1.85	0.20	105.74	2.37	0.29	166.39
5400		2.16	0.08	57.22	2.15	0.22	112.14	2.67	0.31	172.22
6000		2.46	0.09	58.61	2.45	0.23	116.92	2.97	0.33	177.78
7200		2.76	0.09	60.28	2.75	0.25	118.90	3.26	0.35	183.06
8400		3.07	0.09	61.11	3.05	0.26	123.64	3.55	0.36	185.56
9600		3.36	0.10	63.06	3.34	0.27	125.98	3.85	0.37	187.78
10800		3.66	0.10	63.89	3.63	0.29	130.42	4.15	0.38	190.28
12000		3.96	0.10	64.17	3.94	0.30	133.68	4.44	0.39	192.78
13200		4.26	0.10	65.00	4.23	0.31	136.18	4.74	0.40	194.72
14400		4.56	0.10	65.56	4.53	0.32	138.39	5.04	0.41	196.94
16800		4.86	0.10	65.28	4.83	0.33	141.32	5.33	0.41	198.33
19200		5.16	0.11	66.11	5.13	0.34	141.40	5.64	0.42	198.06
21600		5.46	0.11	65.83	5.43	0.34	141.23	5.94	0.43	198.06
28800		5.76	0.11	66.11	5.73	0.35	142.28	6.24	0.43	198.89
36000		6.06	0.11	66.11	6.03	0.35	142.17			
45600		6.36	0.11	65.56	6.32	0.36	143.71			
54000										
72000										
79200										
82800										
86400										

Note - Remarks

Direttore/Manager

Sperimentatore

Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it

Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori





# GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 012
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S2
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	4.50- 5.10 m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe del campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Pocket penetrometer ( $\text{kg/cm}^2$ ):	-		
Tor vane. ( $\text{kg/cm}^2$ ):	-		
Umidità naturale (%) - <i>Natural water content</i>	22.83		
Massa volumica umida $\text{kg/m}^3$ - <i>Bulk density</i>	1794.88		
Massa volumica secca ( $\text{kg/m}^3$ ) <i>Dried bulk density</i>	1461.30		
Massa specifica dei grani $\text{kg/m}^3$ <i>Particle density</i>	2618.55		
Indice dei vuoti - <i>Void ratio</i>	0.79		
Umidità di saturazione (%) <i>Saturation water content</i>	75.48		
Ghiaia (%) - <i>Gravel</i>	3.05		
Sabbia (%) - <i>Sand</i>	49.22		
Limo (%) - <i>Silt</i>	44.51		
Argilla (%) - <i>Clay</i>	3.22		
Limite liquido (%) <i>Liquid limit</i>	31		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	N.P.		
Indice plastico - <i>Plastic index</i>	0		
Provino - <i>Specimen</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Altezza iniziale - <i>Initial height</i>	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione <i>Height after consolidation</i>	75.75	74.82	74.36
Area provino - <i>Specimen area</i>	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione <i>Area after consolidation</i>	11.42	11.13	10.98
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	91.65	91.65	91.65
Umidità finale (%) - <i>Final water content</i>	32.47	32.12	32.02
$\sigma_3$ (kPa)	150	250	250
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - <i>Shear rate</i>	0.0125	0.0125	0.0125

### Note - Remarks

Sabbia con limo di colore marrone giallastro. Presenta porzioni francamente più sabbiose.

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail [laboratorio.geotea@database.it](mailto:laboratorio.geotea@database.it)  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 012  
1903

Studio della consolidazione - Consolidation test

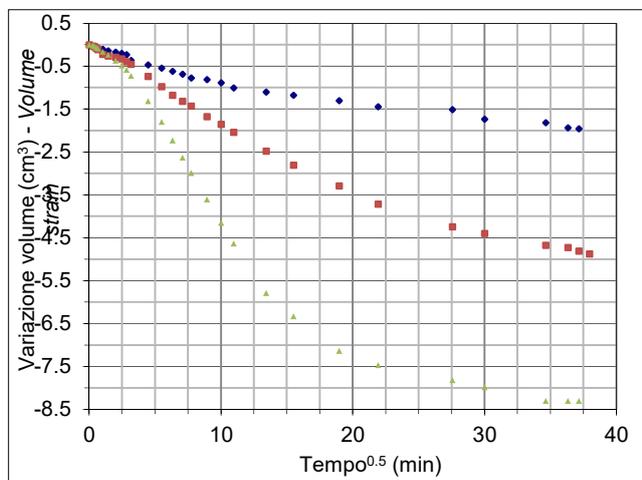
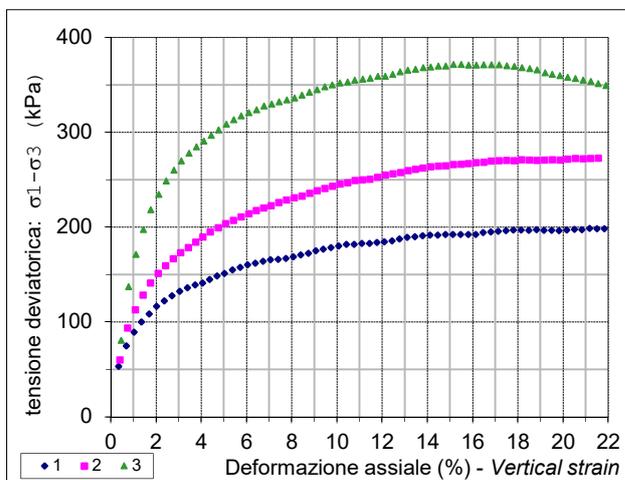
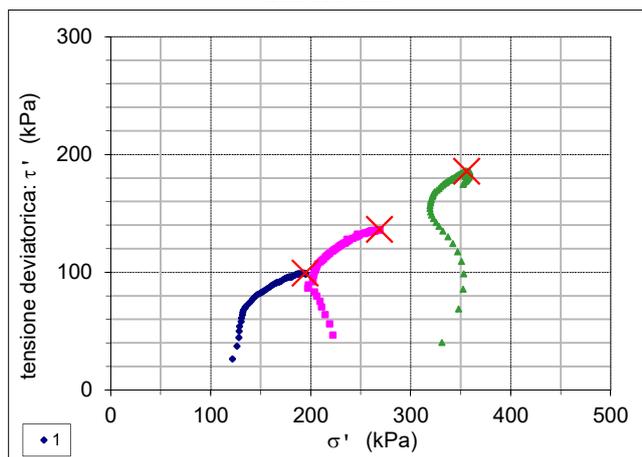


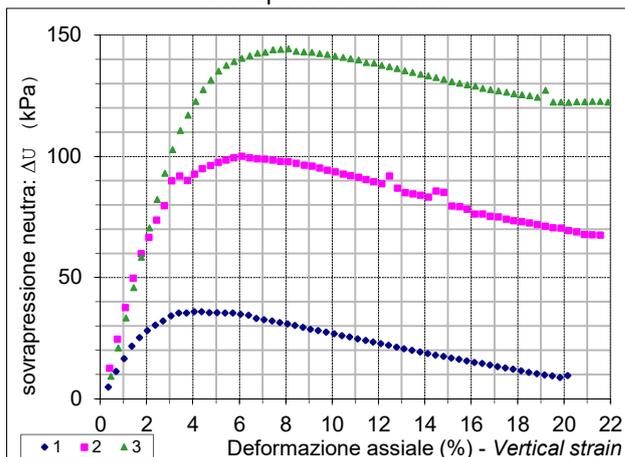
Grafico sforzi / deformazioni - Stress / strain graph



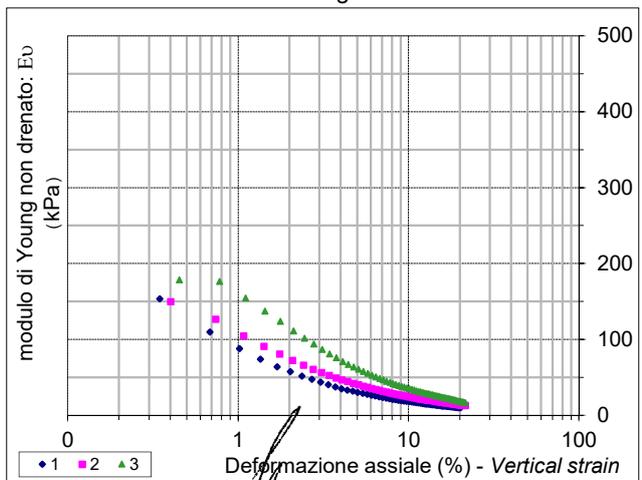
Stress Path



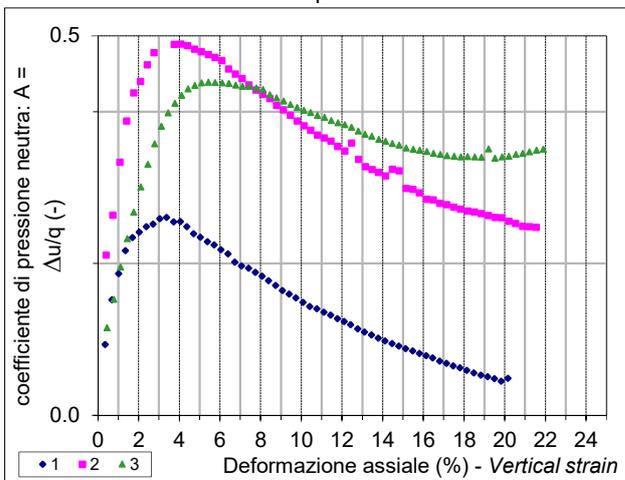
Sovrappressione neutra



Modulo di Young non drenato



Coefficiente di pressione neutra



Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTEAs.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 012  
1903

Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
def (%)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)
0.68	74.77	11.36	0.74	93.63	24.68	0.78	137.30	20.94
1.02	89.25	16.64	1.08	112.86	37.65	1.11	171.06	33.40
1.35	100.17	21.74	1.42	128.42	49.79	1.44	197.41	45.89
1.70	108.43	25.38	1.75	141.22	59.99	1.77	218.22	58.34
2.03	116.64	28.16	2.09	151.29	66.59	2.11	234.38	70.46
2.37	122.21	30.39	2.42	159.55	73.72	2.45	248.67	82.21
2.71	127.75	32.17	2.76	166.86	79.73	2.78	260.21	93.03
3.05	132.40	34.28	3.08	173.27	89.89	3.12	269.90	102.77
3.38	136.17	35.49	3.42	178.73	91.92	3.45	277.77	110.64
3.72	139.06	35.43	3.75	184.17	90.03	3.78	284.71	116.99
4.05	141.11	35.99	4.07	189.60	92.75	4.12	290.69	122.55
4.37	144.82	35.97	4.40	194.96	94.94	4.44	296.67	127.48
4.70	148.49	35.55	4.75	199.37	96.22	4.77	302.59	131.45
5.03	151.31	35.53	5.08	203.80	97.64	5.10	308.44	135.07
5.38	154.89	35.43	5.43	207.31	98.50	5.44	313.38	137.49
5.72	157.64	35.41	5.76	210.82	99.37	5.77	317.44	139.08
6.05	160.37	34.99	6.10	214.27	100.13	6.11	320.56	140.40
6.39	162.25	34.53	6.43	217.71	99.37	6.45	323.65	141.48
6.73	164.12	33.15	6.77	220.29	99.04	6.78	327.60	142.42
7.06	165.96	32.67	7.09	222.86	98.91	7.11	329.81	142.86
7.40	166.17	32.17	7.43	226.20	98.50	7.44	332.00	143.89
7.74	167.19	31.46	7.77	228.69	98.04	7.78	334.15	144.11
8.07	168.99	30.95	8.11	231.16	97.83	8.12	336.28	144.26
8.39	170.81	30.29	8.45	232.76	97.16	8.45	339.24	143.26
8.73	172.57	29.51	8.79	236.00	96.39	8.78	342.15	143.05
9.06	175.13	28.80	9.12	238.40	95.97	9.13	345.00	142.86
9.40	176.87	28.26	9.46	240.77	95.22	9.46	347.85	142.38
9.74	178.57	27.61	9.80	243.11	94.26	9.79	349.87	141.90
10.08	180.25	26.84	10.13	245.44	93.61	10.13	351.82	141.34
10.42	181.93	26.09	10.47	246.94	92.73	10.47	352.96	140.81
10.76	182.03	25.52	10.79	249.24	92.08	10.79	354.93	140.23
11.10	182.88	24.79	11.13	249.89	91.33	11.14	355.98	139.66
11.44	182.96	24.10	11.46	250.56	90.49	11.47	357.08	138.66
11.77	183.83	23.41	11.79	252.78	89.51	11.80	358.92	138.35
12.10	184.67	22.79	12.14	254.96	88.74	12.13	359.19	137.41
12.43	185.51	22.12	12.48	256.33	91.94	12.47	361.00	136.95
12.77	187.84	21.39	12.81	257.70	86.90	12.80	363.61	136.15
13.10	189.42	20.74	13.14	259.84	85.10	13.14	365.37	135.26
13.45	190.17	20.11	13.48	261.17	84.60	13.47	366.32	134.59
13.79	190.94	19.44	13.80	262.51	83.98	13.81	368.00	133.77
14.12	191.71	18.79	14.14	263.79	83.22	14.15	368.93	133.08
14.46	191.69	18.08	14.48	264.30	85.75	14.48	369.82	132.41
14.80	192.42	17.54	14.82	264.78	85.27	14.82	369.93	131.64
15.13	192.42	16.87	15.16	266.01	79.50	15.16	371.54	130.78
15.47	192.39	16.35	15.49	266.49	79.30	15.50	371.58	130.14
15.80	192.37	15.70	15.81	266.98	78.27	15.83	370.91	129.49
16.14	192.34	15.10	16.15	268.17	76.31	16.17	370.93	128.90
16.46	194.52	14.66	16.48	268.61	76.29	16.49	371.00	128.01
16.80	195.19	13.95	16.82	269.77	75.37	16.83	371.03	127.50
17.13	195.85	13.36	17.16	270.16	75.01	17.17	371.03	126.90
17.47	196.51	12.78	17.50	270.52	74.16	17.51	370.23	126.35
17.80	197.15	12.28	17.83	270.19	73.44	17.84	369.51	125.77
18.14	197.06	11.69	18.17	271.26	73.05	18.18	367.98	125.35
18.48	196.95	11.02	18.51	270.89	72.53	18.52	367.19	124.91
18.83	197.54	10.46	18.84	270.49	71.92	18.86	365.68	124.33
19.16	196.74	9.96	19.19	270.81	71.25	19.20	362.65	127.25
19.49	196.62	9.50	19.52	271.13	70.64	19.53	361.20	122.30
19.83	196.51	8.81	19.86	270.70	70.48	19.86	359.68	122.34
20.16	197.09	9.60	20.20	271.72	69.47	20.20	358.16	122.20
20.50	197.65	8.87	20.54	272.69	68.91	20.55	356.62	122.47
20.83	197.51	7.76	20.88	272.24	67.80	20.89	355.10	122.41
21.17	198.74	7.20	21.22	272.49	67.72	21.22	353.59	122.64
21.50	198.59	6.03	21.55	272.74	67.51	21.56	351.37	122.64
21.83	198.44	5.36	21.89	272.98	68.97	21.90	349.14	122.30
22.17	198.26	4.65				22.23	347.63	121.82
22.51	198.08	4.13				22.57	346.13	122.05
22.85	197.20	3.83				22.91	343.92	122.66
23.19	197.01	3.65				23.24	342.45	122.72
						23.57	340.96	122.61
						23.90	338.78	122.93
						24.23	337.32	122.45
						24.57	337.19	122.36
						24.90	336.39	122.59
						25.24	334.21	123.07
						25.58	308.97	123.66

Direttore *Manfred*

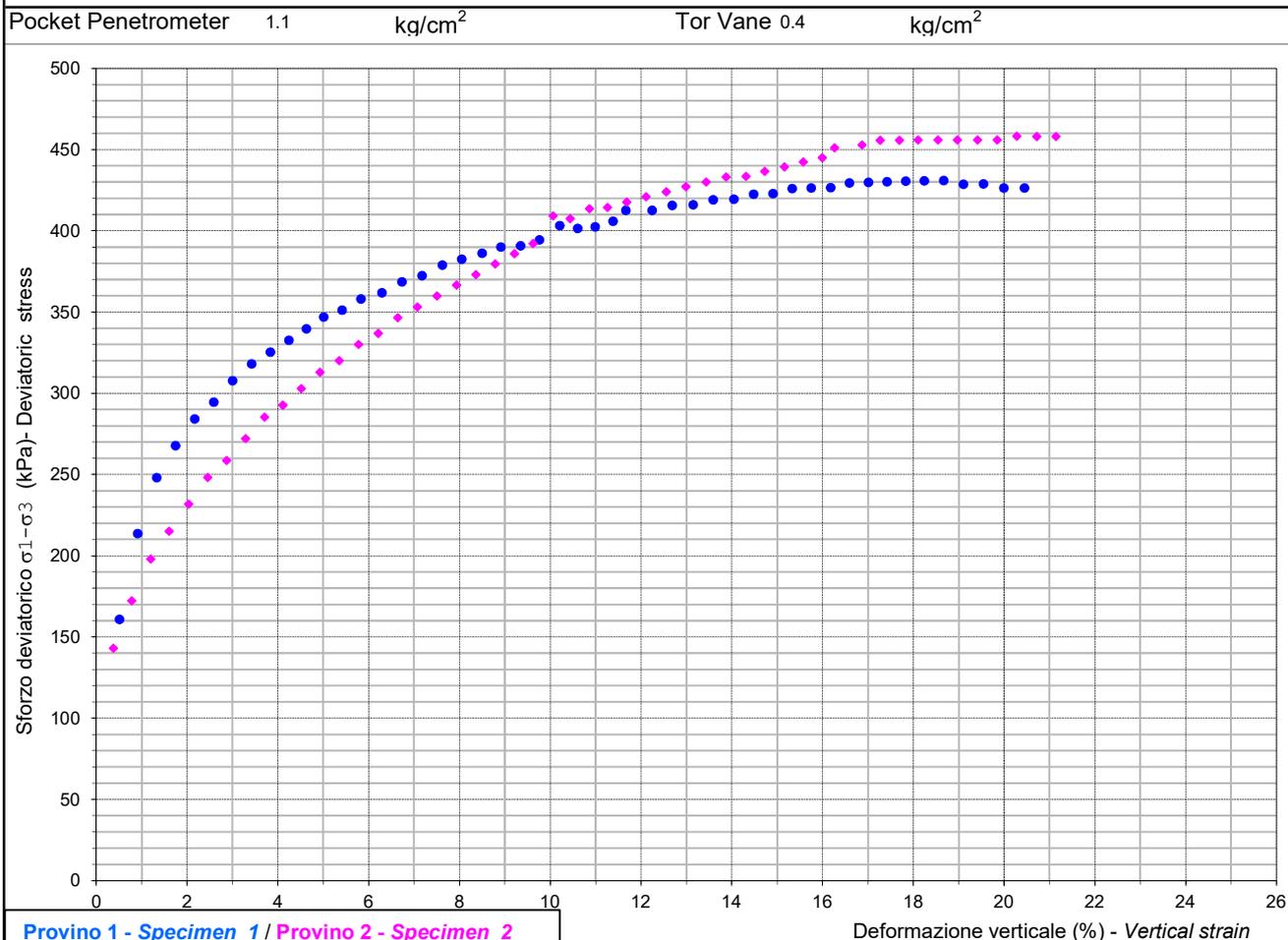
Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

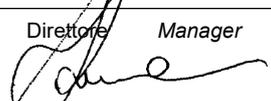
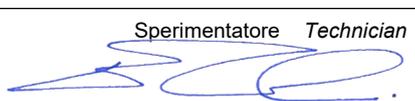
Certificato - Test report	1903- 21.276- 013
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - Borehole	S2
Campione - Sample	C2
Profondità - Depth	6.00- 6.50 m
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021
Classe del campione - Sample quality	Q4

Provino - Specimen	n°	<b>1</b>	<b>2</b>
Area provino - Specimen area	cm <sup>2</sup>	11.40	11.40
Altezza provino - Specimen height	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - Shear rate	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - Cell pressure	kPa	150.00	300.00

Note - Remarks Limo sabbioso di colore marrone.



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore Manager  Sperimentatore Technician 

Via della Technea 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 013  
1903

Provino 1 - Specimen 1

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

150

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

300

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

30	0.512	160.760
60	0.916	213.505
90	1.334	248.051
120	1.752	267.582
150	2.169	284.029
180	2.587	294.467
210	3.005	307.733
240	3.422	317.981
270	3.840	325.226
300	4.244	332.465
330	4.635	339.679
360	5.012	346.871
390	5.416	351.041
420	5.834	357.954
450	6.292	361.826
480	6.737	368.491
510	7.181	372.295
540	7.626	378.793
570	8.057	382.533
600	8.502	386.165
630	8.920	389.859
660	9.351	390.729
690	9.768	394.335
720	10.213	403.130
750	10.604	401.376
780	10.994	402.287
810	11.385	405.831
840	11.668	412.473
870	12.248	412.396
900	12.692	415.537
930	13.150	415.962
960	13.594	418.988
990	14.052	419.342
1020	14.484	422.359
1050	14.915	422.781
1080	15.332	425.780
1110	15.751	426.199
1140	16.181	426.532
1170	16.598	429.405
1200	17.017	429.717
1230	17.421	430.097
1260	17.839	430.385
1290	18.243	430.717
1320	18.675	430.878
1350	19.105	428.597
1380	19.550	428.650
1410	19.995	426.280
1440	20.453	426.222

Foto provino 1 - Specimen 1 pic

Foto provino 2 - Specimen 2 pic

Legenda - Key

T = Tempi (s) - Time

$\epsilon_h$  = Deformazione verticale (%) - Vertical strain

$\sigma_1 - \sigma_3$  = Sforzo deviatorico - Deviatoric stress

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA

*Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 014
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S3</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.30- 4.80 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.06
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	96.82
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	92.23
Volume fustella tarata (cm <sup>3</sup> ) <i>Sampling tube volume</i>	14.88

<b>Umidità naturale (%) - <i>Water content</i></b>	<b>20.70</b>
<b>Massa volumica umida (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Bulk density</i></b>	<b>1797.90</b>
<b>Massa volumica secca (kg/m<sup>3</sup>) - <i>Dry density</i></b>	<b>1489.52</b>

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail [laboratorio.geotea@database.it](mailto:laboratorio.geotea@database.it)  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## PESO SPECIFICO DEI GRANI

*PARTICLE DENSITY - PYCNOMETER METHOD*

**Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-3**

*Technical specification*

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 015
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S3</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.30- 4.80 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.06
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	96.82
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	92.23
Massa picnometro + campione (g) <i>Pycnometer weight + dried specimen</i>	129.01
Massa picnometro + tappo + acqua (g) <i>Pycnometer weight + plug + water</i>	194.24
Massa picn. + tappo + acqua + camp. (g) <i>Pycnometer weight + plug + water + spec.</i>	234.86
Contentuto in acqua (%) - <i>Water content</i>	20.70
Massa volumica umida kg/m <sup>3</sup> - <i>Bulk density</i>	1797.90
Massa volumica secca (kg/m <sup>3</sup> ) <i>Dried bulk density</i>	1489.52
<b>Massa specifica dei grani (kg/m<sup>3</sup>) <i>Particle density</i></b>	<b>2610.47</b>
Indice dei vuoti - <i>Void index</i>	0.75
Porosità (%) - <i>Porosity</i>	42.94
Umidità di saturazione (%) <i>Water saturation content</i>	28.83
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	71.82

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

## ANALISI GRANULOMETRICA

### PARTICLE SIZE ANALYSIS

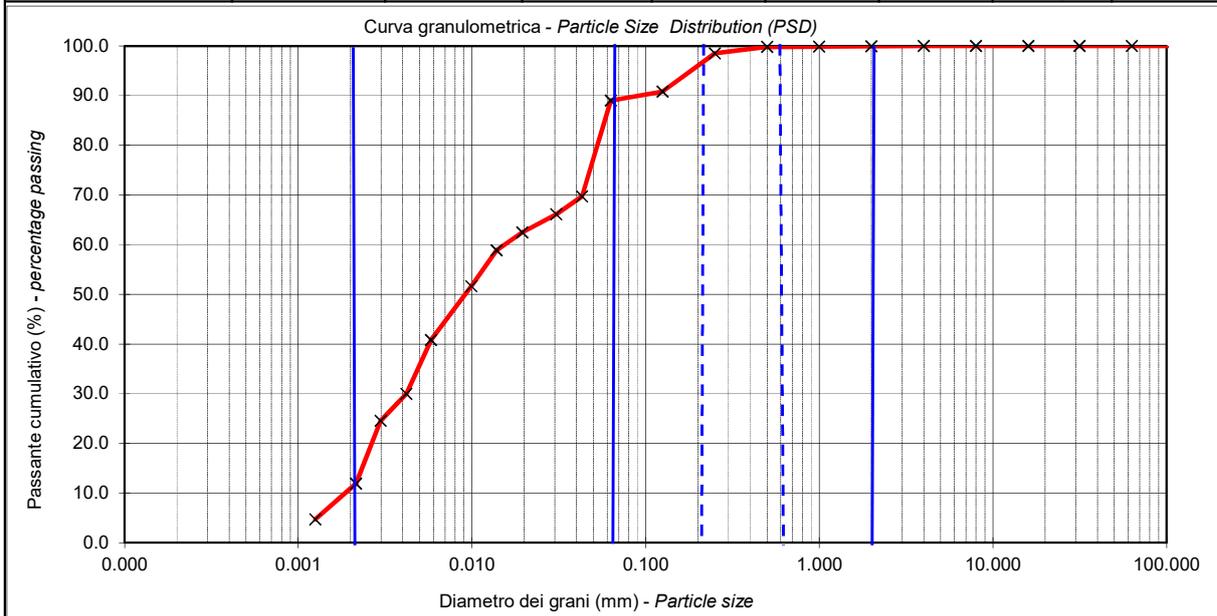
Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

#### Technical specification

Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	1903- 21.276- 016 1903 PUDDU GEOL. MARCO CASSANO SPINOLA (AL) RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO <b>S3</b> <b>C1</b> <b>4.30- 4.80 m</b> 09/06/2021 09/06/2021 18/06/2021 18/06/2021 09/06/2021
--	--

SETACCIATURA - SIEVES TEST			SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST		
Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i>		317.49	Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i>		40.07
Setaccio (mm) <i>Sieve diameter</i>	Peso (g) <i>Mass retained</i>	Passante (%) <i>Percentage passing</i>	Diametro (mm) <i>Particle size</i>	Lettura <i>Data</i>	Passante (%) <i>Percentage passing</i>
125	0.00	100.00	0.043	23.0	69.73
63	0.00	100.00	0.031	22.0	66.12
31.5	0.00	100.00	0.019	21.0	62.51
16	0.00	100.00	0.014	20.0	58.89
8	0.00	100.00	0.010	18.0	51.67
4	0.00	100.00	0.006	15.0	40.83
2	0.05	99.98	0.004	12.0	29.99
1	0.27	99.90	0.0030	10.5	24.57
0.5	0.14	99.86	0.0021	7.0	11.92
0.25	4.18	98.54	0.0013	5.0	4.70
0.125	24.39	90.86			
0.063	5.81	89.03			

<b>Granulometria A.G.I.</b> <i>PSD</i>	<b>Ghiaia (%)</b> <i>Gravel</i>	<b>0.10</b>	<b>Sabbia (%)</b> <i>Sand</i>	<b>13.76</b>	<b>Limo (%)</b> <i>Silt</i>	<b>75.41</b>	<b>Argilla (%)</b> <i>Clay</i>	<b>10.73</b>
---	------------------------------------	-------------	----------------------------------	--------------	--------------------------------	--------------	-----------------------------------	--------------



Agente disperdente - <i>dispersing agent</i> : Sodium hexametaphosphate	temperatura di prova (°) - <i>temperature</i> 21
---	--

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*



Sperimentatore *Technician*



Via della Tecnica, 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

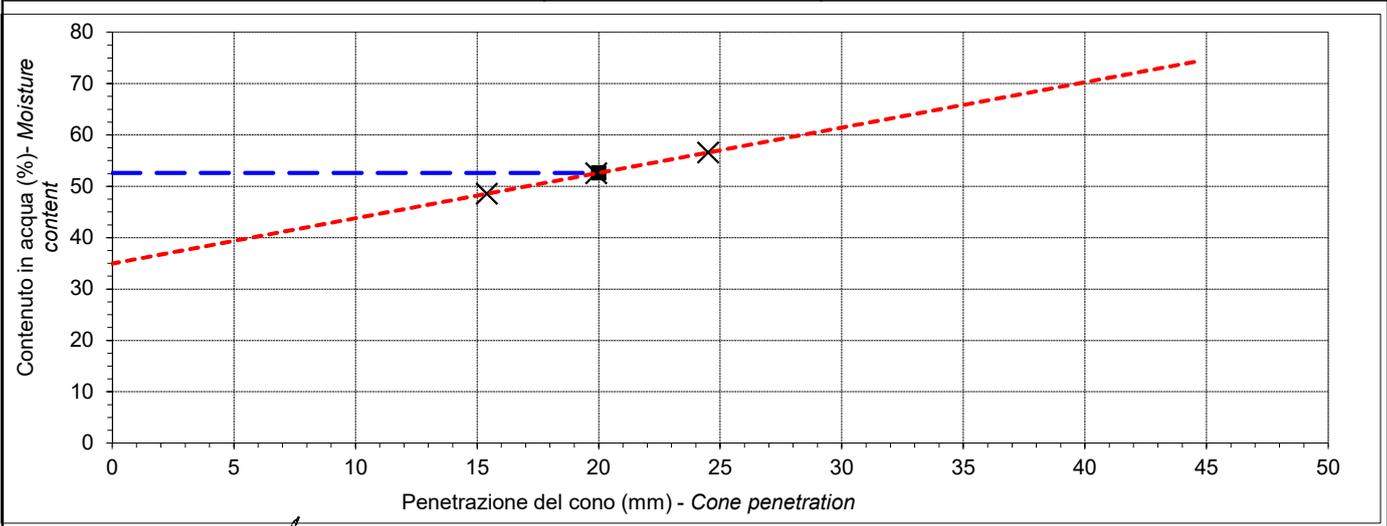
### Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 017
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	<b>S3</b>
Campione - <i>Sample</i>	<b>C1</b>
Profondità - <i>Depth</i>	<b>4.30- 4.80 m</b>
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4

	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	15.40	19.90	24.50
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	20.86	22.01	21.51
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	32.52	37.05	39.75
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	28.71	31.87	33.16
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	48.54	52.54	56.57

**Limite liquido (%) - *Liquid limit*** **52.6**

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	21.54	20.97	differenza percentuale 0.21
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	25.83	25.12	
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	24.89	24.21	
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	28.01	27.95	
<b>Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i></b>	<b>28.0</b>		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1903- 21.276- 018
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1903
Committente - <i>Commissioner</i>	PUDDU GEOL. MARCO
Località - <i>Locality</i>	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - <i>Site</i>	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S3
Campione - <i>Sample</i>	C1
Profondità - <i>Depth</i>	4.30- 4.80 m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	09/06/2021
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	09/06/2021
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	18/06/2021
Data certificazione - <i>Report date</i>	18/06/2021
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	09/06/2021
Classe del campione - <i>Sample quality</i>	Q4

Pocket penetrometer ( $\text{kg/cm}^2$ ):	>6		
Tor vane. ( $\text{kg/cm}^2$ ):	>2		
Umidità naturale (%) - <i>Natural water content</i>	20.70		
Massa volumica umida $\text{kg/m}^3$ - <i>Bulk density</i>	1797.90		
Massa volumica secca ( $\text{kg/m}^3$ ) <i>Dried bulk density</i>	1489.52		
Massa specifica dei grani $\text{kg/m}^3$ <i>Particle density</i>	2610.47		
Indice dei vuoti - <i>Void ratio</i>	0.75		
Umidità di saturazione (%) <i>Saturation water content</i>	71.82		
Ghiaia (%) - <i>Gravel</i>	0.10		
Sabbia (%) - <i>Sand</i>	13.76		
Limo (%) - <i>Silt</i>	75.41		
Argilla (%) - <i>Clay</i>	10.73		
Limite liquido (%) <i>Liquid limit</i>	53		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	28		
Indice plastico - <i>Plastic index</i>	25		
Provino - <i>Specimen</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Altezza iniziale - <i>Initial height</i>	76.00	76.00	76.00
Altezza dopo consolidazione <i>Height after consolidation</i>	75.75	74.82	74.36
Area provino - <i>Specimen area</i>	11.50	11.50	11.50
Area dopo consolidazione <i>Area after consolidation</i>	11.42	11.13	10.98
Grado di saturazione (%) - <i>Saturation degree</i>	91.65	91.65	91.65
Umidità finale (%) - <i>Final water content</i>	32.47	32.12	32.02
$\sigma_3$ (kPa)	150	250	250
Back pressure (kPa)	50	50	50
Velocità di taglio (mm/min) - <i>Shear rate</i>	0.0125	0.0125	0.0125

Note - *Remarks*  
Limo sabbioso argilloso di colore grigio.

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail [laboratorio.geotea@database.it](mailto:laboratorio.geotea@database.it)  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 018  
1903

Studio della consolidazione - Consolidation test

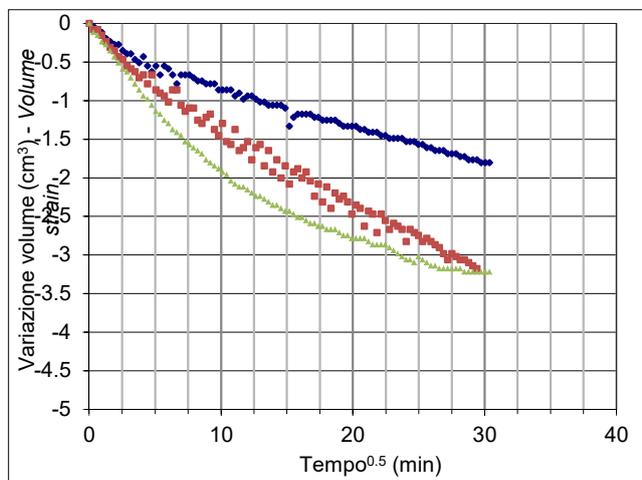
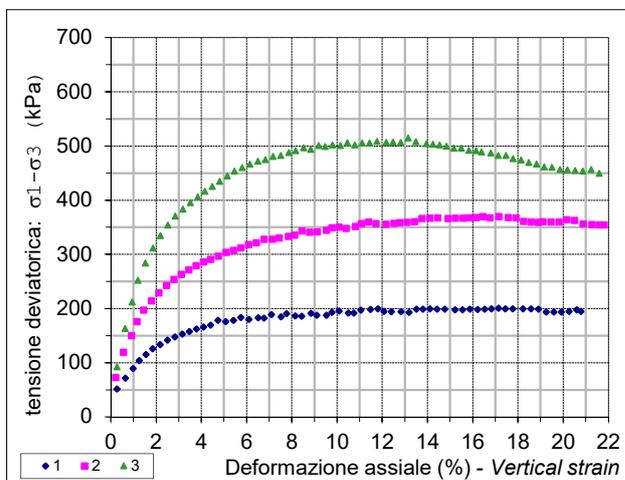
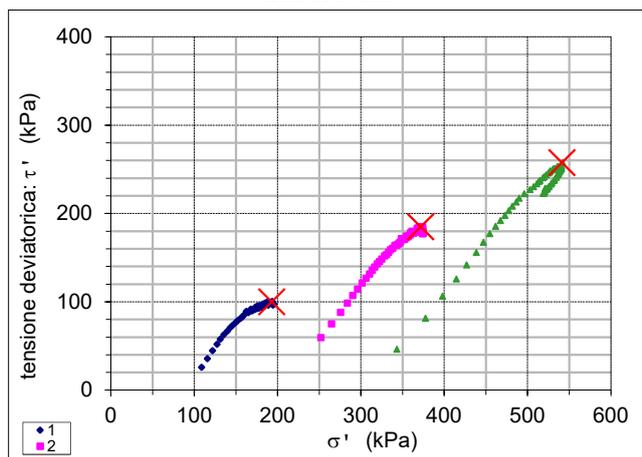


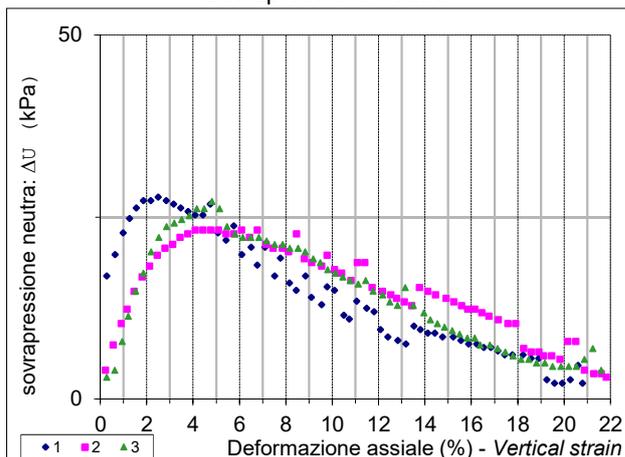
Grafico sforzi / deformazioni - Stress / strain graph



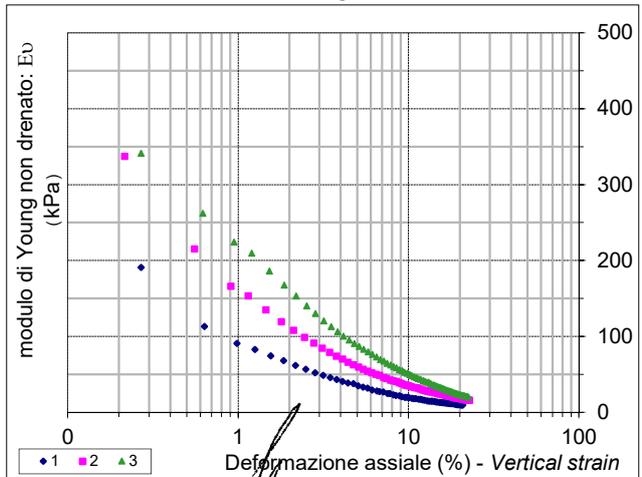
Stress Path



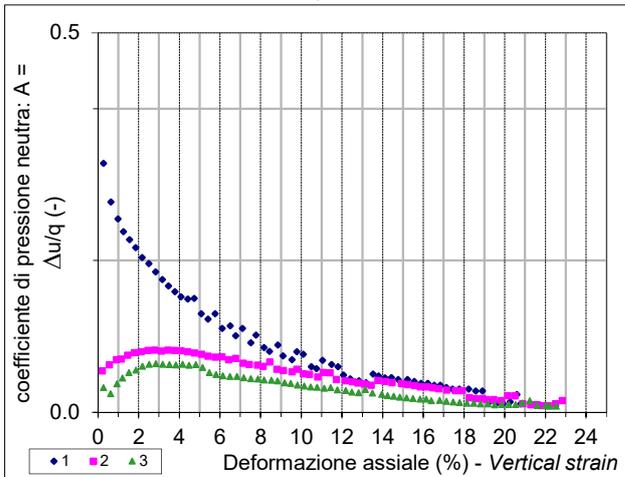
Sovrappressione neutra



Modulo di Young non drenato



Coefficiente di pressione neutra



Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE CONSOLIDATO NON DRENATO

ISOTROPIC CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-9

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 018  
1903

Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)	def (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	B.P. (kPa)
0.63	71.65	19.86	0.55	119.23	7.43	0.62	162.65	3.94
0.99	89.49	22.82	0.91	150.07	10.38	0.95	212.06	7.88
1.26	104.11	24.79	1.15	176.10	12.36	1.20	251.60	11.33
1.55	115.43	26.27	1.46	197.06	14.82	1.53	283.47	14.78
1.85	125.64	27.26	1.80	214.26	16.79	1.86	311.46	17.25
2.17	133.63	27.26	2.12	229.00	18.27	2.19	334.50	20.21
2.50	141.57	27.75	2.46	242.41	19.75	2.53	353.71	22.18
2.84	147.35	27.26	2.78	253.40	20.74	2.85	370.46	23.66
3.16	153.10	26.77	3.12	263.10	21.23	3.19	383.45	24.16
3.47	157.80	26.27	3.44	271.59	22.22	3.51	395.22	24.65
3.78	162.47	25.78	3.77	278.85	22.71	3.84	405.71	25.15
4.09	166.06	25.29	4.09	286.06	23.21	4.16	416.14	26.13
4.42	169.61	25.29	4.42	290.89	23.21	4.49	425.30	26.13
4.74	178.25	26.77	4.76	296.80	23.21	4.81	434.39	27.12
5.08	175.58	22.82	5.09	303.81	23.21	5.15	444.51	26.13
5.42	178.01	21.83	5.42	307.36	22.71	5.47	453.45	23.66
5.75	183.45	23.81	5.75	311.98	22.71	5.81	459.94	22.68
6.11	179.74	19.86	6.09	317.70	23.21	6.15	466.36	22.18
6.51	182.98	20.85	6.43	321.10	22.22	6.50	471.52	22.18
6.77	182.48	18.39	6.77	327.86	23.21	6.84	474.40	22.18
7.11	188.81	20.85	7.15	327.66	21.23	7.17	480.67	21.69
7.52	184.97	16.91	7.44	329.98	20.74	7.51	482.33	21.19
7.77	190.44	19.37	7.85	333.00	20.74	7.86	487.29	21.19
8.16	186.67	15.92	8.12	335.37	20.24	8.17	491.30	20.70
8.44	186.09	14.94	8.46	343.02	22.71	8.52	496.16	20.70
8.85	191.14	16.91	8.79	340.66	19.26	8.83	493.36	20.21
9.11	187.68	13.95	9.12	341.64	18.76	9.19	500.39	19.22
9.54	187.76	12.97	9.54	344.46	18.27	9.48	498.76	18.73
9.78	193.07	15.43	9.78	349.01	19.75	9.81	501.41	17.74
10.09	195.30	14.94	10.09	349.99	17.78	10.15	500.63	17.25
10.50	191.53	11.49	10.40	347.70	17.28	10.46	505.51	16.75
10.74	191.97	11.00	10.81	351.53	16.30	10.78	501.48	16.26
11.05	197.05	13.46	11.08	356.94	18.76	11.12	505.05	15.77
11.48	197.99	12.48	11.40	359.94	18.76	11.44	505.39	16.26
11.81	199.16	11.98	11.73	356.48	15.31	11.77	507.87	14.78
12.08	194.77	9.52	12.17	355.74	14.82	12.19	506.54	14.29
12.40	193.91	8.54	12.52	357.51	14.33	12.48	506.98	13.30
12.83	193.89	8.05	12.78	358.58	13.83	12.82	506.10	12.81
13.18	193.11	7.56	13.10	359.35	13.34	13.14	514.89	15.27
13.52	198.86	10.02	13.43	360.12	12.85	13.49	507.49	12.81
13.81	199.13	9.52	13.77	366.03	15.31	13.95	503.75	11.82
14.12	199.34	9.03	14.12	366.63	14.82	14.24	503.13	10.83
14.43	198.62	9.03	14.45	367.26	14.33	14.54	501.39	10.34
14.76	198.75	8.54	14.91	366.32	13.83	14.85	499.57	9.85
15.22	197.68	8.54	15.24	366.98	13.34	15.17	495.59	9.36
15.55	197.83	8.05	15.58	366.55	12.85	15.49	495.76	8.86
15.89	198.84	7.56	15.85	367.41	12.36	15.83	491.72	8.37
16.22	198.04	7.56	16.15	368.12	12.36	16.14	490.93	8.37
16.53	199.10	7.07	16.45	369.84	11.86	16.39	488.49	7.39
16.84	199.27	7.07	16.75	367.49	11.37	16.81	487.06	7.39
17.14	200.33	6.57	17.16	369.73	10.88	17.13	482.10	6.89
17.44	199.59	6.08	17.58	367.87	10.38	17.47	482.17	6.40
17.76	199.70	6.08	17.91	367.35	10.38	17.79	476.23	5.91
18.22	199.46	6.08	18.25	360.88	6.94	18.14	474.20	5.41
18.58	199.48	5.59	18.58	359.45	6.45	18.48	469.23	5.41
18.91	198.65	5.59	18.91	358.95	6.45	18.82	466.29	4.92
19.25	193.49	2.64	19.11	360.01	5.95	19.17	461.30	4.92
19.59	193.54	2.15	19.47	359.43	5.95	19.51	460.35	4.43
19.93	193.59	2.15	19.82	359.81	5.46	19.86	456.38	4.43
20.26	194.49	2.64	20.16	364.10	7.92	20.20	455.43	4.43
20.60	197.92	4.61	20.51	362.50	7.92	20.53	454.48	4.43
20.79	194.91	2.15	20.88	355.97	3.98	20.87	453.52	5.41
21.13	192.38	0.68	21.28	355.16	3.49	21.24	456.28	6.89
21.49	191.49	0.68	21.60	354.65	3.49	21.60	449.34	3.94
21.86	190.60	0.68	21.82	354.62	3.00	22.01	446.06	3.94
22.26	189.61	0.19	22.14	355.04	3.00	22.21	446.81	3.45
			22.49	357.21	3.98	22.53	444.95	3.45
			22.83	358.45	5.46			

Direttore *Manfred*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

## TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

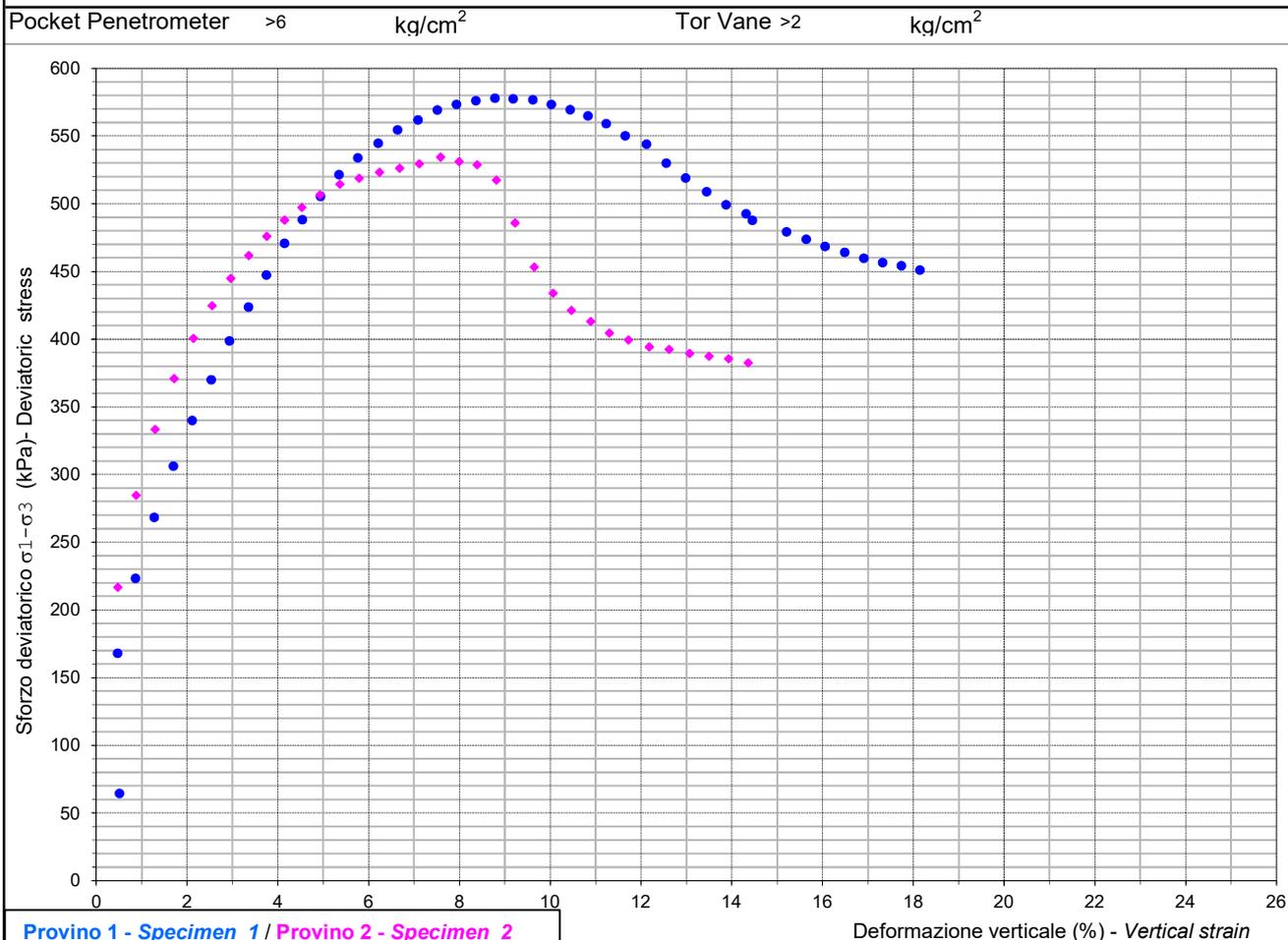
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - Test report	1903- 21.276- 019
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - Borehole	S3
Campione - Sample	C2
Profondità - Depth	5.50- 5.90 m
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021
Classe del campione - Sample quality	Q4

Provino - Specimen	n°	1	2
Area provino - Specimen area	cm <sup>2</sup>	11.40	11.40
Altezza provino - Specimen height	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - Shear rate	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - Cell pressure	kPa	150.00	300.00

Note - Remarks Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Technica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 019  
1903

Provino 1 - Specimen 1

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

150

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

300

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

30	0.512	64.247
30	0.472	167.972
60	0.862	223.114
90	1.280	268.283
120	1.698	305.994
150	2.115	339.865
180	2.533	369.931
210	2.937	398.619
240	3.355	423.521
270	3.746	447.165
300	4.150	470.537
330	4.541	488.055
360	4.945	505.334
390	5.349	521.322
420	5.767	533.691
450	6.211	544.650
480	6.643	554.441
510	7.087	561.812
540	7.518	569.178
570	7.936	573.217
600	8.367	576.022
630	8.785	577.760
660	9.189	577.376
690	9.620	576.801
720	10.024	573.142
750	10.442	569.409
780	10.833	564.788
810	11.237	559.045
840	11.655	550.063
870	12.126	543.969
900	12.557	529.783
930	12.989	518.838
960	13.446	508.857
990	13.877	499.103
1020	14.322	492.419
1050	14.457	487.550
1080	15.211	479.185
1110	15.642	473.721
1140	16.060	468.360
1170	16.491	463.957
1200	16.909	459.640
1230	17.327	456.341
1260	17.744	454.037
1290	18.148	450.825

30	0.472	216.846
60	0.876	284.815
90	1.293	333.265
120	1.711	370.695
150	2.142	400.711
180	2.546	424.728
210	2.964	444.982
240	3.355	461.710
270	3.759	475.915
300	4.150	487.756
330	4.527	497.267
360	4.931	506.544
390	5.362	514.452
420	5.794	518.873
450	6.238	523.165
480	6.683	526.266
510	7.114	529.399
540	7.586	534.454
570	7.990	531.014
600	8.394	528.681
630	8.812	517.538
660	9.229	485.819
690	9.647	453.286
720	10.065	433.965
750	10.469	421.294
780	10.887	412.923
810	11.304	404.619
840	11.722	399.540
870	12.180	394.309
900	12.625	392.313
930	13.069	389.275
960	13.500	387.347
990	13.932	385.414
1020	14.362	382.460

Foto provino 1 - Specimen 1 pic

Foto provino 2 - Specimen 2 pic

Legenda - Key

T = Tempi (s) - Time

$\epsilon_h$  = Deformazione verticale (%) - Vertical strain

$\sigma_1 - \sigma_3$  = Sforzo deviatorico - Deviatoric stress

Direttore Manager

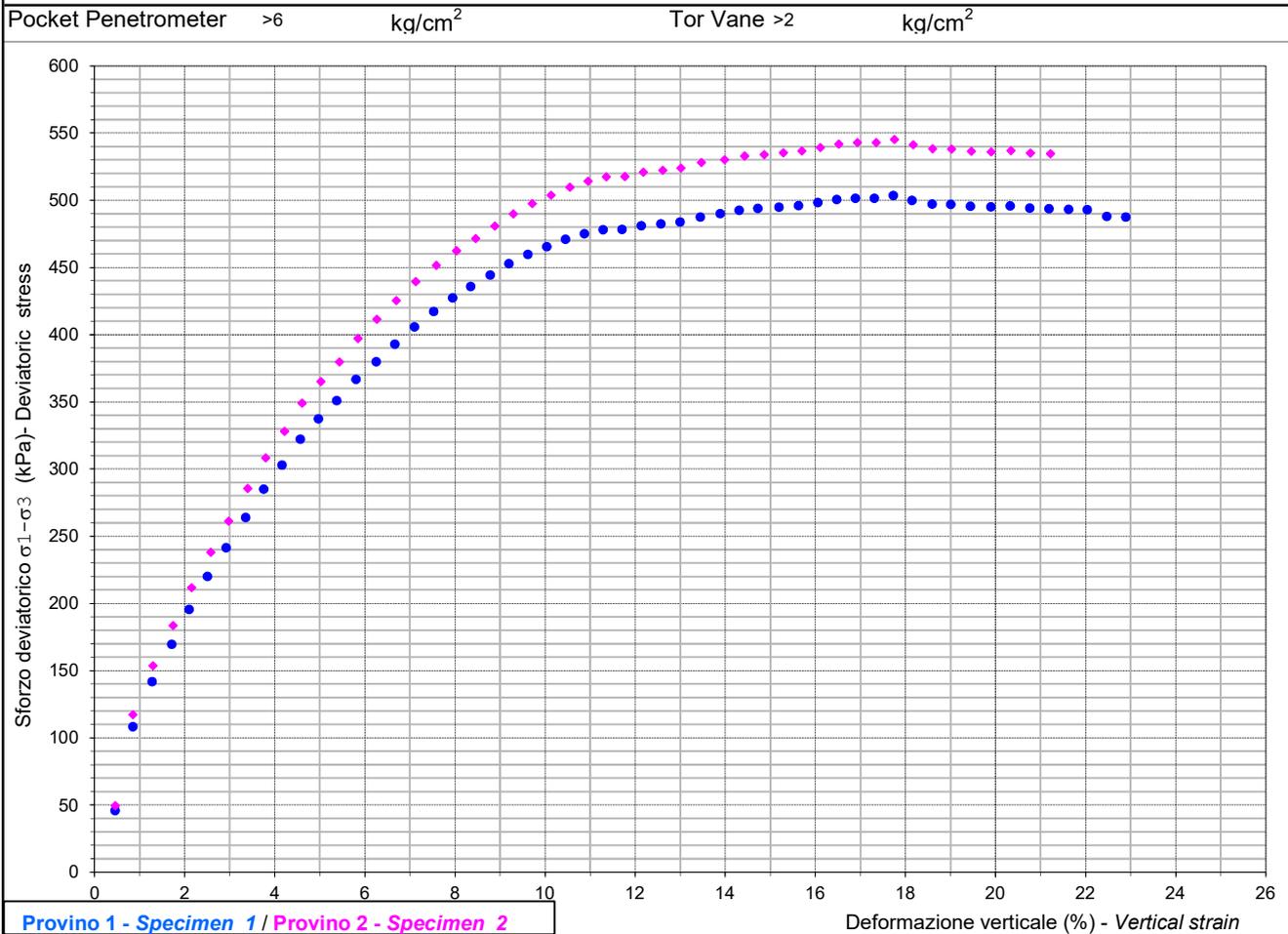
Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

Certificato - Test report	1903- 21.276- 020
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - Borehole	S3
Campione - Sample	C3
Profondità - Depth	8.30- 8.80 m
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021
Classe del campione - Sample quality	Q4

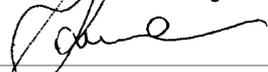
Provino - Specimen	n°	<b>1</b>	<b>2</b>
Area provino - Specimen area	cm <sup>2</sup>	11.40	11.40
Altezza provino - Specimen height	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - Shear rate	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - Cell pressure	kPa	150.00	300.00

Note - Remarks *Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.*



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*



Sperimentatore *Technician*



Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
 Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
 e-mail laboratorio.geotea@database.it  
 Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
 Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 020  
1903

Provino 1 - Specimen 1

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

150

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

300

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

30	0.458	45.682
60	0.849	108.195
90	1.280	141.775
120	1.711	169.414
150	2.102	195.467
180	2.506	219.885
210	2.924	241.257
240	3.355	263.801
270	3.759	284.830
300	4.163	302.916
330	4.567	322.202
360	4.972	337.224
390	5.376	350.757
420	5.807	366.746
450	6.252	379.843
480	6.669	392.902
510	7.101	405.771
540	7.532	417.173
570	7.949	427.192
600	8.354	435.857
630	8.785	444.290
660	9.202	452.690
690	9.620	459.704
720	10.038	465.331
750	10.456	470.895
780	10.873	475.097
810	11.291	477.973
840	11.709	478.261
870	12.140	480.978
900	12.571	482.380
930	13.002	483.754
960	13.446	487.506
990	13.891	489.944
1020	14.308	492.497
1050	14.726	493.777
1080	15.198	494.690
1110	15.629	495.819
1140	16.060	498.109
1170	16.478	500.436
1200	16.895	501.511
1230	17.314	501.363
1260	17.731	503.564
1290	18.148	499.832
1320	18.593	497.116
1350	19.010	496.896
1380	19.442	495.405
1410	19.900	494.892

30	0.458	49.497
60	0.849	117.220
90	1.293	153.576
120	1.738	183.489
150	2.156	211.647
180	2.573	238.051
210	2.978	261.224
240	3.395	285.671
270	3.799	308.442
300	4.217	327.981
330	4.608	348.911
360	5.026	365.125
390	5.430	379.776
420	5.848	397.143
450	6.265	411.442
480	6.696	425.526
510	7.128	439.462
540	7.586	451.679
570	8.030	462.389
600	8.461	471.628
630	8.879	480.820
660	9.297	489.908
690	9.714	497.496
720	10.132	503.583
750	10.550	509.602
780	10.954	514.224
810	11.358	517.413
840	11.776	517.723
870	12.180	520.823
900	12.611	522.339
930	13.015	523.988
960	13.472	527.974
990	13.986	530.192
1020	14.429	532.789
1050	14.861	534.080
1080	15.293	535.320
1110	15.697	536.704
1140	16.114	539.274
1170	16.518	541.877
1200	16.936	543.040
1230	17.353	542.886
1260	17.757	545.355
1290	18.176	541.304
1320	18.606	538.457
1350	19.024	538.218
1380	19.469	536.516
1410	19.900	536.135
1440	20.345	536.870
1470	20.776	535.203
1500	21.220	534.651
0	0.000	0.000
0	0.000	0.000
0	0.000	0.000

Foto provino 1 - Specimen 1 pic

Foto provino 2 - Specimen 2 pic

Legenda - Key

T = Tempi (s) - Time

$\epsilon_h$  = Deformazione verticale (%) - Vertical strain

$\sigma_1 - \sigma_3$  = Sforzo deviatorico - Deviatoric stress

Direttore Manager

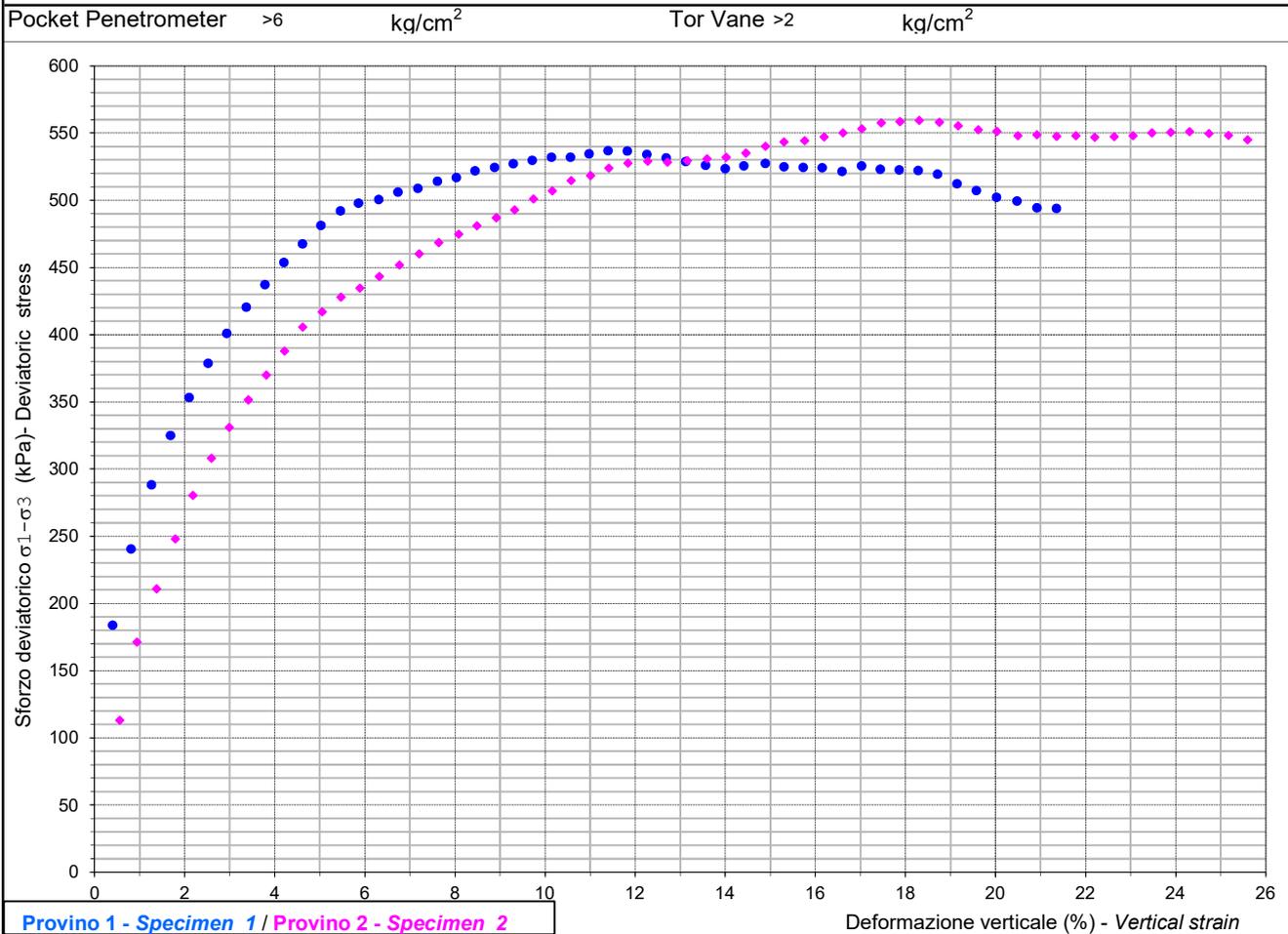
Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

Certificato - Test report	1903- 21.276- 021
Verbale - Acceptance report	1903
Committente - Commissioner	PUDDU GEOL. MARCO
Località - Locality	CASSANO SPINOLA (AL)
Cantiere - Site	RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO
Sondaggio - Borehole	S3
Campione - Sample	C4
Profondità - Depth	12.10- 12.60 m
Data ricevimento - Receiving date	09/06/2021
Data inizio prove - Test starting date	09/06/2021
Data fine prove - Test ending date	18/06/2021
Data certificazione - Report date	18/06/2021
Data apertura campione - Sample opening date	09/06/2021
Classe del campione - Sample quality	Q4

Provino - Specimen	n°	<b>1</b>	<b>2</b>
Area provino - Specimen area	cm <sup>2</sup>	11.40	11.40
Altezza provino - Specimen height	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - Shear rate	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - Cell pressure	kPa	150.00	300.00

Note - Remarks *Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.*



Note - Remarks: grado di incertezza delle misure: 0,14%

Direttore *Manager*



Sperimentatore *Technician*





# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

## TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - Test report  
Verbale - Acceptance report

1903- 21.276- 021  
1903

Provino 1 - Specimen 1

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

150

Pressione in cella (kPa)  
Cell pressure

300

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

T

$\epsilon_h$

$\sigma_1 - \sigma_3$

30	0.404	183.715
60	0.808	240.330
90	1.266	288.182
120	1.684	324.877
150	2.102	353.156
180	2.520	378.495
210	2.937	400.929
240	3.368	420.452
270	3.786	437.176
300	4.204	453.759
330	4.621	467.532
360	5.026	481.255
390	5.457	492.078
420	5.861	497.757
450	6.306	500.570
480	6.737	505.978
510	7.181	508.662
540	7.613	513.937
570	8.030	516.683
600	8.448	521.906
630	8.879	524.469
660	9.297	527.047
690	9.714	529.596
720	10.146	532.018
750	10.563	532.011
780	10.981	534.432
810	11.399	536.808
840	11.830	536.625
870	12.261	534.001
900	12.692	531.377
930	13.123	528.752
960	13.567	526.053
990	13.999	523.425
1020	14.416	525.585
1050	14.888	527.374
1080	15.306	524.788
1110	15.736	524.443
1140	16.155	524.148
1170	16.598	521.375
1200	17.030	525.536
1230	17.448	522.892
1260	17.866	522.504
1290	18.283	522.101
1320	18.714	519.351
1350	19.146	512.136
1380	19.576	507.193
1410	20.021	502.184

Foto provino 1 - Specimen 1 pic

Foto provino 2 - Specimen 2 pic

Legenda - Key

T = Tempi (s) - Time

$\epsilon_h$  = Deformazione verticale (%) - Vertical strain

$\sigma_1 - \sigma_3$  = Sforzo deviatorico - Deviatoric stress

Direttore Manager

Sperimentatore Technician

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre



## RAPPORTO DI PROVA

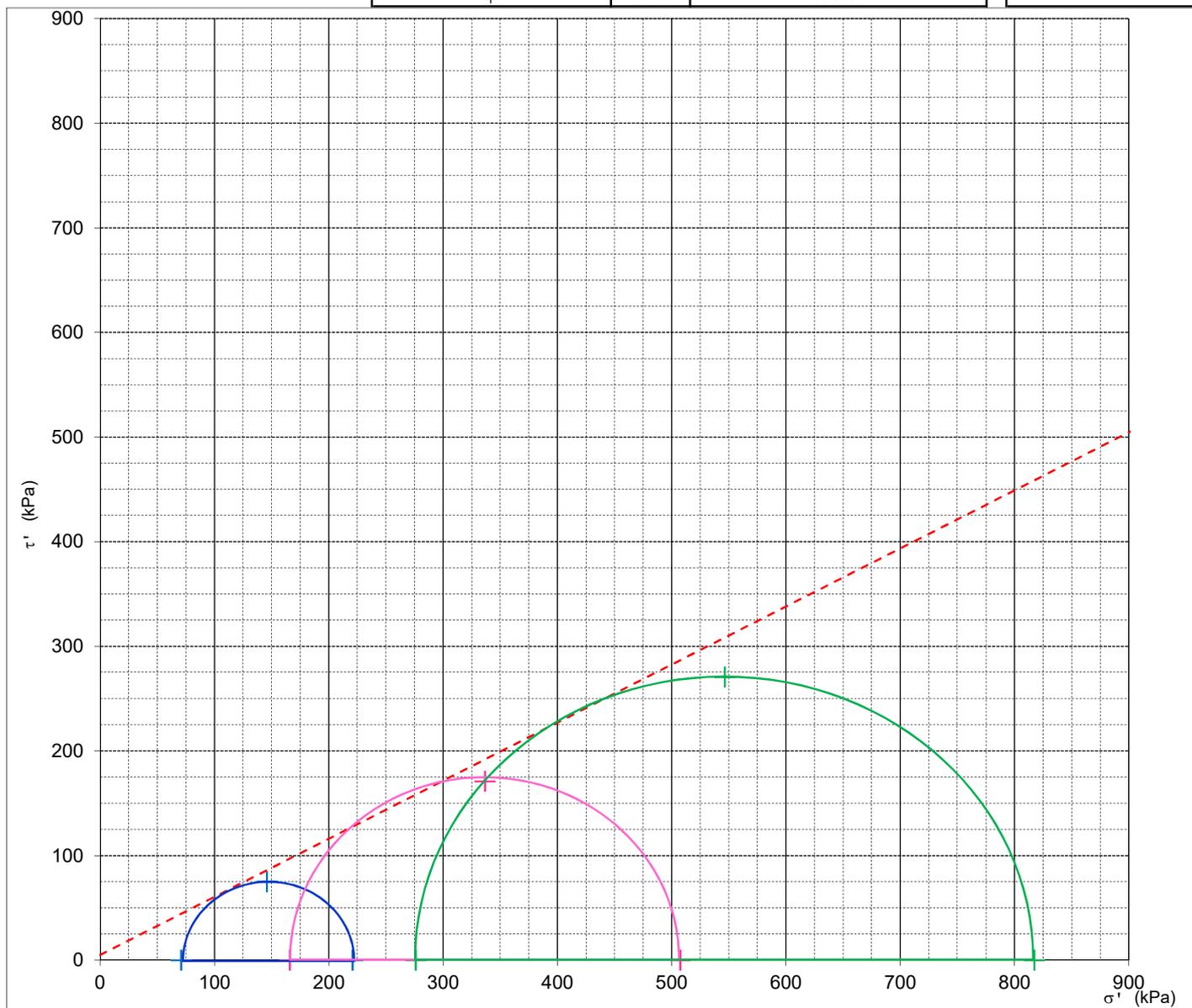
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S1  
 Campione: C1  
 Profondità: 2.00- 2.60 m

### TRIASSIALE CIU SFORZO EFFICACE

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura				
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2	3
			Sforzo a rottura	kPa	71	166	276
			Intercetta C'	KPa	5		
			$\phi'$	° sess	29.0		

Velocità di prova  
 0.0125  
 mm/min



Provino 1 - Specimen 1 / Provino 2 - Specimen 2 / Provino 3 - Specimen 3

*Nota: La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice regressione lineare sulla linea tangente ai tre cerchi di sforzo massimo. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.*

## TAGLIO DIRETTO

Committente: PUDDU GEOL. MARCO                      Sondaggio: S2  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)                      Campione: C1  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIAI                      Profondità: 4.50- 5.10 m

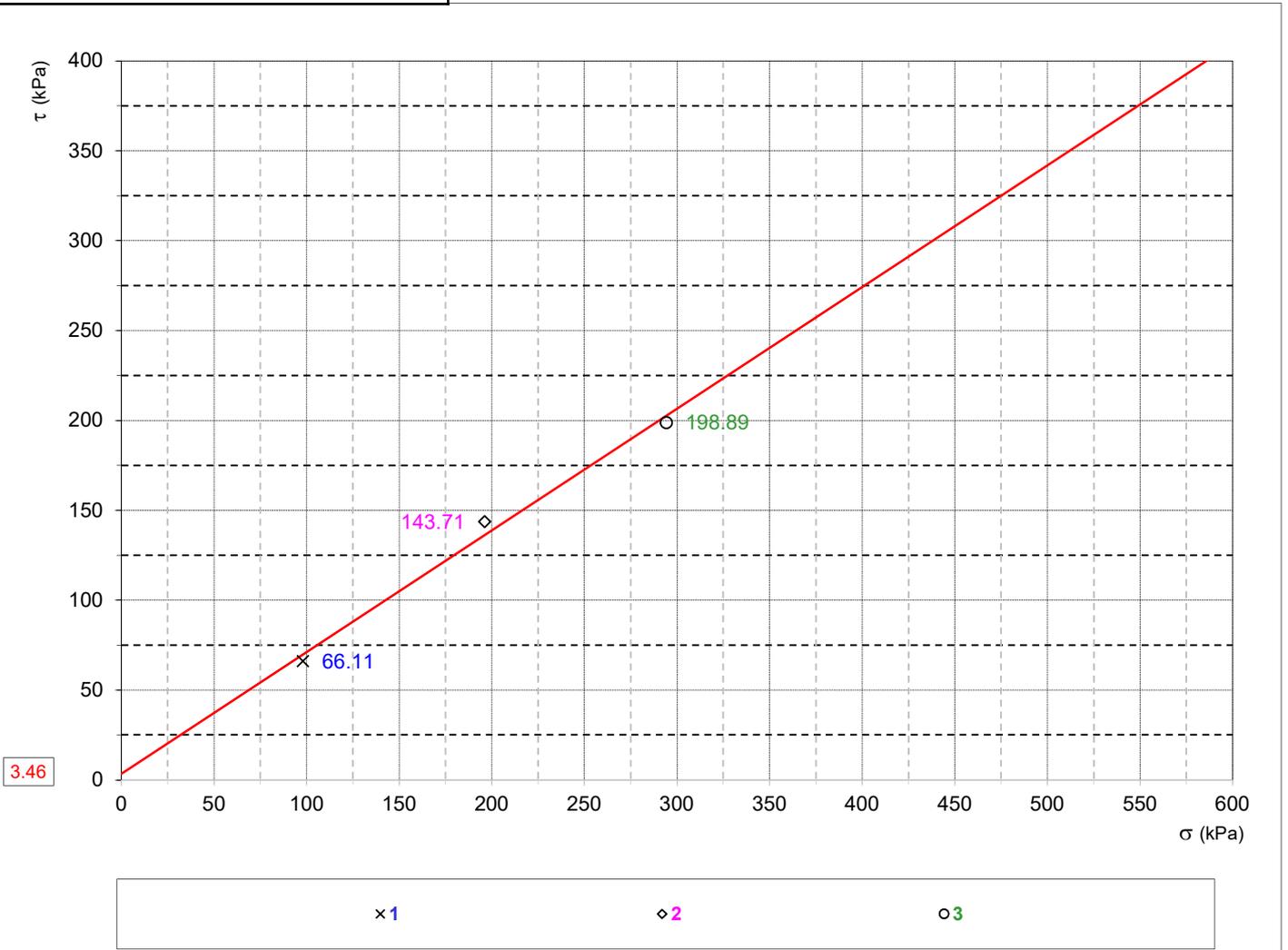
### REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	66.11	143.71	198.89
Intercetta C'	KPa	3.46		
$\phi'$	° sess	34.10		

Velocità di prova  
 0.006  
 mm/min

Sabbia con limo di colore marrone giallastro.  
 Presenta porzioni francamente più sabbiose.



La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

## RAPPORTO DI PROVA

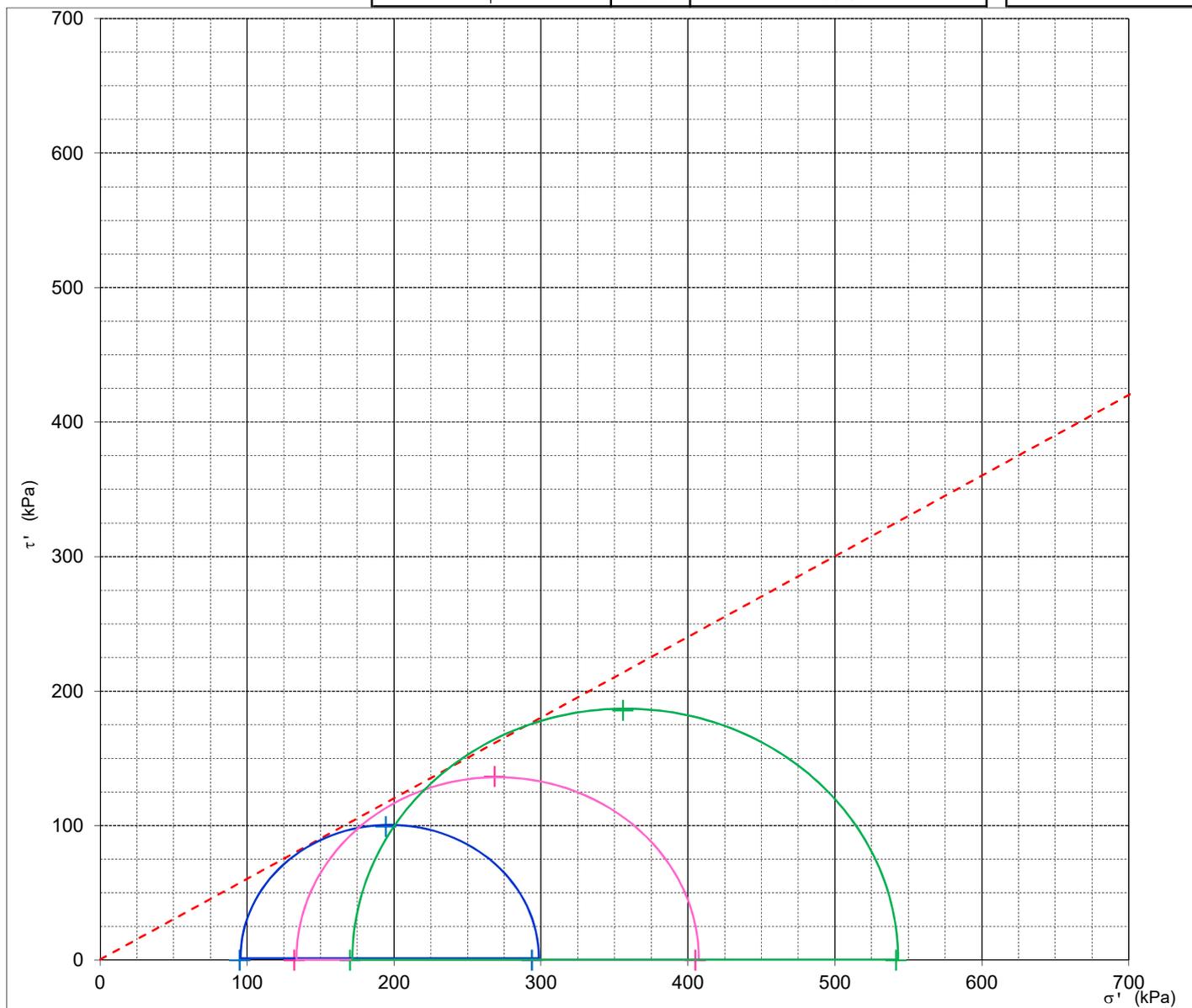
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S2  
 Campione: C1  
 Profondità: 4.50- 5.10 m

### TRIASSIALE CIU SFORZO EFFICACE

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura				
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2	3
			Sforzo a rottura	kPa	95	132	170
			Intercetta C'	KPa	0.5		
			$\phi'$	° sess	30.9		

Velocità di prova  
 0.0125  
 mm/min



Provino 1 - Specimen 1 / Provino 2 - Specimen 2 / Provino 3 - Specimen 3

*Nota: La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice regressione lineare sulla linea tangente ai tre cerchi di sforzo massimo. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.*

## RAPPORTO DI PROVA

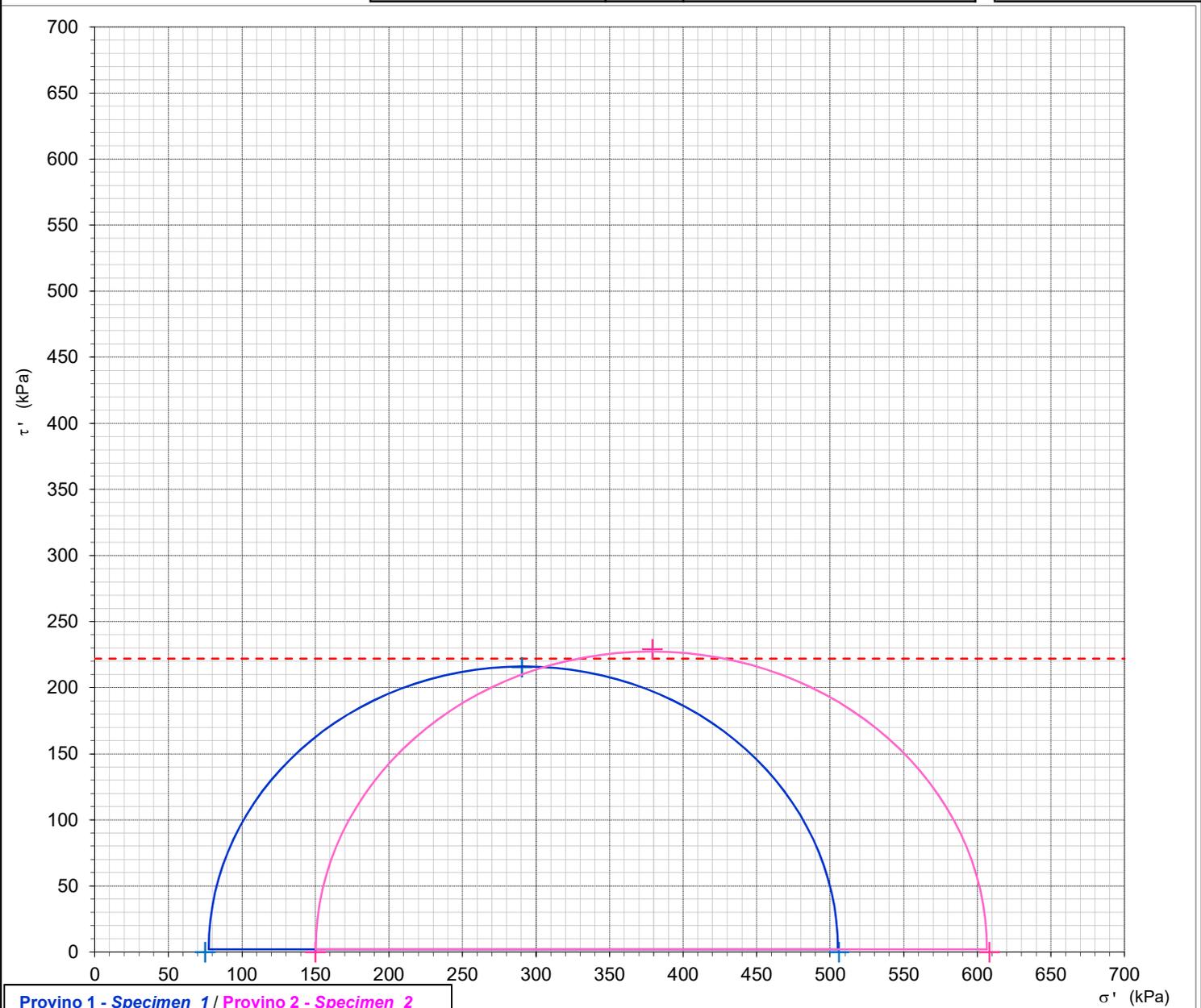
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S2  
 Campione: C2  
 Profondità: 6.00- 6.50 m

### TRIASSIALE UU

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura			
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2
Limo sabbioso di colore marrone.			Sforzo a rottura	kPa	431	458
			Intercetta Cu	KPa	222	

Velocità di prova  
 0.65  
 mm/min



*Nota: la resistenza al taglio non drenata si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice media dei valori a rottura dei provini testati. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taalio.*

## RAPPORTO DI PROVA

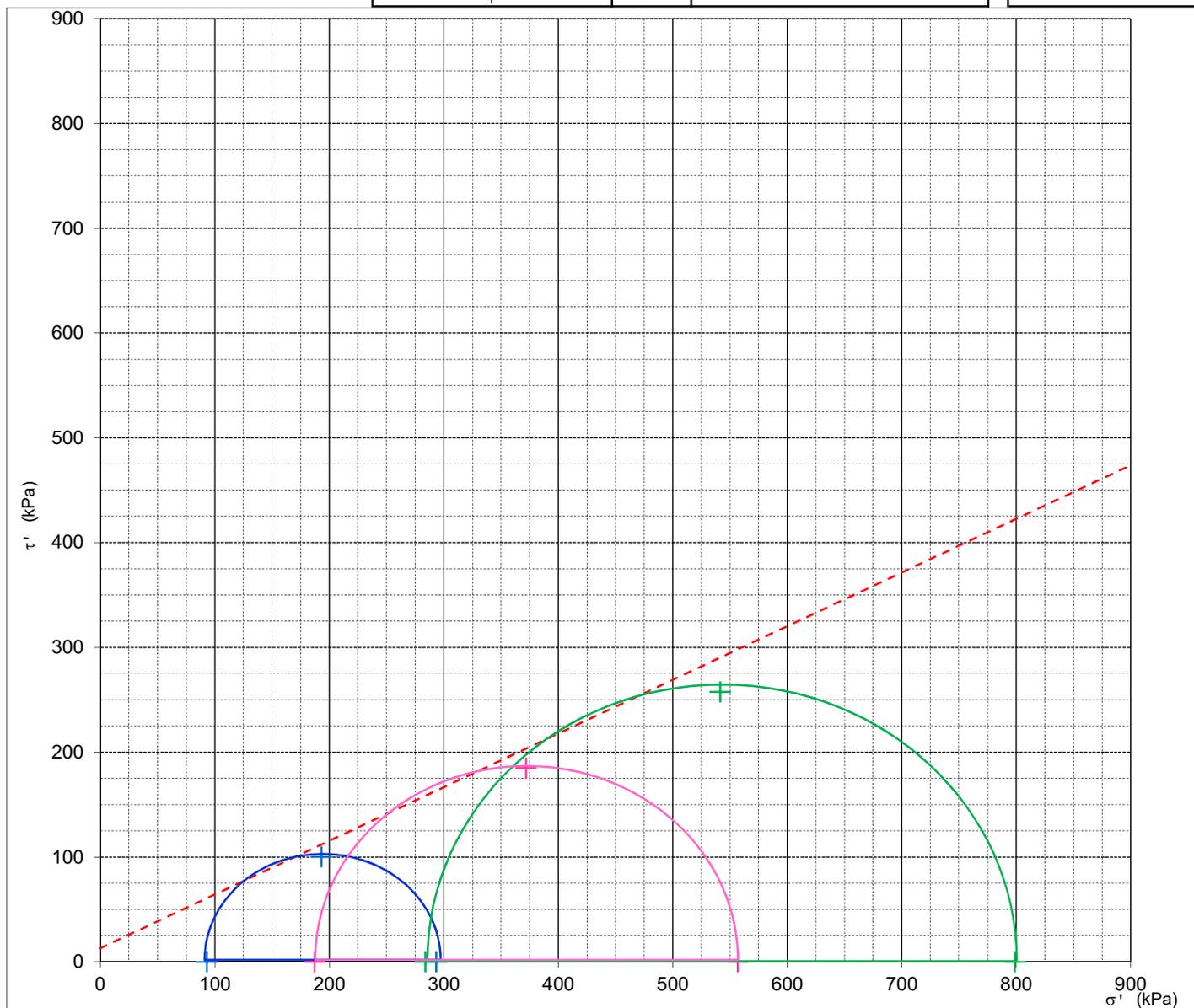
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S3  
 Campione: C1  
 Profondità: 4.30- 4.80 m

### TRIASSIALE CIU SFORZO EFFICACE

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura				
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2	3
			Sforzo a rottura	kPa	93	187	284
			Intercetta C'	KPa	13		
			$\phi'$	° sess	27.1		

Velocità di prova  
 0.0125  
 mm/min



Provino 1 - Specimen 1 / Provino 2 - Specimen 2 / Provino 3 - Specimen 3

*Nota: La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice regressione lineare sulla linea tangente ai tre cerchi di sforzo massimo. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.*

## RAPPORTO DI PROVA

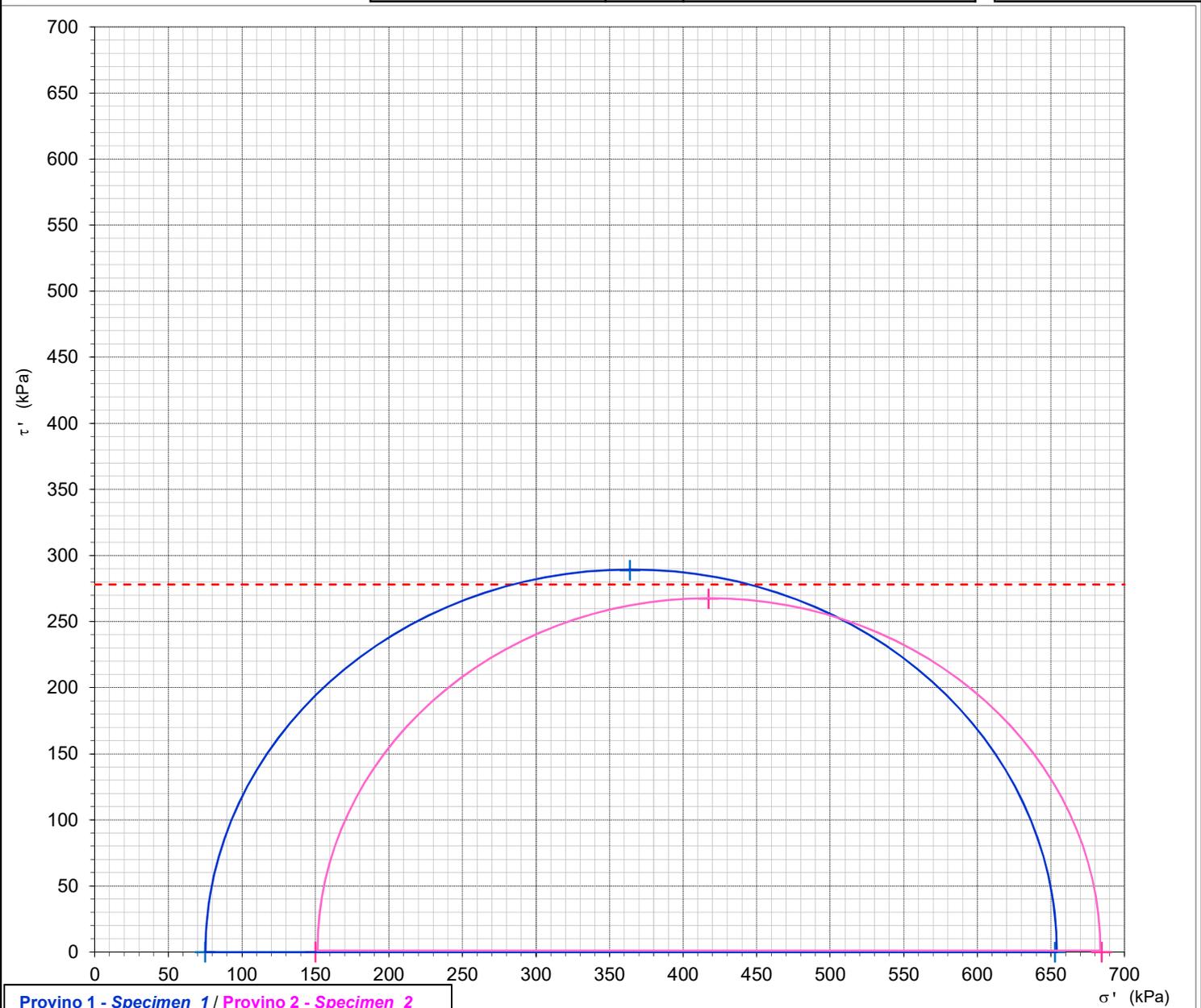
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S3  
 Campione: C2  
 Profondità: 5.50- 5.90 m

### TRIASSIALE UU

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura			
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2
Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.			Sforzo a rottura	kPa	578	534
			Intercetta Cu	KPa	278	

Velocità di prova  
 0.65  
 mm/min



**Provino 1 - Specimen 1 / Provino 2 - Specimen 2**

*Nota: la resistenza al taglio non drenata si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice media dei valori a rottura dei provini testati. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.*

## RAPPORTO DI PROVA

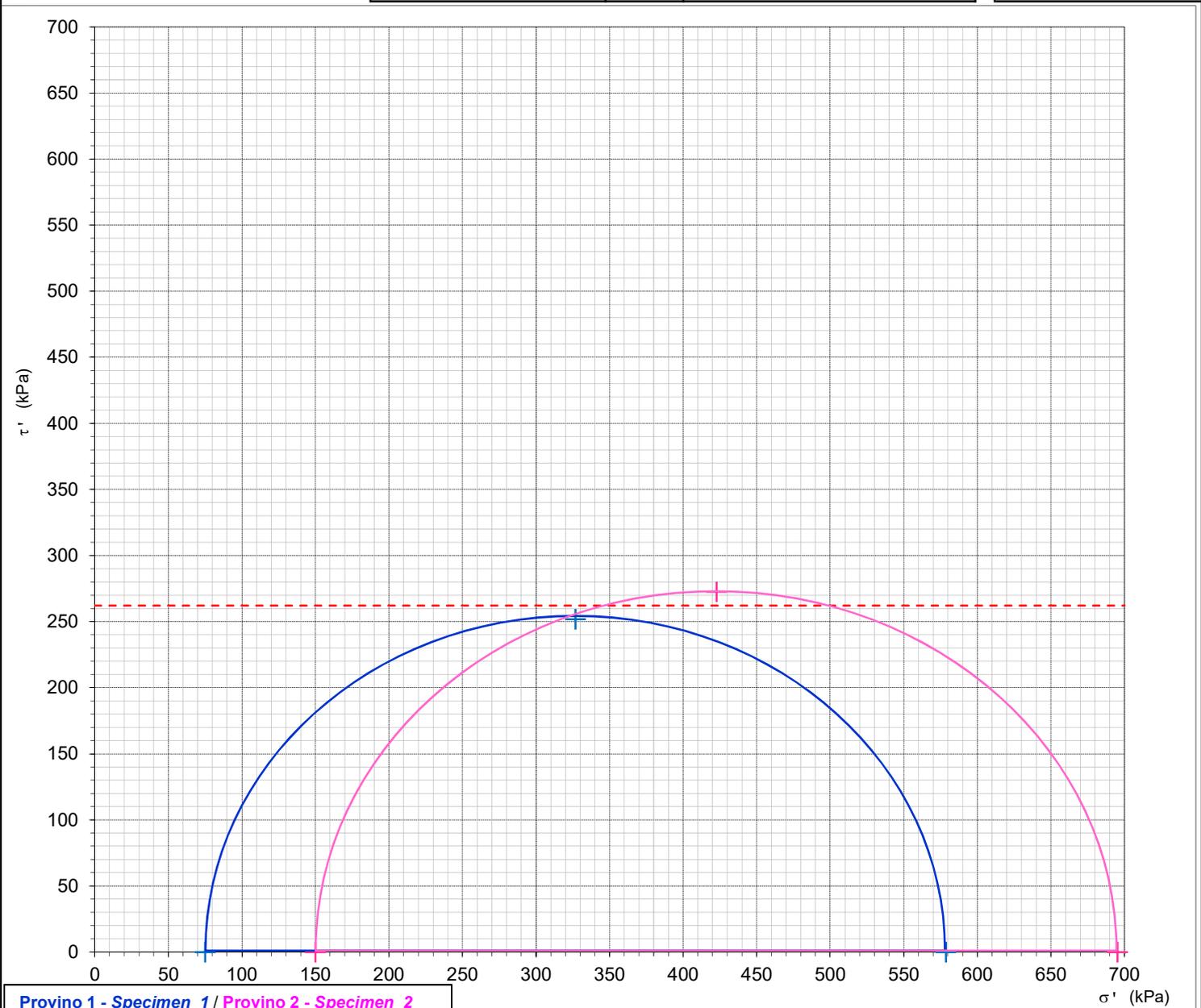
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S3  
 Campione: C3  
 Profondità: 8.30- 8.80 m

### TRIASSIALE UU

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura			
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2
Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.			Sforzo a rottura	kPa	504	545
			Intercetta Cu	KPa	262	

Velocità di prova  
0.65  
mm/min



*Nota: la resistenza al taglio non drenata si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice media dei valori a rottura dei provini testati. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taalio.*

## RAPPORTO DI PROVA

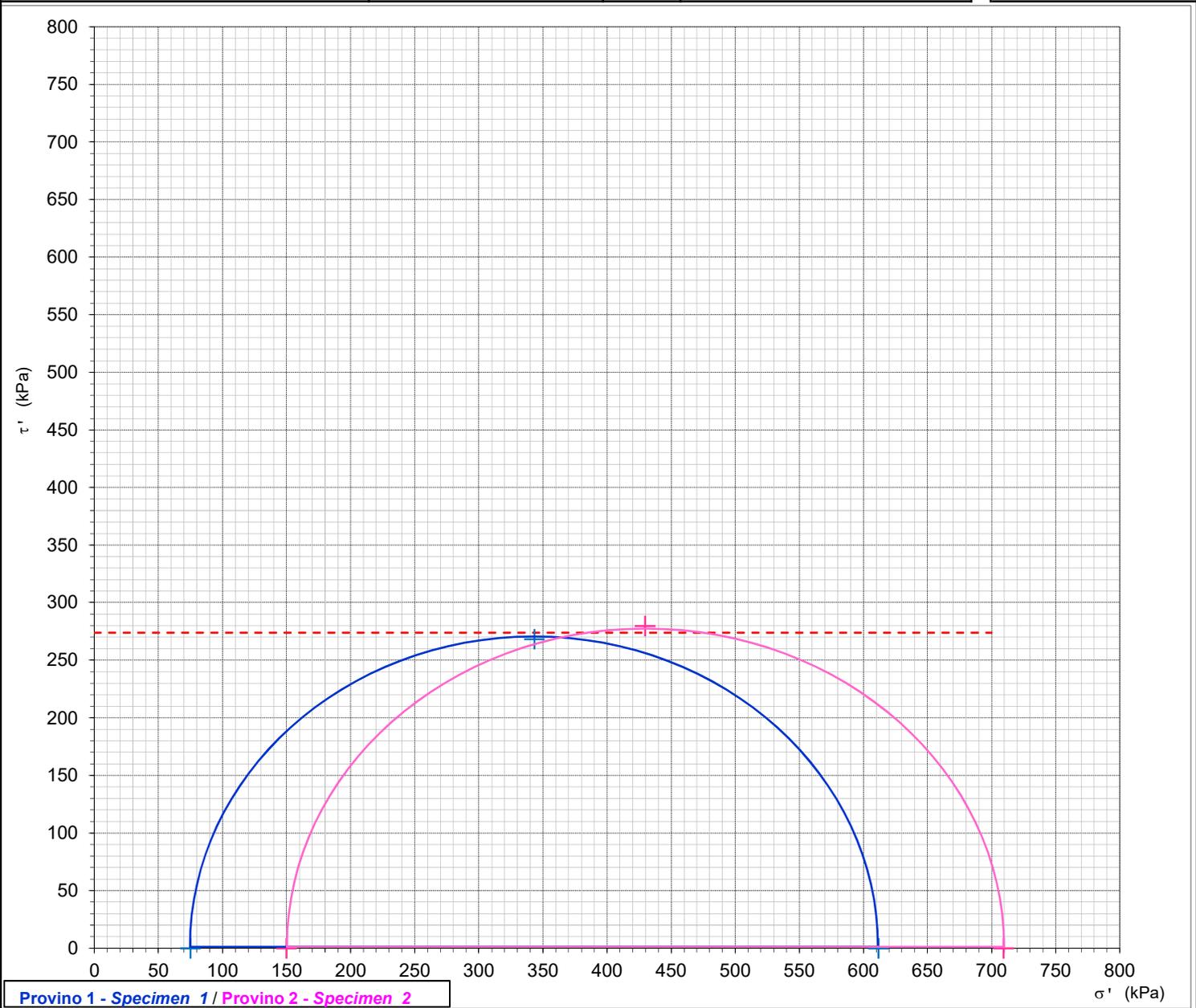
Committente: PUDDU GEOL. MARCO  
 Località: CASSANO SPINOLA (AL)  
 Cantiere: RIASSETTO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO RIO GARIGLIANO

Sondaggio: S3  
 Campione: C4  
 Profondità: 12.10- 12.60 m

### TRIASSIALE UU

Diametro iniziale	38.1	mm	Valori degli sforzi a rottura			
Altezza iniziale	76.2	mm	Provino	n°	1	2
Limo argilloso/argilla limosa di colore grigio.			Sforzo a rottura	kPa	537	559
			Intercetta Cu	KPa	274	

Velocità di prova  
0.65  
mm/min



*Nota: la resistenza al taglio non drenata si riferiscono alla elaborazione della prova triassiale eseguita mediante una semplice media dei valori a rottura dei provini testati. I risultati numerici delle prove fisiche e meccaniche eseguite sui campioni testati sono da considerarsi rappresentativi limitatamente alle condizioni fisiche del campione così come pervenuto presso il nostro laboratorio e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taalio.*

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 44,767067 [°]

longitudine: 8,866646 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15363	44,744520	8,845508	3011,9
Sito 2	15364	44,747230	8,915723	4458,9
Sito 3	15142	44,797170	8,911866	4893,1
Sito 4	15141	44,794460	8,841643	3629,4

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,024	2,499	0,187
Danno (SLD)	63	50	0,032	2,487	0,212
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,092	2,421	0,270
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,123	2,443	0,275

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,540	1,000	0,006	0,003	0,287	0,200
SLD	1,200	1,500	1,000	0,008	0,004	0,381	0,200
SLV	1,200	1,430	1,000	0,022	0,011	1,081	0,200
SLC	1,200	1,420	1,000	0,035	0,018	1,444	0,240

Geostru