

COMMITTENTE:



COMUNE DI CASTELBUONO

PROVINCIA DI PALERMO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

INTERVENTO:

OPERE DI DRENAGGIO E CONSOLIDAMENTO

IN VIA TENENTE ERNESTO FORTE

IN CASTELBUONO

OGGETTO:

**INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E PROVE DI LABORATORIO
REALIZZATE DA GEO3 s.a.s. SU INCARICO COMUNALE**

ELABORATO N°:

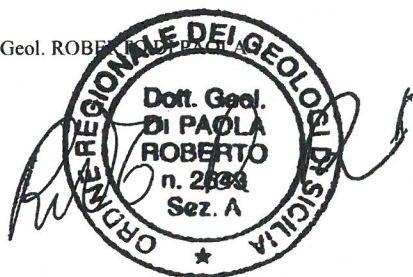
R3.

SCALA:

RIF N°: -

Il Geologo

Geol. ROBERTO



REV:	DATA:	REDATTO:	VERIFICATO:	APPROVATO:
0	08/10/2017	Geol. Roberto Di Paola		

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. SANTI SOTTILE



Il Sindaco
Arzuffo



Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni



Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

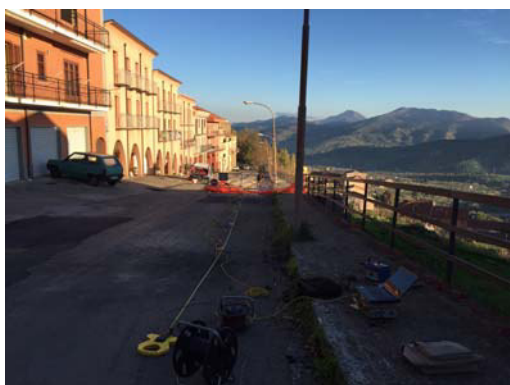
OGGETTO DEI LAVORI

INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

COMMITTENTE

COMUNE DI CASTELBUONO

REPORT INDAGINI ESEGUITE





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Premessa

Nell'ambito dei lavori aventi oggetto **"INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE "** il committente **Comune di Castelbuono**, ha incaricato la società GEO 3 s.a.s. , giusta determina n. 267 del 23/12/2016, per la realizzazione di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche di laboratorio nell'area in esame.

Si redige la presente relazione di chiusura delle attività di campo.

Dettaglio attività

Indagini geognostiche

Le attività di indagine hanno compreso l'esecuzione di n. 02 perforazioni a carotaggio continuo denominati S1 ed S2; le perforazioni hanno raggiunto 15.00 metri di profondità ed ubicate in corrispondenza del tratto di Via Ten. Ernesto Forte (S1) e a valle del cedimento manifesto (S2)

Mentre il foro S1 è stato strumentato con piezometro da 2", il foro S2 è stato installato con tubo inclinometrico in alluminio su cui è stata prevista la lettura di zero (o lettura di verticalità).

Per ogni sondaggio eseguito è stata prevista e realizzata una prova penetrometrica dinamica discontinua S.P.T. oltre al prelievo di un campione indisturbato per singolo foro da sottoporre successivamente ad analisi geotecniche di laboratorio.

Descrizione sondaggio S1

Attraverso l'esecuzione del sondaggio S1 si sono potuti rinvenire i seguenti tipi litologici:

0.00-1.60 m: terreni di riporto;

1.60-11.00 m: Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, intercalate a vari livelli da porzioni argillitiche, nello specifico, tali porzioni si possono trovare da 3.30 a 3.80 metri e tra 4.50 e 5.10 metri dal P.C.;

11.00-15.00 m: Argille di colore grigio, debolmente coesiva e plastica, con struttura brecciata, intercalate a vari livelli da porzioni maggiormente argillitiche con elementi di dimensioni decimetriche (si allega alla presente relazione la colonna stratigrafica certificata).

All'interno dello stesso, è stata eseguita una prova di tipo SPT a 12.00 metri dal P.C., che ha fornito il seguente risultato:

numero di colpi prova SPT Sondaggio S1: 20-27-31 (si allega di seguito report di calcolo esemplificativo della prova eseguita)



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Sanglerat	3,86

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Robertson (1983)	116,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Apollonia	580,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	58	12,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	58	12,45	Meyerhof ed altri	5,14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	58	12,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

Alla profondità compresa tra 7.20 m e 7.60 m dal P.C. si è provveduto al prelievo di un opportuno campione indisturbato, denominato S1C1, successivamente avviato alle analisi di laboratorio. (vedi relazione di laboratorio allegata)



Descrizione sondaggio S2

Attraverso l'esecuzione del sondaggio S2 si sono potuti rinvenire i seguenti tipi litologici:

0.00-.800 m: terreno agrario;

0.80-11.40 m: Argille di colore marrone tabacco, a struttura brecciata, debolmente limose e plastiche, mediamente coesive, intercalate a vari livelli da porzioni argillitiche, nello specifico, tali porzioni si possono rinvenire da 8.50 a 8.80 metri e tra 10.50 e 10.80 metri dal P.C.;

11.40-15.00 m: Argille di colore grigio, debolmente coesiva e plastica, con struttura brecciata, intercalate a vari livelli da porzioni maggiormente argillitiche con elementi di dimensioni decimetriche, nello specifico, tali porzioni si possono rinvenire da 8.50 a 8.80 metri e tra 13.20 e 13.40 metri dal P.C. (si allega alla presente relazione la colonna stratigrafica certificata).

All'interno dello stesso, è stata eseguita una prova di tipo SPT a 10.00 metri dal P.C., che ha fornito il seguente risultato:

numero di colpi prova SPT Sondaggio S2: 30-32-36 (si allega di seguito report di calcolo esemplificativo della prova eseguita)

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Sanglerat	4,52

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Robertson (1983)	136,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Apollonia	680,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	68	10,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	68	10,45	Meyerhof ed altri	8,33



Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	68	10,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

Alla profondità compresa tra 14.60 m e 15.00 m dal P.C. si è provveduto al prelievo di un opportuno campione indisturbato, denominato S2C1, successivamente avviato alle analisi di laboratorio. (vedi relazione di laboratorio allegata)

Indagini geofisiche

Le attività di indagini geofisiche hanno previsto l'esecuzione di traverse sismiche con tecnica tomografica e traverse elettriche sempre con tecnica tomografica e indagini MASW.

Quanto alle traverse sismiche sono state eseguite n. 02 stese sismiche denominate RZ1 e RZ2 situate rispettivamente lungo la via Ten. Ernesto Forte e a valle della stessa. Le lunghezze degli stendimenti realizzati sono stati pari a 72 m per RZ1 e 48 m per RZ2,.

Quanto alle 2 indagini MASW denominate MW 1 e MW 2 sono state realizzate parallelamente alle indagini sismiche a rifrazione tomografica e rispettivamente lungo la via Ten. Ernesto Forte e a valle della stessa.

Le indagini n tomografia elettrica denominate ERT1 e ERT2 , anch'esse sono state realizzate lungo la via Ten. Ernesto forte e a valle della stessa, le lunghezze degli stendimenti sono stati pari a 126 m per ERT1 e 69 metri per ERT2.

Indagini geotecniche di laboratorio

Le attività di indagine analitica di laboratorio comprendono analisi di riconoscimento fisico del campione, quali analisi granulometriche e limiti di consistenza e analisi di tipo meccanico, quali prove di taglio diretto e prove edometriche. Alla presente relazione faranno seguito i certificati di prova relativi alle analisi eseguite.



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Documentazione fotografica



Foto postazione indagine geognostica S1



Foto cassetta catalogatrice S1 – C1



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ



Foto cassetta catalogatrice S1 – C2



Foto cassetta catalogatrice S1 – C3



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ



Foto postazione indagine geognostica S2



Foto cassetta catalogatrice S2 – C1



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ



Foto cassetta catalogatrice S2 – C2





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Foto cassetta catalogatrice S2 – C3



Indagine sismica RZ1



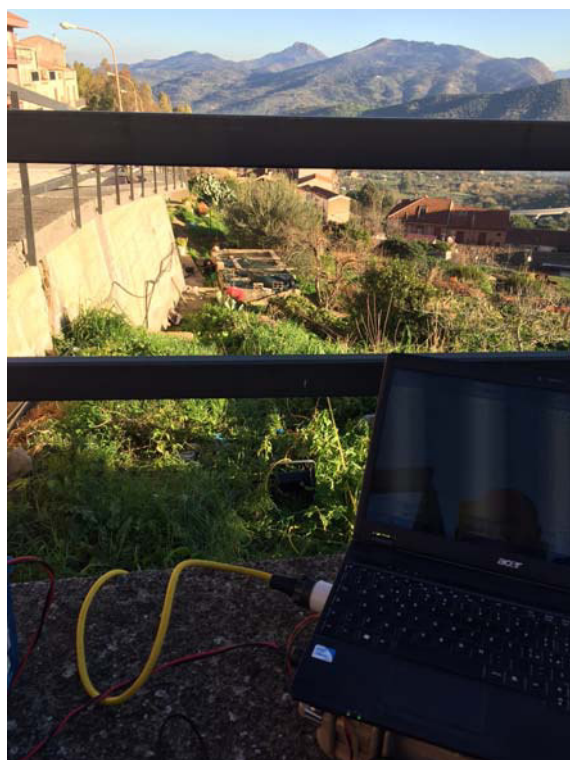


Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Indagine Masw Mw1



Indagine sismica RZ2





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Indagine Masw Mw2



Indagine Tomografia elettrica ERT1

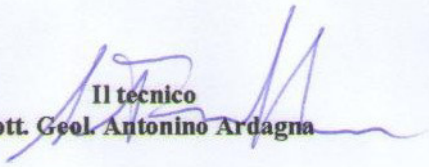




Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Indagine Tomografia elettrica ERT2

Gibellina li 31/12/2016






Il tecnico
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Committente Comune di Castelbuono (PA)	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 1/1
Operatore	Indagine Indagini Geotecniche e geognostiche v. Ten. Enersto Forte	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 28/12/2016	
Responsabile A.Ardagna	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclino metro (I)
				0 20 40 60 80 100											P-(1)
1		riporto	1.60												
2		Argilla, di colore marrone tabacco, a struttura brecciata debolmente limosa e plastica, intercalata a vari livelli a porzioni argillitiche (3.30 - 3.80 m) (4.50 - 5.10 m)													
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11		Argilla, di colore grigio, debolmente coesiva e plastica, a struttura brecciata. Intercalata a vari livelli a porzioni maggiormente argillitiche con elementi decimetriche	11.00												
12															
13															
14															
15			15.00												
16															
17															
18															
19															
20															

Committente Comune di Castelbuono (PA)	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 1/1
Operatore	Indagine Indagini Geotecniche e geognostiche v. Ten. Enersto Forte	Note1	Inizio/Fine Esecuzione 30/12/2016	
Responsabile A.Ardagna	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Carotag.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclino metro (I)	I-(1)
1		terreno agrario	0.80													
2		Argilla, di colore marrone tabacco, con struttura brecciata, debolmente limosa e plastica, mediamente coesiva. Intercalata a vari livelli a porzioni argillitiche (8.50 - 8.80 m) (10.50 - 10.80 m)														
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10					30/32/36 10.00 PC											
11		Argilla, di colore grigio, debolmente coesiva e plastica, a struttura brecciata intercalata a vari livelli a porzioni maggiormente argillitiche con elementi decimetrici (13.20- 13.40 m)	11.40													
12																
13																
14																
15			15.00													
16																
17																
18																
19																
20																

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , RS-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Castelbuono
Cantiere: via Ten. Ernesto Forte
Località: Castelbuono (PA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE
Dott. geol. A. Ardagna

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... *scept* *ecc.*)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica

($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.20 \text{ m}$, avanzamento $\delta = 10 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=20-30 \text{ cm}$, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata

secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).

Schmertmann 1977 - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 mt. e con % di limo $> 5\%$ a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.

- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA ...SPT1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 27/01/2017
 Quota 12,00 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	20
12,30	27
12,45	31

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Sanglerat	3,86

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Robertson (1983)	116,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	58	12,45	Apollonia	580,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	58	12,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	58	12,45	Meyerhof ed altri	5,14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	58	12,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

PROVA ...SPT.2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Quota
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 28/01/2017
 10,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi
10,15	30
10,30	32
10,45	36

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT.2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Sanglerat	4,52

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Robertson (1983)	136,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	68	10,45	Apollonia	680,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	68	10,45	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	68	10,45	Meyerhof ed altri	8,33

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	68	10,45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---



Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

OGGETTO DEI LAVORI

**INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL
TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE**

COMMITTENTE

Comune di Castelbuono

<i>Rif. Verb. di accettazione n°</i>	551
---	------------

<i>Rif. Interno n°</i>	53/16
-------------------------------	--------------

RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO



Oggetto dei lavori:

INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

Nell'ambito dei lavori inerenti la campagna di indagini geognostiche in oggetto, il committente, **Comune di Castelbuono**

ha incaricato formalmente la Società GEO 3 s.a.s. di Antonino Ardagna & C. per l'esecuzione di prove geotecniche su campioni di terreno opportunamente prelevati. Sono, infatti, pervenuti presso codesto laboratorio i seguenti campioni:

N°	2	fustelle metalliche denominate S1C1 e S2C1
N°	0	sacchetto plastico

I campioni risultano essere opportunamente sigillati onde evitarne l'essiccazione e marcati da etichetta identificatrice.

Dopo l'apertura del campione, è stato possibile identificare lo stesso e classificarlo dal punto di vista macroscopico; in seguito a tale identificazione si è proceduto alla selezione delle porzioni necessarie per la caratterizzazione fisica e meccanica.

Nello specifico sono state eseguite le seguenti prove:

- determinazione del contenuto di acqua del campione – ASTM D 2216-80;
- determinazione del peso per unità di volume – BS 1377;
- determinazione del peso specifico – ASTM D 854;
- granulometrica mediante sedimentazione (aerometria) e/o setacciatura - ASTM D 422;
- determinazione dei limiti di Atterberg – ASTM D 4318
- prova di consolidazione edometrica – ASTM D 2435;
- prova di taglio diretto – ASTM D 3080;
- determinazione del limite di ritiro - ASTM D 427 - 04.

Di seguito vengono riportati i certificati da **01/17 a** a **02/17 f** con riferimento ai campioni pervenuti in questo laboratorio.


Gibellina, gennaio-17

Il direttore di Laboratorio

Dott. Geol. Antonino Ardagna



Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	SCHEDA CAMPIONE		Rif. interno n°	53/16
			Certificato n°	01/17 a
	S1	C1	Data emissione	12/01/2017
			n° pagine 1 / 23	

Rif. Verbale di accettazione n° 551

Committente Comune di Castelbuono

Direttore Lavori - Località: Castelbuono (PA)

Oggetto: INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

Sondaggio	S1	Campione	C1
Profondità	7,20-7,60 metri p.c.	Contenitore	Fustella metallica
Data prelievo campione	27-dic-16	Data accettazione	30-dic-16
		Data inizio prove	02-gen-17

Descrizione del campione

Limo argilloso di colore tabacco con presenza di patine di alterazione e struttura brecciata. Si possono rinvenire, a vari livelli, intercalazioni argillitici di colore giallastro. Umido e coesivo.

Classe di qualità Q5 Indisturbato ☒ Rimaneggiato ☐

Infissione pocket penetrometer	<100 kPa	-	100<kPa<400	x	> 400 kPa	-
Infissione pocket vane - test	4,4	N/cm ²				

Prove effettuate

	data prove			data prove	
Contenuto d'acqua	02/01/2017	x	Edometria	02/01/2017	x
Peso di volume	02/01/2017	x	Taglio diretto	02/01/2017	x
Peso specifico dei grani	03/01/2017	x	Taglio residuo		
Limiti di Atterberg	04/01/2017	x	ELL		
Limite di ritiro	05/01/2017	x	Triassiale UU		
Analisi granulometrica (setacci)	03/01/2017	x	Triassiale CU		
Analisi granulometrica (sedimentaz.)	09/01/2017	x	Triassiale CD		
Analisi granulometrica (UNI 10006:2002)			Point Load Test		
			Perm a car cost.		
Compattazione Proctor modificato			Perm. a car var		
Penetrazione CBR			Perm in cella tx		

Grandezze Indice

Contenuto d'acqua I W_0 (%)	12,78	Peso specifico I γ_s (kN/m ³)	26,59
Contenuto d'acqua II W_0 (%)	13,59	Peso specifico II γ_s (kN/m ³)	26,62
Contenuto d'acqua medio W_0 (%) (media 2 determinaz.)	13,19	Peso specifico medio γ_s (kN/m ³) (media 2 determinaz.)	26,61
Peso di volume γ (kN/m ³)	19,16	Grado di saturazione (S_n) (%)	62,57
Peso di volume secco γ_d (kN/m ³)	16,93	Indice dei vuoti (e)	0,57
		Porosità %	36,37

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni </div>	CURVA GRANULOMETRICA (ASTM D 421 / 422)	Rif. interno n°	53/16
		Certificato n°	01/17 b
		Data	12/01/2017
	n° pagina 2 / 23		

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

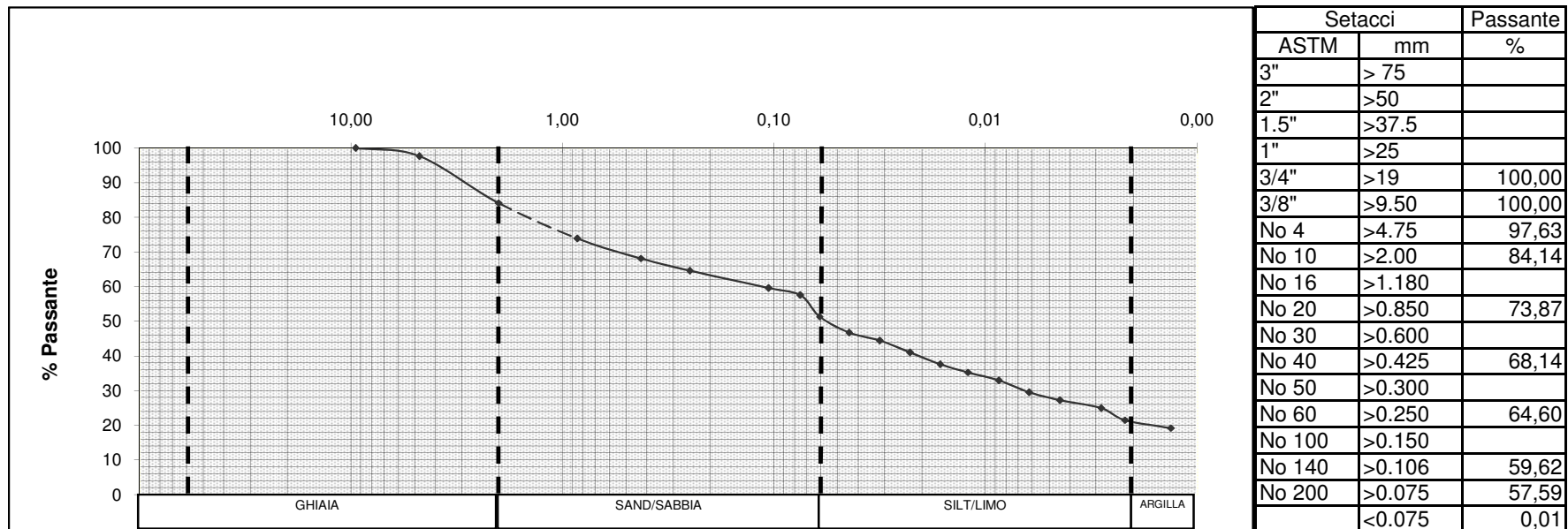
Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S1	Campione	C1
Profondità	7,20-7,60	m	

Il Direttore di Laboratorio

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Antonino Ardagna

Dott. Geol. Mendolia Antonio



Descrizione	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	φ 60	φ 10	U
Sabbia con limo, argillosa, ghiaiosa	16	34	30	20	0,106	-	

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318)	Riferimento n°	53/16
		Certificato n°	01/17 c
		Data	12/01/2017
		n° pagina 3 / 23	

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere:	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S1	Campione	C1
Profondità	7,20-7,60	m	

LIMITE LIQUIDO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
NUMERO COLPI	11	19	25
CONTENUTO D'ACQUA %	36,28	34,00	32,09

LIMITE PLASTICO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
CONTENUTO D'ACQUA %	19,93	20,30	

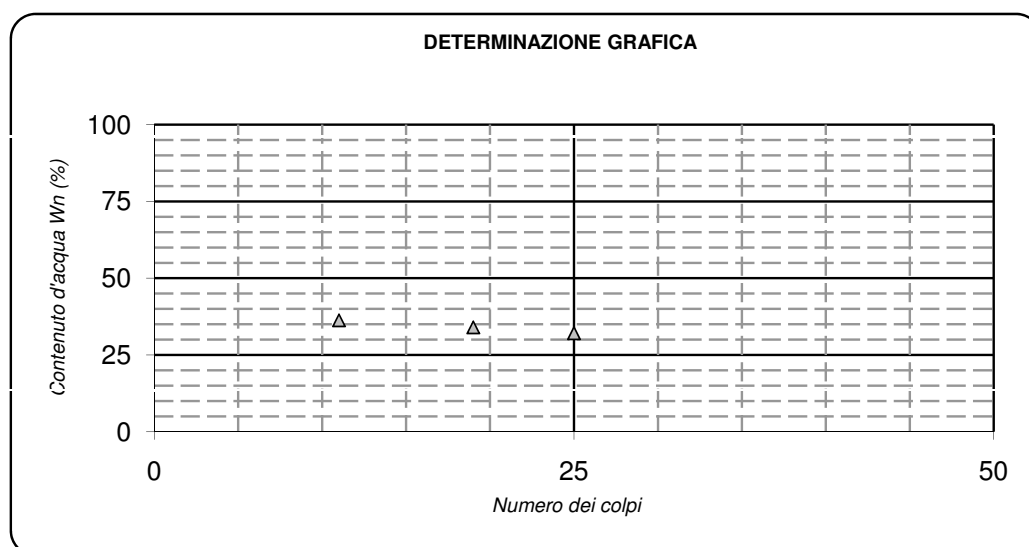
CONTENUTO D'ACQUA (W _n) %	13,19
---------------------------------------	-------

LIMITE LIQUIDO (W _l) %	32,09
------------------------------------	-------

LIMITE PLASTICO (W _p) %	20,12
-------------------------------------	-------

INDICE PLASTICO (I _p) %	11,98
-------------------------------------	-------

INDICE DI CONSISTENZA (I _c)	1,58
---	------



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	DIAGRAMMI DI ATTIVITA' E PLASTICITA'		Rif. n°	53/16
			Certificato n°	01/17 c
			Data	12/01/2017
			n° pagina 4 /	23

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

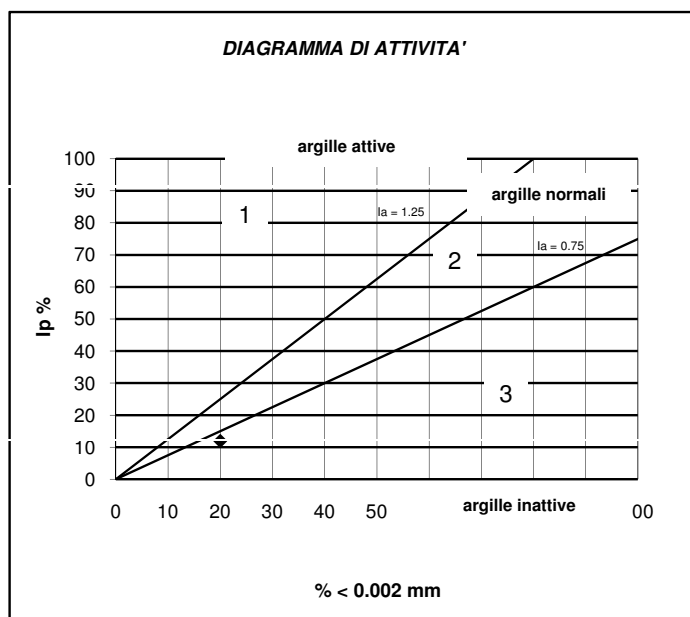
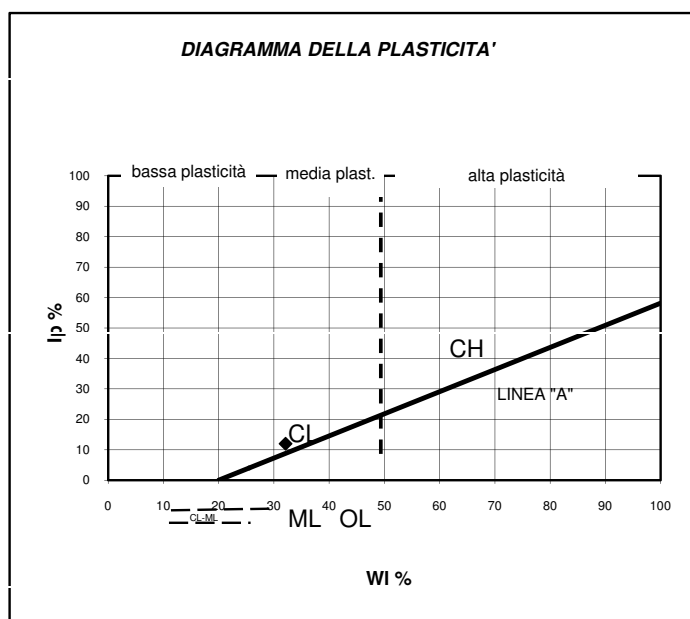
Dati del Cliente

Cliente Comune di Castelbuono

Cantiere INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

Sondaggio **S1** Campione **C1**

Profondità 7,20-7,60 m



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	LIMITE DI RITIRO (ASTM D 427-04)	Rif. n° 53/16
		Certificato n° 01/17 d
		Data 12/01/2017
		pagina 5 / 23

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S1	Campione	C1
Profondità	7,20-7,60	m	

PESO CAPSULA (gr.)	VOLUME CAPSULA (cm ³)	VOLUME CAMPIONE SECCO (cm3)
32,26	25,28	17,59

peso campione umido + TARA (gr.)	peso campione secco + TARA(gr.)
78,64	66,71

UMIDITA' INIZIALE CAMP. (Wi) %	34,63
--------------------------------	-------

LIMITE RITIRO (Ws) %	12,31
----------------------	-------

COEFF. DI RITIRO (Rs) %	1,96
-------------------------	------

RITIRO DI VOLUME (Vs)	43,72
-----------------------	-------

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio



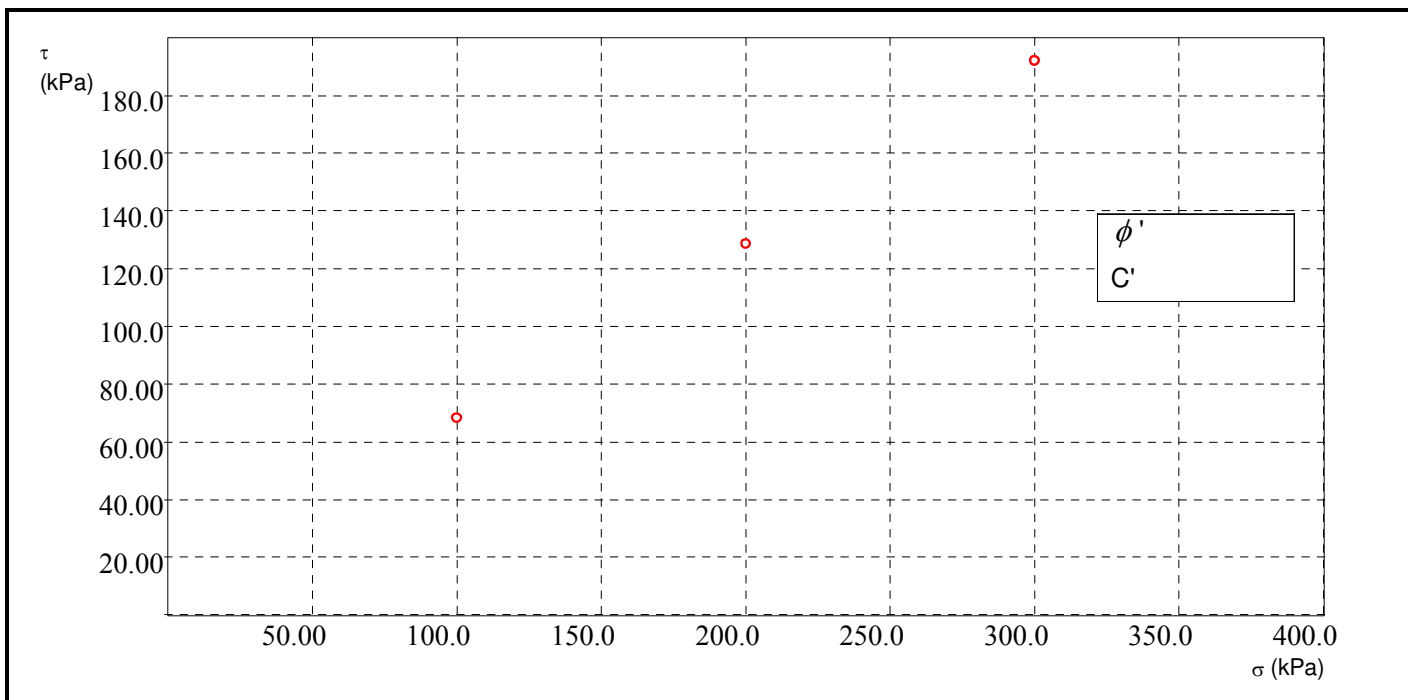
PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Provino	Ho mm	Ao cm ²	γ_n g/cm ³	γ_d g/cm ³	Wo %	Wf %	So %	Sf %
5316S11C	20,00	36,00	1,961	1,708	14,81	18,13	68,41	112,70
5316S11B	20,00	36,00	1,962	1,729	13,51	19,32	64,48	104,39
5316S11A	20,00	36,00	1,941	1,718	13,00	20,92	61,00	103,97

Provino	σ_v kPa	H mm	dt h	τ_f kPa	Sh mm	V micron/min		
5316S11C	300,00	18,10	1,00	192,12	4,33	2,00		
5316S11B	200,00	19,16	1,00	128,68	4,60	2,00		
5316S11A	100,00	19,59	1,00	68,21	4,71	2,00		





Laboratorio di Indagini
Geotecniche sui terreni

Laboratorio autorizzato ai sensi del DPR 380/01 art. 59 - n. prot. 5594 del
25/06/2010
Sede Via Alberto Burri n.4, Gibellina (TP)

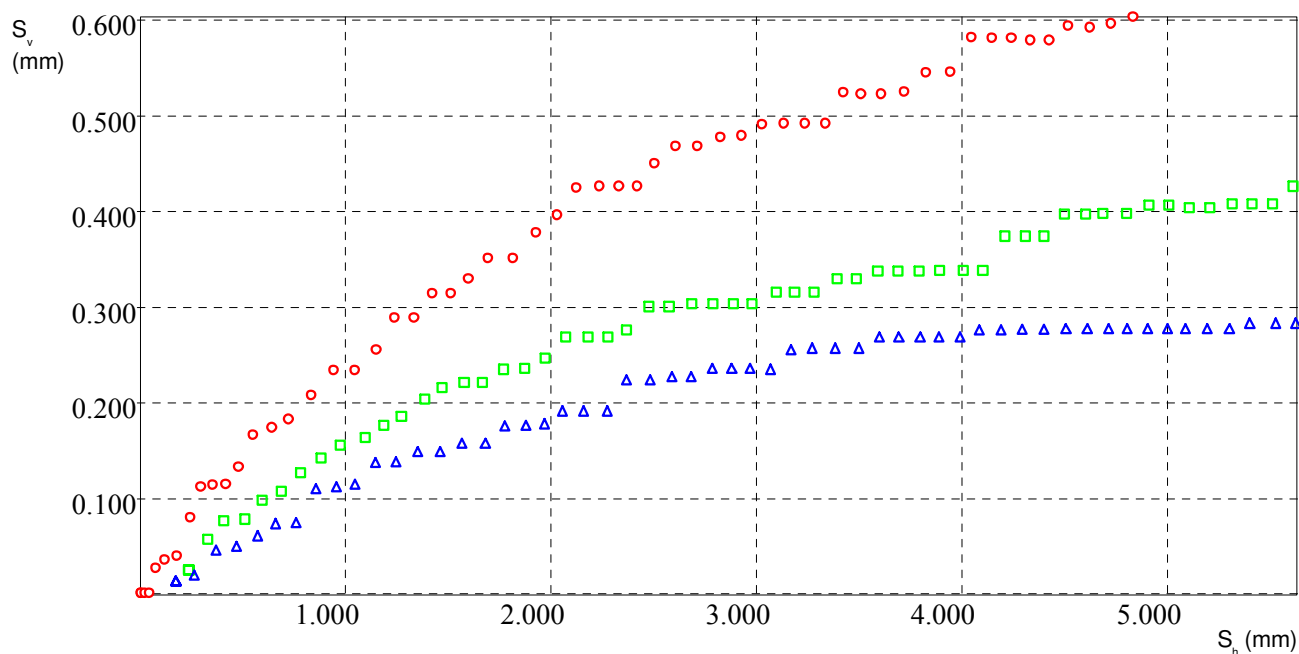
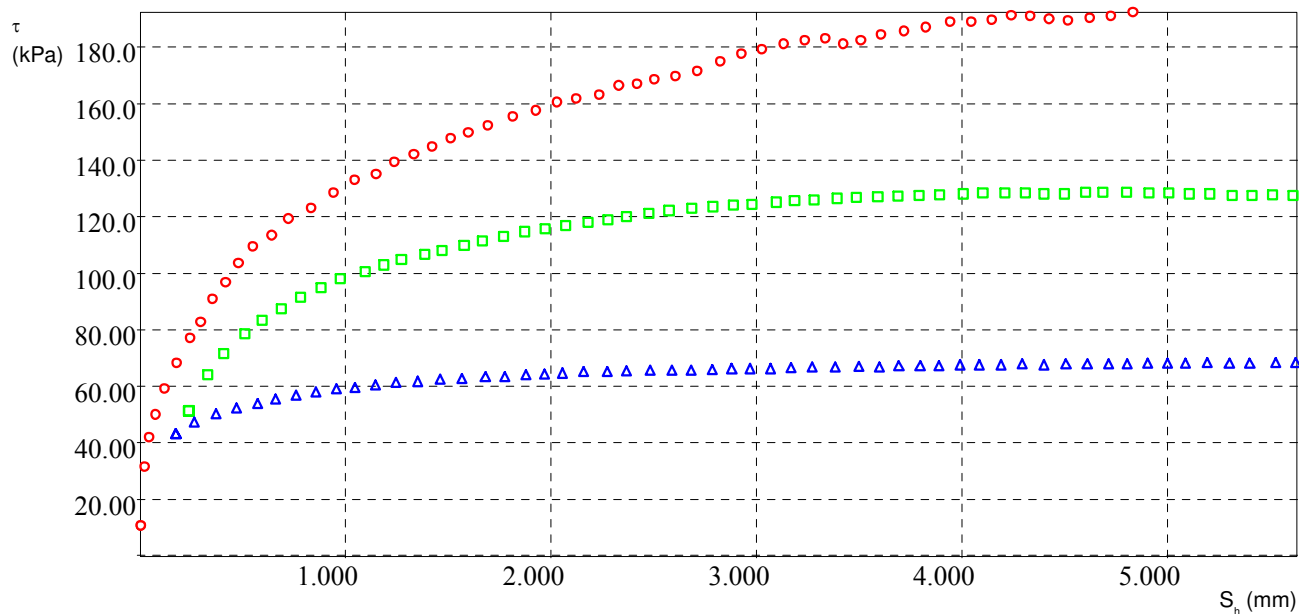
Riferimento n. 53/16 - 12/01/17

Certificato n. 01/17 - e pagina 7/23

Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m



Il Direttore del Laboratorio

Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

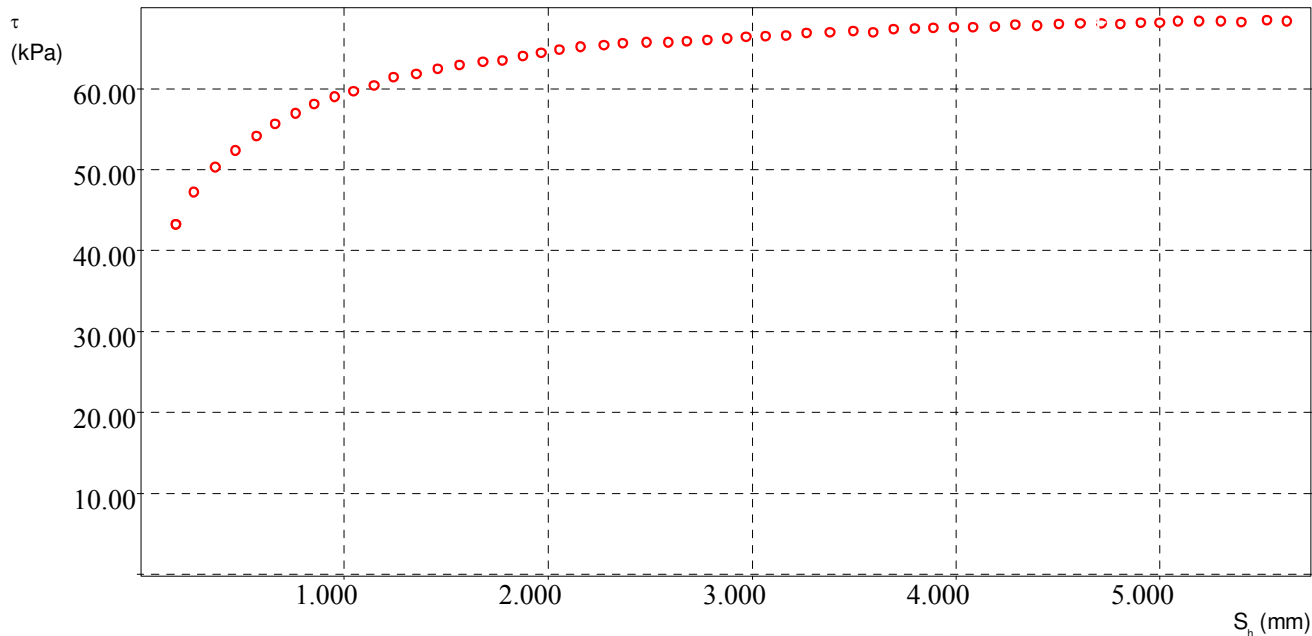
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,01	0,18	155,60	43,22
150,00	0,02	0,26	170,10	47,25
200,00	0,05	0,37	181,00	50,28
250,00	0,05	0,47	188,60	52,39
300,00	0,06	0,57	194,70	54,08
350,00	0,07	0,66	200,30	55,64
400,00	0,08	0,76	205,00	56,94
450,00	0,11	0,86	209,00	58,06
500,00	0,11	0,96	212,30	58,97
550,00	0,12	1,05	214,70	59,64
600,00	0,14	1,15	217,40	60,39
650,00	0,14	1,25	221,00	61,39

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,15	1,35	222,50	61,81
750,00	0,15	1,46	224,70	62,42
800,00	0,16	1,56	226,30	62,86
850,00	0,16	1,68	227,80	63,28
900,00	0,18	1,78	228,50	63,47
950,00	0,18	1,88	230,60	64,06
1000,00	0,18	1,97	231,80	64,39
1050,00	0,19	2,06	233,20	64,78
1100,00	0,19	2,16	234,50	65,14
1150,00	0,19	2,27	235,20	65,33
1200,00	0,22	2,37	236,10	65,58
1250,00	0,22	2,48	236,60	65,72



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 68,21 \text{ kPa}$

$S_h = 4,71 \text{ mm}$

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S1
Sample	C1
Depth	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,23	2,59	236,50	65,69
1350,00	0,23	2,68	236,90	65,81
1400,00	0,24	2,78	237,50	65,97
1450,00	0,24	2,88	238,30	66,19
1500,00	0,24	2,97	238,80	66,33
1550,00	0,24	3,07	239,10	66,42
1600,00	0,26	3,17	239,60	66,56
1650,00	0,26	3,27	240,50	66,81
1700,00	0,26	3,38	240,80	66,89
1750,00	0,26	3,50	241,60	67,11
1800,00	0,27	3,60	240,90	66,92
1850,00	0,27	3,69	242,10	67,25
1900,00	0,27	3,80	242,60	67,39
1950,00	0,27	3,89	242,90	67,47
2000,00	0,27	3,99	243,10	67,53
2050,00	0,28	4,08	243,30	67,58
2100,00	0,28	4,19	243,70	67,69
2150,00	0,28	4,29	244,40	67,89
2200,00	0,28	4,40	243,90	67,75
2250,00	0,28	4,51	244,50	67,92
2300,00	0,28	4,61	244,80	68,00
2350,00	0,28	4,71	244,90	68,03
2400,00	0,28	4,81	244,70	67,97
2450,00	0,28	4,91	245,20	68,11
2500,00	0,28	5,00	245,40	68,17
2550,00	0,28	5,09	245,80	68,28
2600,00	0,28	5,19	246,00	68,33
2650,00	0,28	5,30	245,80	68,28
2700,00	0,28	5,40	245,50	68,19
2750,00	0,28	5,52	246,20	68,39
2800,00	0,28	5,62	246,10	68,36
2850,00	0,28	5,73	246,30	68,42

τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

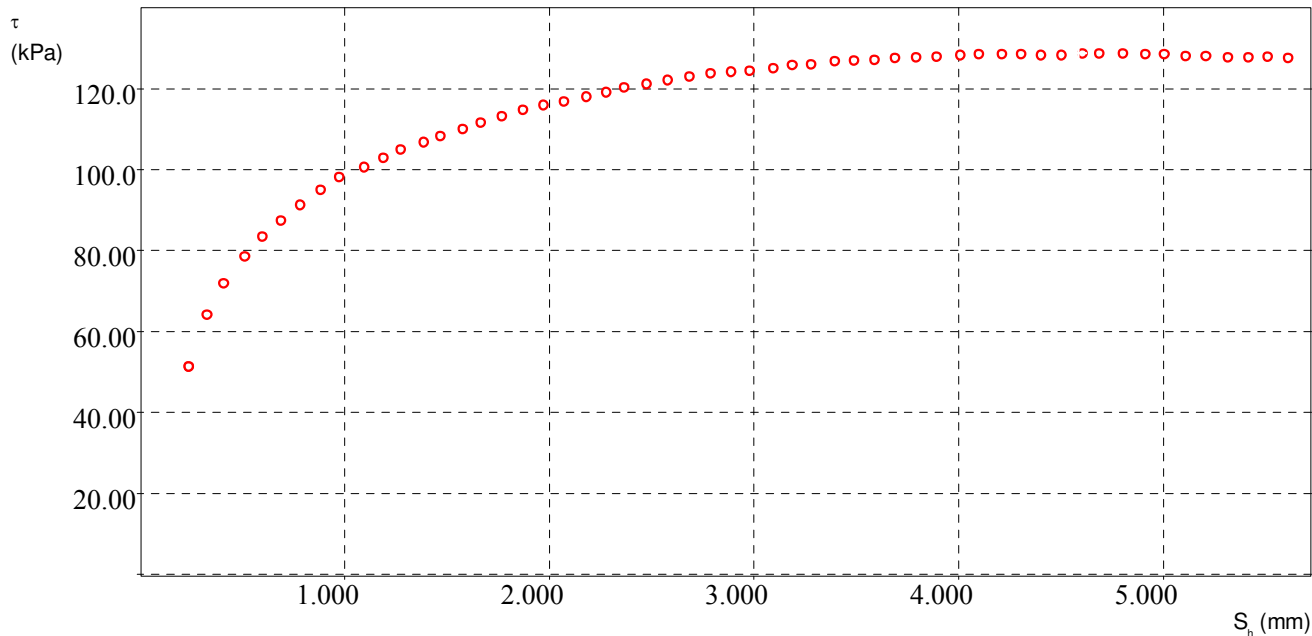
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,03	0,24	184,80	51,33
150,00	0,06	0,33	230,80	64,11
200,00	0,08	0,41	258,30	71,75
250,00	0,08	0,51	282,90	78,58
300,00	0,10	0,60	300,50	83,47
350,00	0,11	0,69	314,50	87,36
400,00	0,13	0,78	328,80	91,33
450,00	0,14	0,88	341,90	94,97
500,00	0,16	0,98	353,20	98,11
550,00	0,16	1,09	362,00	100,56
600,00	0,18	1,19	370,40	102,89
650,00	0,19	1,27	377,50	104,86

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,20	1,39	384,50	106,81
750,00	0,22	1,47	389,40	108,17
800,00	0,22	1,58	395,60	109,89
850,00	0,22	1,66	401,80	111,61
900,00	0,24	1,77	407,40	113,17
950,00	0,24	1,87	413,00	114,72
1000,00	0,25	1,97	417,30	115,92
1050,00	0,27	2,07	420,50	116,81
1100,00	0,27	2,18	424,60	117,94
1150,00	0,27	2,28	428,90	119,14
1200,00	0,28	2,37	432,70	120,19
1250,00	0,30	2,48	436,20	121,17



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 128,68$ kPa

$S_h = 4,60$ mm

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S1
Sample	C1
Depth	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,30	2,58	439,70	122,14
1350,00	0,30	2,68	442,60	122,94
1400,00	0,30	2,79	445,40	123,72
1450,00	0,30	2,89	446,80	124,11
1500,00	0,30	2,98	447,70	124,36
1550,00	0,32	3,10	450,50	125,14
1600,00	0,32	3,19	452,70	125,75
1650,00	0,32	3,28	453,90	126,08
1700,00	0,33	3,39	456,00	126,67
1750,00	0,33	3,49	457,00	126,94
1800,00	0,34	3,59	457,60	127,11
1850,00	0,34	3,69	458,90	127,47
1900,00	0,34	3,79	459,60	127,67
1950,00	0,34	3,89	460,30	127,86
2000,00	0,34	4,01	461,30	128,14
2050,00	0,34	4,10	462,30	128,42
2100,00	0,37	4,21	462,30	128,42
2150,00	0,37	4,31	462,60	128,50
2200,00	0,37	4,40	461,80	128,28
2250,00	0,40	4,50	461,50	128,19
2300,00	0,40	4,60	463,00	128,61
2350,00	0,40	4,69	463,00	128,61
2400,00	0,40	4,80	462,90	128,58
2450,00	0,41	4,91	462,60	128,50
2500,00	0,41	5,01	462,60	128,50
2550,00	0,40	5,11	461,20	128,11
2600,00	0,40	5,21	460,90	128,03
2650,00	0,41	5,32	459,90	127,75
2700,00	0,41	5,41	459,70	127,69
2750,00	0,41	5,51	460,10	127,81
2800,00	0,43	5,61	459,20	127,56
2850,00	0,43	5,71	459,20	127,56

τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

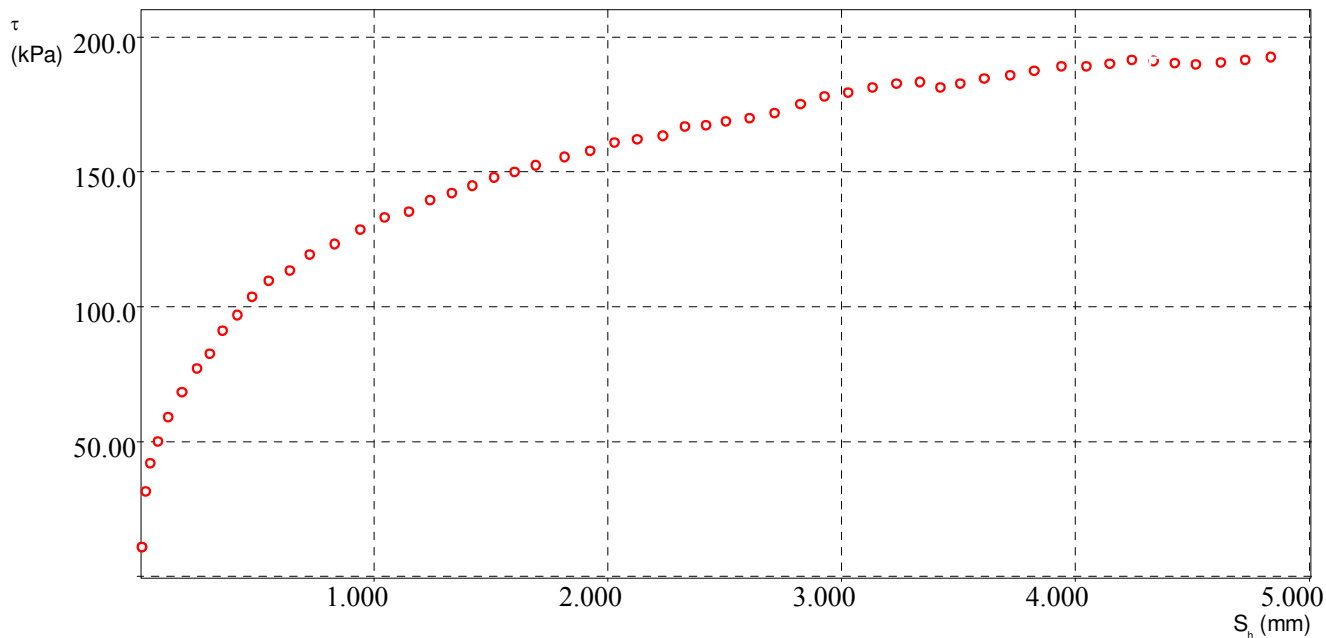
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,00	0,01	38,40	10,67
150,00	0,00	0,02	113,30	31,47
200,00	0,00	0,04	150,60	41,83
250,00	0,03	0,08	179,80	49,94
300,00	0,04	0,12	212,20	58,94
350,00	0,04	0,18	245,20	68,11
400,00	0,08	0,24	277,00	76,94
450,00	0,11	0,30	297,30	82,58
500,00	0,11	0,36	326,90	90,81
550,00	0,12	0,42	348,90	96,92
600,00	0,13	0,48	373,10	103,64
650,00	0,17	0,55	393,40	109,28

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,17	0,64	408,20	113,39
750,00	0,18	0,72	429,20	119,22
800,00	0,21	0,83	443,40	123,17
850,00	0,23	0,94	462,10	128,36
900,00	0,23	1,05	478,80	133,00
950,00	0,26	1,15	486,80	135,22
1000,00	0,29	1,24	502,20	139,50
1050,00	0,29	1,33	511,20	142,00
1100,00	0,31	1,42	521,10	144,75
1150,00	0,31	1,52	531,90	147,75
1200,00	0,33	1,60	539,50	149,86
1250,00	0,35	1,69	548,50	152,36



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 192,12 \text{ kPa}$

$S_h = 4,33 \text{ mm}$

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S1
Sample	C1
Depth	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,35	1,82	559,50	155,42
1350,00	0,38	1,93	567,50	157,64
1400,00	0,40	2,03	578,30	160,64
1450,00	0,42	2,13	582,50	161,81
1500,00	0,43	2,24	587,40	163,17
1550,00	0,43	2,33	599,20	166,44
1600,00	0,43	2,42	601,30	167,03
1650,00	0,45	2,50	606,60	168,50
1700,00	0,47	2,61	610,50	169,58
1750,00	0,47	2,71	617,40	171,50
1800,00	0,48	2,83	630,00	175,00
1850,00	0,48	2,93	639,50	177,64
1900,00	0,49	3,03	645,40	179,28
1950,00	0,49	3,13	652,10	181,14
2000,00	0,49	3,24	657,30	182,58
2050,00	0,49	3,34	659,30	183,14
2100,00	0,52	3,42	652,40	181,22
2150,00	0,52	3,51	657,40	182,61
2200,00	0,52	3,61	664,00	184,44
2250,00	0,52	3,72	668,30	185,64
2300,00	0,55	3,83	673,80	187,17
2350,00	0,55	3,94	679,90	188,86
2400,00	0,58	4,05	679,90	188,86
2450,00	0,58	4,15	683,20	189,78
2500,00	0,58	4,24	688,70	191,31
2550,00	0,58	4,34	687,90	191,08
2600,00	0,58	4,43	684,20	190,06
2650,00	0,59	4,52	682,10	189,47
2700,00	0,59	4,62	685,40	190,39
2750,00	0,60	4,73	688,00	191,11
2800,00	0,60	4,84	692,30	192,31
2850,00	0,60	4,94	694,80	193,00

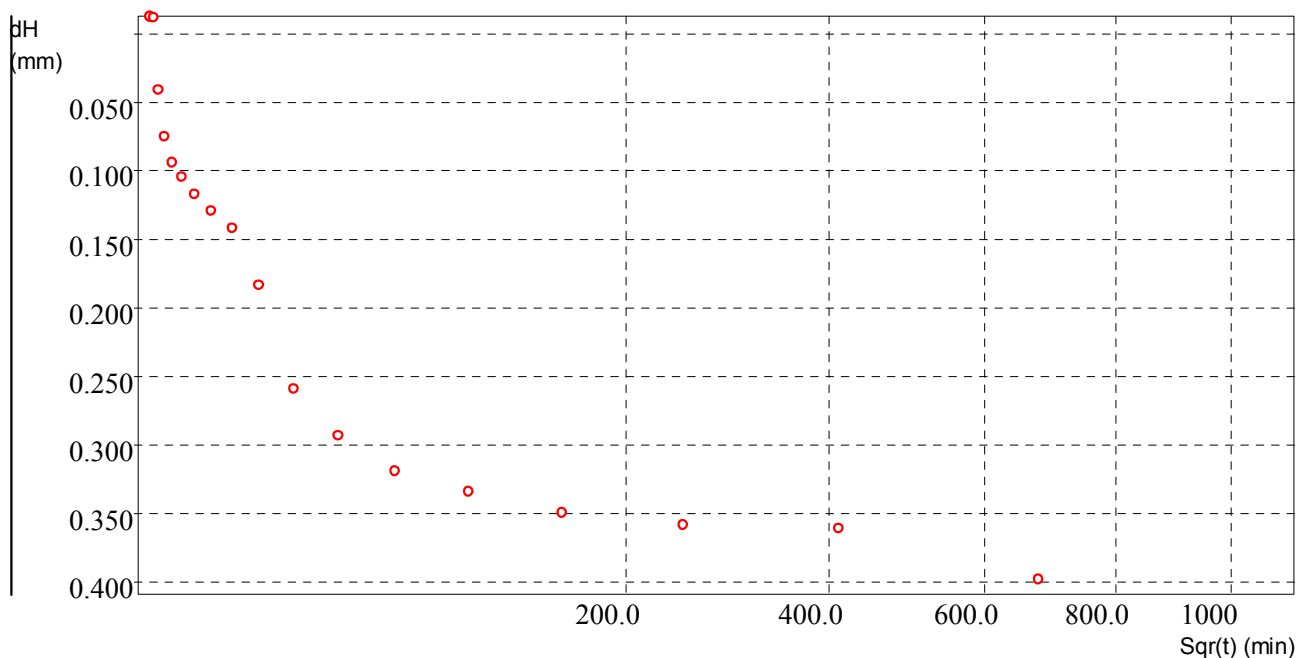
τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,013	33,58	0,293
0,22	0,012	55,42	0,319
0,37	0,041	91,45	0,334
0,60	0,075	150,90	0,349
1,00	0,094	248,98	0,358
1,65	0,104	410,83	0,361
2,73	0,117	677,88	0,398
4,52	0,129	1118,52	0,408
7,47	0,142		
12,33	0,183		
20,35	0,259		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

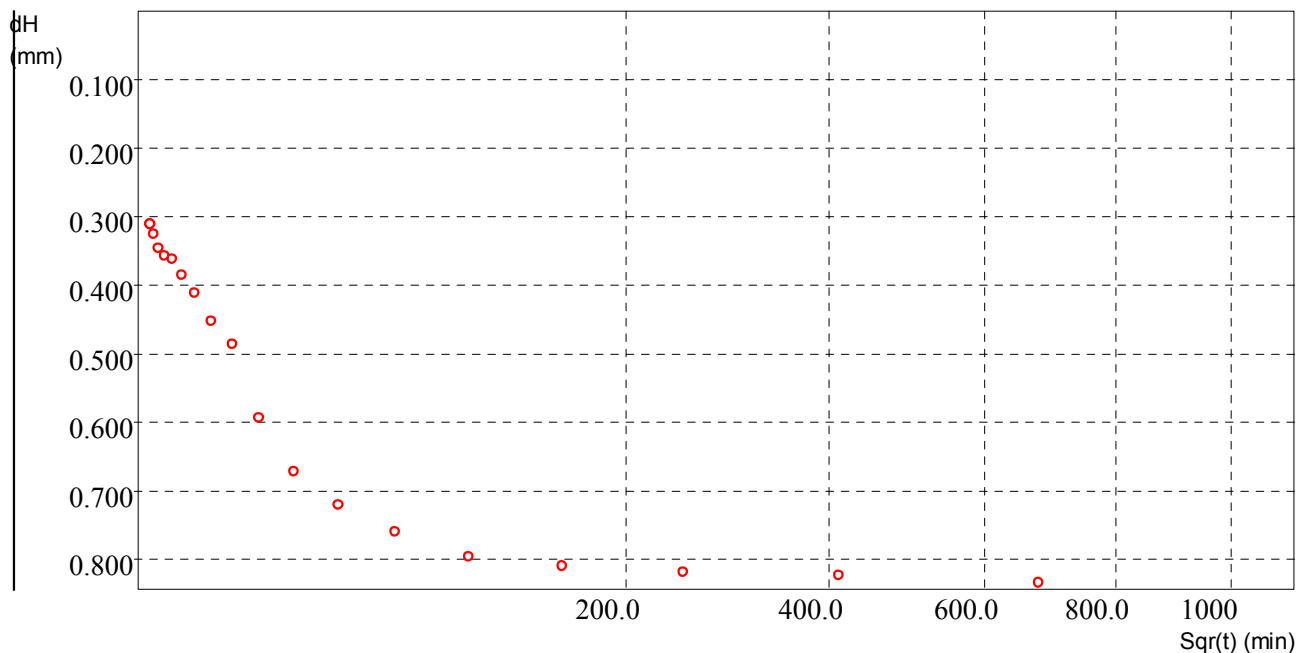
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,311	33,58	0,720
0,22	0,325	55,42	0,760
0,37	0,346	91,45	0,796
0,60	0,357	150,90	0,809
1,00	0,361	248,98	0,818
1,65	0,385	410,83	0,823
2,73	0,411	677,88	0,834
4,52	0,452	1118,52	0,842
7,47	0,486		
12,33	0,593		
20,35	0,671		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

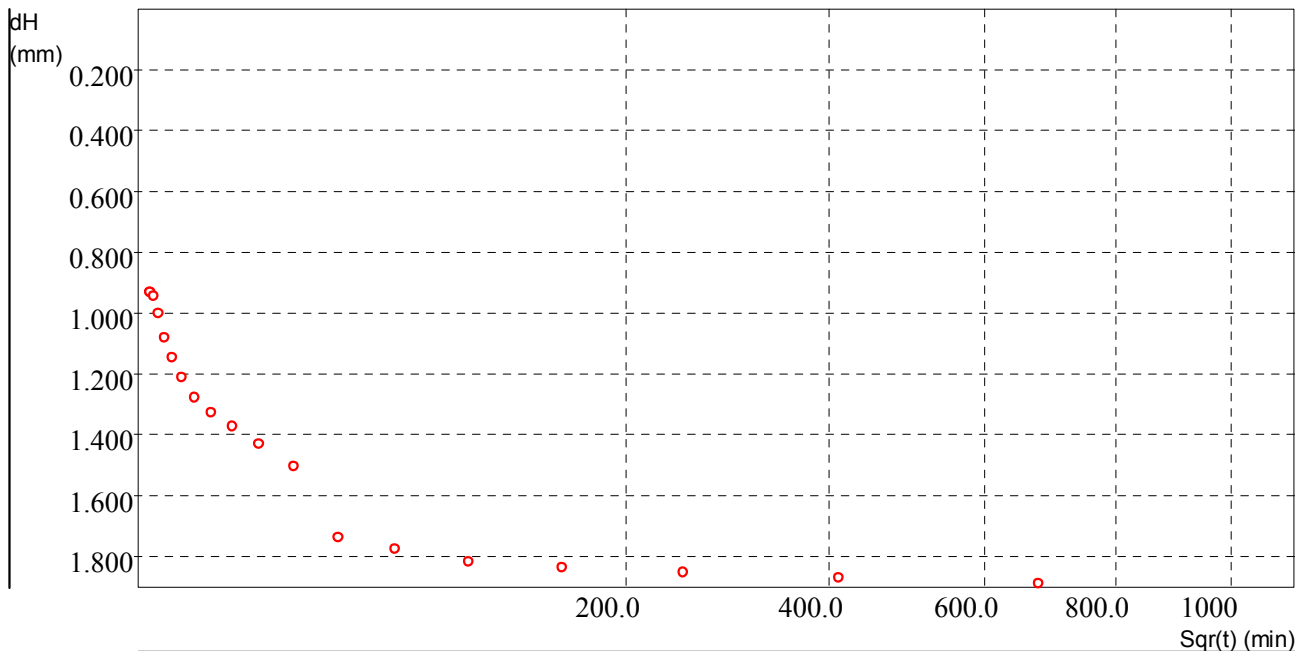
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,931	33,58	1,738
0,22	0,945	55,42	1,775
0,37	1,002	91,45	1,816
0,60	1,081	150,90	1,836
1,00	1,145	248,98	1,851
1,65	1,211	410,83	1,870
2,73	1,277	677,88	1,889
4,52	1,326	1118,52	1,898
7,47	1,373		
12,33	1,428		
20,35	1,503		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Dati del provino

Data del sondaggio	27/12/16	Densità umida iniziale	2,044 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,375 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,807 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,641 mm	Umidità iniziale	13,098 %	W_0
No. Tara 1	1	Umidità finale	15,892 %	W_f
Peso tara 1	58,930 g	Saturazione iniziale	71,091 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	140,70 g	Saturazione finale	133,558 %	S_f
No. Tara 2	1	Indice dei vuoti iniziale	0,499	e_0
Peso tara 2	58,930 g	Indice dei vuoti finale	0,322	e_f
Tara + peso umido fin.	142,720 g	Densità decca finale	2,049 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	131,230 g			
Peso specifico dei grani	2,710 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 01 25,0 kPa		Gradino 02 50,0 kPa		Gradino 03 100,0 kPa		Gradino 04 200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	0,146	0,050	0,170	0,050	0,242	0,050	0,447
0,083	0,157	0,083	0,172	0,083	0,251	0,083	0,467
0,136	0,159	0,136	0,175	0,136	0,256	0,136	0,479
0,225	0,159	0,225	0,180	0,225	0,260	0,225	0,489
0,371	0,160	0,371	0,181	0,371	0,265	0,371	0,494
0,611	0,160	0,611	0,183	0,611	0,269	0,611	0,506
1,009	0,161	1,009	0,185	1,009	0,273	1,009	0,518
1,665	0,161	1,665	0,188	1,665	0,278	1,665	0,522
2,747	0,161	2,747	0,190	2,747	0,283	2,747	0,530
4,532	0,161	4,532	0,193	4,532	0,287	4,532	0,540
7,478	0,161	7,478	0,197	7,478	0,291	7,478	0,545
12,339	0,161	12,339	0,200	12,339	0,296	12,339	0,550
20,360	0,161	20,360	0,200	20,360	0,302	20,360	0,558
0,000	0,000	33,594	0,200	33,594	0,306	33,594	0,566

Risultati

ε	0,000	%
e	0,000	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ε	0,000	%
e	0,000	
Metodo		
Cv		
Ca		
M	0,000	MPa
K		

Risultati

ε	1,675	%
e	0,474	
Metodo	Casagrande	
Cv	2,256e-003	cm ² /s
Ca	0,088	%
M	2,985	MPa
K	7,414e-010	m/s

Risultati

ε	3,029	%
e	0,454	
Metodo	Casagrande	
Cv	2,844e-003	cm ² /s
Ca	0,104	%
M	7,383	MPa
K	3,778e-010	m/s

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Dati del provino

Data del sondaggio	27/12/16	Densità umida iniziale	2,044 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,375 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,807 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,641 mm	Umidità iniziale	13,098 %	W_0
No. Tara 1	1	Umidità finale	15,892 %	W_f
Peso tara 1	58,930 g	Saturazione iniziale	71,091 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	140,70 g	Saturazione finale	133,558 %	S_f
No. Tara 2	1	Indice dei vuoti iniziale	0,499	e_0
Peso tara 2	58,930 g	Indice dei vuoti finale	0,322	e_f
Tara + peso umido fin.	142,720 g	Densità decca finale	2,049 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	131,230 g			
Peso specifico dei grani	2,710 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 05 400,0 kPa		Gradino 06 800,0 kPa		Gradino 07 1600,0 kPa		Gradino 08 3200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	0,838	0,050	1,347	0,050	1,745	0,050	2,270
0,083	0,848	0,083	1,372	0,083	1,907	0,083	2,326
0,136	0,862	0,136	1,393	0,136	1,941	0,136	2,353
0,225	0,890	0,225	1,419	0,225	1,964	0,225	2,465
0,371	0,908	0,371	1,439	0,371	1,983	0,371	2,501
0,611	0,917	0,611	1,454	0,611	2,004	0,611	2,530
1,009	0,928	1,009	1,480	1,009	2,020	1,009	2,568
1,665	0,945	1,665	1,495	1,665	2,053	1,665	2,596
2,747	0,963	2,747	1,511	2,747	2,076	2,747	2,632
4,532	0,977	4,532	1,527	4,532	2,105	4,532	2,661
7,478	0,994	7,478	1,545	7,478	2,129	7,478	2,684
12,339	1,001	12,339	1,563	12,339	2,142	12,339	2,713
20,360	1,008	20,360	1,580	20,360	2,160	20,360	2,739
33,594	1,021	33,594	1,596	33,594	2,175	33,594	2,761

Risultati

ϵ	5,321	%
e	0,420	
Metodo	Casagrande	
C_v	2,064e-003	cm ² /s
C_a	0,098	%
M	8,726	MPa
K	2,320e-010	m/s

Risultati

ϵ	8,179	%
e	0,377	
Metodo	Casagrande	
C_v	2,374e-003	cm ² /s
C_a	0,083	%
M	13,997	MPa
K	1,664e-010	m/s

Risultati

ϵ	11,125	%
e	0,333	
Metodo	Casagrande	
C_v	1,971e-003	cm ² /s
C_a	0,165	%
M	27,161	MPa
K	7,120e-011	m/s

Risultati

ϵ	14,171	%
e	0,287	
Metodo	Casagrande	
C_v	3,625e-003	cm ² /s
C_a	0,232	%
M	52,527	MPa
K	6,769e-011	m/s

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Dati del provino

Data del sondaggio	27/12/16	Densità umida iniziale	2,044 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,375 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,807 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,641 mm	Umidità iniziale	13,098 %	W_0
No. Tara 1	1	Umidità finale	15,892 %	W_f
Peso tara 1	58,930 g	Saturazione iniziale	71,091 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	140,70 g	Saturazione finale	133,558 %	S_f
No. Tara 2	1	Indice dei vuoti iniziale	0,499	e_0
Peso tara 2	58,930 g	Indice dei vuoti finale	0,322	e_f
Tara + peso umido fin.	142,720 g	Densità decca finale	2,049 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	131,230 g			
Peso specifico dei grani	2,710 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 09 1600,0 kPa		Gradino 10 800,0 kPa		Gradino 11 400,0 kPa		Gradino 12 200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	2,832	0,050	2,732	0,050	2,596	0,050	2,466
0,083	2,822	0,083	2,703	0,083	2,592	0,083	2,465
0,136	2,805	0,136	2,701	0,136	2,588	0,136	2,462
0,225	2,778	0,225	2,695	0,225	2,585	0,225	2,461
0,371	2,775	0,371	2,690	0,371	2,579	0,371	2,459
0,611	2,775	0,611	2,686	0,611	2,577	0,611	2,455
1,009	2,773	1,009	2,678	1,009	2,572	1,009	2,447
1,665	2,768	1,665	2,671	1,665	2,568	1,665	2,449
2,747	2,766	2,747	2,665	2,747	2,560	2,747	2,447
4,532	2,763	4,532	2,663	4,532	2,550	4,532	2,437
7,478	2,761	7,478	2,660	7,478	2,538	7,478	2,429
12,339	2,759	12,339	2,657	12,339	2,530	12,339	2,419
20,360	2,756	20,360	2,652	20,360	2,525	20,360	2,412
33,594	2,755	33,594	2,647	33,594	2,516	33,594	2,399

Risultati

ϵ	13,761	%
e	0,293	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	13,186	%
e	0,302	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	12,497	%
e	0,312	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	11,800	%
e	0,322	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		



Laboratorio di Indagini
Geotecniche sui terreni

Laboratorio autorizzato ai sensi del DPR 380/01 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010
Sede Via Alberto Burri n.4, Gibellina (TP)

Riferimento n. 53/16 - 12/01/17

Certificato n. 01/17 - f pagina 20/23

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

Dati del provino

Data del sondaggio	27/12/16	Densità umida iniziale	2,044 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,375 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,807 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,641 mm	Umidità iniziale	13,098 %	W_0
No. Tara 1	1	Umidità finale	15,892 %	W_f
Peso tara 1	58,930 g	Saturazione iniziale	71,091 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	140,70 g	Saturazione finale	133,558 %	S_f
No. Tara 2	1	Indice dei vuoti iniziale	0,499	e_0
Peso tara 2	58,930 g	Indice dei vuoti finale	0,322	e_f
Tara + peso umido fin.	142,720 g	Densità decima finale	2,049 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	131,230 g			
Peso specifico dei grani	2,710 g/cm ³			

Gradino	P' kPa	ε %	e	M MPa	Cv cm ² /s	K m/s	Metodo	C alfa %
1	25,0	0,000	0,000					0,000
2	50,0	0,000	0,000	0,00				0,000
3	100,0	1,675	0,474	2,99	2,256e-003	7,414e-010	Casagrande	0,088
4	200,0	3,029	0,454	7,38	2,844e-003	3,778e-010	Casagrande	0,104
5	400,0	5,321	0,420	8,73	2,064e-003	2,320e-010	Casagrande	0,098
6	800,0	8,179	0,377	14,00	2,374e-003	1,664e-010	Casagrande	0,083
7	1600,0	11,125	0,333	27,16	1,971e-003	7,120e-011	Casagrande	0,165
8	3200,0	14,171	0,287	52,53	3,625e-003	6,769e-011	Casagrande	0,232
9	1600,0	13,761	0,293					
10	800,0	13,186	0,302					
11	400,0	12,497	0,312					
12	200,0	11,800	0,322					

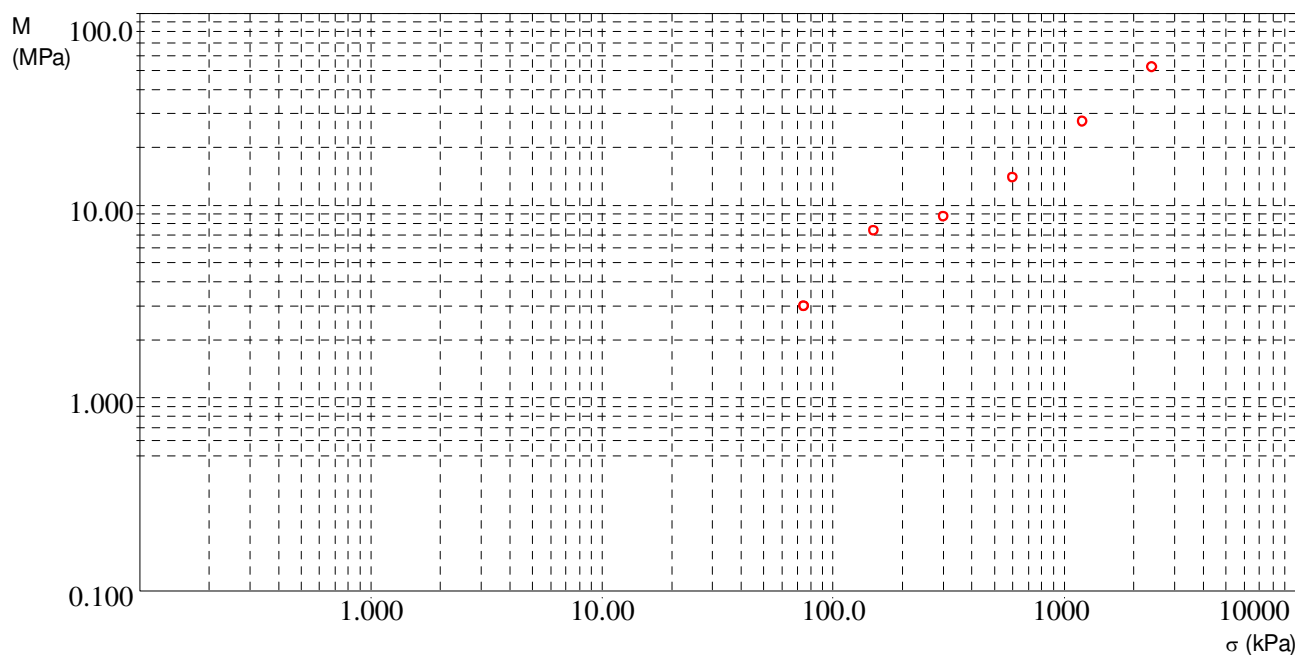
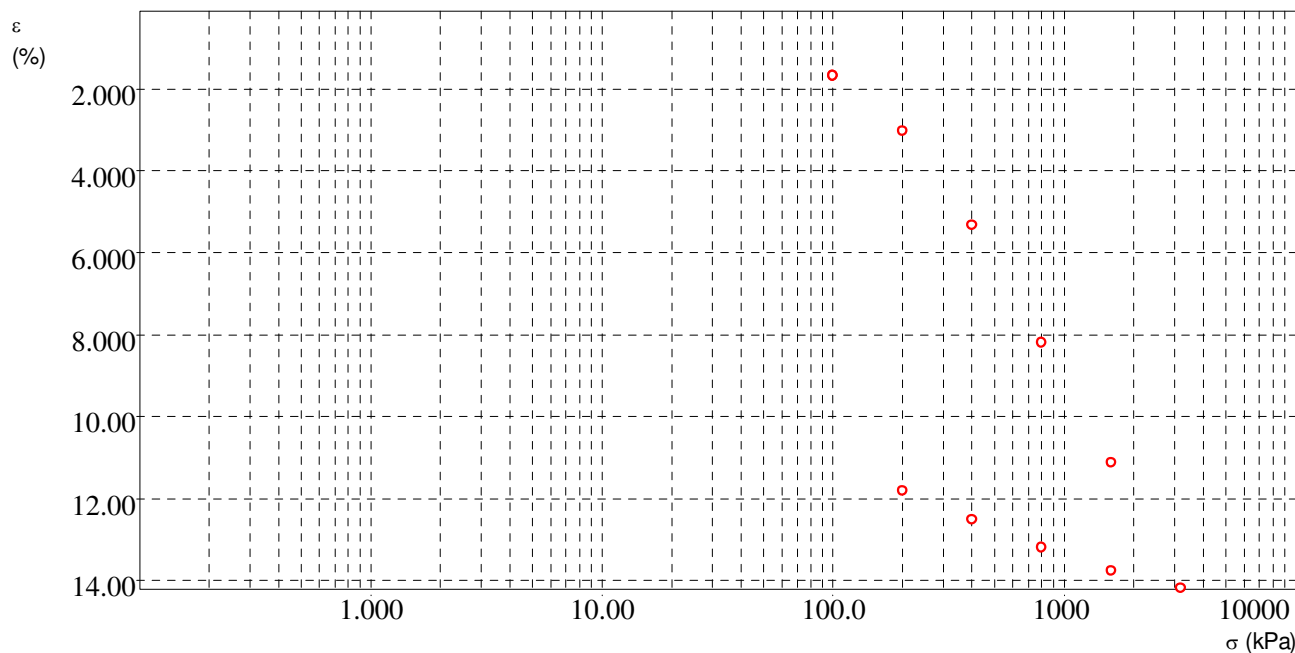
Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

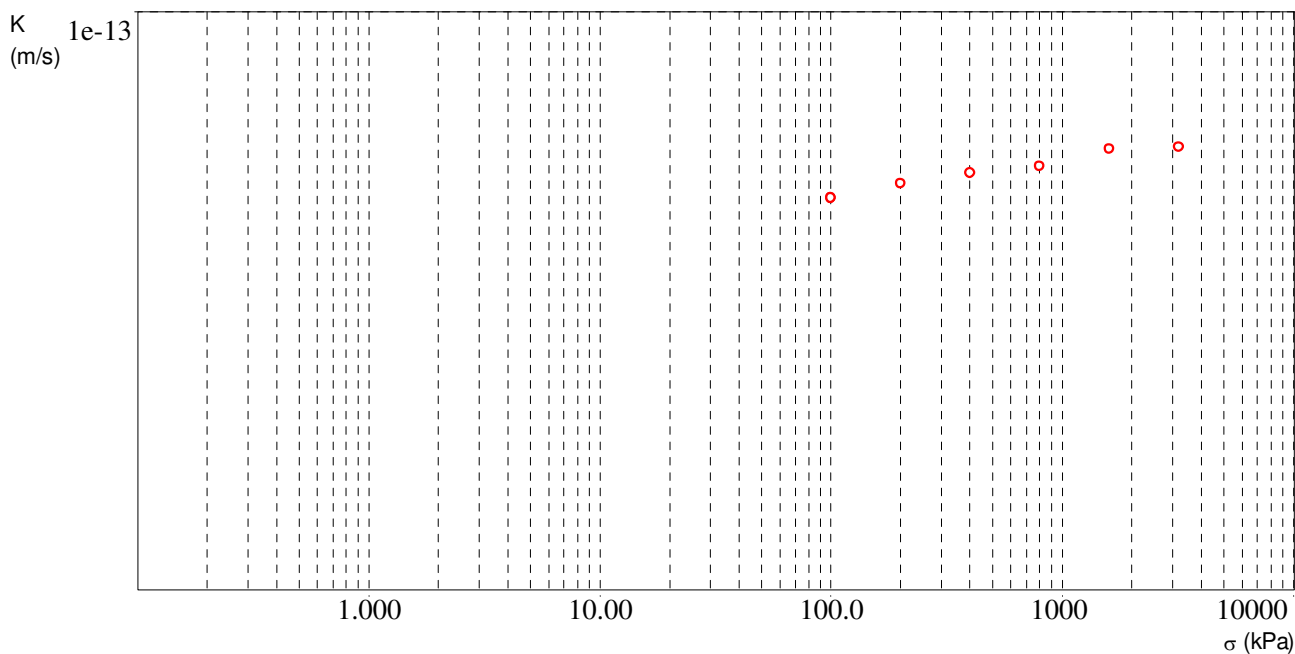
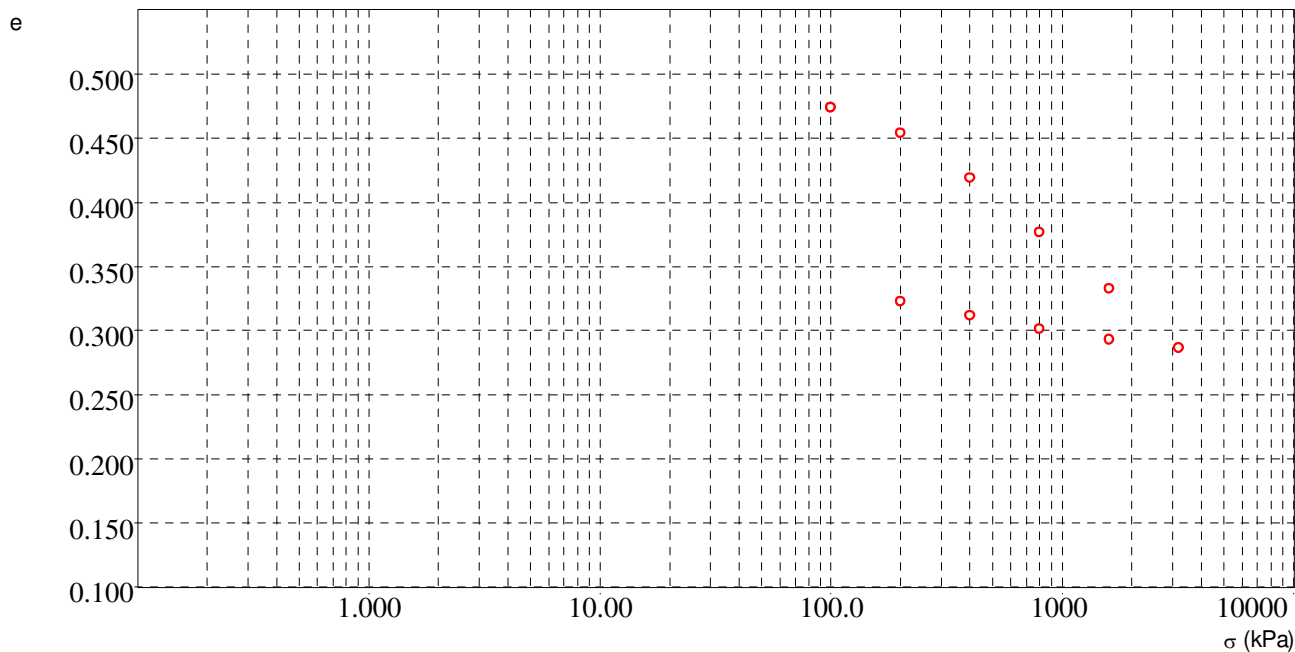
Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m



Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

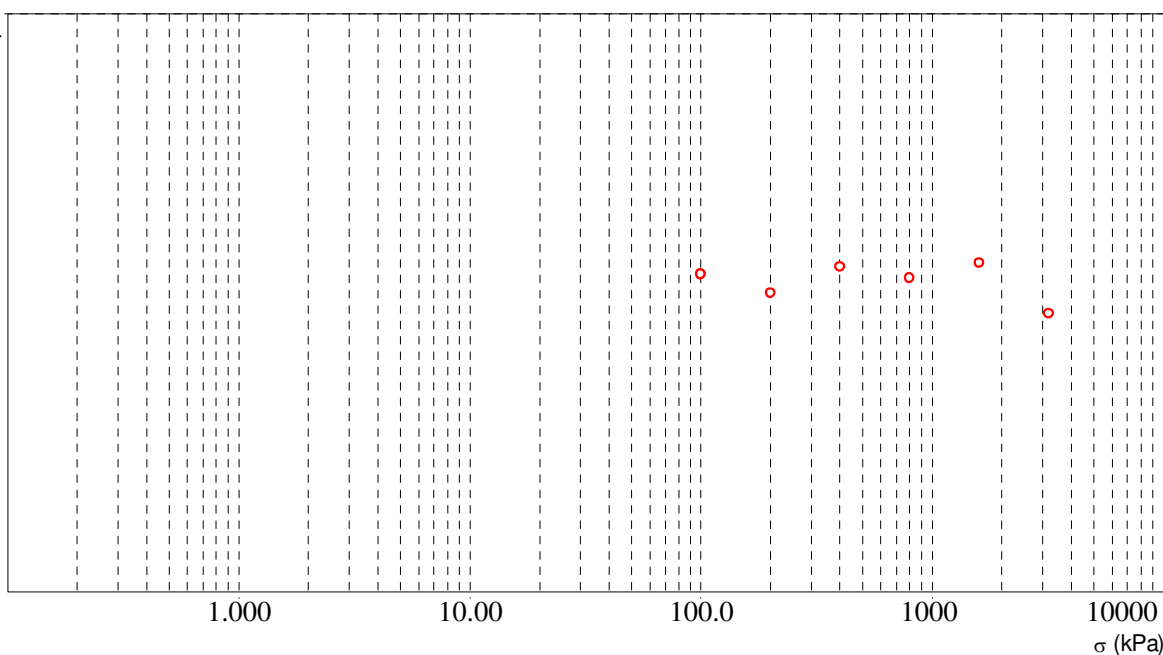


Dati del Cliente

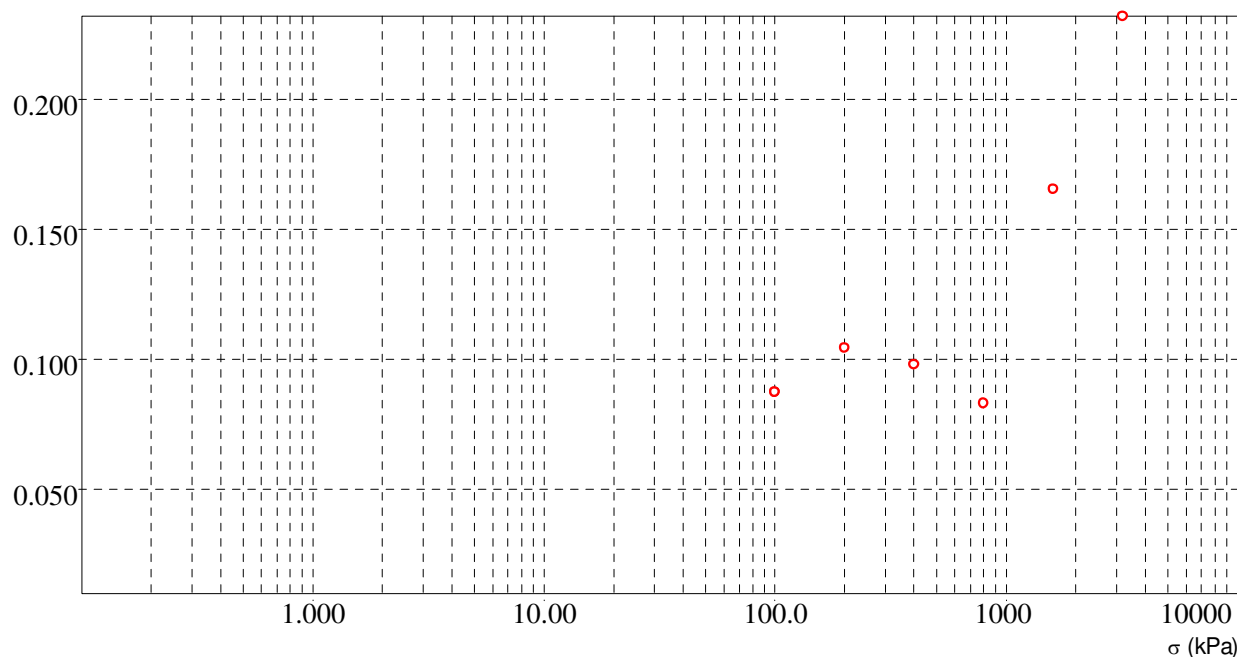
PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)


Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S1
Campione	C1
Profondità	7.20-7.60 m

C_v
(cm²/s)



C_α
(%)



 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	SCHEDA CAMPIONE		Rif. interno n°	53/16
			Certificato n°	02/17 a
	S2	C1	Data emissione	12/01/2017
			n° pagine 1 / 23	

Rif. Verbale di accettazione n° 551

Committente Comune di Castelbuono

Direttore Lavori - Località: Castelbuono (PA)

Oggetto: INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

Sondaggio **S2** Campione **C1**
 Profondità 14,60-15,00 metri p.c. Contenitore Fustella metallica

Data prelievo campione	28-dic-16	Data accettazione	30-dic-16	Data inizio prove	02-gen-17
------------------------	-----------	-------------------	-----------	-------------------	-----------

Descrizione del campione

Argilla di colore grigio con presenza di inclusi litici di natura argillitica di dimensioni millimetriche. Umida, coesiva e debolmente plastica.

Classe di qualità **Q5** Indisturbato ☒ Rimaneggiato ☐

Infissione pocket penetrometer	<100 kPa	-	100<kPa<400	x	> 400 kPa	-
Infissione pocket vane - test	4,3	N/cm ²				

Prove effettuate

	data prove			data prove	
Contenuto d'acqua	02/01/2017	x	Edometria	02/01/2017	x
Peso di volume	02/01/2017	x	Taglio diretto	02/01/2017	x
Peso specifico dei grani	03/01/2017	x	Taglio residuo		
Limiti di Atterberg	03/01/2017	x	ELL		
Limite di ritiro	04/01/2017	x	Triassiale UU		
Analisi granulometrica (setacci)	03/01/2017	x	Triassiale CU		
Analisi granulometrica (sedimentaz.)	09/01/2017	x	Triassiale CD		
Analisi granulometrica (UNI 10006:2002)			Point Load Test		
			Perm a car cost.		
Compattazione Proctor modificato			Perm. a car var		
Penetrazione CBR			Perm in cella tx		

Grandezze Indice

Contenuto d'acqua I W_0 (%)	20,85	Peso specifico I γ_s (kN/m ³)	26,53
Contenuto d'acqua II W_0 (%)	19,79	Peso specifico II γ_s (kN/m ³)	26,53
Contenuto d'acqua medio W_0 (%) (media 2 determinaz.)	20,32	Peso specifico medio γ_s (kN/m ³) (media 2 determinaz.)	26,53
Peso di volume γ (kN/m ³)	20,84	Grado di saturazione (S_n) (%)	100
Peso di volume secco γ_d (kN/m ³)	17,32	Indice dei vuoti (e)	0,53
		Porosità %	34,70

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	CURVA GRANULOMETRICA (ASTM D 421 / 422)	Rif. interno n°	53/16
		Certificato n°	02/17 b
		Data	12/01/2017
		n° pagina 2 / 23	

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

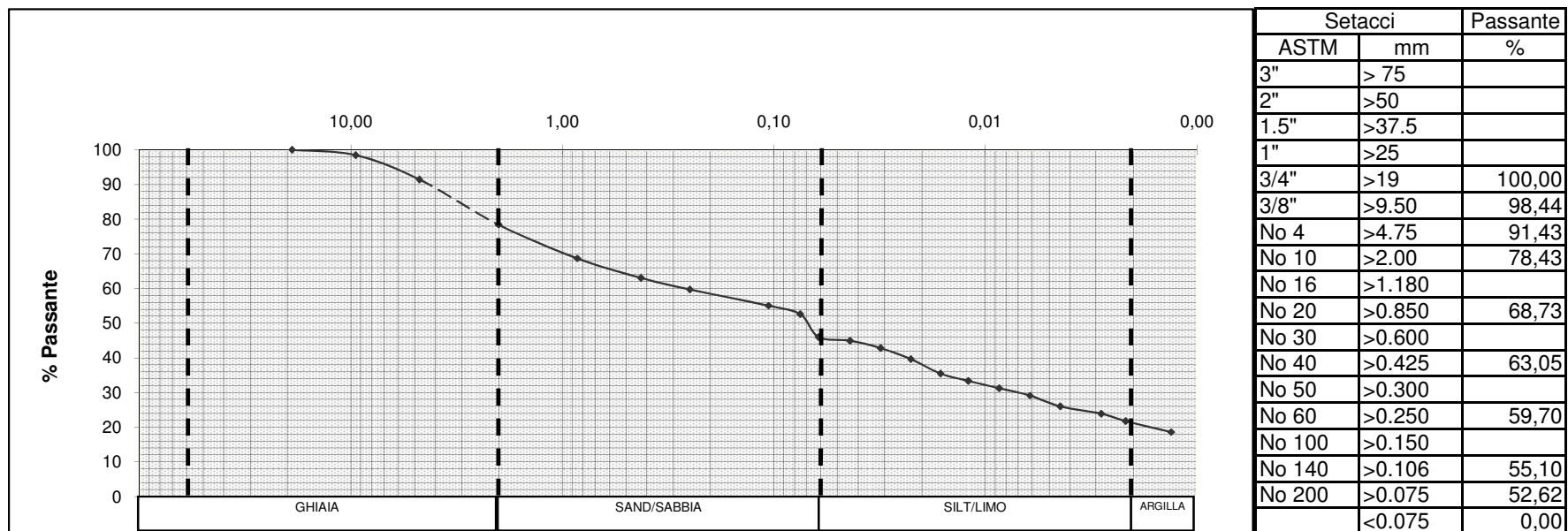
Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S2	Campione	C1
Profondità	14,60-15,00 m		

Il Direttore di Laboratorio

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Antonino Ardagna

Dott. Geol. Mendolia Antonio



Descrizione	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ϕ_{60}	ϕ_{10}	U
Sabbia limosa, ghiaiosa, argillosa	22	32	24	22	0,25	-	

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	LIMITI DI ATTERBERG (ASTM D 4318)	Riferimento n°	53/16
		Certificato n°	02/17 c
		Data	12/01/2017
		n° pagina 3 / 23	

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere:	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S2	Campione	C1
Profondità	14,60-15,00	m	

LIMITE LIQUIDO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
NUMERO COLPI	6	10	32
CONTENUTO D'ACQUA %	41,79	39,35	35,41

LIMITE PLASTICO	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
CONTENUTO D'ACQUA %	18,83	18,84	

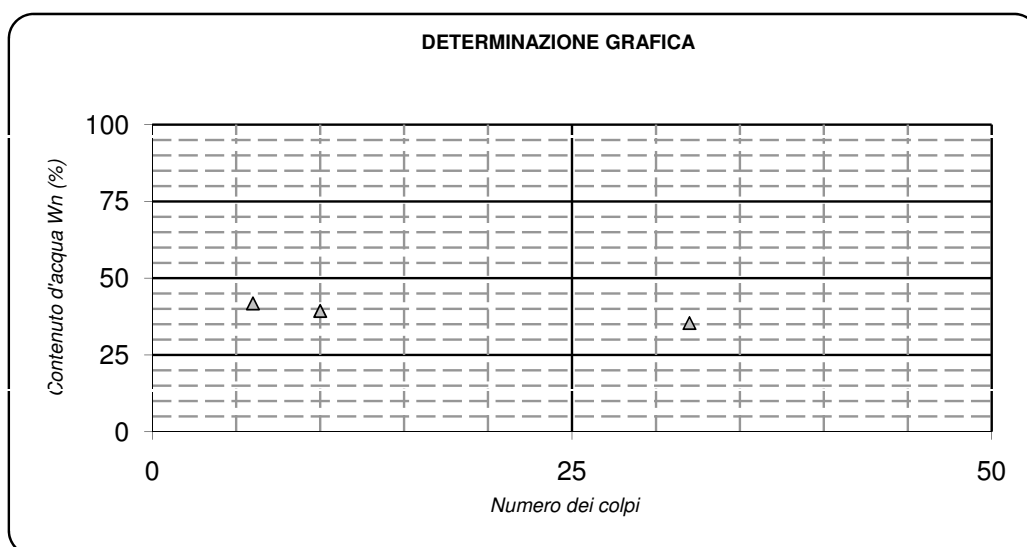
CONTENUTO D'ACQUA (W _n) %	20,32
---------------------------------------	-------

LIMITE LIQUIDO (W _l) %	36,84
------------------------------------	-------

LIMITE PLASTICO (W _p) %	18,84
-------------------------------------	-------

INDICE PLASTICO (I _p) %	18,00
-------------------------------------	-------

INDICE DI CONSISTENZA (I _c)	0,92
---	------



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	DIAGRAMMI DI ATTIVITA' E PLASTICITA'	Rif. n°	53/16
		Certificato n°	02/17 c
		Data	12/01/2017
		n° pagina 4 /	23

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

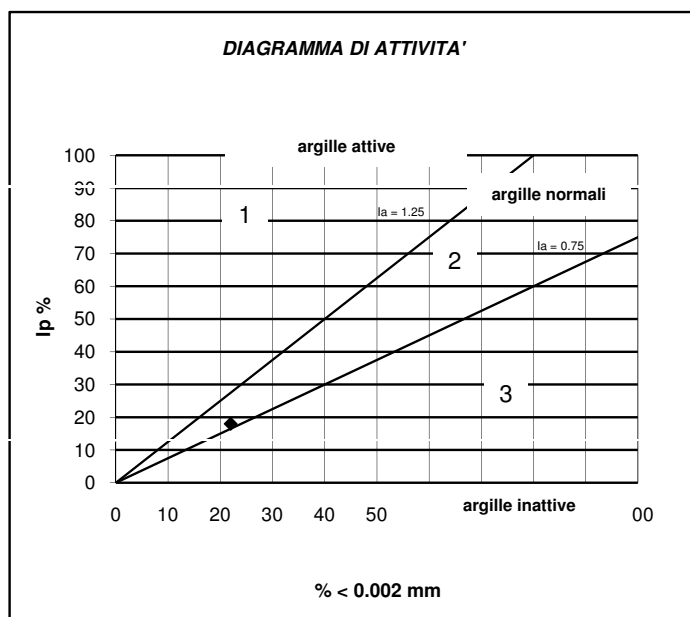
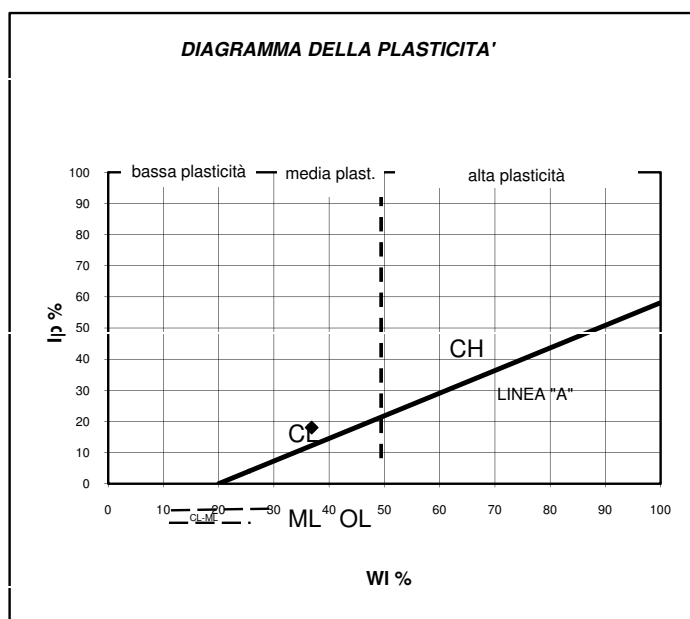
Dati del Cliente

Cliente Comune di Castelbuono

Cantiere INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

Sondaggio **S2** **Campione** **C1**

Profondità 14,60-15,00 m



Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

 Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni	LIMITE DI RITIRO (ASTM D 427-04)	Rif. n° 53/16
		Certificato n° 02/17 d
		Data 12/01/2017
		pagina 5 / 23

Laboratorio Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono		
Cantiere	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE		
Sondaggio	S2	Campione	C1
Profondità	14,60-15,00	m	

<i>PESO CAPSULA (gr.)</i>	<i>VOLUME CAPSULA (cm³)</i>	<i>VOLUME CAMPIONE SECCO (cm3)</i>
27,39	20,80	13,58

<i>peso campione umido + TARA (gr.)</i>	<i>peso campione secco + TARA(gr.)</i>
64,96	54,74

UMIDITA' INIZIALE CAMP. (Wi) %	37,37
--------------------------------	-------

LIMITE RITIRO (Ws) %	10,97
----------------------	-------

COEFF. DI RITIRO (Rs) %	2,01
-------------------------	------

RITIRO DI VOLUME (Vs)	53,17
-----------------------	-------

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio



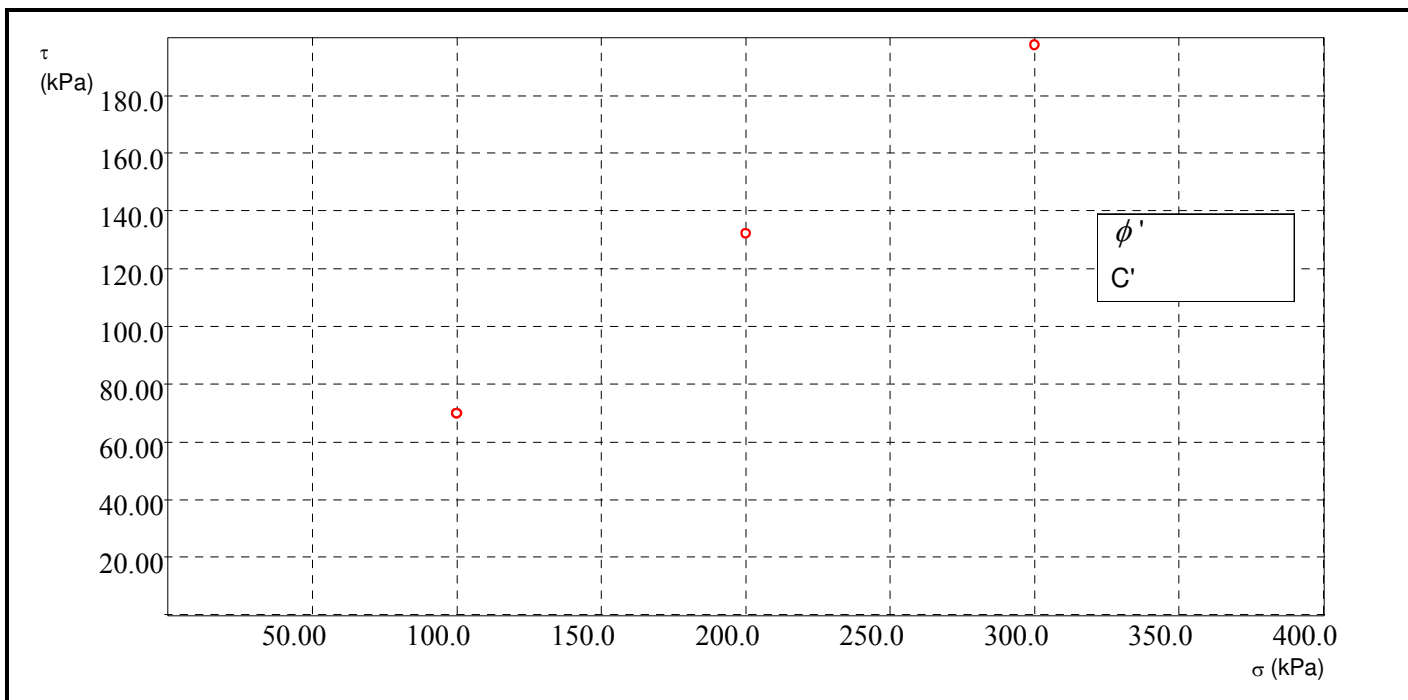
PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Provino	Ho mm	Ao cm ²	γ_n g/cm ³	γ_d g/cm ³	Wo %	Wf %	So %	Sf %
5316S21A	20,00	36,00	2,107	1,754	20,14	21,37	100,78	114,25
5316S21C	20,00	36,00	2,119	1,752	20,93	16,57	104,45	110,46
5316S21B	20,00	36,00	2,154	1,790	20,32	20,30	107,96	128,88

Provino	σ_v kPa	H mm	dt h	τ_f kPa	Sh mm	V micron/min		
5316S21A	100,00	19,55	1,00	69,75	3,66	2,00		
5316S21C	300,00	18,24	1,00	197,52	9,52	2,00		
5316S21B	200,00	18,90	1,00	132,37	7,08	2,00		





Laboratorio di Indagini
Geotecniche sui terreni

Laboratorio autorizzato ai sensi del DPR 380/01 art. 59 - n. prot. 5594 del
25/06/2010
Sede Via Alberto Burri n.4, Gibellina (TP)

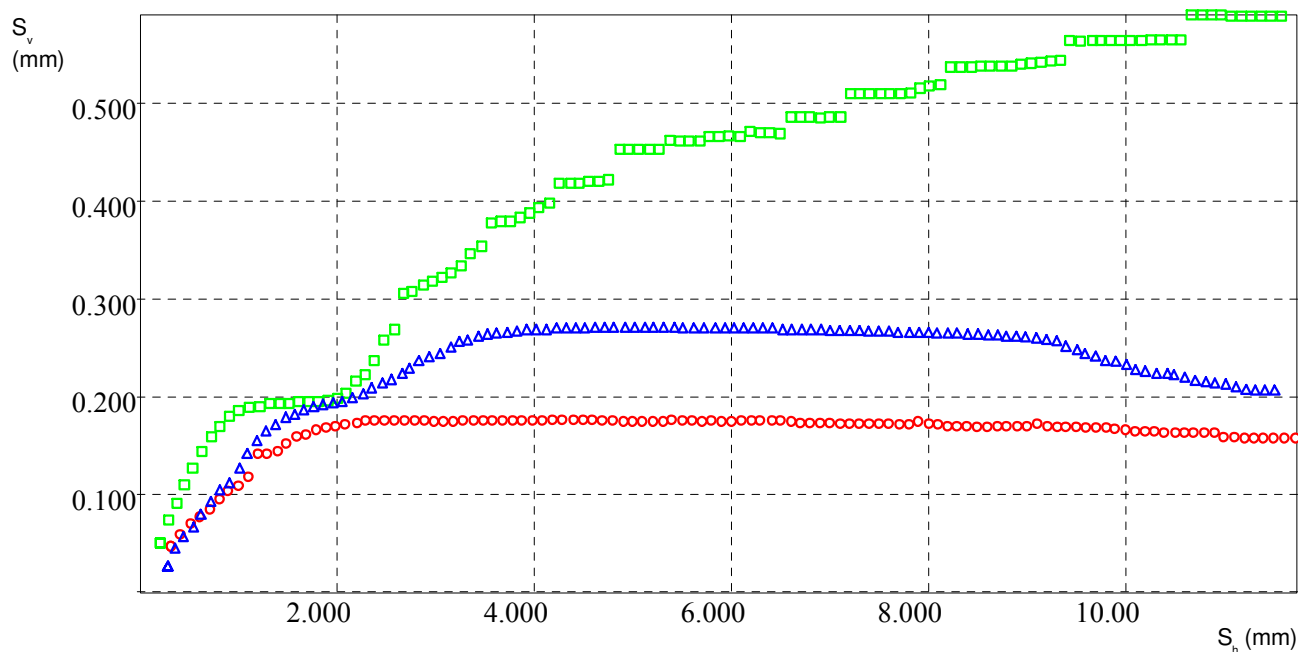
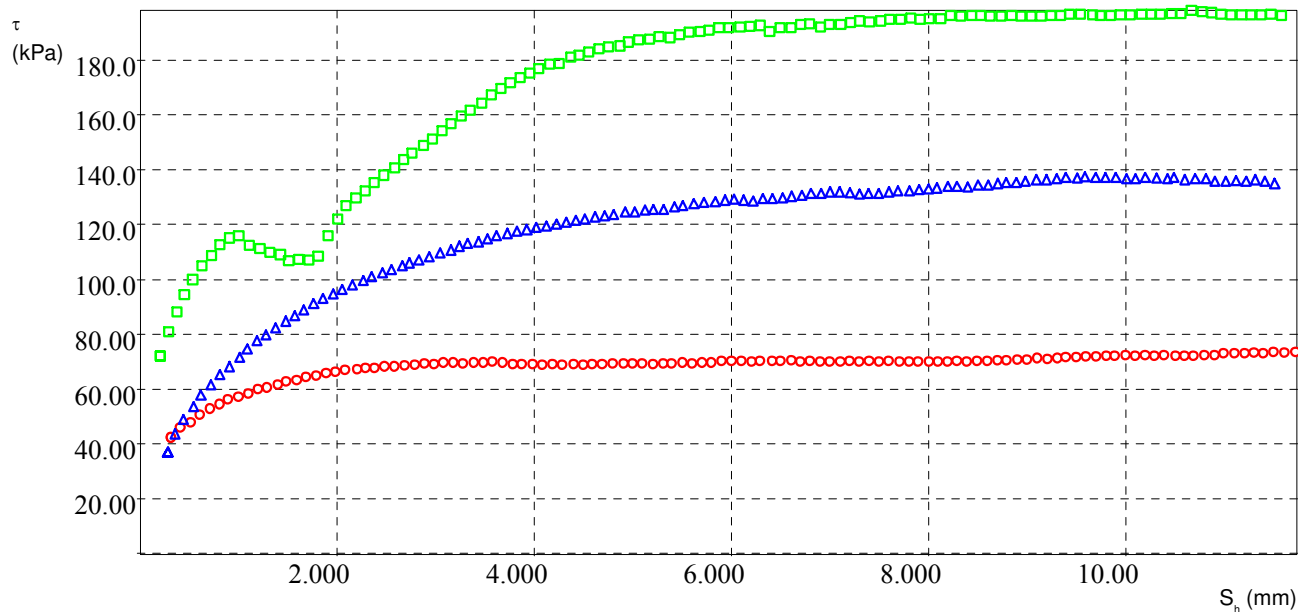
Riferimento n. 53/16 - 12/01/17

Certificato n. 02/17 - e pagina 7/23

Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m



Il Direttore del Laboratorio

Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

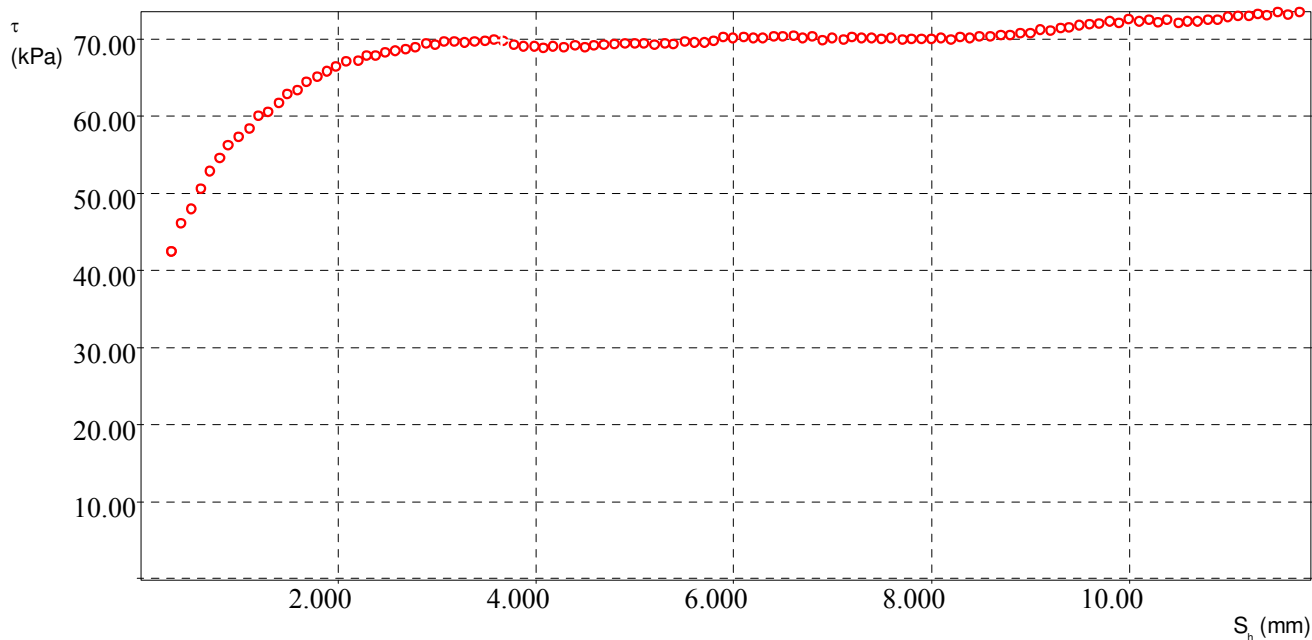
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,05	0,32	152,60	42,39
150,00	0,06	0,41	165,70	46,03
200,00	0,07	0,51	172,50	47,92
250,00	0,08	0,61	182,10	50,58
300,00	0,08	0,71	190,10	52,81
350,00	0,10	0,81	196,10	54,47
400,00	0,10	0,89	202,10	56,14
450,00	0,11	1,00	205,90	57,19
500,00	0,12	1,10	209,90	58,31
550,00	0,14	1,20	215,80	59,94
600,00	0,14	1,30	217,60	60,44
650,00	0,14	1,40	222,00	61,67

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,15	1,49	226,10	62,81
750,00	0,16	1,59	227,90	63,31
800,00	0,16	1,68	231,60	64,33
850,00	0,17	1,79	234,20	65,06
900,00	0,17	1,89	236,60	65,72
950,00	0,17	1,99	239,00	66,39
1000,00	0,17	2,08	241,20	67,00
1050,00	0,17	2,20	241,70	67,14
1100,00	0,18	2,29	244,00	67,78
1150,00	0,18	2,38	244,00	67,78
1200,00	0,18	2,48	245,40	68,17
1250,00	0,18	2,58	246,10	68,36



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 69,75 \text{ kPa}$

$S_h = 3,66 \text{ mm}$

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S2
Sample	C1
Depth	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,18	2,68	247,10	68,64
1350,00	0,18	2,79	248,10	68,92
1400,00	0,18	2,89	249,90	69,42
1450,00	0,17	2,98	248,90	69,14
1500,00	0,17	3,08	250,40	69,56
1550,00	0,17	3,18	250,40	69,56
1600,00	0,18	3,28	250,00	69,44
1650,00	0,18	3,39	250,40	69,56
1700,00	0,18	3,49	250,70	69,64
1750,00	0,18	3,58	251,40	69,83
1800,00	0,18	3,68	250,80	69,67
1850,00	0,18	3,78	248,90	69,14
1900,00	0,18	3,88	248,50	69,03
1950,00	0,18	3,98	248,50	69,03
2000,00	0,18	4,08	247,70	68,81
2050,00	0,18	4,18	248,50	69,03
2100,00	0,18	4,28	247,90	68,86
2150,00	0,18	4,40	248,80	69,11
2200,00	0,18	4,50	247,90	68,86
2250,00	0,18	4,59	248,60	69,06
2300,00	0,18	4,69	249,00	69,17
2350,00	0,18	4,80	249,30	69,25
2400,00	0,17	4,90	249,90	69,42
2450,00	0,17	5,00	249,60	69,33
2500,00	0,17	5,10	249,80	69,39
2550,00	0,17	5,20	249,10	69,19
2600,00	0,17	5,31	249,60	69,33
2650,00	0,18	5,40	249,30	69,25
2700,00	0,18	5,51	250,60	69,61
2750,00	0,18	5,60	250,10	69,47
2800,00	0,17	5,70	250,30	69,53
2850,00	0,18	5,80	250,90	69,69
2900,00	0,17	5,90	252,60	70,17
2950,00	0,17	6,00	252,30	70,08
3000,00	0,18	6,10	252,50	70,14
3050,00	0,18	6,21	252,10	70,03
3100,00	0,18	6,30	252,30	70,08
3150,00	0,18	6,41	252,90	70,25

τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

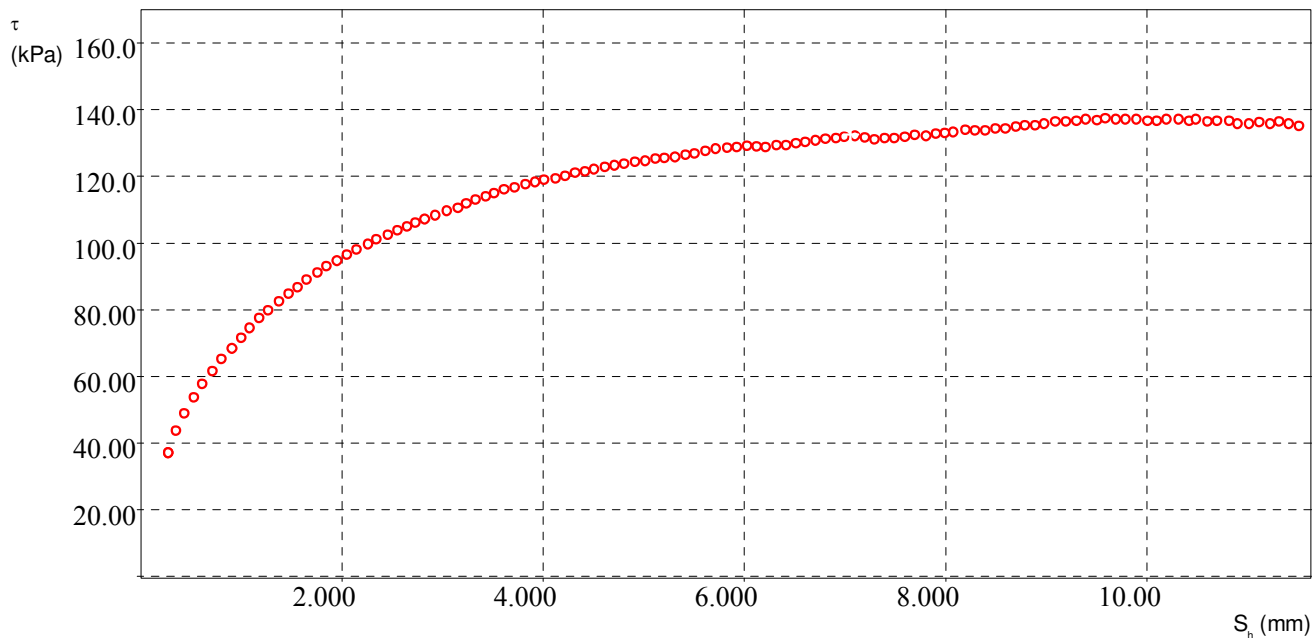
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,03	0,28	133,60	37,11
150,00	0,04	0,36	157,50	43,75
200,00	0,06	0,44	176,30	48,97
250,00	0,07	0,54	193,10	53,64
300,00	0,08	0,62	207,90	57,75
350,00	0,09	0,72	221,60	61,56
400,00	0,10	0,81	234,40	65,11
450,00	0,11	0,91	246,20	68,39
500,00	0,13	1,00	257,30	71,47
550,00	0,14	1,08	268,30	74,53
600,00	0,16	1,19	279,00	77,50
650,00	0,16	1,27	287,10	79,75

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,17	1,38	296,50	82,36
750,00	0,18	1,48	305,00	84,72
800,00	0,18	1,57	312,30	86,75
850,00	0,19	1,66	320,20	88,94
900,00	0,19	1,76	327,80	91,06
950,00	0,19	1,85	334,80	93,00
1000,00	0,19	1,96	341,10	94,75
1050,00	0,20	2,06	347,20	96,44
1100,00	0,20	2,15	353,20	98,11
1150,00	0,20	2,27	358,80	99,67
1200,00	0,21	2,35	363,50	100,97
1250,00	0,21	2,46	368,40	102,33



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 132,37 \text{ kPa}$

$S_h = 7,08 \text{ mm}$

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S2
Sample	C1
Depth	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,22	2,55	373,20	103,67
1350,00	0,22	2,66	377,70	104,92
1400,00	0,23	2,74	381,70	106,03
1450,00	0,24	2,83	386,00	107,22
1500,00	0,24	2,94	390,00	108,33
1550,00	0,24	3,04	394,50	109,58
1600,00	0,25	3,16	398,40	110,67
1650,00	0,26	3,24	403,10	111,97
1700,00	0,26	3,33	407,20	113,11
1750,00	0,26	3,44	410,00	113,89
1800,00	0,26	3,52	413,80	114,94
1850,00	0,26	3,61	417,30	115,92
1900,00	0,27	3,72	420,10	116,69
1950,00	0,27	3,82	423,50	117,64
2000,00	0,27	3,92	425,50	118,19
2050,00	0,27	4,02	428,00	118,89
2100,00	0,27	4,13	430,30	119,53
2150,00	0,27	4,23	432,50	120,14
2200,00	0,27	4,32	435,30	120,92
2250,00	0,27	4,42	437,50	121,53
2300,00	0,27	4,51	439,70	122,14
2350,00	0,27	4,61	442,20	122,83
2400,00	0,27	4,72	443,70	123,25
2450,00	0,27	4,81	445,20	123,67
2500,00	0,27	4,92	447,80	124,39
2550,00	0,27	5,02	448,50	124,58
2600,00	0,27	5,12	450,90	125,25
2650,00	0,27	5,21	452,00	125,56
2700,00	0,27	5,32	452,60	125,72
2750,00	0,27	5,42	455,20	126,44
2800,00	0,27	5,51	457,10	126,97
2850,00	0,27	5,62	459,30	127,58
2900,00	0,27	5,72	461,60	128,22
2950,00	0,27	5,83	462,60	128,50
3000,00	0,27	5,93	463,70	128,81
3050,00	0,27	6,03	464,90	129,14
3100,00	0,27	6,13	464,00	128,89
3150,00	0,27	6,22	463,50	128,75

τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

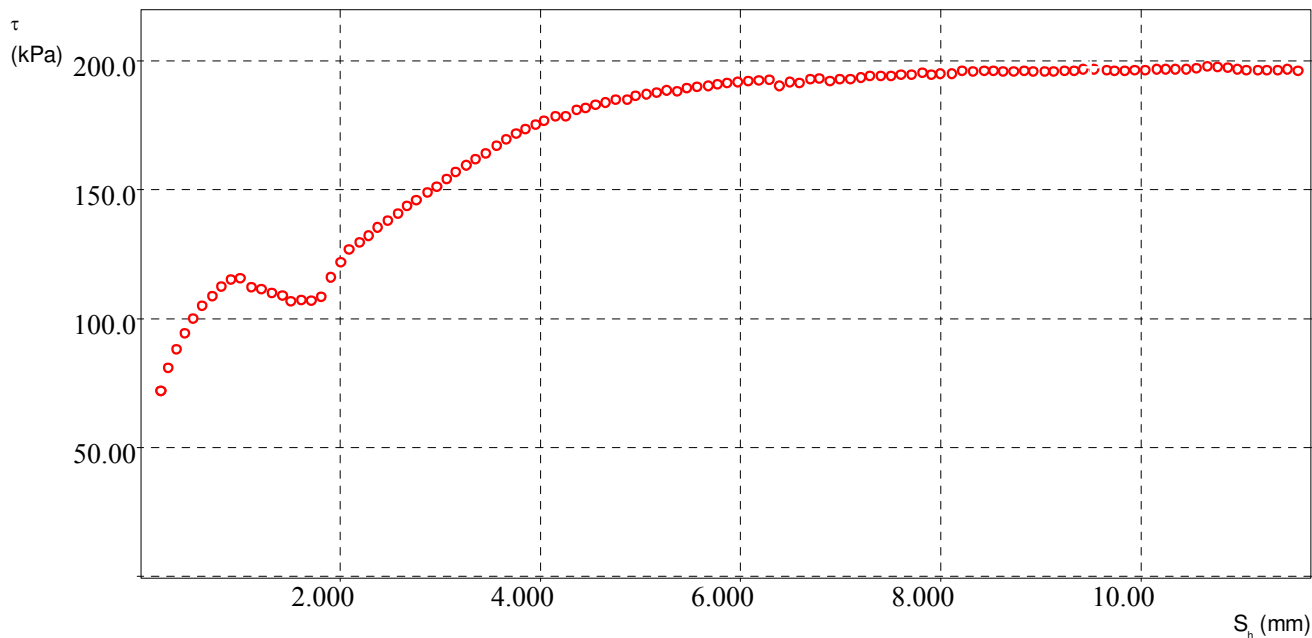
Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Risultati di prova

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
100,00	0,05	0,20	259,50	72,08
150,00	0,07	0,29	291,10	80,86
200,00	0,09	0,37	317,10	88,08
250,00	0,11	0,45	340,00	94,44
300,00	0,13	0,53	359,40	99,83
350,00	0,14	0,62	377,30	104,81
400,00	0,16	0,72	391,20	108,67
450,00	0,17	0,81	405,20	112,56
500,00	0,18	0,91	414,70	115,19
550,00	0,19	1,00	417,10	115,86
600,00	0,19	1,11	404,40	112,33
650,00	0,19	1,22	400,60	111,28

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
700,00	0,19	1,32	396,00	110,00
750,00	0,19	1,42	393,00	109,17
800,00	0,19	1,51	384,20	106,72
850,00	0,20	1,61	386,50	107,36
900,00	0,20	1,71	385,30	107,03
950,00	0,20	1,81	390,60	108,50
1000,00	0,20	1,91	417,50	115,97
1050,00	0,20	2,01	439,40	122,06
1100,00	0,20	2,09	457,40	127,06
1150,00	0,22	2,19	466,60	129,61
1200,00	0,22	2,28	476,30	132,31
1250,00	0,24	2,38	487,20	135,33



Risultati della fase di rottura

$\tau_{\max} = 197,52 \text{ kPa}$

$S_h = 9,52 \text{ mm}$

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Customer Data

Customer	Comune di Castelbuono
Address	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Site	via Ten. Ernesto Forte
Boring	S2
Sample	C1
Depth	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
1300,00	0,26	2,48	496,90	138,03
1350,00	0,27	2,58	507,00	140,83
1400,00	0,31	2,67	517,70	143,81
1450,00	0,31	2,76	525,60	146,00
1500,00	0,31	2,88	535,90	148,86
1550,00	0,32	2,96	544,40	151,22
1600,00	0,32	3,07	555,10	154,19
1650,00	0,33	3,16	564,50	156,81
1700,00	0,33	3,26	574,40	159,56
1750,00	0,35	3,35	582,40	161,78
1800,00	0,35	3,46	591,40	164,28
1850,00	0,38	3,56	602,30	167,31
1900,00	0,38	3,66	610,70	169,64
1950,00	0,38	3,76	618,20	171,72
2000,00	0,38	3,85	624,70	173,53
2050,00	0,39	3,96	630,90	175,25
2100,00	0,39	4,04	636,80	176,89
2150,00	0,40	4,15	643,20	178,67
2200,00	0,42	4,26	643,40	178,72
2250,00	0,42	4,36	651,40	180,94
2300,00	0,42	4,45	654,40	181,78
2350,00	0,42	4,55	658,90	183,03
2400,00	0,42	4,65	662,30	183,97
2450,00	0,42	4,76	665,90	184,97
2500,00	0,45	4,87	666,60	185,17
2550,00	0,45	4,96	671,40	186,50
2600,00	0,45	5,06	674,10	187,25
2650,00	0,45	5,16	675,80	187,72
2700,00	0,45	5,27	678,80	188,56
2750,00	0,46	5,37	677,90	188,31
2800,00	0,46	5,47	682,00	189,44
2850,00	0,46	5,57	684,40	190,11
2900,00	0,46	5,68	685,70	190,47
2950,00	0,47	5,77	687,00	190,83
3000,00	0,47	5,87	690,00	191,67
3050,00	0,47	5,97	690,80	191,89
3100,00	0,47	6,08	691,40	192,06
3150,00	0,47	6,19	692,20	192,28

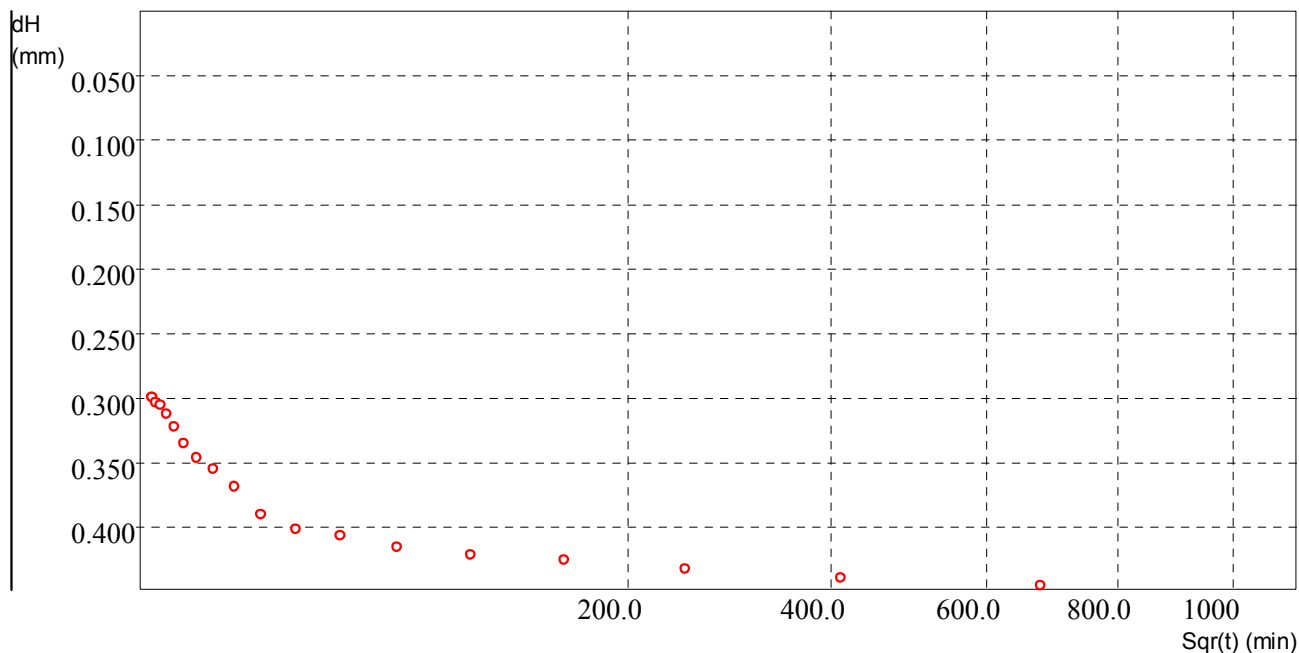
τ

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,299	33,58	0,406
0,22	0,303	55,42	0,415
0,37	0,305	91,45	0,421
0,60	0,312	150,90	0,425
1,00	0,322	248,98	0,432
1,65	0,335	410,83	0,439
2,73	0,346	677,88	0,445
4,52	0,355	1118,52	0,447
7,47	0,368		
12,33	0,390		
20,35	0,401		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

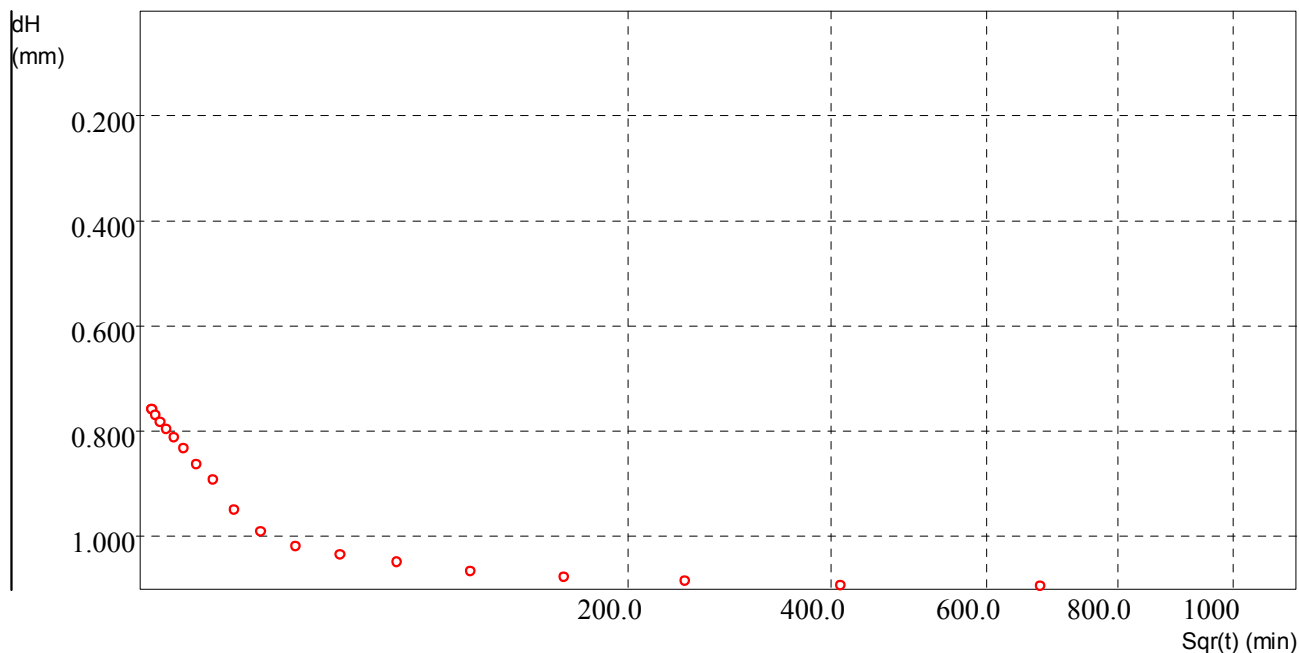
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,758	33,58	1,034
0,22	0,769	55,42	1,049
0,37	0,782	91,45	1,065
0,60	0,795	150,90	1,077
1,00	0,811	248,98	1,085
1,65	0,832	410,83	1,093
2,73	0,863	677,88	1,095
4,52	0,892	1118,52	1,098
7,47	0,949		
12,33	0,991		
20,35	1,018		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

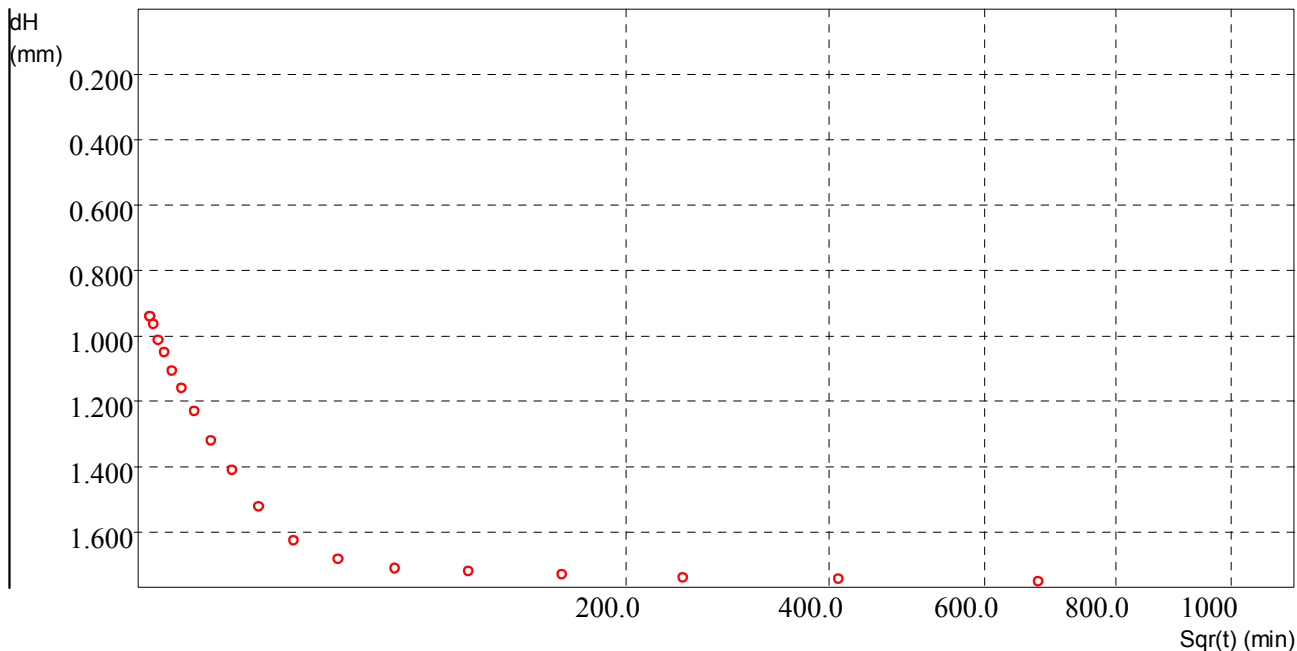
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,13	0,941	33,58	1,682
0,22	0,964	55,42	1,710
0,37	1,013	91,45	1,720
0,60	1,048	150,90	1,728
1,00	1,106	248,98	1,739
1,65	1,159	410,83	1,744
2,73	1,229	677,88	1,750
4,52	1,319	1118,52	1,765
7,47	1,410		
12,33	1,521		
20,35	1,625		



Tempo di fine consolidazione

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Antonino Ardagna

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Mendolia Antonio

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Dati del provino

Data del sondaggio	28/12/16	Densità umida iniziale	2,132 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,393 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,780 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,448 mm	Umidità iniziale	19,789 %	W_0
No. Tara 1	2	Umidità finale	17,303 %	W_f
Peso tara 1	58,900 g	Saturazione iniziale	103,378 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	144,19 g	Saturazione finale	144,505 %	S_f
No. Tara 2	2	Indice dei vuoti iniziale	0,517	e_0
Peso tara 2	58,900 g	Indice dei vuoti finale	0,323	e_f
Tara + peso umido fin.	142,420 g	Densità decca finale	2,040 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	130,100 g			
Peso specifico dei grani	2,700 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 01 25,0 kPa		Gradino 02 50,0 kPa		Gradino 03 100,0 kPa		Gradino 04 200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	0,080	0,050	0,149	0,050	0,215	0,050	0,411
0,083	0,084	0,083	0,152	0,083	0,223	0,083	0,425
0,136	0,091	0,136	0,153	0,136	0,235	0,136	0,436
0,225	0,092	0,225	0,155	0,225	0,243	0,225	0,450
0,371	0,092	0,371	0,156	0,371	0,249	0,371	0,465
0,611	0,092	0,611	0,157	0,611	0,253	0,611	0,476
1,009	0,095	1,009	0,158	1,009	0,261	1,009	0,483
1,665	0,097	1,665	0,161	1,665	0,269	1,665	0,505
2,747	0,103	2,747	0,162	2,747	0,273	2,747	0,529
4,532	0,107	4,532	0,163	4,532	0,280	4,532	0,540
7,478	0,111	7,478	0,168	7,478	0,289	7,478	0,554
12,339	0,115	12,339	0,173	12,339	0,297	12,339	0,562
20,360	0,120	20,360	0,175	20,360	0,304	20,360	0,571
33,594	0,121	33,594	0,177	33,594	0,310	33,594	0,581

Risultati

ϵ	0,652	%
e	0,724	
Metodo	Casagrande	
C_v	9,360e-004	cm ² /s
C_a	0,030	%
M		
K		

Risultati

ϵ	0,917	%
e	0,719	
Metodo	Casagrande	
C_v	7,270e-004	cm ² /s
C_a	0,019	%
M	9,448	MPa
K	7,546e-011	m/s

Risultati

ϵ	1,725	%
e	0,705	
Metodo	Casagrande	
C_v	8,730e-004	cm ² /s
C_a	0,088	%
M	6,185	MPa
K	1,385e-010	m/s

Risultati

ϵ	3,119	%
e	0,681	
Metodo	Casagrande	
C_v	2,508e-003	cm ² /s
C_a	0,145	%
M	7,174	MPa
K	3,430e-010	m/s

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Dati del provino

Data del sondaggio	28/12/16	Densità umida iniziale	2,132 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,393 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,780 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,448 mm	Umidità iniziale	19,789 %	W_0
No. Tara 1	2	Umidità finale	17,303 %	W_f
Peso tara 1	58,900 g	Saturazione iniziale	103,378 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	144,19 g	Saturazione finale	144,505 %	S_f
No. Tara 2	2	Indice dei vuoti iniziale	0,517	e_0
Peso tara 2	58,900 g	Indice dei vuoti finale	0,323	e_f
Tara + peso umido fin.	142,420 g	Densità decca finale	2,040 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	130,100 g			
Peso specifico dei grani	2,700 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 05 400,0 kPa		Gradino 06 800,0 kPa		Gradino 07 1600,0 kPa		Gradino 08 3200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	0,784	0,050	1,283	0,050	1,778	0,050	2,341
0,083	0,805	0,083	1,313	0,083	1,785	0,083	2,388
0,136	0,814	0,136	1,338	0,136	1,924	0,136	2,405
0,225	0,834	0,225	1,360	0,225	1,948	0,225	2,491
0,371	0,854	0,371	1,378	0,371	1,969	0,371	2,561
0,611	0,874	0,611	1,415	0,611	1,997	0,611	2,588
1,009	0,892	1,009	1,432	1,009	2,028	1,009	2,625
1,665	0,908	1,665	1,457	1,665	2,064	1,665	2,672
2,747	0,922	2,747	1,496	2,747	2,104	2,747	2,715
4,532	0,933	4,532	1,521	4,532	2,149	4,532	2,761
7,478	0,949	7,478	1,539	7,478	2,186	7,478	2,793
12,339	0,962	12,339	1,565	12,339	2,216	12,339	2,826
20,360	0,988	20,360	1,583	20,360	2,244	20,360	2,856
33,594	1,002	33,594	1,589	33,594	2,271	33,594	2,881

Risultati

ϵ	5,240	%
e	0,644	
Metodo	Casagrande	
C_v	2,379e-003	cm ² /s
C_a	0,118	%
M	9,431	MPa
K	2,475e-010	m/s

Risultati

ϵ	8,270	%
e	0,591	
Metodo	Casagrande	
C_v	1,744e-003	cm ² /s
C_a	0,126	%
M	13,198	MPa
K	1,296e-010	m/s

Risultati

ϵ	11,664	%
e	0,533	
Metodo	Casagrande	
C_v	1,170e-003	cm ² /s
C_a	0,116	%
M	23,570	MPa
K	4,868e-011	m/s

Risultati

ϵ	14,774	%
e	0,479	
Metodo	Casagrande	
C_v	2,899e-003	cm ² /s
C_a	0,192	%
M	51,453	MPa
K	5,528e-011	m/s

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Dati del provino

Data del sondaggio	28/12/16	Densità umida iniziale	2,132 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,393 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,780 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,448 mm	Umidità iniziale	19,789 %	W_0
No. Tara 1	2	Umidità finale	17,303 %	W_f
Peso tara 1	58,900 g	Saturazione iniziale	103,378 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	144,19 g	Saturazione finale	144,505 %	S_f
No. Tara 2	2	Indice dei vuoti iniziale	0,517	e_0
Peso tara 2	58,900 g	Indice dei vuoti finale	0,323	e_f
Tara + peso umido fin.	142,420 g	Densità decra finale	2,040 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	130,100 g			
Peso specifico dei grani	2,700 g/cm ³			

Cedimenti in funzione del tempo

Gradino 09 1600,0 kPa		Gradino 10 800,0 kPa		Gradino 11 400,0 kPa		Gradino 12 200,0 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,050	2,952	0,050	2,887	0,050	2,744	0,050	2,648
0,083	2,952	0,083	2,859	0,083	2,742	0,083	2,646
0,136	2,951	0,136	2,852	0,136	2,741	0,136	2,644
0,225	2,928	0,225	2,847	0,225	2,737	0,225	2,639
0,371	2,922	0,371	2,843	0,371	2,735	0,371	2,635
0,611	2,918	0,611	2,836	0,611	2,731	0,611	2,631
1,009	2,915	1,009	2,832	1,009	2,729	1,009	2,624
1,665	2,912	1,665	2,825	1,665	2,725	1,665	2,621
2,747	2,911	2,747	2,818	2,747	2,719	2,747	2,616
4,532	2,909	4,532	2,815	4,532	2,715	4,532	2,614
7,478	2,907	7,478	2,808	7,478	2,711	7,478	2,605
12,339	2,906	12,339	2,802	12,339	2,706	12,339	2,598
20,360	2,905	20,360	2,798	20,360	2,701	20,360	2,588
33,594	2,905	33,594	2,795	33,594	2,695	33,594	2,581

Risultati

ϵ	14,520	%
e	0,483	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	13,932	%
e	0,493	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	13,405	%
e	0,502	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		

Risultati

ϵ	12,764	%
e	0,513	
Metodo		
Cv		
Ca		
M		
K		



PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Dati del Cliente

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

Dati del provino

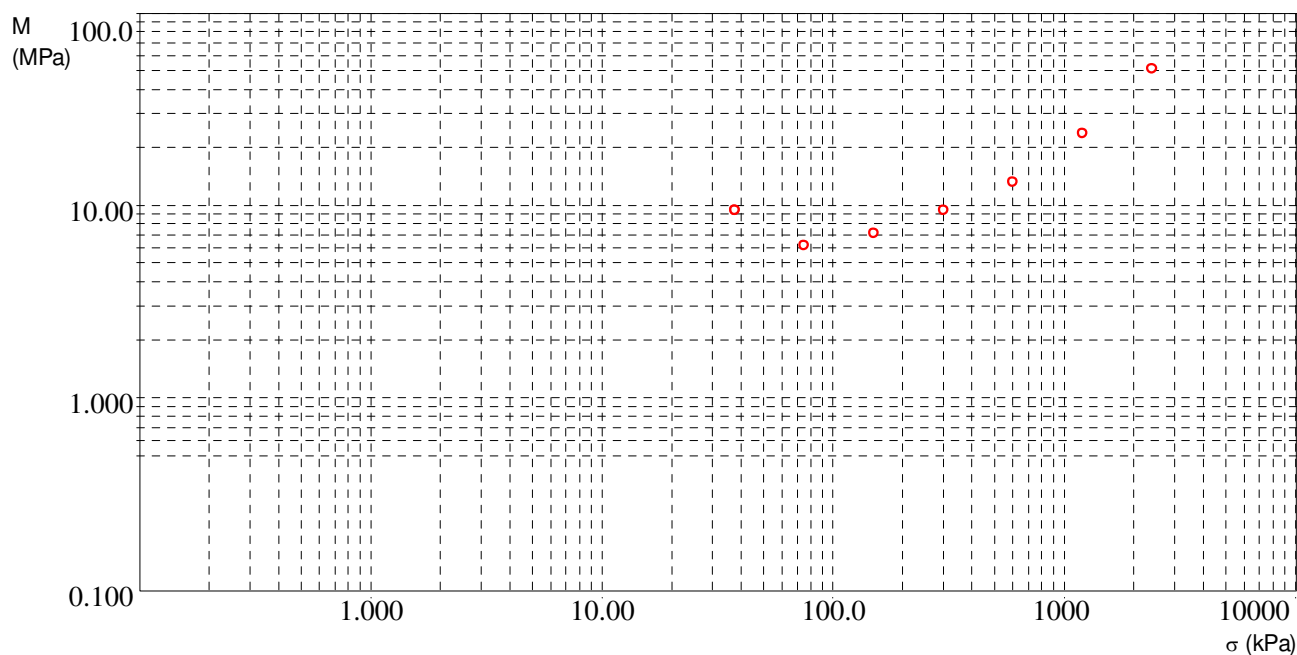
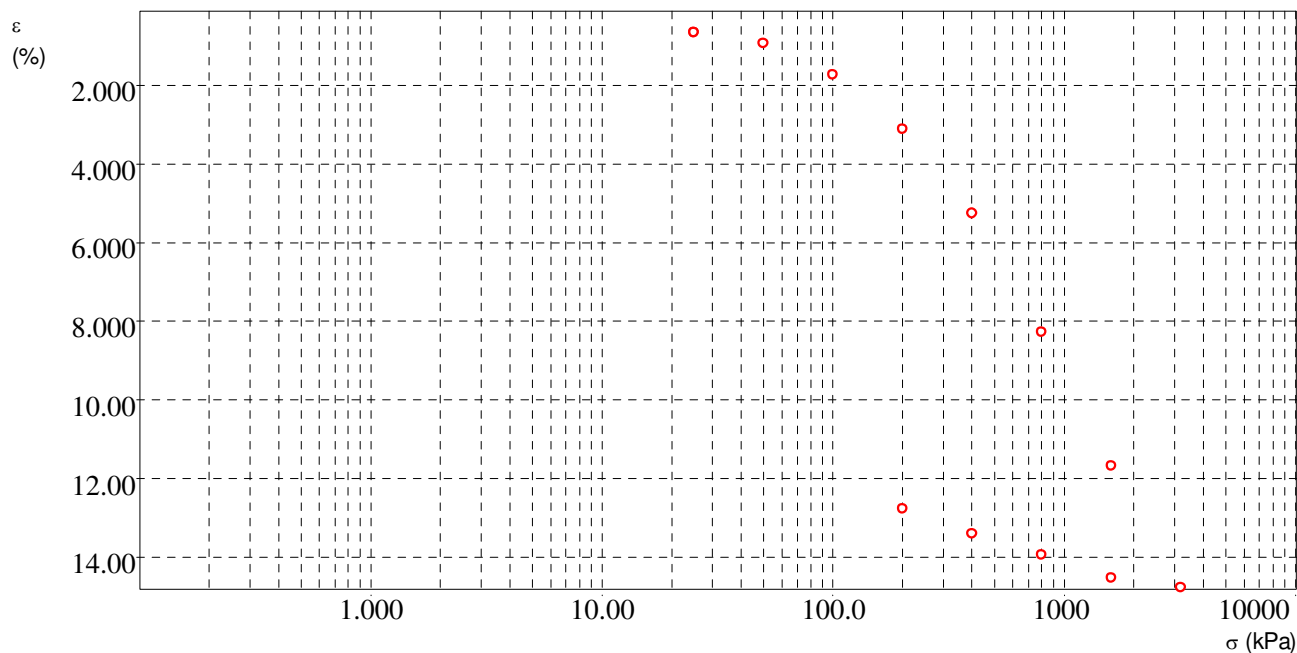
Data del sondaggio	28/12/16	Densità umida iniziale	2,132 g/cm ³	γ_n
Sezione	20,000 cm ²	Densità umida finale	2,393 g/cm ³	γ_f
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca iniziale	1,780 g/cm ³	γ_d
Altezza finale	17,448 mm	Umidità iniziale	19,789 %	W_0
No. Tara 1	2	Umidità finale	17,303 %	W_f
Peso tara 1	58,900 g	Saturazione iniziale	103,378 %	S_0
Tara + peso umido iniz.	144,19 g	Saturazione finale	144,505 %	S_f
No. Tara 2	2	Indice dei vuoti iniziale	0,517	e_0
Peso tara 2	58,900 g	Indice dei vuoti finale	0,323	e_f
Tara + peso umido fin.	142,420 g	Densità decca finale	2,040 g/cm ³	γ_{df}
Tara + peso secco finale	130,100 g			
Peso specifico dei grani	2,700 g/cm ³			

Gradino	P' kPa	ε %	e	M MPa	Cv cm ² /s	K m/s	Metodo	C alfa %
1	25,0	0,652	0,724		9,360e-004		Casagrande	0,030
2	50,0	0,917	0,719	9,45	7,270e-004	7,546e-011	Casagrande	0,019
3	100,0	1,725	0,705	6,19	8,730e-004	1,385e-010	Casagrande	0,088
4	200,0	3,119	0,681	7,17	2,508e-003	3,430e-010	Casagrande	0,145
5	400,0	5,240	0,644	9,43	2,379e-003	2,475e-010	Casagrande	0,118
6	800,0	8,270	0,591	13,20	1,744e-003	1,296e-010	Casagrande	0,126
7	1600,0	11,664	0,533	23,57	1,170e-003	4,868e-011	Casagrande	0,116
8	3200,0	14,774	0,479	51,45	2,899e-003	5,528e-011	Casagrande	0,192
9	1600,0	14,520	0,483					
10	800,0	13,932	0,493					
11	400,0	13,405	0,502					
12	200,0	12,764	0,513					

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

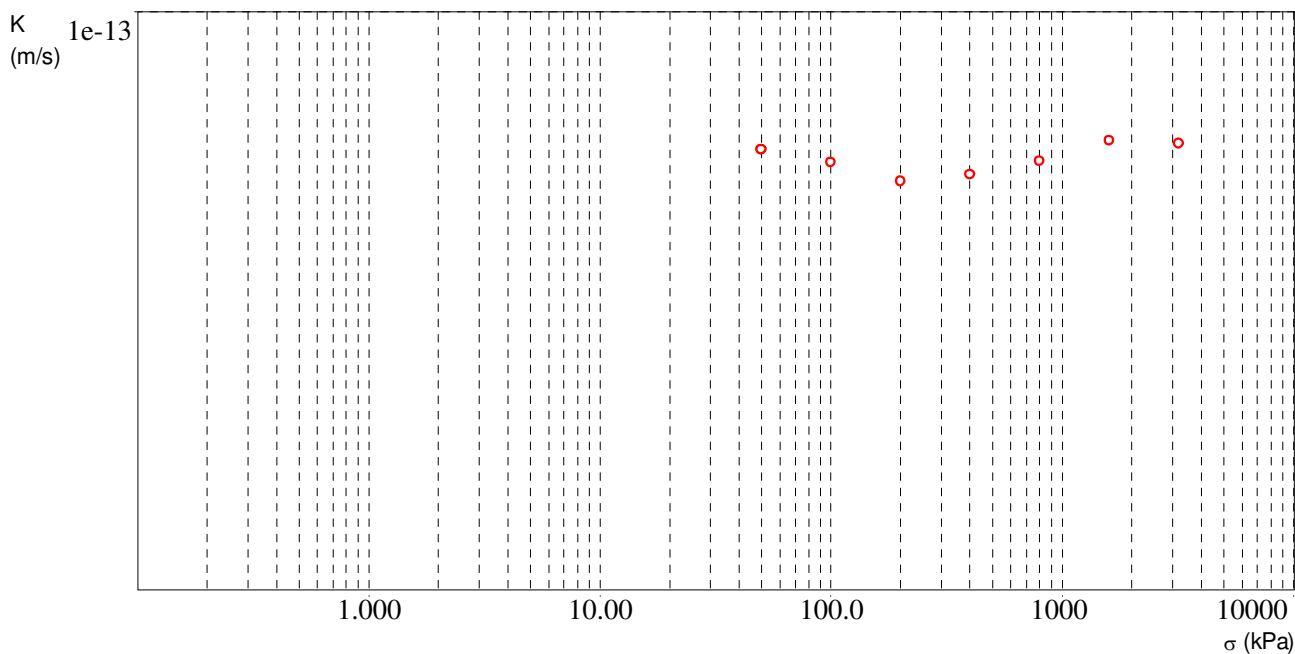
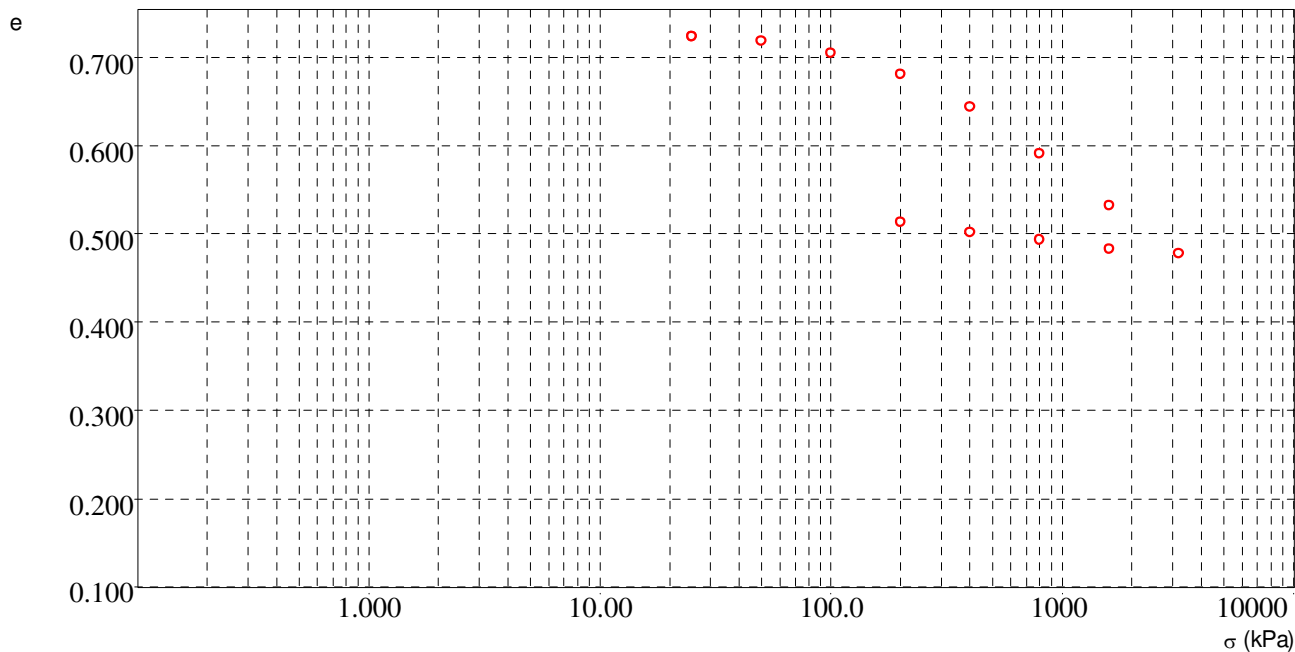
Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m



Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

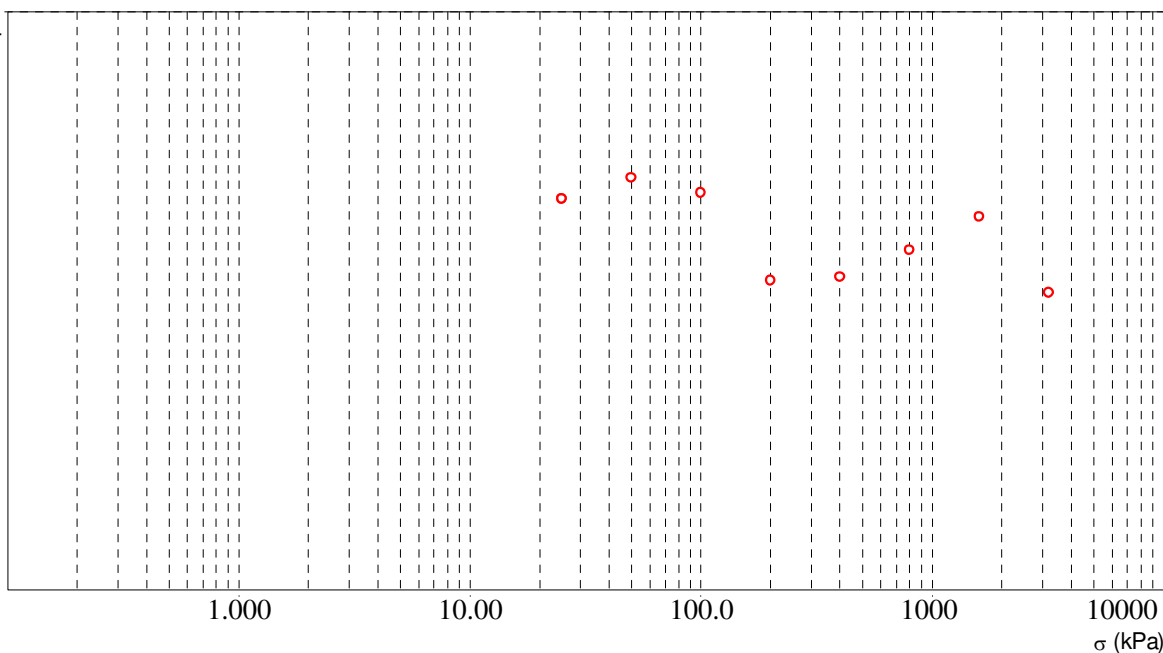


Dati del Cliente

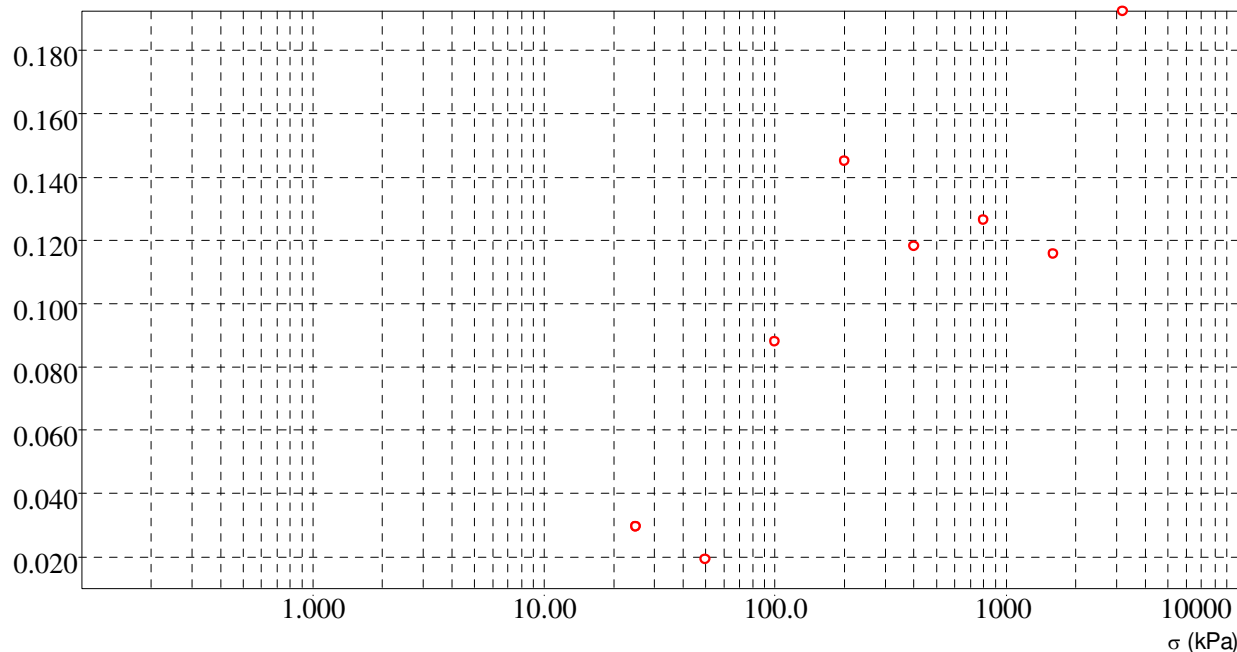
PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Comune di Castelbuono
Indirizzo	INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE
Cantiere	via Ten. Ernesto Forte
Sondaggio	S2
Campione	C1
Profondità	14.60-15.00 m

C_v
(cm²/s) 1e-04



C_α
(%)





Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni



Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

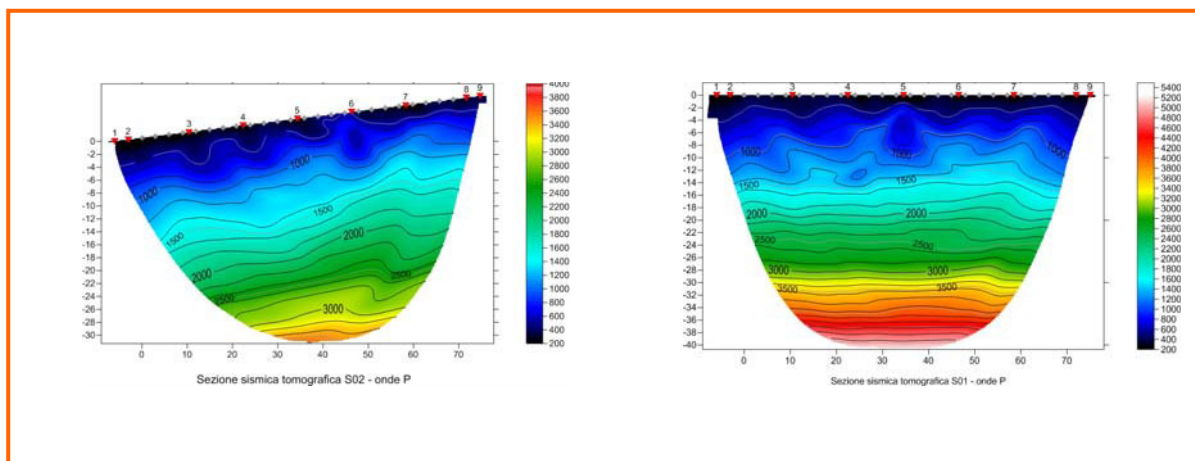
OGGETTO DEI LAVORI

INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

COMMITTENTE

Comune Di Castelbuono (PA)

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

INDICE

1. Premessa

2. Metodologia sismica a rifrazione

3. Strumentazione utilizzata

4. Interpretazione dei risultati ottenuti

4.1. Analisi dei profili sismici

ALLEGATI

- profili sismo stratigrafici in elaborazione tomografica onde P;
- documentazione fotografica.



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto da comune di Castelbuono (PA) è stata eseguita una campagna di indagini sismiche a rifrazione, a supporto dei lavori di “INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE”.

Le considerazioni che vengono riportate di seguito sono il risultato delle indagini sismiche effettuate, della verifica e del rilevamento dei litotipi affioranti nell'area in esame ed in una porzione significativamente estesa al contorno.

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di n° 02 stendimenti di sismica a rifrazione denominati RZ1 e RZ2 con passo geofonico adottato rispettivamente di 3.0 m per RZ1 e 2.0 m per lo stendimento RZ2.

La configurazione geometrica degli stendimenti ha permesso di ottenere profondità medie di indagine dal p.c. di circa 25 m per gli stendimenti RZ1 e di circa 30 m per lo stendimento RZ2.

Ai fini dell'interpretazione dei dati è stata eseguita dapprima una elaborazione mediante metodologia G.R.M., successivamente i segnali filtrati e trattati sono stati elaborati e restituiti con tecnica tomografica, pertanto è stato necessario realizzare almeno n° 09 energizzazioni (o “scoppi”) di cui quattro esterni allo stendimento sismico.

La presente metodologia ha permesso di evidenziare semiquantitativamente le geometrie del substrato identificando discontinuità presenti e legate a probabili variazioni litologiche.

Dalle tracce sismiche ottenute, riportate nella presente relazione, sono state estrapolate le velocità delle onde longitudinali (onde P), i cui tempi di arrivo ai vari geofoni sono stati riportati in un grafico che consente di ricavare una correlazione spazio – tempo (dromocrone).

E' stato inoltre eseguito un rilievo piano altimetrico dei geofoni permettendo di tarare la profondità dei rifrattori rispetto al posizionamento dei geofoni stessi.



2. METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico a rifrazione che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde S) nel sottosuolo.

Tali onde vengono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo venga sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale sia artificiale.

Nel caso in esame sono stati creati artificialmente degli impulsi mediante l'utilizzo di una massa battente o energizzatore sismico “mini bang”. Quando il suolo viene “energizzato” artificialmente si propagano in esso diversi tipi di onde sismiche, da quelle superficiali di maggiore ampiezza, a quelle più veloci longitudinali (onde P) ed ancora a quelle trasversali (onde S). Per i nostri scopi, sono state utilizzate solamente le onde P.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massima dei terreni con indicazione dei relativi spessori. Un limite, invece, è costituito dal fenomeno di mascheramento dovuto all'impossibilità di rivelare strati a bassa velocità sottostanti a strati con velocità più elevate o, ancora, di riconoscere livelli stratigrafici di spessore esiguo.

La presenza di uno strato a bassa velocità, o di eventuali cavità, introduce errori nella valutazione della profondità dei rifrattori più profondi. Tali errori possono essere corretti mediante punti di taratura ricavati tramite sondaggi geognostici o con altre tipologie di indagini dirette.



3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- sismografo Ambrogeo Echo 48/2002 - 48 canali – 24 bit che permette l'acquisizione e rappresentazione degli impulsi sismici su PC consentendo una prima operazione di filtraggio e taratura dei dati in situ; i segnali sismici ottenuti vengono registrati simultaneamente sul disco fisso del PC. Inoltre, lo strumento è dotato di sistema di controllo analogico/digitale dei guadagni con funzione di sommatoria dei segnali sismici che consente di ottimizzare il rapporto segnale-rumore;

- geofoni 10 Hz verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile (con relativo cavo di collegamento a 48 connettori) che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti delle onde sismiche all'interno del terreno;

- cavi sismici ad attacco multipolare muniti di connettori CANNON 60 poli;

- unità esterna di immagazzinamento e memorizzazione dati che permette la verifica dei segnali in situ con possibilità di eventuale trattamento e filtraggio dati .

L' "energizzazione" delle onde di compressione (onde P) nel terreno, è stata realizzata mediante massa battente del peso di 10 kg su apposita piastra metallica opportunamente collocata sullo stesso.

Inoltre laddove problematiche di propagazione del segnale non hanno permesso di individuare chiaramente i treni d'onda ricercati è stata utilizzata una sorgente sismica costituita da un energizzatore (cannoncino Sismico) modello "ISOTTA" calibro 8 debitamente ancorato sul terreno attraverso un preforo realizzato tramite sonda elicoidale manovrata a mano.

Il software di acquisizione e interfaccia dati utilizzato durante l'esecuzione degli stendimenti sismici è AMBROGEO ECHO 48/2012.



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

L'analisi dei sismogrammi e la successiva rappresentazione grafica dei primi arrivi (onde P) registrati dai geofoni (dromocrone) e dei treni successivi di onde di taglio (onde S), hanno permesso di interpretare i dati ottenuti.

I picking effettuati sulle tracce sismiche (dopo opportuno filtraggio e normalizzazione dei segnali) sono stati trattati dapprima con software Intersism-Geo&soft® utilizzando il metodo GRM; successivamente le tracce acquisite sono state dapprima convertite in formato idoneo all'elaborazione tomografica attraverso software VSCOPE® vers. 2.2.82 quindi poi elaborati con la metodologia predetta attraverso software REYFRACT®; quest'ultimo software utilizza un algoritmo SIRT per la restituzione dei dati.

Nello specifico, mentre il software che si rifà al metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) consente di determinare la profondità e le irregolarità dell'interfaccia dei rifrattori non permettendo differenziazioni ulteriori, la metodologia tomografica permette di potere meglio apprezzare variazioni laterali e verticali di velocità utilizzando algoritmi di calcolo più completi rispetto alla metodologia GRM.

Pertanto l'elaborazione tomografica, a dispetto della metodologia GRM, non permette di definire vere e proprie "superfici" di strati rifrattori, bensì potere apprezzare vere e proprie variazioni graduali di velocità sia lateralmente che verticalmente



4.1 Analisi dei profili sismici

Stendimento sismico a rifrazione RZ1

La restituzione tomografica dei dati, ottenuti sul presente sondaggio, ha permesso di individuare la presenza di quattro unità sismiche di seguito descritte:

- una prima unità sismica superficiale, ad andamento irregolare, riconducibile ad uno spessore di areato superficiale, di medio-bassa consistenza con spessore variabile di circa 5.00 m, con velocità delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 400 e 800 m/sec;
- una seconda unità sismica, anch'essa ad andamento irregolare, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di media consistenza con uno spessore di circa 7.00 m e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 800 e 1500 m/sec;
- una terza unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di medio - alta consistenza che si estende fino a circa 20 m dal p.c. e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 1500 e 2200 m/sec;
- una quarta e ultima unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di buona consistenza, che si estende fino a 30 m dal p.c. e velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) variabili tra 2200 e 3000 m/sec.

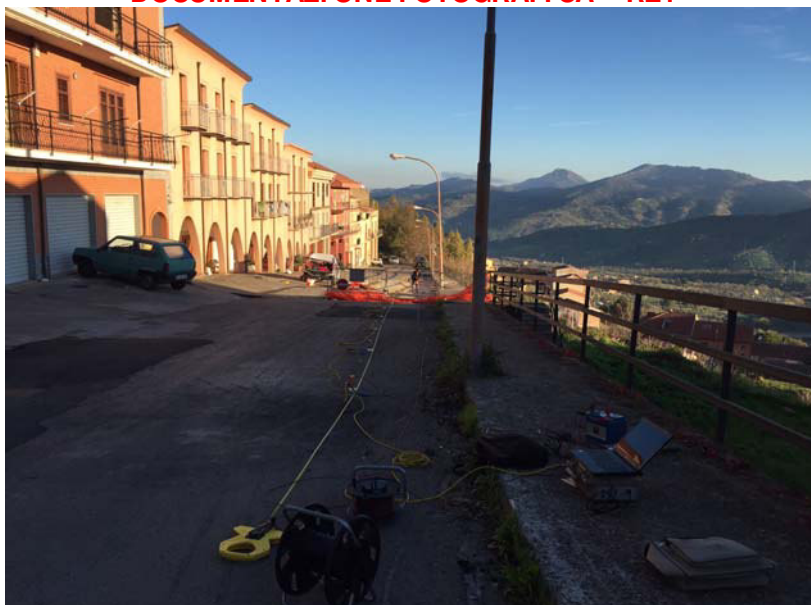


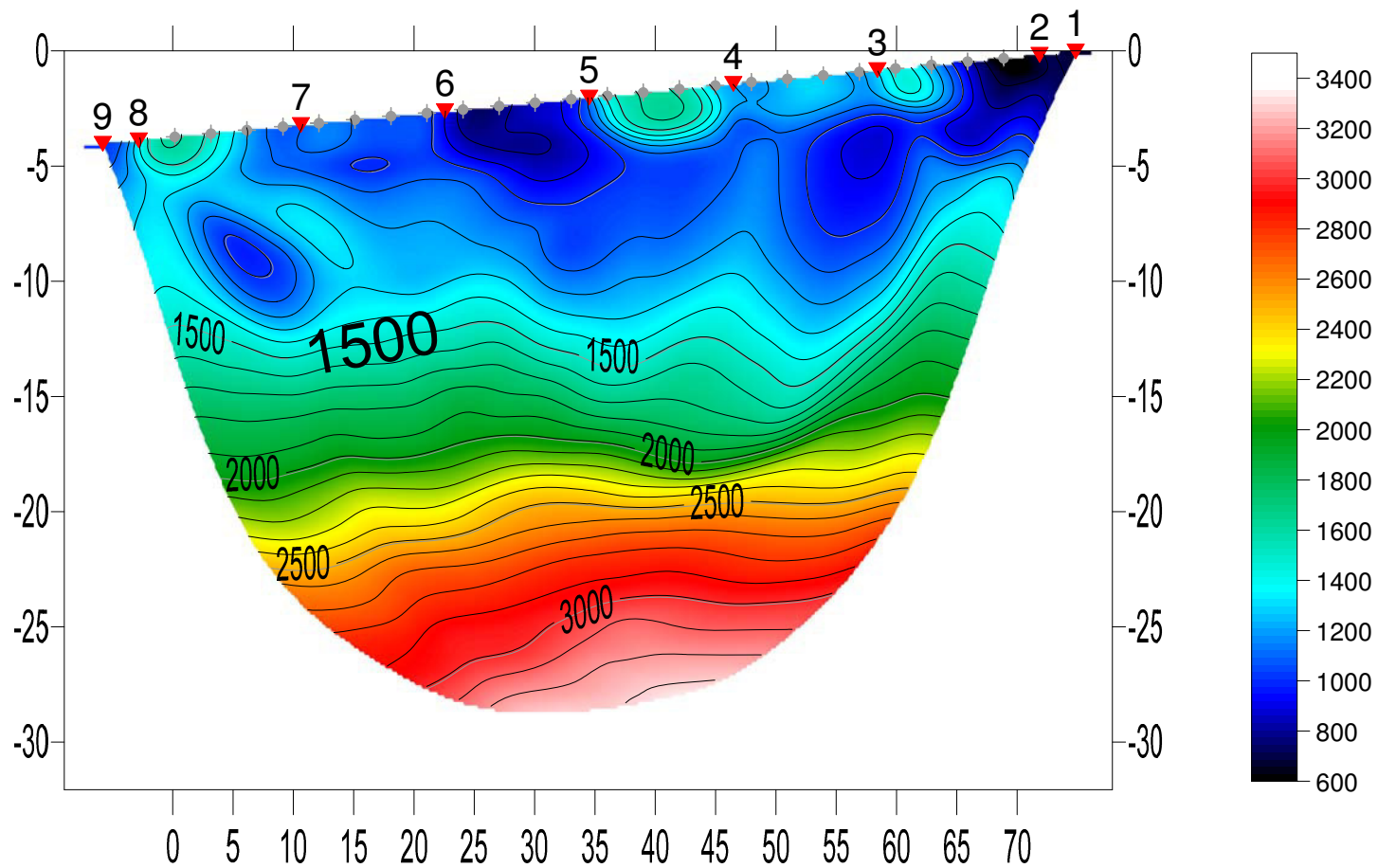
Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

SCHEDA RIPILOGATIVA DELL'INDAGINE SISMICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SI SMI CA A RI FRAZI ONE	x	DOWN HOLE	MASW
Nome stendimento	RZ1			
Ubicazione				
Strumento utilizzato	AMBROGEO ECHO 48/ 2012			
Operatore	Geol. A. Ardagna – Geol. A. Mendolia			
N° canali utilizzati /bit conversione segnale A/D	48/ 48			
Geofoni verticali modello/marca	R.T. CLARK a bobina mobile frequenza 10 Hz			
Geofoni orizzontali modello/marca	Xx			
Lunghezza stendimento	192 metri onde P + offset 4m – 8.0 m			
Interdistanza geofonica onde P	3.0 metri			
Interdistanza geofonica onde S	Xx			
n. tiri eseguiti onde P	09			
n. tiri eseguiti onde S	Xx			
Sistema di energizzazione	Massa battente 10 kg, - cannoncino sismico “I SOTTA”			
Lunghezza finestra acquisizione msec	200 msec			
Filtro applicato	500-700 Hz			
Funzioni sommatorie applicate	Si			
Programma utilizzato per acquisizione	Ambrogeo echo 48/ 2010			
Programma utilizzato per elaborazione dati	I ntersism (Geo&Soft) – Vscope 2.2.82 – Reyfract vers. 6.2			
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative onde P			

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA – RZ1–





Castelbuono RZ1, 10 WET iterations, RMS error 5.1 %, Release 3.16



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

Stendimento sismico a rifrazione RZ2

La restituzione tomografica dei dati, ottenuti sul presente sondaggio, ha permesso di individuare la presenza di quattro unità sismiche di seguito descritte:

- una prima unità sismica superficiale, ad andamento irregolare, riconducibile ad uno spessore di areato superficiale, di medio-bassa consistenza con spessore variabile di circa 5.00/7.00 m, con velocità delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 400 e 800 m/sec;
- una seconda unità sismica, anch'essa ad andamento irregolare, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di media consistenza con uno spessore di circa 7.00 m e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 800 e 1500 m/sec;
- una terza unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di medio - alta consistenza che si estende fino a circa 18 m dal p.c. e avente velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) compresa tra 1500 e 2200 m/sec;
- una quarta e ultima unità sismica, riconducibile ad una unità sismostratigrafica di buona consistenza, che si estende fino a 20 m dal p.c. e velocità di propagazione delle onde primarie (ONDE P) variabili tra 2200 e 2700 m/sec.

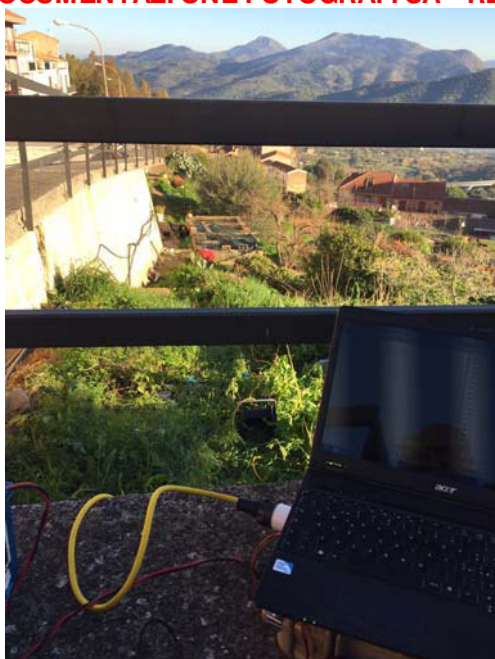


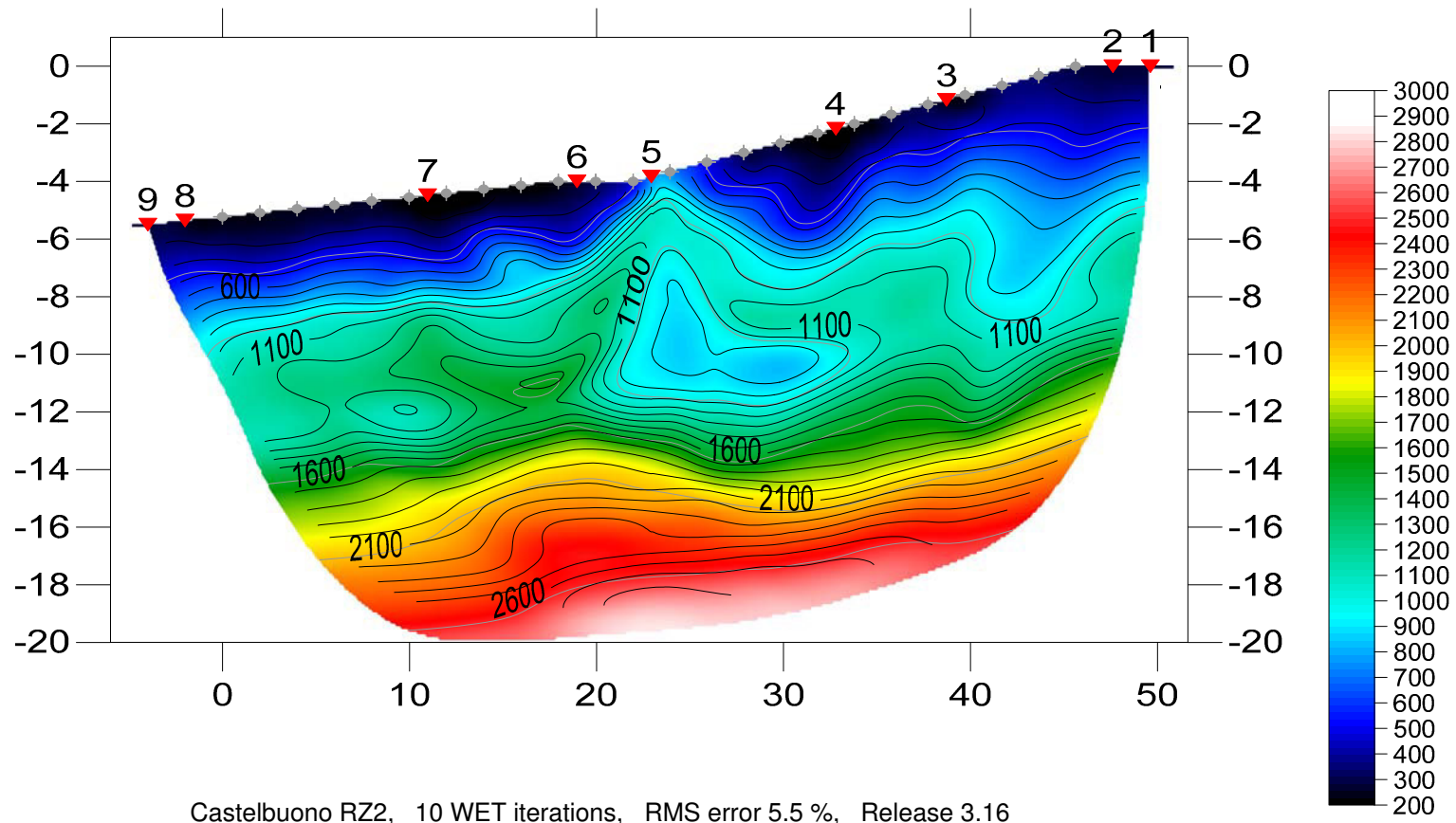
Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

SCHEDA RI EPILOGATI VA DELL'INDAGINE SISMICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SI SMI CA A RI FRAZI ONE	x	DOWN HOLE	MASW
Nome stendimento	RZ2			
Ubicazione				
Strumento utilizzato	AMBROGEO ECHO 48/ 2012			
Operatore	Geol. A. Ardagna – Geol. A. Mendolia			
N° canali utilizzati /bit conversione segnale A/D	48/ 48			
Geofoni verticali modello/marca	R.T. CLARK a bobina mobile frequenza 10 Hz			
Geofoni orizzontali modello/marca	Xx			
Lunghezza stendimento	192 metri onde P + offset 4m – 8.0 m			
Interdistanza geofonica onde P	4.00 metri			
Interdistanza geofonica onde S	Xx			
n. tiri eseguiti onde P	09			
n. tiri eseguiti onde S	Xx			
Sistema di energizzazione	Massa battente 10 kg, - cannoncino sismico “I SOTTA”			
Lunghezza finestra acquisizione msec	200 msec			
Filtro applicato	500-700 Hz			
Funzioni sommatorie applicate	Si			
Programma utilizzato per acquisizione	Ambrogeo echo 48/ 2010			
Programma utilizzato per elaborazione dati	I ntersism (Geo&Soft) – Vscope 2.2.82 – Reyfract vers. 6.2			
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative onde P			

DOCUMENTAZI ONE FOTOGRAFI CA - RZ2-





Castelbuono RZ2, 10 WET iterations, RMS error 5.5 %, Release 3.16



Legenda:

- / Indagini sismiche a rifrazione tomografica (G0= geofono n. 1 – G24 = geofono n. 24)
- / Indagini sismiche MASW (G0= geofono n. 1 – G24 = geofono n. 24)

Ubicazioni indagini eseguite su stralcio ortofoto (fonte Google Earth)



Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni

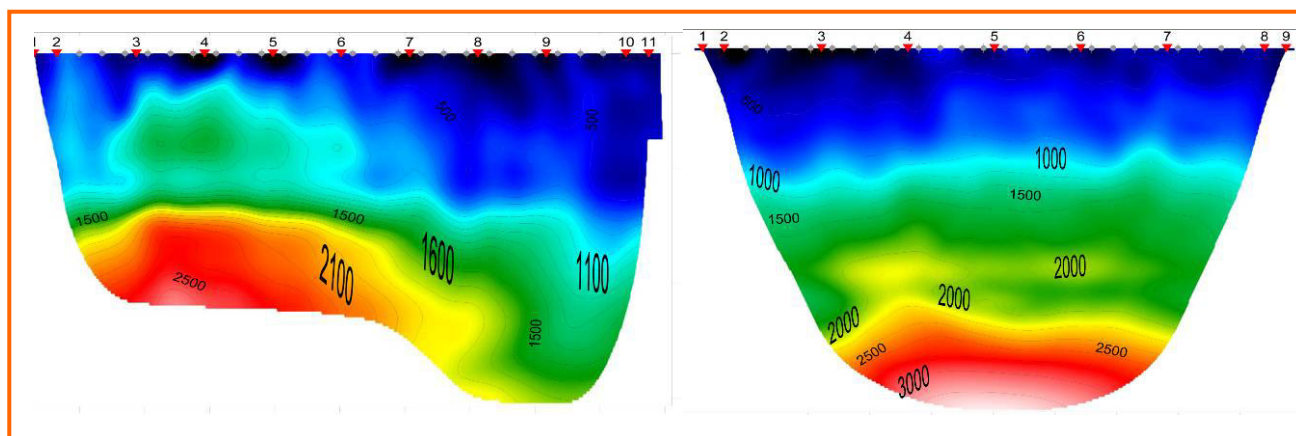
OGGETTO DEI LAVORI

INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

COMMITTENTE

Comune Di Castelbuono (PA)

INDAGINE SISMICA MASW





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

INDICE

PREMESSA

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

INDAGINI MASW E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

CONCLUSIONI



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

PREMESSA

Su incarico ricevuto da parte del committente, Comune di Castelbuono (PA), è stata eseguita una indagine sismica di tipo MASW a supporto della “INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE”

Le considerazioni che vengono riportate di seguito sono il risultato delle indagini sismiche effettuate, della verifica e del rilevamento dei litotipi affioranti nell’area in esame ed in una porzione significativamente estesa al contorno.

La campagna di indagine ha previsto l’esecuzione di n° 02 stendimenti sismici denominati MASW1 e MASW2 di lunghezza rispettivamente pari a 72 e 48 m.

La presente metodologia ha permesso di evidenziare semi-quantitativamente le geometrie del substrato identificando discontinuità presenti e legate a probabili variazioni litologiche.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- sismografo Ambrogeo Echo 48/2012 - 48 canali – 24 bit che permette l’acquisizione e rappresentazione degli impulsi sismici su PC consentendo una prima operazione di filtraggio e taratura dei dati in sito; i segnali sismici ottenuti vengono registrati simultaneamente sul disco fisso del PC. Inoltre, lo strumento è dotato di sistema di controllo analogico/digitale dei guadagni con funzione di sommatoria dei segnali sismici che consente di ottimizzare il rapporto segnale-rumore;
- geofoni 4.5 Hz verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile (con relativo cavo di collegamento a 48 connettori) che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti delle onde sismiche all’interno del terreno;
- cavi sismici ad attacco multipolare muniti di connettori CANNON 54 poli;
- unità esterna di immagazzinamento e memorizzazione dati che permette la verifica dei segnali in situ con possibilità di eventuale trattamento e filtraggio dati

L’ “energizzazione” delle onde nel terreno, è stata realizzata mediante massa battente del peso di 8 kg su apposita piastra metallica opportunamente collocata sullo stesso.

Il software di acquisizione e interfaccia dati utilizzato durante l’esecuzione degli stendimenti sismici è AMBROGEO ECHO 48/2012 vers. Apr. 2014



I NDAGINI MASW E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Per l'esecuzione dello stendimento sono stati utilizzati 24 geofoni con passo 3.0 metri per lo stendimento MASW1 e 2.0 metri per lo stendimento MASW2 con quattro offset complessivi rispettivamente posti a ± 3.0 e ± 6.0 metri (MASW1) e ± 2.0 e ± 4.0 metri (MASW2) .

Le Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 14 gennaio 2008), la normativa tecnica europea gli Eurocodici EC 7 e EC 8 e le più avanzate normative internazionali disciplinano la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche e la valutazione della sicurezza e degli interventi di adeguamento su edifici soggetti al medesimo tipo di azioni.

Tale norma ha lo scopo di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile.

Fra le novità più importanti della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica:

Estensione della zonazione sismica a tutto il territorio nazionale

L'abbandono del metodo delle tensioni ammissibili in favore del metodo di verifica agli stati limite su edifici soggetti al medesimo tipo di azioni

Una maggiore attenzione verso una corretta modellazione strutturale

L'apertura verso analisi di tipo non lineare

Ci adegua allo standard europeo e mondiale

La nuova normativa ha introdotto la classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto in 5+2 categorie sulla base della VS30

Il profilo delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura,

valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito ,

valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno ,

valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare.

Il parametro VS30 è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo: rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità.



È calcolato mediante la seguente espressione

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

V_i : velocità delle onde S dello strato i -esimo

h_i : spessore in metri dello strato i -esimo

N : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della V_{S30} si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione (Classificazione del tipo di suolo secondo NTC 14 gennaio 2008):

Suolo	Descrizione geotecnica	V_{S30} (m/ s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra $360 \div 800$ m/s (ovvero $N_{stp,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine).	$360 \div 800$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra $180 \div 360$ m/s (ovvero $15 < N_{stp,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ KPa nei terreni a grana fine).	$180 \div 360$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30} < 180$ m/s (ovvero $N_{stp,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} < 70$ KPa nei terreni a grana fine).	<180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 metri posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s (ovvero $10 \text{ KPa} < C_{u, 30} < 20 \text{ KPa}$, che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	



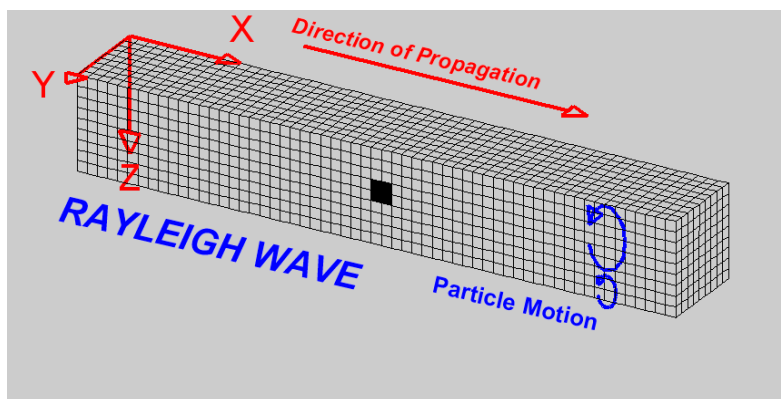
Le tecniche investigative per l'acquisizione di questo parametro sono essenzialmente di tre tipi:

- Prove in foro (down hole e cross hole);
- Profili sismici (riflessione o rifrazione) con geofoni orizzontali ed energizzatori di onde SH;
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (SASW, MASW e Refraction Microtremor) e l'impiego di geofoni verticali.

La tecnica MASW, utilizzata per il presente studio, consente una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (SV) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

Alla superficie libera hanno moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$: possono esser viste come la sovrapposizione di due componenti separate, una longitudinale e l'altra trasversale, che si propagano lungo la superficie con la stessa velocità ma con differente attenuazione con la profondità.

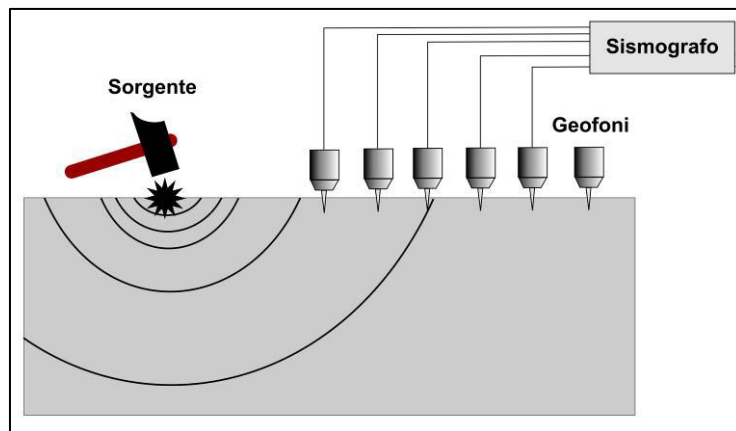


Tali onde vengono considerate perché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

La propagazione delle onde di Rayleigh – anche se influenzata dalla V_p e della densità - è funzione innanzitutto della V_s (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito).

La tecnica MASW può essere schematizzata in tre punti:

acquisizione dei dati di campo: utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione, acquisizione dei dati con comuni geofoni a componente verticale particolarmente sensibili alle basse frequenze, geofoni da 4.5 Hz, registrazione simultanea di 12 o più canali.



determinazione della Curva di Dispersione (valutazione dello spettro di velocità);

inversione della curva di dispersione interpretata per ottenere il profilo verticale delle V_s che descrive la variazione di V_s con la profondità.

Nelle pagine seguenti si riportano i tabulati ed i grafici della stesa MASW eseguita.



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

CONCLUSIONI

Dai valori delle velocità di propagazione delle onde sismiche nonché dalla forma delle varie dromocrone, assimilabile più ad una spezzata che ad una curva, e considerando i risultati delle stese MASW, emerge che il sottosuolo dell'area indagata è così costituito (si riporta di seguito una tabella riassuntiva):

STESA SISMICA MASW 1

STESA SISMICA	STRATO	Velocità Media delle Onde Sismiche Secondarie m/ sec	SPESSORE – metri - litologia
MASW 1	1 (BASSO GRADO DI CONSISTENZA + SPESSORE RIDOTTO DI ALTERAZIONE)	212.5	<u>4.50</u> - litotipi di bassa consistenza di natura argillosa
	2 (MEDIO-BUONO GRADO DI CONSISTENZA)	566.64	<u>6.81</u> - litotipi di media consistenza di natura argillosa
	3 (MEDIO-BUONO GRADO DI CONSISTENZA)	687.13	<u>Ind.</u> - litotipi di media buona consistenza

STESA SISMICA MASW	<u>Vs30(m/ sec)</u>	Possibile tipo di Suolo	DESCRIZIONE GEOTECNICA
MASW 1	496.73	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360÷800 m/s (ovvero $N_{stp,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine).



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE SISMICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SI SMI CA A RI FRAZI ONE	DOWN HOLE	MASW	x
Nome stendimento	MASW1			
Ubicazione				
Strumento utilizzato	AMBROGEO ECHO 48/ 2012			
Operatore	Geol. A. Ardagna – A. Mendolia			
N° canali utilizzati /bit conversione segnale A/D	24/ 48			
Geofoni verticali modello/marca	R.T. Clark a bobina mobile frequenza 4.5 Hz			
Geofoni orizzontali modello/marca				
Lunghezza stendimento	72 metri + offset 3.0 – 6.0 m			
Interdistanza geofonica onde P/Rayleigh	2.0 metri			
Interdistanza geofonica onde S				
n. tiri eseguiti onde P	4			
n. tiri eseguiti onde S				
Sistema di energizzazione	Massa battente 8 kg			
Lunghezza finestra acquisizione msec	2 sec.			
Filtro applicato	500-700 Hz			
Funzioni sommatorie applicate	no			
Programma utilizzato per acquisizione	Ambrogeo echo 48/ 2012 utility vers. apr. 2014			
Programma utilizzato per elaborazione dati	geopsy - Dinver (Sesarray) – Vscope 2.2.82			
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative			

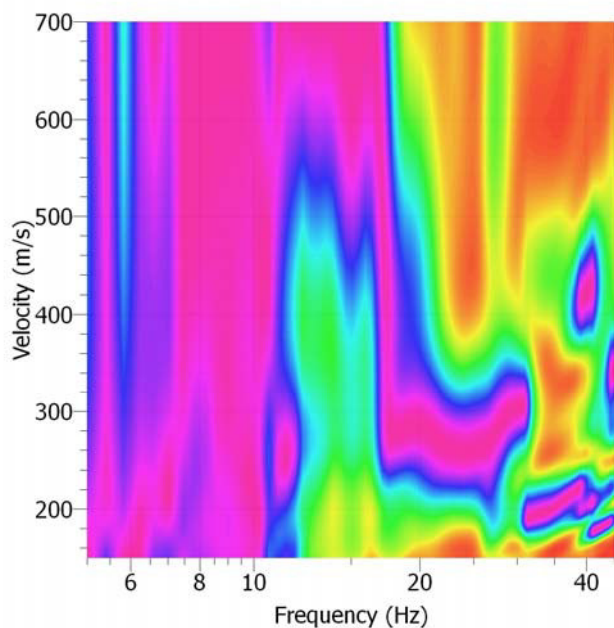




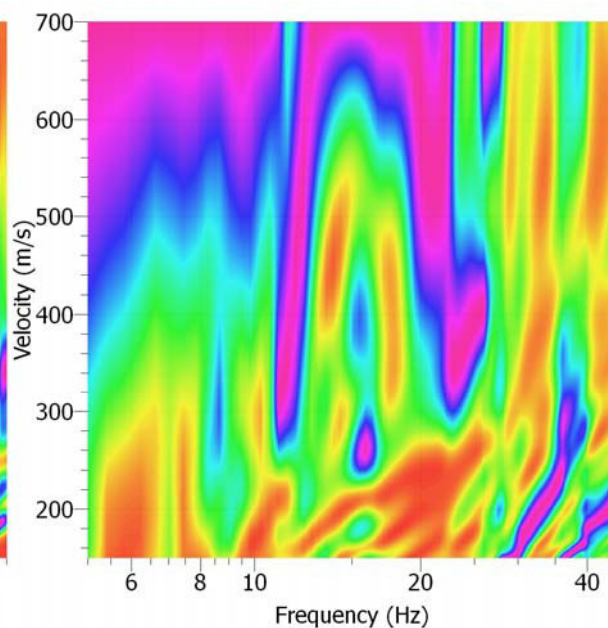
Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

**CURVE DI DISPERSIONE RELATIVE AI 4 SEGNALI OTTENUTI DALLE DIVERSE CONFIGURAZIONI DI
ENERGIZZAZIONE (SCOPPI) STENDIMENTO MASW1**

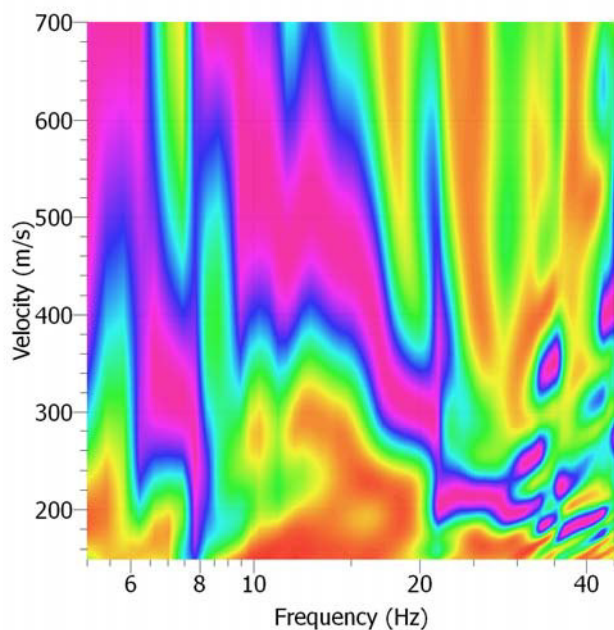
Shot at (-6, 0, 0), time=2016-12-27 08:21:30



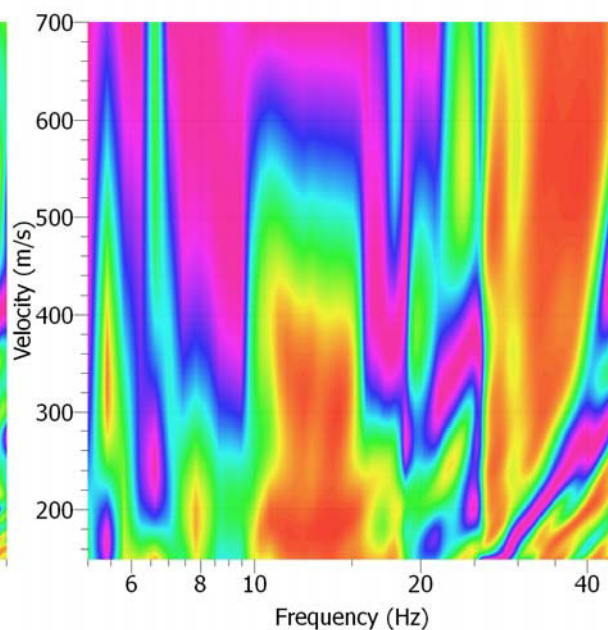
Shot at (-3, 0, 0), time=2016-12-27 08:23:42



Shot at (72, 0, 0), time=2016-12-27 08:23:12



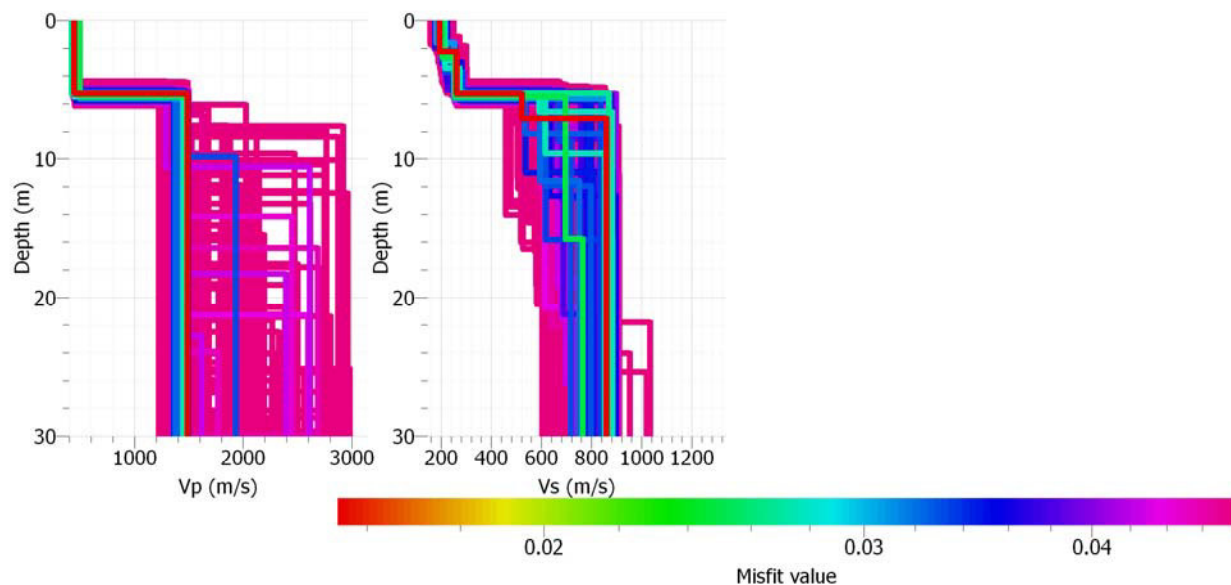
Shot at (75, 0, 0), time=2016-12-27 08:21:52



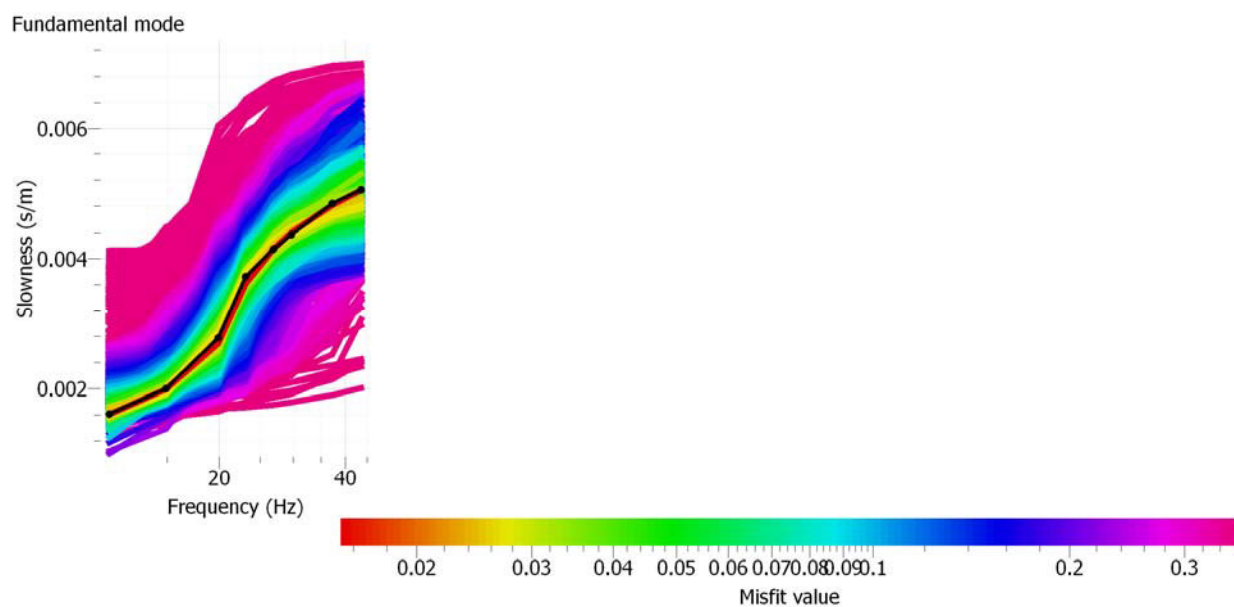


Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

PROFILO VERTICALE DELLE VELOCITA' OTTENUTE DALL'INTERPRETAZIONE DELLE CURVE SOPRASTANTI



CURVA MISFIT TRA MODELLO GENERATO E MODELLO DERIVANTE DAI DATI ACQUISITI





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

STESA SISMICA MASW2

STESA SISMICA	STRATO	Velocità Media delle Onde Sismiche Secondarie m/ sec	SPESSORE – metri - litologia
MASW2	1 (BASSO GRADO DI CONSISTENZA + SPESSORE RIDOTTO DI ALTERAZIONE)	235.28	<u>3.82</u> - litotipi di bassa consistenza di natura argillosa
	2 (MEDIO-BUONO GRADO DI CONSISTENZA)	380.53	<u>10.00</u> - litotipi di media consistenza di natura argillosa
	3 (MEDIO-BUONO GRADO DI CONSISTENZA)	672.98	<u>Ind.</u> - litotipi di media buona consistenza

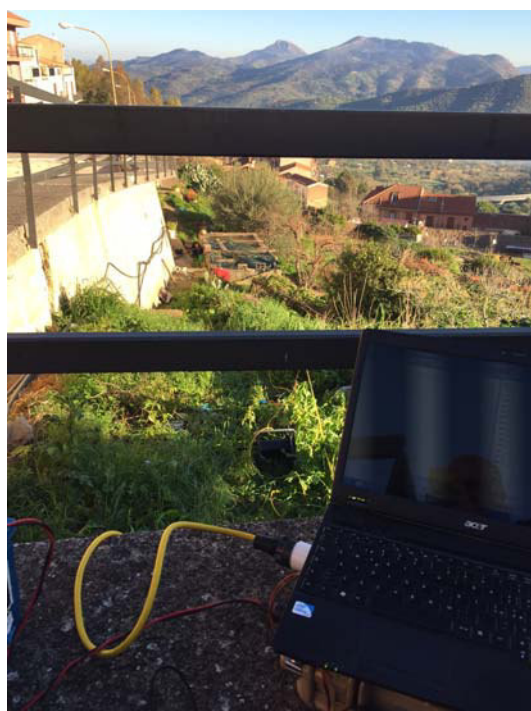
STESA SISMICA MASW	<u>Vs30(m/ sec)</u>	Possibile tipo di Suolo	DESCRIZIONE GEOTECNICA
MASW2	458.74	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360÷800 m/s (ovvero $N_{stp,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine).



Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE SISMICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SI SMI CA A RI FRAZI ONE	DOWN HOLE	MASW	x
Nome stendimento	MASW2			
Ubicazione				
Strumento utilizzato	AMBROGEO ECHO 48/ 2012			
Operatore	Geol. A. Ardagna – A. Mendolia			
N° canali utilizzati /bit conversione segnale A/D	24/ 48			
Geofoni verticali modello/marca	R.T. Clark a bobina mobile frequenza 4.5 Hz			
Geofoni orizzontali modello/marca				
Lunghezza stendimento	48 metri + offset 2.0 – 4.0 m			
Interdistanza geofonica onde P/Rayleigh	2.0 metri			
Interdistanza geofonica onde S				
n. tiri eseguiti onde P	4			
n. tiri eseguiti onde S				
Sistema di energizzazione	Massa battente 8 kg			
Lunghezza finestra acquisizione msec	2 sec.			
Filtro applicato	500-700 Hz			
Funzioni sommatorie applicate	no			
Programma utilizzato per acquisizione	Ambrogeo echo 48/ 2012 utility vers. apr. 2014			
Programma utilizzato per elaborazione dati	geopsy - Dinver (Sesarray) – Vscope 2.2.82			
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative			

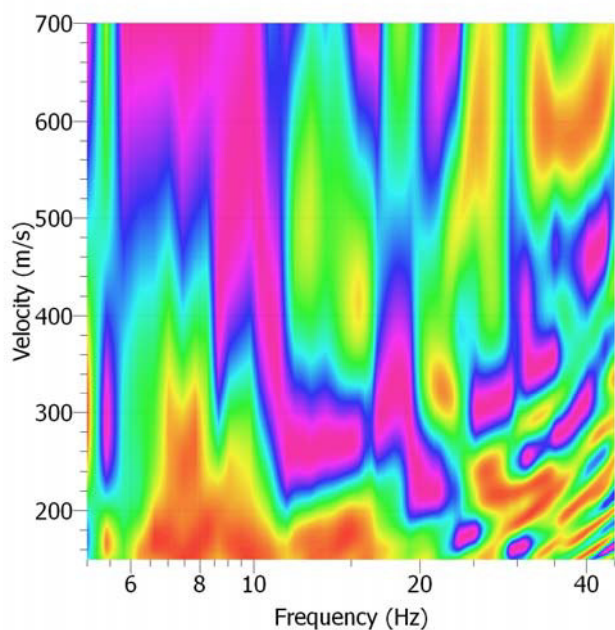




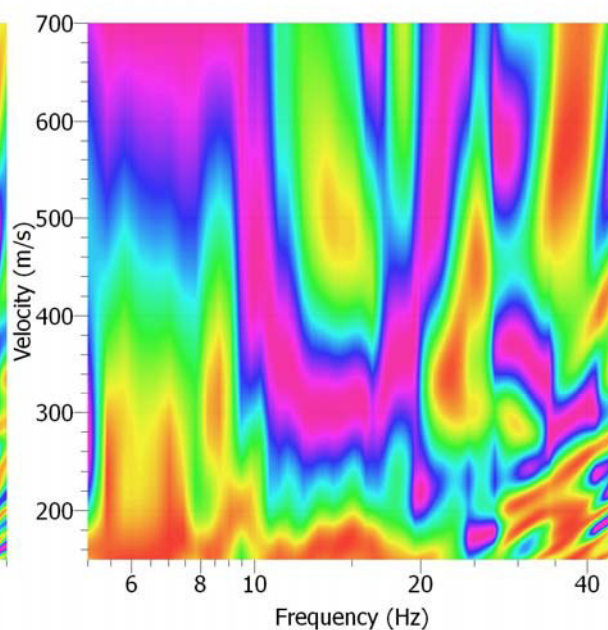
Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

**CURVE DI DISPERSIONE RELATIVE AI 4 SEGNALI OTTENUTI DALLE DIVERSE CONFIGURAZIONI DI
ENERGIZZAZIONE (SCOPPI) STENDIMENTO MASW1**

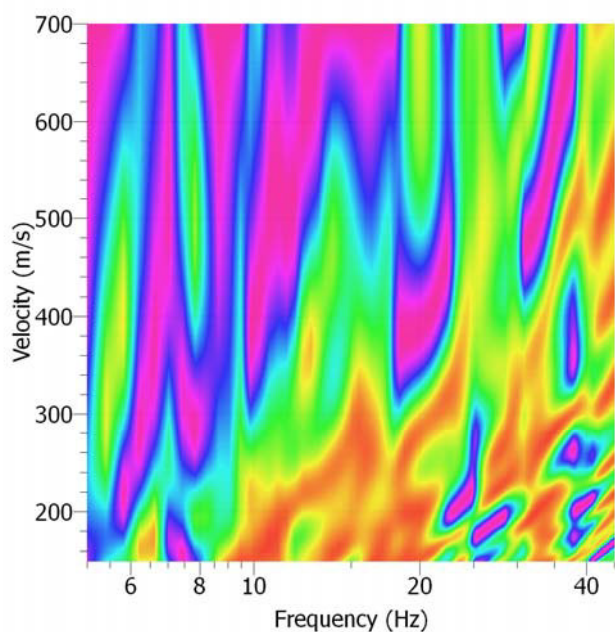
Shot at (0, 0, -4), time=2016-12-27 09:10:02



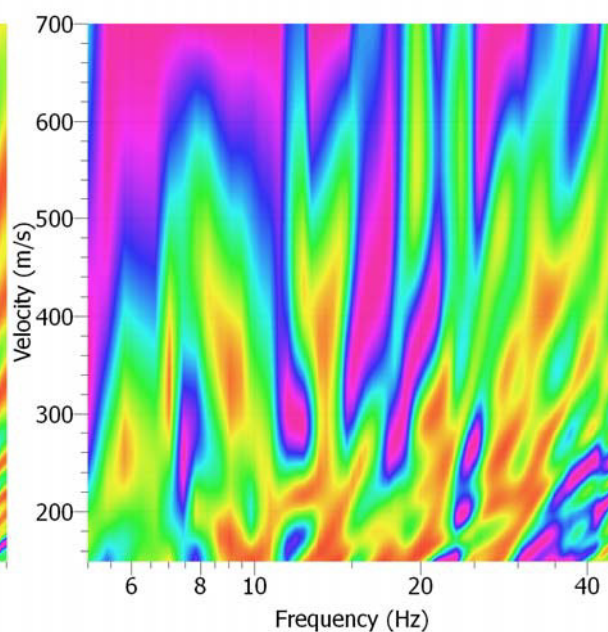
Shot at (0, 0, -2), time=2016-12-27 09:09:36



Shot at (0, 0, 24), time=2016-12-27 08:57:20



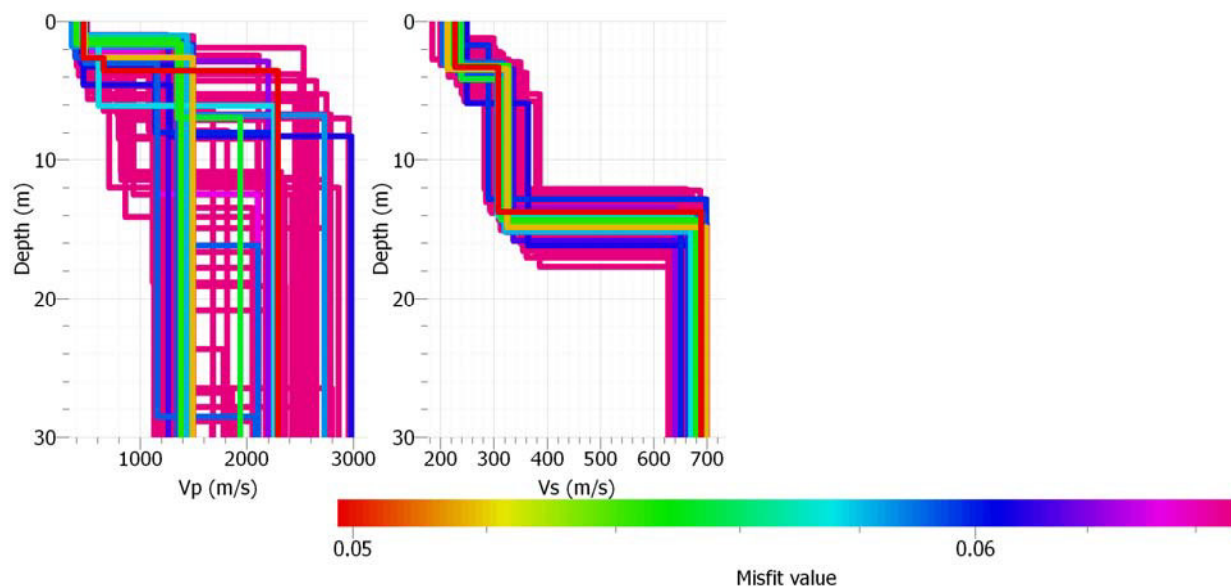
Shot at (0, 0, 26), time=2016-12-27 08:56:34



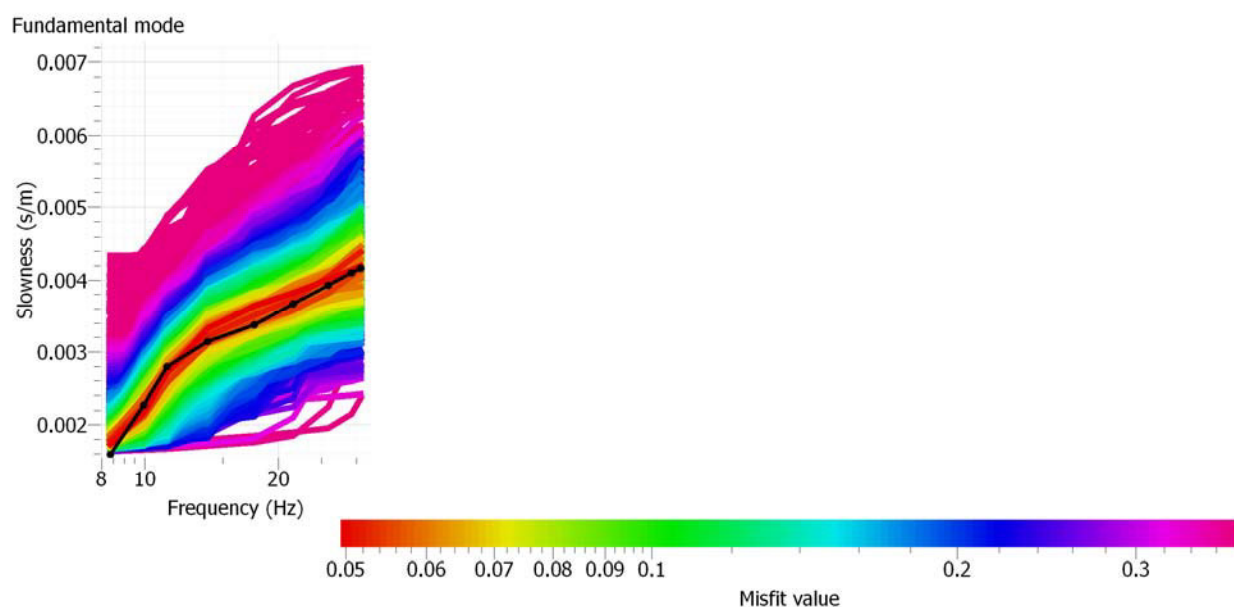


Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

PROFILO VERTICALE DELLE VELOCITA' OTTENUTE DALL'INTERPRETAZIONE DELLE CURVE SOPRASTANTI



CURVA MISFIT TRA MODELLO GENERATO E MODELLO DERIVANTE DAI DATI ACQUISITI





Legenda:

- / Indagini sismiche a rifrazione tomografica (G0= geofono n. 1 – G24 = geofono n. 24)
- / Indagini sismiche MASW (G0= geofono n. 1 – G24 = geofono n. 24)

Ubicazioni indagini eseguite su stralcio ortofoto (fonte Google Earth)



Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni



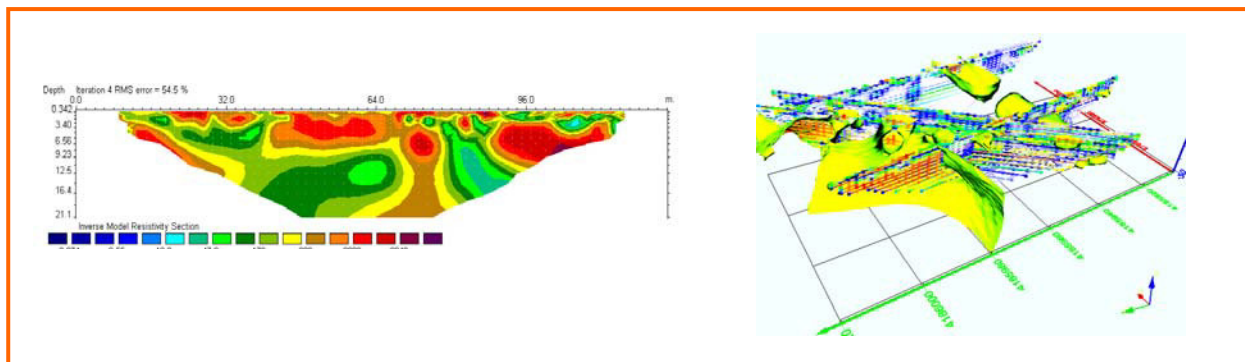
Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

OGGETTO DEI LAVORI

**INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO DI VIA TEN. ERNESTO
FORTE IN CASTELBUONO**

COMMITTENTE

COMUNE DI CASTELBUONO (PA)



INDICE

Premessa

Tomografia elettrica

Strumentazione utilizzata

Documentazione fotografica

Restituzione dei dati

ALLEGATI

- SEZIONI BIDIMENSIONALI ELETTRO-TOMOGRAFICHE
- UBICAZIONE INDAGINI SU STRALCIO

PREMESSA

Nell'ambito dei lavori inerenti "INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO DI VIA TEN. ERNESTO FORTE IN CASTELBUONO" il Committente, COMUNE DI CASTELBUONO, ha incaricato la società GEO 3 s.a.s. per la realizzazione di indagini geofisiche nell'area in esame.

Le considerazioni riportate di seguito sono il risultato di n. 02 stendimenti geoelettrici tomografici realizzati al fine di definire l'assetto elettrostratigrafico dell'area, mettendo eventualmente in evidenza, l'eventuale presenza di elettrostrati correlabili con livelli maggiormente imbibiti all'interno dei terreni investigati. La bontà dell'interpretazione è stata ulteriormente confrontata con il contesto stratigrafico noto.

TOMOGRAFIA ELETTRICA

La tomografia elettrica consiste nella determinazione di profili di resistività dei terreni indagati attraverso un numero elevato di elettrodi. Il georesistivimetro è dotato di una gestione automatica degli elettrodi che, commutandone la disposizione lungo la sezione investigata, varia la profondità di indagine. La configurazione geometrica utilizzata è di tipo **Gradiente XL** per gli stendimenti ERT1 e ERT2.

Il protocollo di acquisizione Gradiente XL può essere considerato una variante ai classici protocolli di tipo Schlumberger e Wenner in quanto anche in questo caso gli elettrodi di potenziale vengono mantenuti internamente rispetto agli elettrodi di corrente non mantenendo tuttavia le caratteristiche di simmetria e costanza del passo tipici dei protocolli tradizionali.

Il vantaggio di utilizzo del protocollo Gradiente è legato, alla possibilità di acquisizione multicanale dello strumento utilizzato, oltre a permettere di meglio evidenziare variazioni latero-verticali rispetto ai classici protocolli sopra enunciati.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione dei sondaggi elettrici consiste di:

- GEORESISTIVIMETRO ABEM MODTERRAMETER LS QUADRICANALE;
- n. 02 cavi muniti di sistema di connessione take-outs, ciascuno con 32 attacchi cadauno e spaziatura massima di 5.00 metri;
- n. 64 picchetti in acciaio sezione 13.00 mm;
- sistema di energizzazione interno, con potenza massima output ± 600 V;
- SOFTWARE RES 2 INV che consente l'elaborazione dei dati, restituiti in forma di matrice, ed una immediata elaborazione.

RESTITUZIONE DEI DATI

Nell'ambito dei lavori eseguiti sono stati realizzati n. 02 profili geoelettrici:

- ERT1, con lunghezza pari a 126 m , consentendo di investigare i terreni sino ad una profondità massima di circa 25.0 m dal p.c;
- ERT2 con lunghezza pari a 63 m , consentendo di investigare i terreni sino ad una profondità massima di circa 14.5 m dal p.c; (vedi sezioni allegate)

Al fine di minimizzare le resistenze di attacco del sistema picchetti-elettrodi si è provveduto alla imbibizione degli stessi con soluzione salina preventivamente miscelata.

STENDIMENTO ERT1

SCHEDA RIPILOGATIVA DELL'INDAGINE ELETTRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SEV		SEO		TOMOGRAFIA ELETTRICA	X
Nome stendimento	ERT01					
Ubicazione	VEDI PLANI METRI A ALLEGATA					
Strumento utilizzato	ABEM Terrameter LS					
Operatore	Geol. A. Mendolia, Geol. A. Ardagna					
N° elettrodi utilizzati / N° totali	64/ 64					
Interdistanza cavi	5 m					
Interdistanza elettroica	2 m					
Lunghezza stendimento	126 m					
Sistema di energizzazione	ABEM interno, con potenza massima output ± 600 V					
Filtro applicato	Su software in fase di editing					
Scarto max misura diretta/inversa	$\pm 0.2\%$					
Programma utilizzato per acquisizione	ABEM Terrameter					
Programma utilizzato per elaborazione dati	RES 2d inv					
Note alla presente scheda	xxxxx					
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative 2D					
	Overlay su supporto google earth					



FOTO 1 stendimento geoelettrico T1

Indagine elettrica ERT1

Il suddetto stendimento è stato realizzato sfruttando un passo interelettrodico pari a 2 m per una lunghezza complessiva pari a 126 m con configurazione interelettrodica di tipo Gradiente XL (n. 64 picchetti utilizzati).

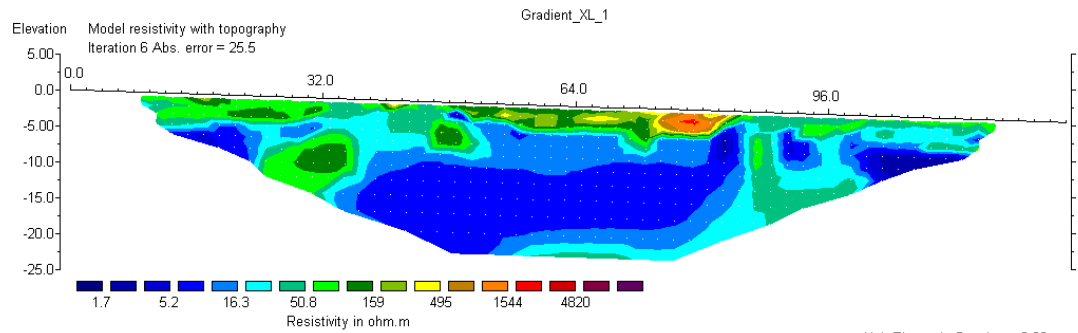
Come evidenziato dal grafico, la configurazione geometrica utilizzata ha permesso di potere investigare fino ad un massimo di circa 25.0 m dal P.C.

La sezione in esame ha mostrato dei valori di resistività variabili da 1.7 a circa 5000 $\Omega \cdot m$. Nello specifico è stato evidenziato un primo elettrostrato con spessore variabile da 5 a circa 15 m caratterizzato da una forte componente di variabilità laterale con range di resistività è compreso tra 50 e 5000 $\Omega \cdot m$. Analizzando lateralmente questo elettrostrato, si nota come tra la progressiva 0.00 m e la progressiva 48.00 m, ad una profondità compresa tra 0.00 e 15.00 m circa, si riscontra la presenza di un'area, caratterizzata da valori di resistività compresi tra 50 e 159 $\Omega \cdot m$, correlabile con litologie di tipo argilloso, avente grado di imbibizione variabile; proseguendo lungo la sezione, tra la progressiva 48.00 m e la progressiva 74.00 m, ad una profondità compresa tra 0.00 e 5.00 m circa, viene evidenziata un'area caratterizzata da valori di resistività compresi tra 159 e 500 $\Omega \cdot m$, correlabile con la zona in dissesto su manto stradale, riempita al suo interno con materiale arido. Successivamente, tra la progressiva 74.00 m e la progressiva 84.00 m, ad una profondità compresa tra 0.00 e 5.00 m circa, si riscontra la presenza di un'area, caratterizzata da alti valori di resistività compresi tra 1500 e 5000 $\Omega \cdot m$, compatibile con litologie a consistenza pseudo litoide e grado di imbibizione scarso. Tra la progressiva 84.00 m e la progressiva 126.00 m, ad una profondità compresa tra 0.00 e 4.00 m circa, si riscontra la presenza di un'area, caratterizzata da valori di resistività compresi tra 50 e 100 $\Omega \cdot m$, compatibile con litologie di tipo argilloso, avente grado di imbibizione variabile.

Oltre le profondità sopra enunciate e fino alla massima capacità di indagine è stata individuata la presenza di un secondo elettrostrato, caratterizzato da valori di resistività compresi tra 1.7 e 30 $\Omega \cdot m$, correlabile con litotipi argillosi.

INDAGINE ELETTRICA ERT1

SEZIONE BIDIMENSIONALE ELETTRO-TOMOGRAFICA METODO GRADIENTE_XL



Horizontal scale is 14.98 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.91
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 126.0 m.

STENDIMENTO ERT2

SCHEDA RIPILOGATIVA DELL'INDAGINE ELETTRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SEV		SEO		TOMOGRAFIA ELETTRICA	X
Nome stendimento	ERT02					
Ubicazione	VEDI PLANI METRI A ALLEGATA					
Strumento utilizzato	ABEM Terrameter LS					
Operatore	Geol. A. Mendolia, Geol. A. Ardagna					
N° elettrodi utilizzati / N° totali	64/ 64					
Interdistanza cavi	5 m					
Interdistanza elettroica	1 m					
Lunghezza stendimento	63 m					
Sistema di energizzazione	ABEM interno, con potenza massima output ± 600 V					
Filtro applicato	Su software in fase di editing					
Scarto max misura diretta/inversa	$\pm 0.2\%$					
Programma utilizzato per acquisizione	ABEM Terrameter					
Programma utilizzato per elaborazione dati	RES 2d inv					
Note alla presente scheda	xxxxx					
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative 2D					
	Overlay su supporto google earth					



Indagine elettrica T2

Il suddetto stendimento è stato realizzato sfruttando un passo interelettrodico pari a 1 m per una lunghezza complessiva pari a 63 m con configurazione interelettrodica di tipo Gradiente XL (n. 64 picchetti utilizzati).

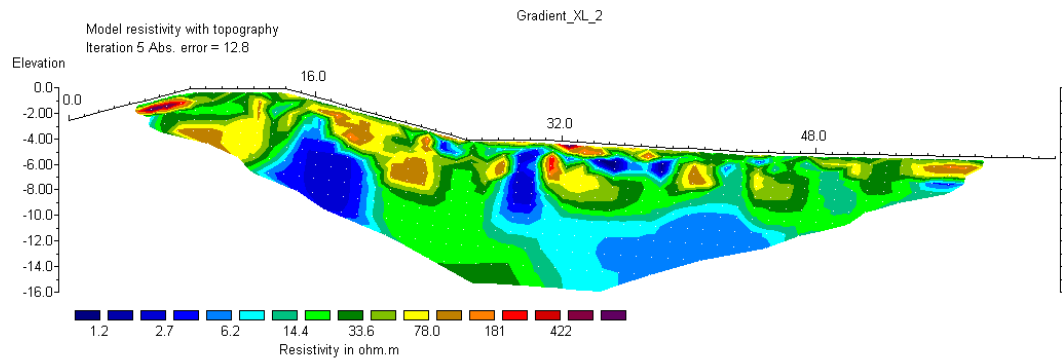
Come evidenziato dal grafico, la configurazione geometrica utilizzata ha permesso di potere investigare fino ad un massimo di circa 16.0 m dal P.C.

La sezione in esame ha mostrato dei valori di resistività variabili da 1.2 a circa 500 $\Omega \cdot m$; nello specifico si evidenzia un primo elettrostrato con spessore variabile di circa 6.0 m caratterizzato da una forte componente di variabilità laterale con range di resistività compresi tra 14.0 e 78.0 $\Omega \cdot m$, compatibili con litologie di tipo argilloso mediamente imbibite.

Oltre tale profondità e fino alla massima capacità di indagine è stata individuata la presenza di un secondo elettrostrato, caratterizzato da valori di resistività compresi tra 1.2 e 50 $\Omega \cdot m$, correlabile con litotipi argillosi.

INDAGINE ELETTRICA ERT2

SEZIONE BIDIMENSIONALE ELETTRO-TOMOGRAFICA METODO SCHLUMBERGER




Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

Horizontal scale is 15.52 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.80
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 63.0 m.



Legenda:

 Indagini in tomografia elettrica (E0= elettrodo n. 1 – E32 = elettrodo n. 32)

Ubicazioni indagini eseguite su stralcio ortofoto (fonte Google Earth)



Laboratorio di Indagini Geotecniche sui terreni



Autorizzato ai sensi del DPR 06/06/01 n. 380 art. 59 - n. prot. 5594 del 25/06/2010

OGGETTO DEI LAVORI

INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE

COMMITTENTE

Comune Di Castelbuono (PA)

MISURAZIONE INIZIALE E CONTROLLO VERTICALITA' FORI





Laboratorio indagini geotecniche – Indagini geofisiche – Geotecnica in situ

1- PREMESSA

Si redige la presente relazione a commento delle misurazioni eseguite a verifica del controllo di verticalità nei fori installati con tubo inclinometrico nell'ambito della “INDAGINI GEOTECNICHE-GEOGNOSTICHE DA EFFETTUARE NEL TRATTO VIA TEN. ERNESTO FORTE”.

Al fine di monitorare l'area in questione, sono stati posti in opera otto tubi inclinometrici opportunamente installati e sui quali sono state eseguite misure strumentali (al momento n. 01 lettura).

Il monitoraggio ha previsto l'impiego di una sonda mobile con lettura digitale dal basso su due piani orientati uno ortogonalmente all'altro.



2- ESECUZIONE DELLE MISURE

2.1 installazione dei tubi inclinometrici

Contestualmente all'esecuzione della campagna di indagini geognostiche nel foro denominato S2 è stato installato un tubo inclinometrico in alluminio, del diametro di 76 mm, successivamente cementato con boiaccia liquida di cemento e bentonite nell'intercapedine esistente tra diametro interno del foro e diametro esterno del tubo e pertanto resi solidali al terreno. Tale installazione ha previsto la messa in opera di spezzoni profilati della lunghezza di 3 metri, giuntati con un apposito manicotto opportunamente rivettati, sigillati con silicone ed appoggiati al fondo foro.

In situ la guida di riferimento, G1, è stata contrassegnata con il colore rosso sul bordo superiore del tubo.

2.2 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura utilizzata ai fini del monitoraggio inclinometrico è la seguente:

- 1) sonda inclinometrica OTR 310 S munita di sensori servo-accelerometrici (sensibilità $A/B \pm 25.000 \sin \alpha$);
- 2) cavo di lunghezza pari a 100m munito di tacche di riferimento ogni 0.5 m;
- 3) strozza cavo con manicotto di raccordo in alluminio;
- 4) data logger OTR - OG 387 munito di memoria interna per immagazzinamento dati;
- 5) sonda testimone in ottone munita di cavo in acciaio.

Allegato al presente documento viene fornito il certificato di taratura aggiornato del sistema eseguita a cura dalla ditta costruttrice.

I dati ottenuti vengono elaborati mediante Software OG 390 (OTR).



2.3 procedura di esecuzione delle misure

La misura inclinometrica viene eseguita rilevando le variazioni nel tempo (lungo le cadenze specificate negli appositi allegati) delle inclinazioni di un apposito tubo inclinometrico, installato verticalmente entro foro di sondaggio.

L'inclinazione è rilevata da una sonda inclinometrica mobile, inserita periodicamente nel tubo sempre agli stessi livelli, e la cui posizione azimutale è controllata da guide o scanalature profilate nel tubo.

Due sensori ortogonali montati nella sonda rilevano, al momento della lettura, l'inclinazione del tratto di tubo sui due piani verticali materializzati dalle guide. La procedura adottata richiede 4 inserimenti della sonda, uno per ogni guida, in modo da compensare eventuali derive meccaniche o di amplificazione della torpedine di misura.

2.4 elaborazione e correzione delle misure

L'integrazione delle variazioni di inclinazione alle varie profondità, trasformate in modulo di spostamento orizzontale, restituisce la curva di deformazione del tubo al momento della misura, o **deformata**. Questa è una curva tridimensionale, ma viene rappresentata sul piano (*vedi grafico riassuntivo*).

E' da ricordare che ad ogni misura inclinometrica è associato un certo grado di incertezza, funzione di numerosi elementi, alcuni dei quali possono essere resi meno influenti curando l'intero processo di lettura (*letture su piani coniugati, taratura dello strumento, impiego del medesimo strumento di misura..*), mentre altri si evidenziano da opportuno trattamento dei dati.

La metodologia di filtraggio del segnale adottata prevede sia l'analisi statistica degli spostamenti locali, che l'analisi del comportamento delle misure al "piede" del tubo, supposto stabile.

Per ogni misura sono allegate le schede delle misure di campagna (*dove vengono riportati i dati acquisiti*), i grafici di controllo dei dati rilevati ed infine i grafici delle deformate ottenute.



Nel caso specifico, trattandosi della prima lettura eseguita, non si potrà pertanto parlare di spostamento relativo rispetto a una lettura di riferimento, ma di semplice controllo della verticalità del foro rispetto a una ipotetica colonna verticale. Scopo del presente elaborato è pertanto quello di illustrare lo stato attuale di ubicazione del tubo inclinometrico con la profondità; successivamente le letture eseguite con periodica cadenza permetteranno di verificare eventuali variazioni rispetto a una lettura di riferimento.

3- COMMENTO ALLE MISURE

TUBO S2

Sul foro S1, installato in data 28/ 12/ 2016 con tubo inclinometrico in alluminio fino a una profondità pari a.00 m dal p.c..

Come prima enunciato al momento attuale l'analisi della deformata non permette di potere effettuare alcuna valutazione circa l'eventuale movimento del tubo inclinometrico lungo i due piani di lettura ma solamente un controllo della sua ubicazione, intendendo per deformata la semplice integrazione degli spostamenti locali rispetto alla verticale.

La deformata massima misurata sul tubo è stata di 0.4934 m, costituendo quest'ultimo un valore assoluto e non riferibile ad alcuna precedente misurazione.

Le letture successive permetteranno di ottenere dati interpretabili in maniera significativa.

Verticalità (Elaborazione in Assoluto dal Basso)

N°	Profondità m.	Sommatoria X m.	Sommatoria Y m.	Risultante m.	Azimut (°)
1	1.00	-0.1266	-0.4768	0.4934	255.13
2	2.00	-0.1144	-0.4425	0.4570	255.50
3	3.00	-0.1027	-0.4078	0.4205	255.86
4	4.00	-0.0944	-0.3760	0.3877	255.91
5	5.00	-0.0857	-0.3443	0.3548	256.02
6	6.00	-0.0766	-0.3128	0.3221	256.25
7	7.00	-0.0662	-0.2778	0.2856	256.60
8	8.00	-0.0560	-0.2435	0.2498	257.04
9	9.00	-0.0464	-0.2093	0.2144	257.51
10	9.99	-0.0394	-0.1751	0.1794	257.32
11	10.99	-0.0318	-0.1411	0.1447	257.31
12	11.99	-0.0242	-0.1073	0.1100	257.31
13	12.99	-0.0164	-0.0709	0.0728	256.96
14	13.99	-0.0084	-0.0351	0.0361	256.61
15	14.99	0.0000	0.0000	0.0000	0.00



RISULTANTE (Verticalità)

Zona : Castelbuono via forte

Tubo: S2

Id: s2

