

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### Regione Emilia–Romagna Comune di Bettola



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Novembre 2019</p>
--	---	----------------------------------

## Sommario

1 -	PREMESSA.....	3
2 -	CARATTERI GENERALI.....	4
3 -	GEOLOGIA.....	4
4 -	GEOMORFOLOGIA.....	5
5 -	CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	7
6 -	SISMICITA' DELL'AREA.....	9
7 -	INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE DI APPROFONDIMENTO.....	20
7.1	Definizione del modello stratigrafico.....	21
7.2	Analisi geotecniche di laboratorio.....	22
7.2.1	Classificazione.....	24
7.2.2	Prove di resistenza al taglio.....	26
7.2.3	Prove di colonna risonante.....	27
7.3	Elaborazioni prospezioni sismiche a rifrazione.....	28
7.4	Elaborazioni prospezioni ReMi.....	33
8 -	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	34
9 -	VERIFICHE DI STABILITA'.....	41
10 -	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	45
11 -	CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	48

Elaborati :

Tavola 1 – Carta delle indagini, scala 1:2.500

Tavola 2 – Carta geologico-tecnica, scala 1:2.500

Tavola 3 – Carta delle frequenze naturali dei terreni, scala 1:2.500

Tavola 4 – Carta delle MOPS, scala 1:2.500

Tavola 5 – Carta delle velocità delle onde di taglio Vs, scala 1:2.500

Tavola 6 – Carta di microzonazione sismica FA PGA, scala 1:2.500

Tavola 7 – Carta di microzonazione simica FA SA 0,1-0,5, scala 1:2.500

Tavola 8 – Carta di microzonazione simica FA SA 0,4-0,8, scala 1:2.500

Tavola 9 – Carta di microzonazione sismica FA SA 0,7-1,1, scala 1:2.500

Tavola 10 – Carta di microzonazione sismica FA SA 0,5-1,5, scala 1:2.500

Tavola 11 – Carta di microzonazione sismica FA SI 0,1-0,5, scala 1:2.500

Tavola 12 – Carta di microzonazione sismica FA SI 0,5-1,0, scala 1:2.500

Tavola 13 – Carta di microzonazione sismica FA SI 0,5-1,5, scala 1:2.500

Tavola 14 – Carta di microzonazione sismica FA Hsm, scala 1:2.500

Tavola 15 – Carta di microzonazione sismica FA H0408, scala 1:2.500

Tavola 16 – Carta di microzonazione sismica FA H0711, scala 1:2.500

Tavola 17 – Carta di microzonazione sismica FA H0515, scala 1:2.500

Allegati :

Allegato 1 – Documentazione sondaggi geognostici

Allegato 2 – Documentazione prospezioni sismiche

Allegato 3 – Certificati analisi di laboratorio

Allegato 4 – Tabulati verifiche di stabilità dei pendii

## **1 - PREMESSA**

La presente relazione geologica costituisce approfondimento di studio di microzonazione sismica di 3° livello del corpo di frana quiescente di Spongiola, sito in destra idrografica del Torrente Nure, interessante l'omonimo nucleo abitato.

Il presente lavoro, redatto su incarico del Comune di Bettola, in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 171/2014 a favore degli enti locali, riguarda gli studi di Microzonazione Sismica con approfondimenti di III° livello ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza del Comune di Bettola.

L'ambito di studio è stato interessato da approfondimenti di indagine geotecnica e geofisica consistenti in :

- n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15-16 m. dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio
- n°2 stendimenti geofisici a rifrazione
- n°2 prospezioni geofisiche ReMi per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs
- n°4 registrazioni di rumore sismico HVSR

La distribuzione planimetrica delle prove eseguite, distribuite in funzione delle condizioni logistiche dell'area, sono riportate nella tavola allegata (Tavola 1).

## **2 - CARATTERI GENERALI**

L'area indagata si colloca in destra idrografica del Torrente Nure, interessando la località Spongiola, rappresentata da un quartiere residenziale sviluppatosi intorno all'insediamento rurale originario, posto nella porzione centro settentrionale del territorio comunale di Bettola.

Il corpo di frana quiescente oggetto di studio è costituito dalla coalescenza di due fenomeni di dissesto, ed interessa un settore di ampiezza pari a circa 750 m per una superficie di circa 16 ha, estendendosi ad ovest del crinale, dove sorge la località Castello di Vigolo, sino a raggiungere il fondovalle del Torrente Nure.

## **3 - GEOLOGIA**

L'Appennino piacentino è costituito da un complesso edificio di strutture geologiche, denominate unità tettoniche, intendendo con questo termine dei corpi rocciosi delimitati alla base da una superficie di movimento che ne abbia determinato l'alloctonia; nel complesso l'assetto strutturale della catena è rappresentato dalla sovrapposizione di queste unità secondo un modello generale di thrust nord-est vergenti.

L'ambito territoriale in esame appartiene all'"Unità inferiore Flysch ad elmintoidi", rappresentata dal *Flysch di Val Luretta*, che fa parte del Dominio Ligure costituita da depositi torbiditici paleocenici, che sono stati coinvolti in una tettonica tardiva che li ha dislocati e deformati anche dopo gli eventi polifasati classici dell'Appennino Emiliano.

Il territorio in esame, impostato su rocce appartenenti alla Formazione di Val Luretta – Membro di Poviago litofacies arenaceo-pelitica VLU1a (Paleocene-Eocene medio), è costituito da sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati medi e spessi, localmente spessi, costituite arenarie grigio-nocciola medie e fini e da marne e marne siltose grigie e grigio-verdastre, ricoperte da una coltre di alterazione limoso-argillosa di spessore variabile, che può raggiungere valori anche maggiori di 5 m., nelle zone dove la conformazione morfologica ne favorisce lo sviluppo (versanti meno acclivi, docce topografiche).

La situazione strutturale di tale formazione è caratterizzata da una disposizione a pieghe e pieghe-faglia vergenti verso la pianura e parzialmente accavallate l'una sull'altra da faglie inverse orientate in direzione WSW-ENE.

Lo schema tettonico dell'area è rappresentato nella Figura 1 derivata dalla "Carta geologica d'Italia – F. 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000; il settore investigato appartiene all'Unità tettonica Bettola, comprendente il Flysch di Bettola e la Formazione di Val Luretta, riferibile al Dominio Ligure, sovrascorsa dalle Unità Groppallo, Cassio e Monte delle Tane, mentre si sovrappone a sua volta sull'Unità Guselli.

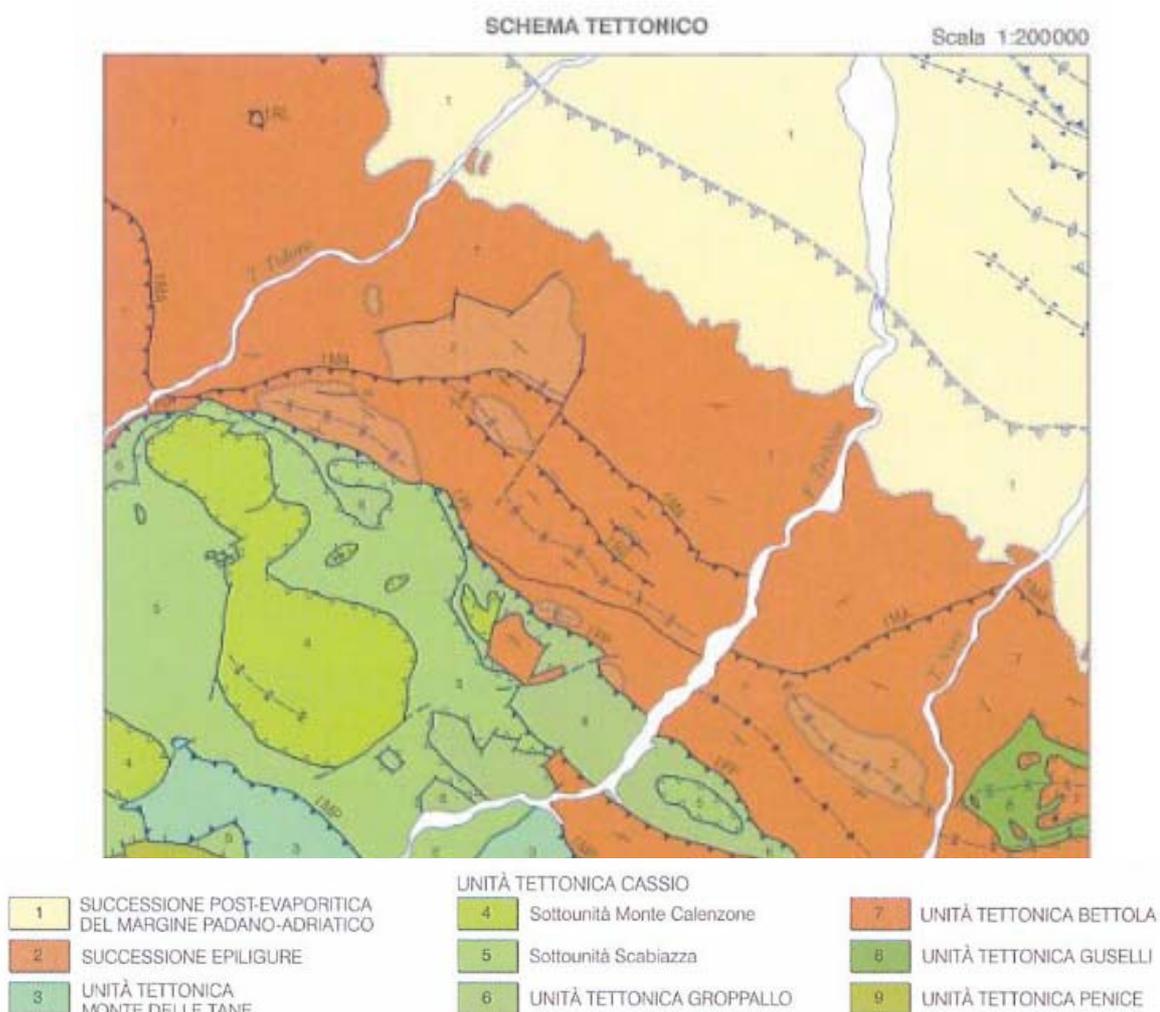


Figura 1 - Schema tettonico del settore in esame (da "Carta geologica d'Italia – F. 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000)

#### 4 - GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico il territorio in cui ricade anche l'area in esame, mostra i tipici lineamenti morfologici dell'alta collina piacentina, caratterizzati da una certa vivacità morfologica,

con un andamento irregolare, accidentato; da una morfologia blanda, con dolci forme mammellonari fra loro regolarmente congiunte, si passa, anche bruscamente, a ripidi costoni, a solchi di erosione ed a zone conchiformi imputabili a fenomeni gravitativi generalmente antichi.

Il settore indagato si colloca nell'ambito del versante che discende in direzione ovest dalla costa posta ad ovest del Castello di Vigolo, ad una quota di circa 500 m slm, verso i ripiani alluvionali recenti che costituiscono il fondovalle del Torrente Nure, collocati ad una quota di circa 300 m slm.

L'area di studio, comprendente due corpi di frana quiescente coalescenti, risulta delimitata da costoncini rocciosi stabili disposti in direzione NNO-SSE, con azione centrifuga rispetto alle acque di circolazione superficiale, esente da fenomeni di dissesto.

I dissesti gravitativi che interessano prevalentemente le zone di impluvio che discendono in direzione del fondovalle del T.Nure, derivano principalmente da fenomeni di imbibizione e plasticizzazione dei litotipi argillosi che costituiscono la coltre di copertura (favoriti dall'impermeabilità del substrato), con degradazione dei parametri geotecnici, rammollimento e formazione di fenomeni franosi prevalentemente di tipo colata, che raggiungono il piede del versante, evolvendosi in forme di tipo complesso.



*Figura 2 - Immagine satellitare 3D dei dissesti franosi oggetto di studio*

Il dissesto gravitativo più settentrionale è rappresentato da un corpo di frana quiescente di tipo complesso, cartografato dalla Carta del Dissesto del PAI, interessante il versante dalla quota di 375 m. fino al piede alla quota di circa 300 m. slm, e presentante debole pendenza con un'acclività media di circa 11° (19 %) ed esposizione Nord-Ovest.

Nel complesso il versante non presenta evidenze di movimento; la realizzazione di interventi di regimazione idraulica del rio che delimita verso nord la frana quiescente, consistenti in briglie e muri in pietrame nel tratto a monte della ex S.P. della Valnure e nella tombinatura del tratto a valle (il tratto tombinato individuato nella planimetria allegata, corre lungo la strada che costeggia il lotto in esame), fino alla confluenza nel T. Nure, ha favorito la stabilizzazione del fenomeno gravitativo.

Per quanto riguarda il dissesto gravitativo più meridionale, esso è cartografato a partire dalla quota di circa 500 m slm, e presenta una lunghezza massima di circa 830 m; è caratterizzato da forma stretta ed allungata nel settore di monte, fino all'altezza della ex. S.P. della Valnure, indicativa di una prevalenza di fenomeno di colata, mentre l'unghia di frana presenta tipicamente forma convessa, raggiungendo i terrazzi alluvionali in sponda destra del Torrente Nure.

Si tratta di una frana quiescente complessa, con pendenza dell'ordine di 19° nel settore di monte per ridursi a circa 9° nel settore di valle; essa non presenta indizi di movimento e risulta interessata da diffusa copertura boschiva che riduce certamente la possibilità di riprese di fenomeni di colata del settore più acclive.

## **5 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI**

L'elemento di drenaggio principale dell'area è rappresentato dal Torrente Nure, che presenta nel tratto in esame evidente sovralluvionamento, con possibili divagazioni della linea di corrente in occasione di eventi di piena; le sponde presentano localmente difese fluviali sotto forma di gabbionate.

Il corso del Rio Spongiola, che lambisce il limite settentrionale del corpo di frana quiescente più a nord, è stato oggetto di interventi di sistemazione idraulica, sotto forma di briglie e difese spondali, finalizzati a limitare erosioni e riprese del movimento franoso.

La circolazione idrica sotterranea risulta generalmente localizzata negli ammassi rocciosi maggiormente fratturati, per permeabilità secondaria; la coltre detritica può essere sede di una

circolazione idrica, spesso a carattere stagionale, sostenuta dal substrato roccioso meno permeabile.

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea, sulla base delle informazioni a disposizione, il versante in cui si inserisce l'area indagata risulta costituito da formazione pelitiche sostanzialmente impermeabili, che limitano fortemente la circolazione idrica in profondità.

La coltre superficiale eluvio-colluviale e detritica può ospitare una circolazione idrica a carattere stagionale, generalmente concentrata nelle zone di impluvio del versante.

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea, sulla base delle informazioni a disposizione, in particolare l'esito delle misurazioni eseguite nei piezometri installati nel corso della presente indagine, l'area è caratterizzata da una falda idrica con caratteri di stagionalità, ed interessante gli orizzonti più permeabili superficiali, sostenuta da depositi sostanzialmente impermeabili riferibili agli orizzonti pelitici del Flysch di Val Luretta – Membro di Poviago.

Come si dirà più diffusamente nella descrizione dei sondaggi investigati è stata registrata circolazione idrica sotterranea alla profondità di circa 3,00-3,70 m.

## 6 - SISMICITA' DELL'AREA

### Inquadramento sismotettonico

La sintesi delle attuali conoscenze in termini di dati sismologici e degli elementi strutturali attivi è stata sintetizzata nella nuova Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, presentata nel 2017 a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 3.

In questo lavoro sono state identificate, sulla base di evidenze geologiche e morfologiche, le principali strutture attive<sup>1</sup> che interessano l'Emilia-Romagna, la cui sintesi è riportata in figura 5.

L'Appennino è una catena a thrusts che si è strutturata principalmente in età neogenica, ma che mostra morfologie estremamente giovani, evidenze di sollevamenti recenti e una costante sismicità, che testimoniano come il processo di costruzione della catena sia ancora attivo.

Le maggiori evidenze di strutture attive, sia da profili sismici che da osservazioni di campagna, sono state rilevate nel settore del margine appenninico compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto della dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio.

Negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Anche dai profili sismici risulta che l'unica struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto (individuabile nello stralcio della Fig. 3), che rappresenta la prosecuzione verso SE del thrust di Stradella.

L'analisi dei meccanismi focali disponibili, riportati nella mappa sismotettonica, indica un meccanismo di tipo trascorrente con direzione di compressione NE-SW relativamente ad evento tellurico del 03/10/2012 (Mw=4.53), localizzato in alta val Riglio, ad una profondità di circa 24 km; più a sud, tra Bobbio e Bettola, viene segnalato un evento del 16/11/1975 (Mw=5.04), localizzato a circa 20 km di profondità, che ha fornito un meccanismo focale transtensivo, con direzione di estensione N-S.

---

<sup>1</sup> Da non confondersi con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008; Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, 2015).

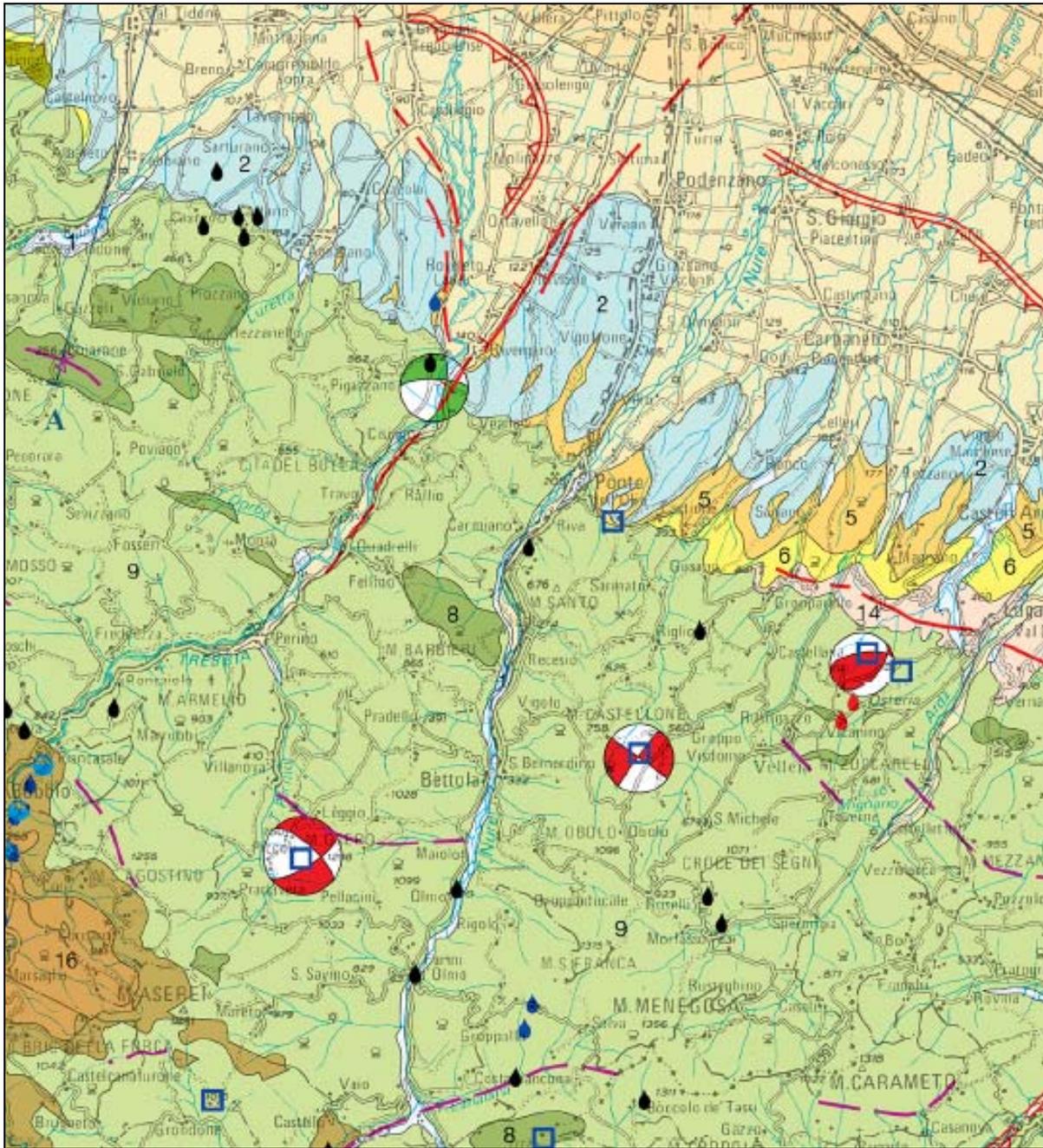


Figura 3 - Estratto Carta Sismotettonica – Servizio Geologico Regionale - 2017

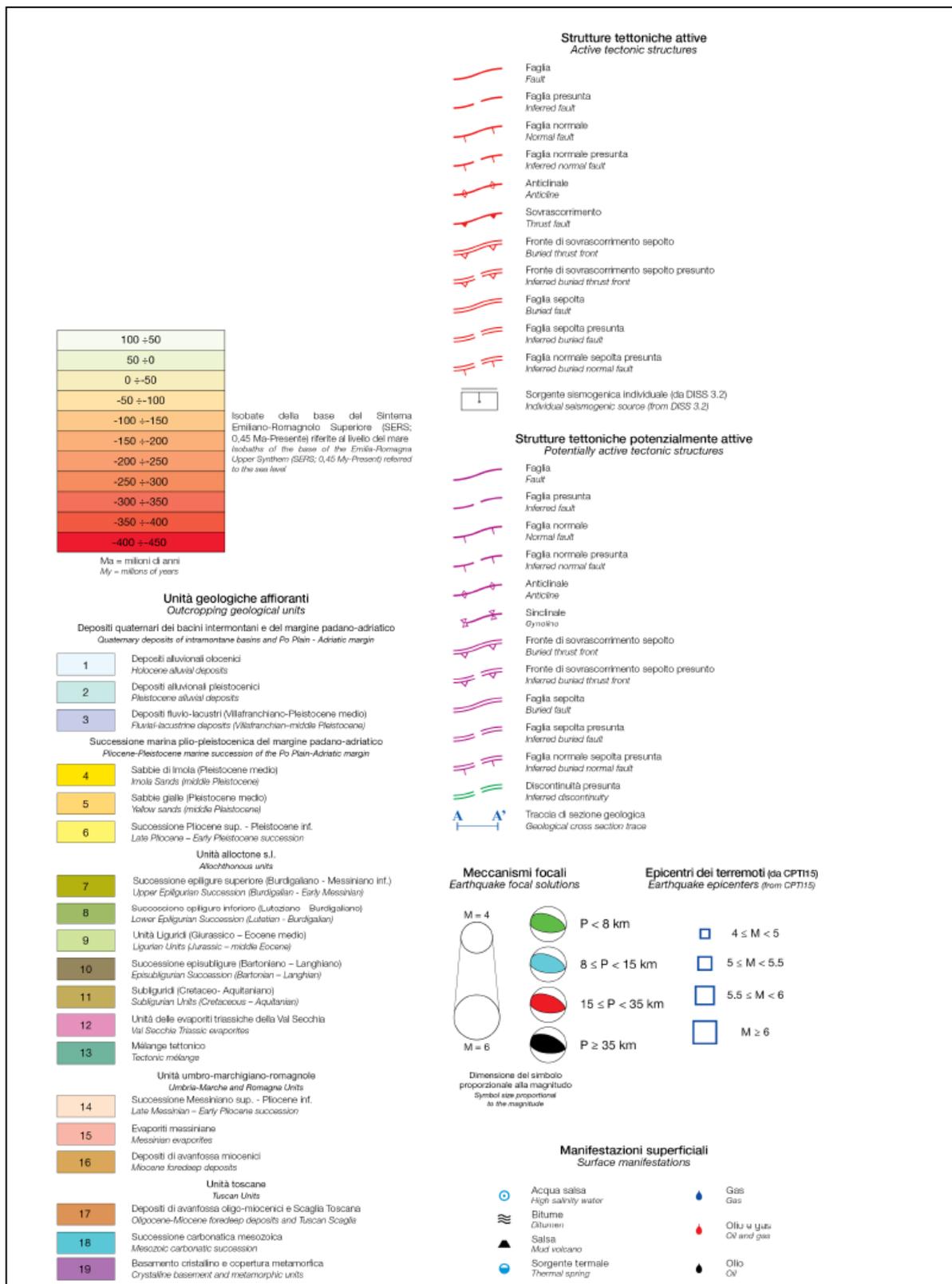


Figura 4 - Legenda Carta Sismotettonica- Servizio Geologico Regionale - 2017

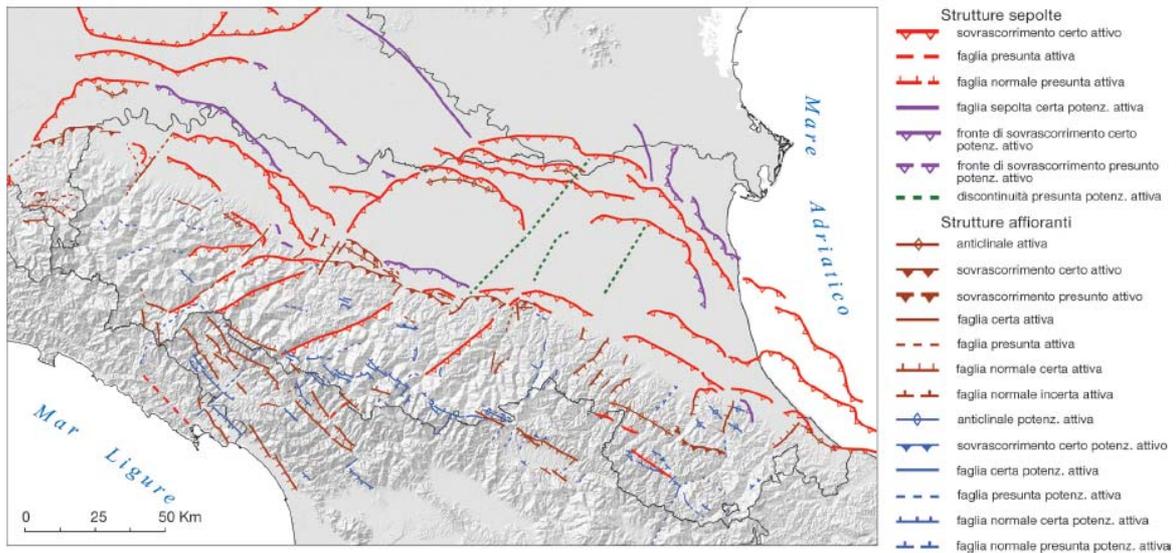


Figura 5 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

### Zonazione sismogenetica

In questa sede è stata esaminata la zonazione sismogenetica denominata ZS9, contenuta nel Rapporto Conclusivo della “Mappa di pericolosità sismica” redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell’aprile 2004, che partendo dalla revisione della precedente zonazione ZS4, è stata aggiornata sulla base di evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni aggiornate del potenziale sismogenetico.

Per quanto riguarda il settore nord –occidentale dell’Appennino settentrionale, le cui zone sismotettoniche riconosciute sono rappresentate in Figura 6, il territorio in cui ricade il Comune di Bettola, si colloca nell’ambito della zona 911 (indicata “Tortona-Bobbio”), in cui rientra il comprendente il cosiddetto “arco di Pavia” e le strutture ad esso relative, che rappresenta il limite settentrionale dell’arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente; a tale zona sismogenetica viene associata una magnitudo massima  $M_{wmax1} = 5,68$ .

Più a sud-est viene individuata la zona sismogenetica 913 (indicata “Appennino Emiliano-Romagnolo”), che ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo;

nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{wmax1} = 5,91$ .

Questa zonazione è stata elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogenetiche italiane DISS1 2.0 ed il già citato catalogo CPTI2.

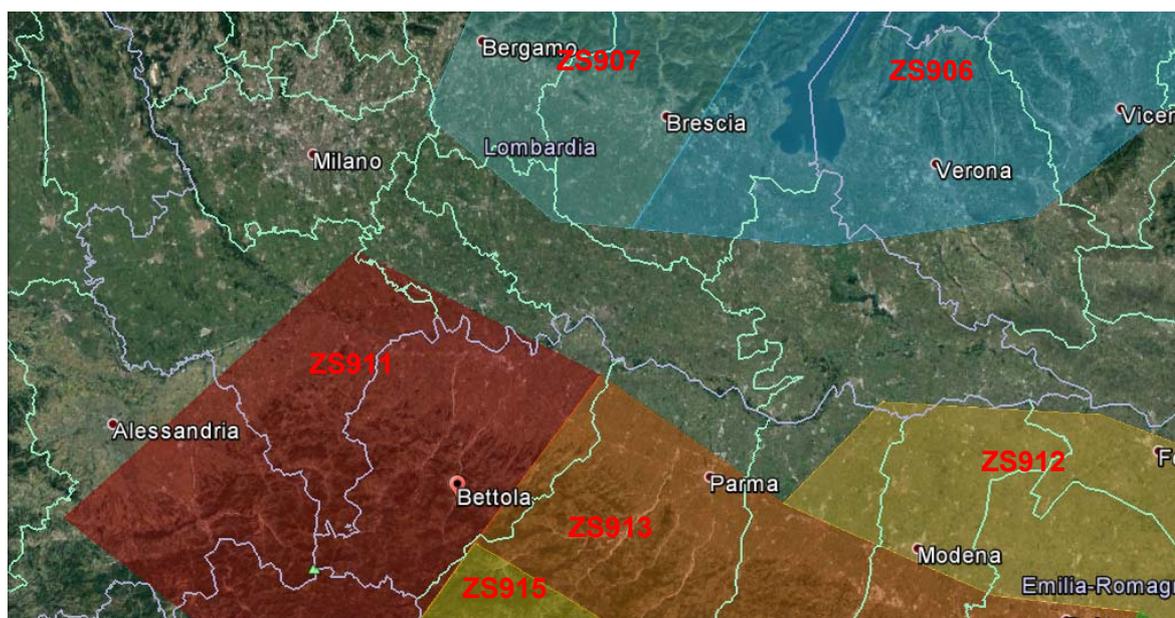


Figura 6 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

La figura 7 evidenzia la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.2.1. (Database of Individual Seismogenic Sources a cura dell'INGV), da cui si evidenzia che l'area indagata si colloca tra due "fasce" sismogenetiche:

- ITCS044 Portalbera-Cremona con magnitudo attesa **Mw 5,5**.
- ITCS045 San Giorgio Piacentino – Fornovo di Taro con magnitudo attesa **Mw 5,5**.

Gli autori individuano una struttura sismogenetica estesa da Portalbera (Pv), a Cremona, che interessa una fascia di oltre 50 km di lunghezza e circa 10 di larghezza, comprendente tutto il fronte avanzato delle strutture appenniniche sepolte che si manifestano in superficie con il colle di San Colombano e i piccoli rilievi di Casalpusterlengo. Questo fronte consiste in un sistema di faglie N-NE vergente posta all'estremità nord-ovest della catena Nord Appenninica.

A tale struttura, denominata ITSA044, è attribuita una velocità di scorrimento (slip rate) di 0,1 – 0,5 mm all'anno e la possibilità di generare terremoti di magnitudo Mw 5,5. Recentemente, come indicato in figura, è stata ipotizzata l'attività di una faglia (125 Fold San Colombano) circa coincidente con la dorsale del colle.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano nella regione una sismicità diffusa di grado intermedio ( $4,5 < M_w < 5,0$ ), con l'eccezione del terremoto del Lodigiano del 28/7/1276 ( $M_w 5.1$ ) e del 15/5/1951 ( $M_w 5.2$ ).

Per quanto riguarda la struttura ITCS045, questa sorgente è posta a cavallo della regione ad ovest della valle del Taro, e si colloca al passaggio tra il fronte di pieghe pedeappenninico (a SE) ed il fronte di pieghe esterne dell'Appennino settentrionale (a N e NW). Si tratta di sistema di faglie vergenti verso NE, in parte costituite da piccoli archi, nel settore pedecollinare della catena dell'Appennino Settentrionale.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una mancanza di sismicità significativa in questa regione ad eccezione di alcuni terremoti di grado medio ( $4.5 < M_w < 5.0$ ) nei settori orientali e occidentali dell'area. La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale ( $M_w 5.5$ ).

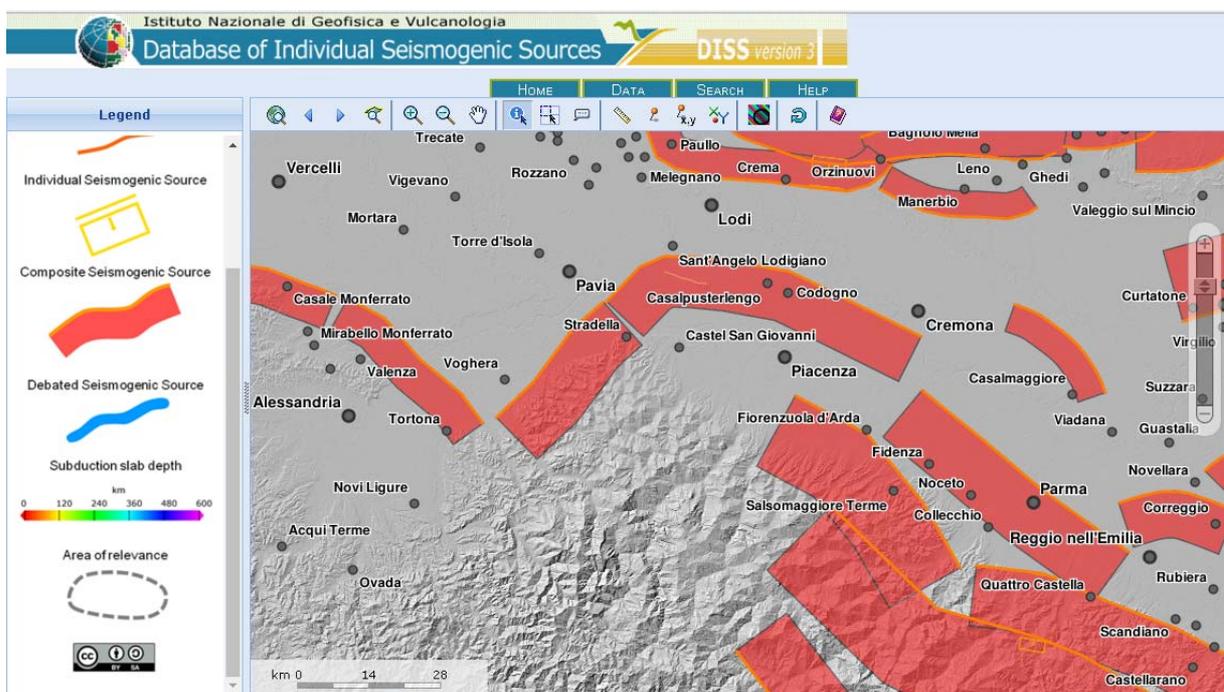


Figura 7 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1

### **Sismicità storica**

L'Emilia-Romagna rappresenta un settore della catena appenninica esterna caratterizzato da una sismicità frequente che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore ma anche nel mantello. L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX grado della scala MCS. Nel settore indagato i fenomeni sismici risultano di minore energia (Magnitudo < 5,5).

Al proposito nella Figura 8 vengono rappresentate le sismicità strumentali per intervalli di profondità degli ipocentri della Regione Emilia Romagna; nel settore indagato gli epicentri dei terremoti principali, con magnitudo compresa tra 4,0-5,0, risultano relativamente profondi, essendo localizzati entro la profondità di 15-30 km.

In riferimento ai dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall'INGV; nel caso del Comune di Bettola, come si evidenzia dall'estratto di Figura 9, vengono evidenziati 18 eventi a partire dal 1530 e con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro della scossa; l'evento più significativo in termini di intensità macrosismica è riferito all'anno 1980 con epicentro nel Piacentino ed intensità pari a 5-6.

In riferimento agli eventi tellurici storici (sismicità storica) è stato esaminato il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (di cui è riportato uno stralcio in Figura 10), a cura dei tre enti scientifici nazionali (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Servizio Sismico Nazionale); gli eventi più significativi risalgono al 1438 (magnitudo 5,6) ed al 1738 (magnitudo 5,3) entrambi con epicentro nel parmense.

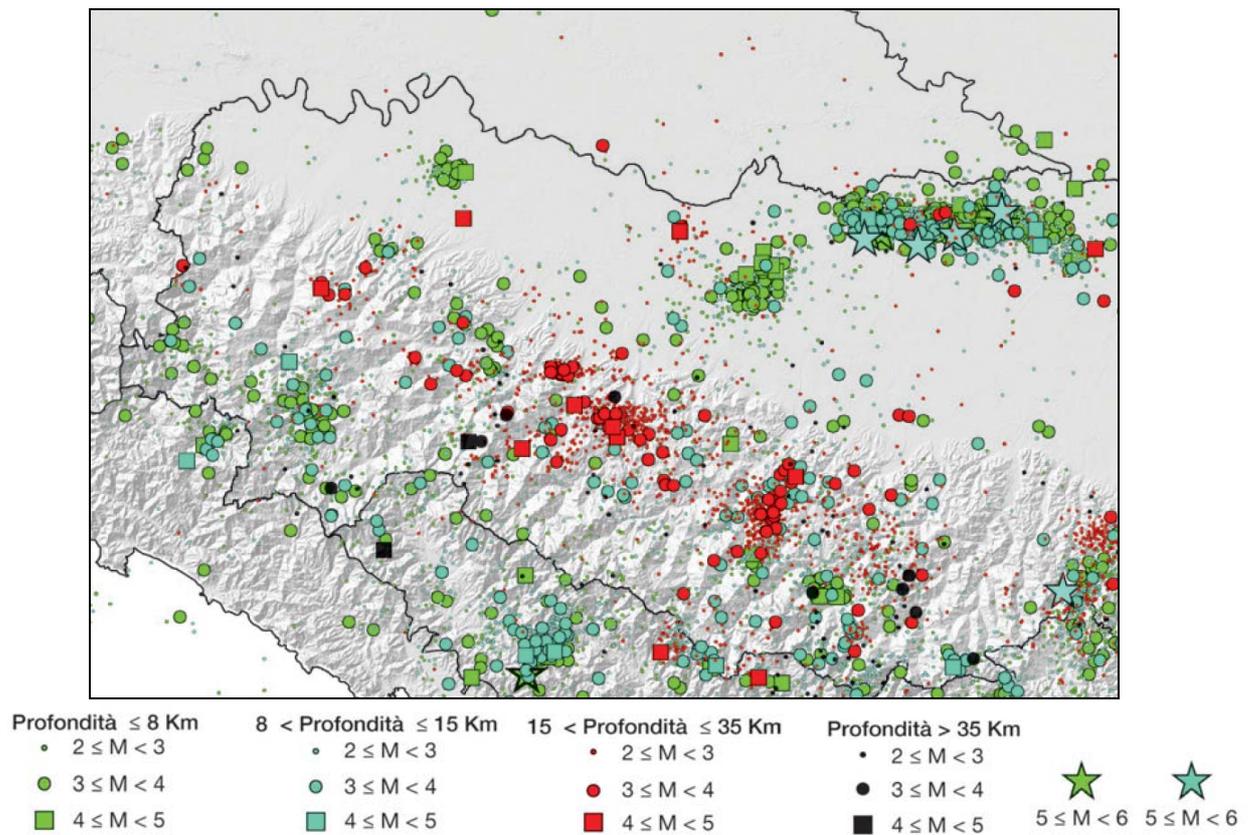


Figura 8 - Mappa dei terremoti strumentali MW≥2; la dimensione del simbolo è proporzionale alla magnitudo, il colore indica la profondità ipocentrale (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

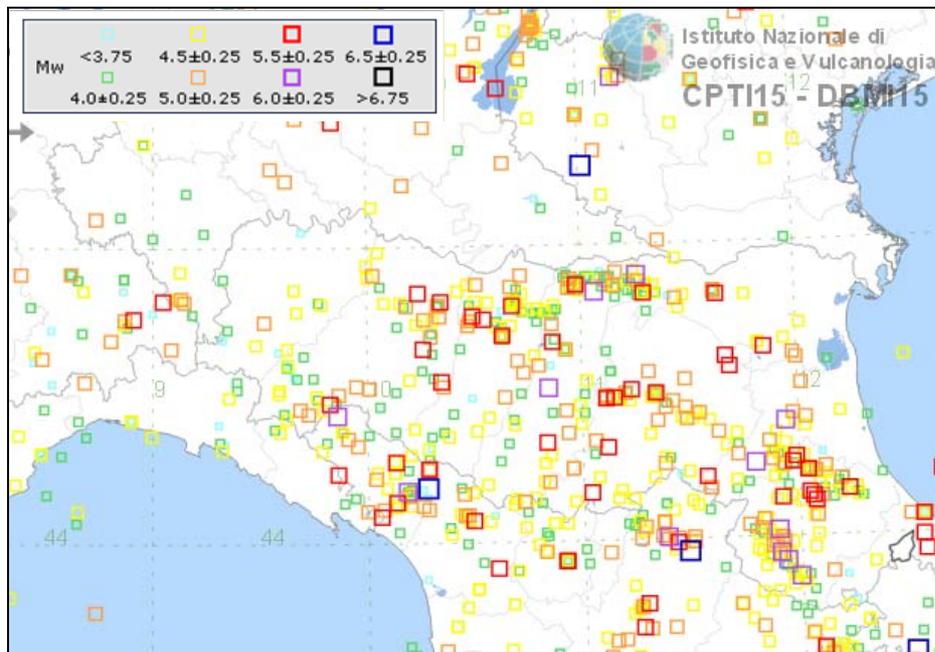


Figura 9 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - INGV

**Bettola (San Giovanni)**

PlaceID IT\_34525  
 Coordinate (lat, lon) 44.776, 9.605  
 Comune (ISTAT 2015) Bettola  
 Provincia Piacenza  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 18

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw	
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
3	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6	5.01
4-5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1906	11	10	17	55		Alta Val di Taro	43	5	4.22
5	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1910	09	06	03	20		Appennino ligure	19	5	4.13
3	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1926	11	18	22	57		Lunigiana	17	5	4.25
4-5	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6	4.66
3	1954	07	16	00	05		Appennino piacentino	4	4	3.70
5-6	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
NF	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
3-4	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

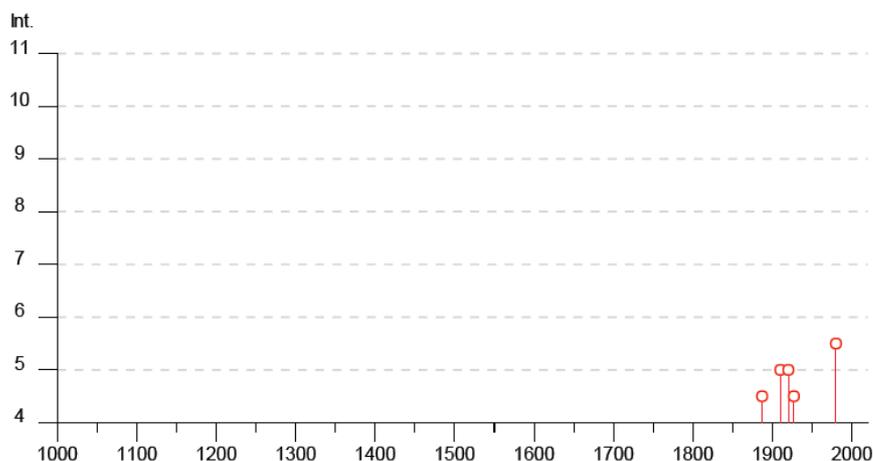


Figura 10 - Serie storica di eventi sismici per il Comune Bettola (anni dal 1000 al 2014) da DBMI 15, Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

## Pericolosità sismica

Per quanto riguarda la pericolosità sismica di base, in riferimento alle indicazioni di cui all'Allegato 4 della DGR 630/2019, il valore di  $a_{refg}$ , ovvero dell'accelerazione massima orizzontale, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, è stato stato ottenuto interpolando i valori di  $a_{refg}$  relativi ai punti della griglia con passo 0.05 gradi elaborati da INGV.

Per il sito in esame, si ottiene il seguente valore di  $a_{refg}$   
Sito in esame.

latitudine: 44,79921  
longitudine: 9,609994  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15151	Lat: 44,8197	Lon: 9,5448	Distanza: 5627,587
Sito 2	ID: 15152	Lat: 44,8220	Lon: 9,6151	Distanza: 2569,586
Sito 3	ID: 15374	Lat: 44,7721	Lon: 9,6184	Distanza: 3088,429
Sito 4	ID: 15373	Lat: 44,7698	Lon: 9,5481	Distanza: 5882,398

**$a_{refg} = 0,110$**

Lo studio di disaggregazione di  $a_g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, permette di stimare il contributo in termini di magnitudo e distanza dei vari terremoti che contraddistinguono la sismicità della zona; utilizzando il programma di calcolo messo a disposizione da INGV (di cui si riporta in Figura 12 l'elaborazione), risulta che i terremoti che contribuiscono maggiormente alla sismicità della zona di Spongiola risultano di magnitudo compresa tra 4,0 e 5,5 che si sviluppano entro 20-25 km. di distanza.

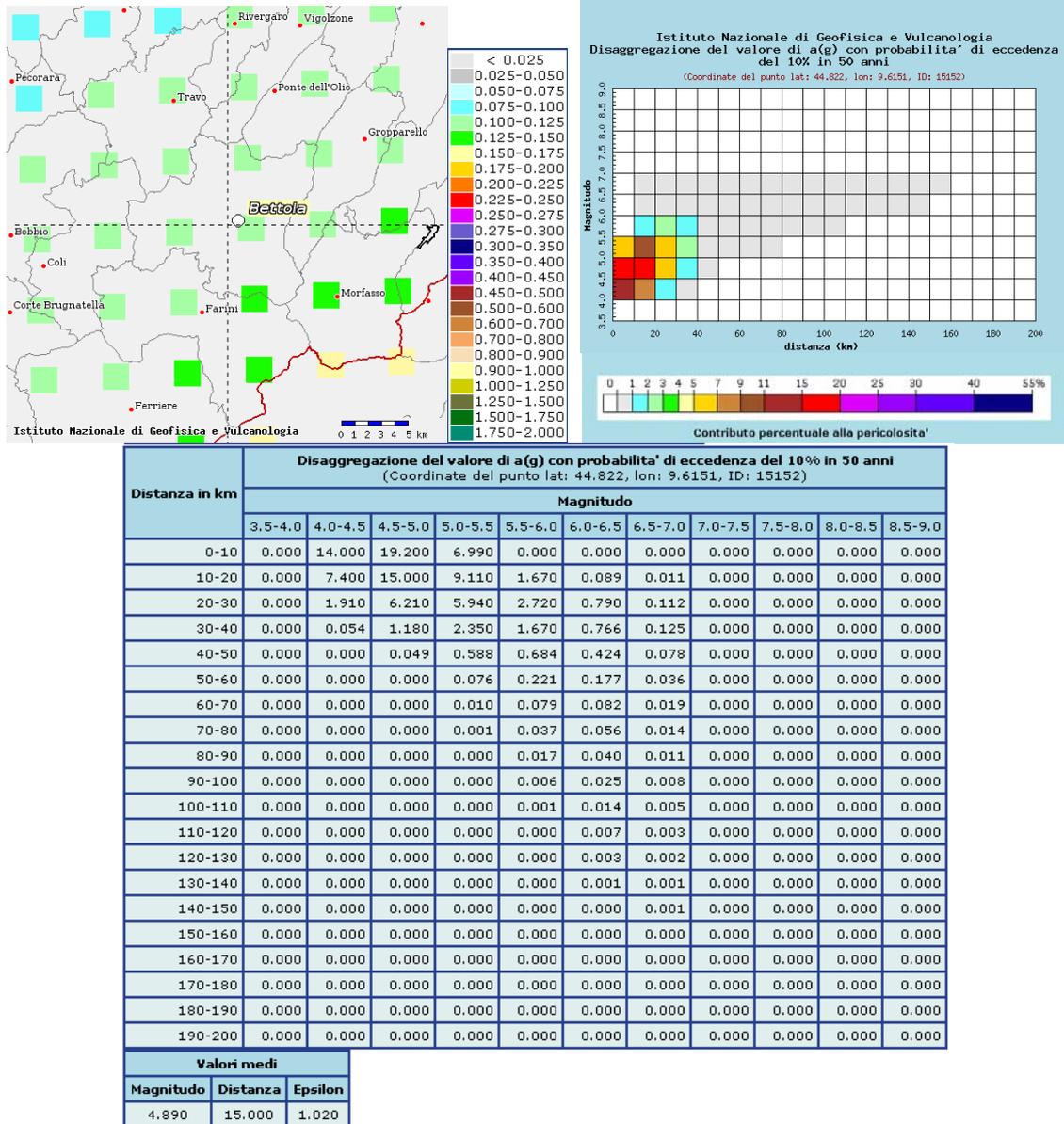


Figura 11 - Disaggregazione del valore di a(g) da INGV

## 7 - INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE DI APPROFONDIMENTO

Per la definizione del modello geologico e geotecnico dell'area investigata, necessari per la valutazione della risposta sismica locale e per l'effettuazione delle verifiche di stabilità, al fine di ottemperare agli approfondimenti sismici di terzo livello richiesti dalla DGR 630/2019 sono stati in primo luogo impiegati i dati geognostici e geofisici raccolti nell'ambito dello Studio di Microzonazione Sismica di 2° livello, validato dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in data 08/05/2019.

Le informazioni geognostiche pregresse consistono in :

Tabella 1 - Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

Tipo indagine geognostica	n°
Pozzetti esplorativi	6
Prove penetrometriche leggere DL	3
Prove penetrometriche superpesanti DP	9
Stendimenti sismici a rifrazione	3
Prove MASW	1

Sulla base delle indagini a disposizione, che non consentivano la definizione di un quadro soddisfacente sia per le profondità raggiunte dalle prove geognostiche disponibili sia per la non disponibilità di prove di laboratorio necessarie per una corretta classificazione e definizione delle caratteristiche resistenziali dei terreni presenti, sono state programmate nuove indagini geognostiche e geofisiche consistenti in :

- n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15-16 m. dal p.c. con prelievo di campioni indisturbati sottoposte a prove di laboratorio, con installazione di piezometri a tubo aperto.
- n°2 stendimenti geofisici a rifrazione di lunghezza pari a 115 m
- n°2 prospezioni geofisiche ReMi per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.
- n°4 registrazioni di rumore sismico HVSr

L'ubicazione delle indagini disponibili ed eseguite per l'approfondimento in oggetto è rappresentato nella Carta delle Indagini allegata (Tavola 1).

## 7.1 Definizione del modello stratigrafico

Le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti forniscono un'indicazione complessivamente univoca della locale successione stratigrafica, con differenze delle potenze degli orizzonti incontrati tra le verticali indagate.

In generale si registra la presenza di una coltre di copertura di origine gravitativa e/o eluvio/colluviale, costituita da terreni prevalentemente limoso-argillosi di colore da bruno nocciola a grigio, inglobanti frammenti lapidei arenacei, sovrastanti argille marnose riferibili al Flysch di Val Luretta – Membro di Poviago.

Unità A/1 Limo argilloso ed argilla limosa bruno nocciola, di origine eluvio colluviale, Consistenza medio-bassa.

Profondità 0,00-3,50/4,20 m.

Peso di volume naturale  $\gamma = 2,0 \text{ mg/m}^3$

Coesione di picco  $c' = 21,73 \div 23,67 \text{ kPa}$

Angolo di attrito di picco  $\phi = 23 \div 28^\circ$

Coesione residua  $c_r = 2,70 \div 4,81 \text{ kPa}$

Angolo di attrito residuo  $\phi_r = 16 \div 20^\circ$

Coesione non drenata  $c_u = 36,45 \text{ kPa}$

Unità A/2 Limo argilloso di colore grigio con inclusi lapidei arenacei Consistenza generalmente medio-alta, localmente medio-bassa.

Profondità 3,50/4,20 – 8,70/13,30 m.

Peso di volume naturale  $\gamma = 2,3 \text{ mg/m}^3$

Coesione di picco  $c' = 57 \text{ kPa}$

Angolo di attrito di picco  $\phi = 19^\circ$

Coesione residua  $c_r = 0,38 \text{ kPa}$

Angolo di attrito residuo  $\phi_r = 14^\circ$

Coesione non drenata  $c_u = 16,25 \text{ kPa}$

Unità B Argilla marnosa di colore grigio nocciola con screziature rossastre. Consistenza mediamente elevata.

Profondità 8,70/13,30 – 15,00/16,00 m.

Coesione di picco  $c' = 41 \text{ kPa}$

Angolo di attrito di picco  $\phi = 21^\circ$

Coesione non drenata  $c_u = 51,5 \text{ kPa}$



*Figura 12 - Punti di esecuzione sondaggi S1 e S2.*

## **7.2 Analisi geotecniche di laboratorio**

Le analisi geotecniche di laboratorio sono state condotte su campioni indisturbati al fine di poter giungere ad una classificazione dei terreni ed alla parametrizzazione geotecnica degli stessi in termini di resistenza al taglio, necessarie per le verifiche di stabilità del pendio in esame e per l'analisi di risposta sismica locale.

Le analisi di laboratorio, eseguite a cura del Laboratorio SOCOTEC di Ferrara, i cui risultati sono raccolti nell'Allegato 2, hanno riguardato i termini coesivi degli orizzonti incontrati da sondaggi geognostici, e sono consistite in :

- analisi granulometriche;
- limiti di Atterberg;
- prova ad espansione laterale libera ELL con determinazioni resistenza di compressione
- prova di taglio in scatola di Casagrande con determinazioni resistenza di picco e residua.
- prova di colonna risonante con determinazioni dei valori di smorzamento e di rigidezza in funzione della deformazione.

Occorre precisare come alcuni campioni prelevati sono risultati di lunghezza ridotta rispetto al campionatore per la presenza di frammenti lapidei immersi nella matrice limoso-argillosa campionata, per i quali non è stato possibile eseguire tutte le prove previste.

La sintesi delle prove eseguite è raccolta nella tabella 2 seguente

Tabella 2 – Sintesi prove geotecniche di laboratorio

SONDAGGIO		S1	S1	S1	S2	S2	S2		
CAMPIONE		CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI3		
PROFONDITA'		2,50-2,62	3,70-3,83	10,5-11,0	1,75-2,00	4,6-4,9	9,8-10,3		
Granulometria	G	%		13,8	2,8		11,0	30,1	
	S	%		7,0	2,9		24,0	13,9	
	L	%		55,9	58,6		55,4	34,9	
	A	%		23,4	35,7		9,6	21,1	
Limiti di Atterberg	Wl	%		46	56		28	51	
	Wp	%		28	25		19	26	
	Ip			18	30		9	25	
	Ic								
ELL	Carico rottura	kPa		72,90			32,5	103	
Taglio di picco	Angolo	(°)		28		19	23	21	
	Coesione	kPa		21,73		57,31	23,67	41,26	
Taglio residuo	Angolo	(°)		20		14	16	14	
	Coesione	kPa		4,81		0,38	2,70	2,72	
Caratteristiche fisiche	Massa volumica naturale	Mg / m3		2,00	1,96	2,07	2,02	2,01	2,03
	Massa volumica secca	Mg / m3		1,66	1,65	1,71	1,64	1,67	1,67
	Contenuto naturale d'acqua	%		20,4	19,0	21,2	19,8	20,2	21,5
	Porosità	%		39	39	37	39	38	38
	Indice dei vuoti			0,63	0,64	0,58	0,65	0,62	0,62
	Descrizione		Limo argilloso marrone	Limo argilloso con inclusi frammenti lapidei	Limo con argilla	Argilla limosa	Limo argilloso	Argilla marnosa con inclusi frammenti lapidei	
	Unità litologica		A/1	A/1	A/2	A/1	A/2	B	

### 7.2.1 Classificazione

Le analisi di laboratorio eseguite sui terreni a comportamento prevalentemente coesivo sono sintetizzati nelle figure seguenti.

Per quanto riguarda i terreni riferibili alla coltre franosa ed eluvio-colluviale riferibile ai litotipi A1 e A2 essi presentano comportamento da poco plastico a plastico ( $I_p$  compreso nell'intervallo 9÷30) con limite liquido  $w_l$  mediamente compreso tra 28÷56 %; essi presentano consistenza da solido plastica a solida ( $I_c$  compreso tra 0,87÷1,50).

I terreni riferibili al litotipo B (Argilla marnosa) riferibile al "Flysch di Val Luretta – Membro di Poviago" presentano consistenza semisolida ( $I_c$  1,18), limite liquido  $w_l$  pari a 25%, e comportamento plastico ( $I_p$  25).

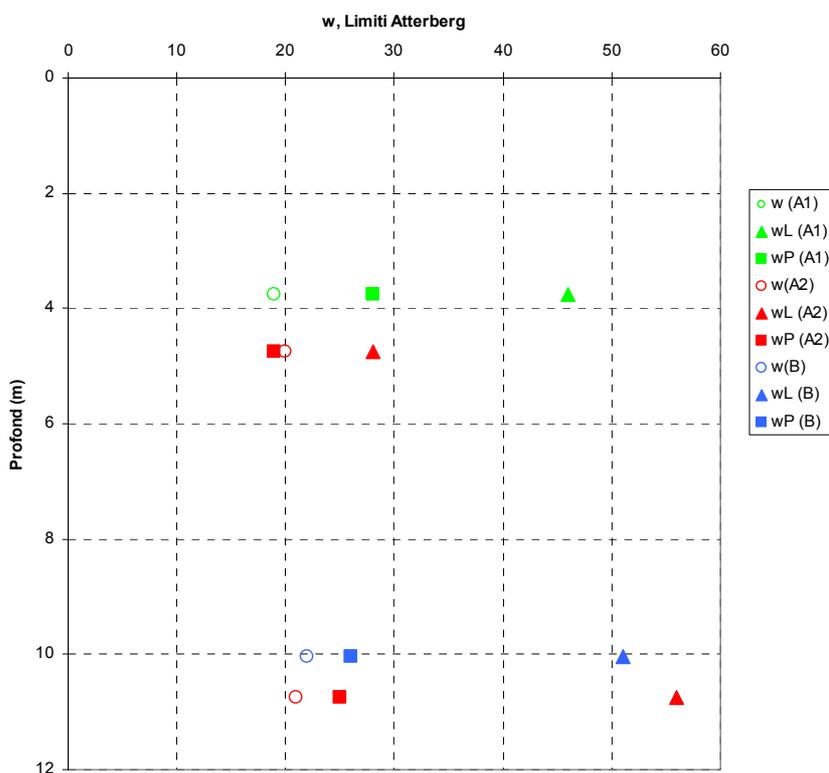
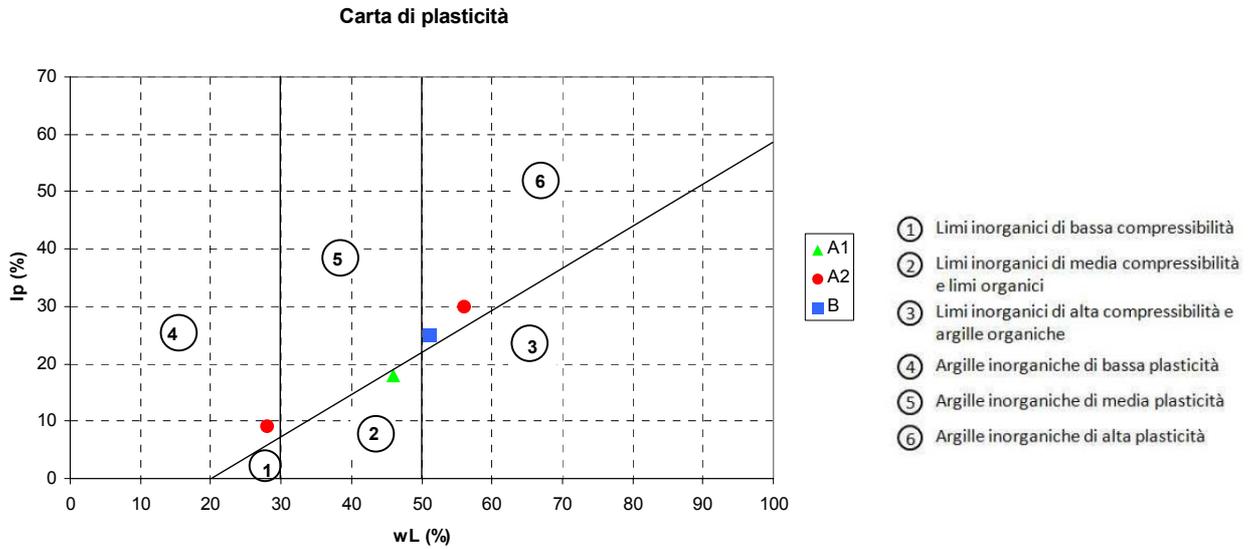
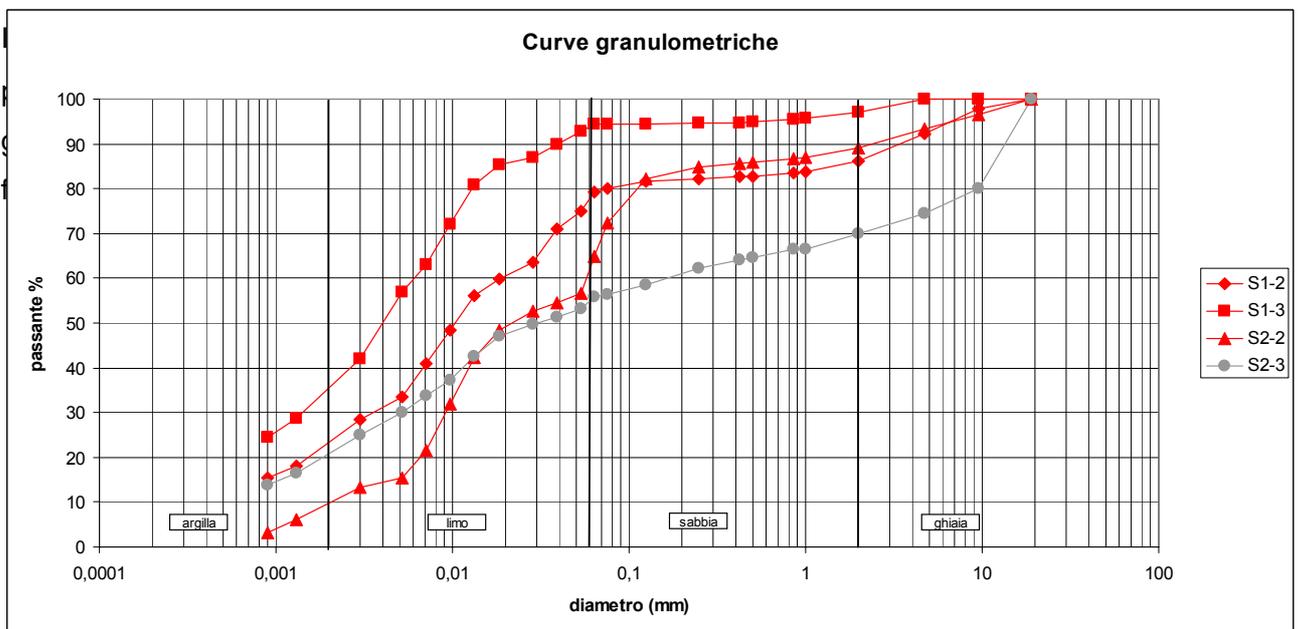


Figura 13 - Diagramma del contenuto naturale d'acqua e dei limiti di Atterberg

Nella carta di plasticità di Casagrande i campioni disponibili vengono rappresentati nelle varie classi di plasticità.



Per quanto riguarda le curve granulometriche dei campioni a disposizione, rappresentate nel diagramma seguente, si evidenzia una distribuzione spaziata su tutti i campi granulometrici per i litotipi A1 e A2, con presenza prevalente di limo (contenuto variabile tra 55,4÷58,6 %), ma con concentrazioni variabili delle altre frazioni granulometriche; per il litotipo B si registra una riduzione della componente limosa (34,9%).



## 7.2.2 Prove di resistenza al taglio

Le prove di taglio diretto consolidato drenato in scatola di Casagrande (TD) sono state eseguite per la ricerca della resistenza al taglio di picco e residua dei litotipi A1, A2 e B; al proposito occorre precisare che su alcuni campioni non è stato possibile eseguire le prove per le difficoltà di preparazione dei provini di prova determinate dalla presenza di frammenti lapidei nella matrice coesiva.

I risultati ottenuti forniscono valori di resistenza al taglio di picco per i terreni dei litotipi A1 e A2 in termini di angolo di attrito interno  $\phi'_P = 19-28^\circ$  e di coesione efficace  $c'_P = 21,73 \div 57,31$  kPa, mentre le prove di taglio residuo forniscono valori di angolo di attrito residuo  $\phi'_R = 14 \div 20^\circ$  e di coesione residua  $c'_R = 0,38 \div 4,81$  kPa.

Per quanto riguarda il litotipo B, le resistenze al taglio di picco risultano pari a  $\phi'_P = 21^\circ$  e  $c'_P = 41,3$  kPa, mentre per le resistenze al taglio residua risultano pari a  $\phi'_R = 14^\circ$  e  $c'_R = 2,72$  kPa.

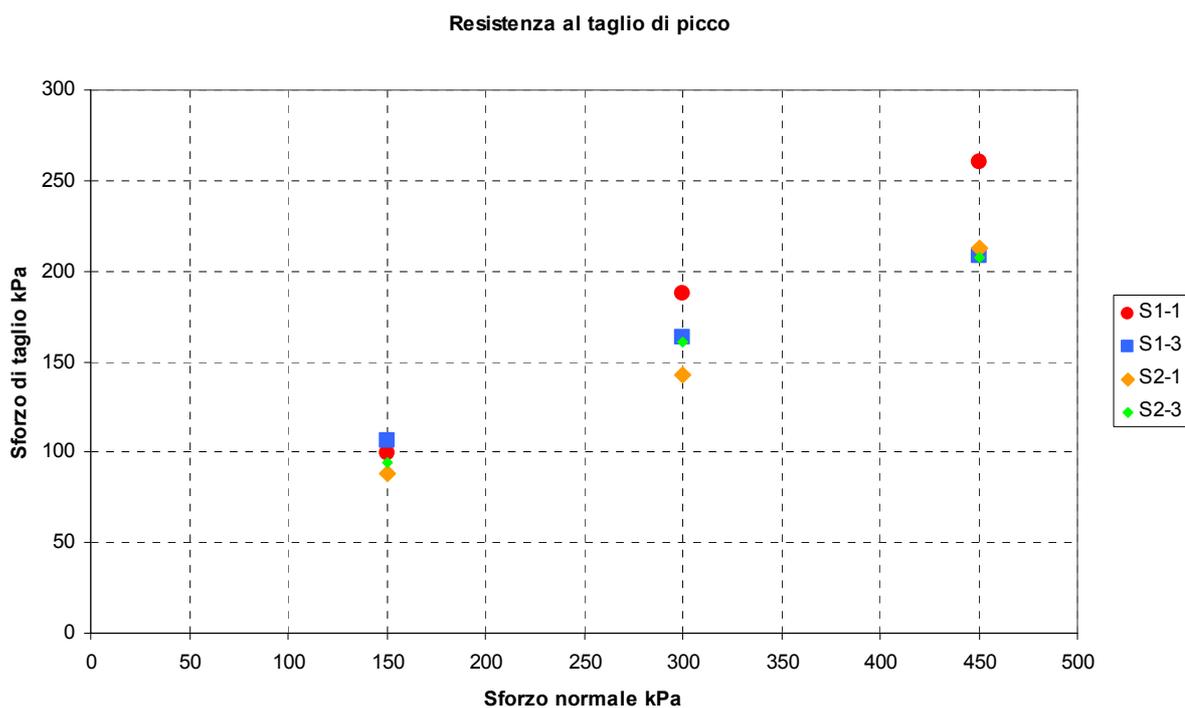


Figura 16 - Resistenza al taglio di picco da prove di taglio TD

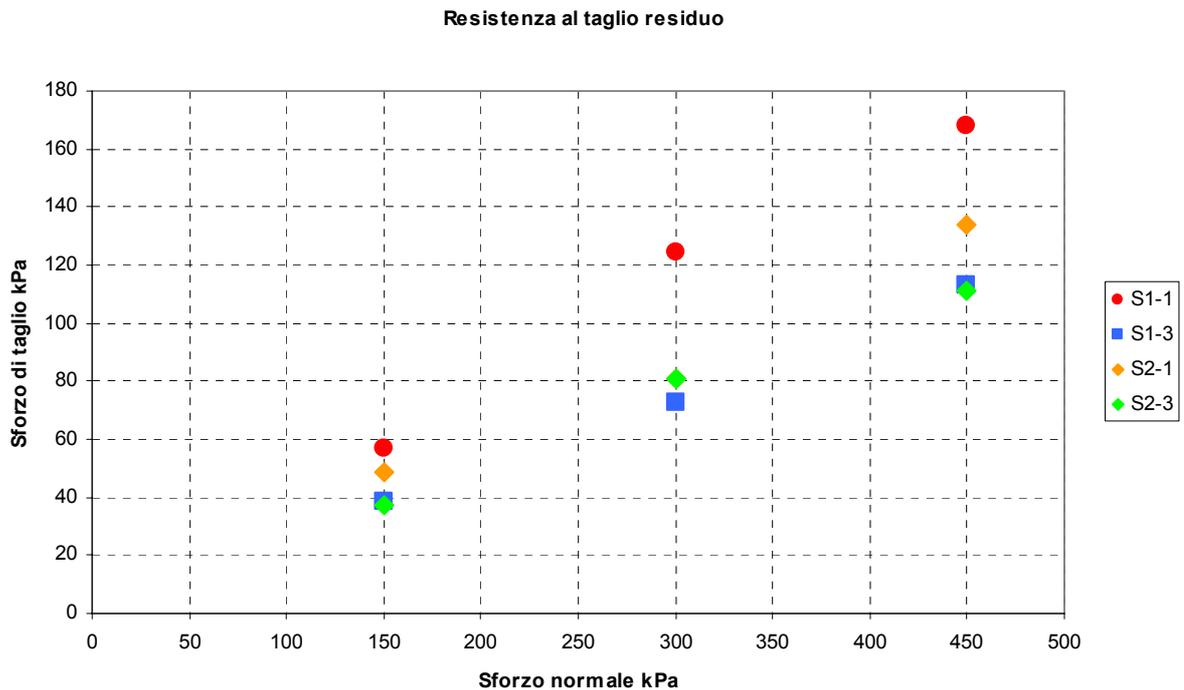


Figura 17 - Resistenza al taglio residuo da prove di taglio TD

Per quanto riguarda le prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), i risultati consentono di fornire un'indicazione della coesione non drenata dei litotipi indagati, valutata pari a  $C_u = \sigma_f / 2$  (dove  $\sigma_f$  = resistenza a rottura), pari a 36,45 kPa per litotipo A1, pari a 16,25 kPa per litotipo A2, e pari a 51,5 kPa per litotipo B.

### 7.2.3 Prove di colonna risonante

Al fine di ottenere indicazioni sui valori di smorzamento (D) e di rigidezza ( $G/G_0$ ) in funzione della deformazione, sono state eseguite n°2 prove di colonna risonante sui campioni dei litotipi A1 e B, prelevati dal sondaggio 2 (campione S3-1 e campione S3-3), i cui risultati sono rappresentati graficamente nei diagrammi seguenti.

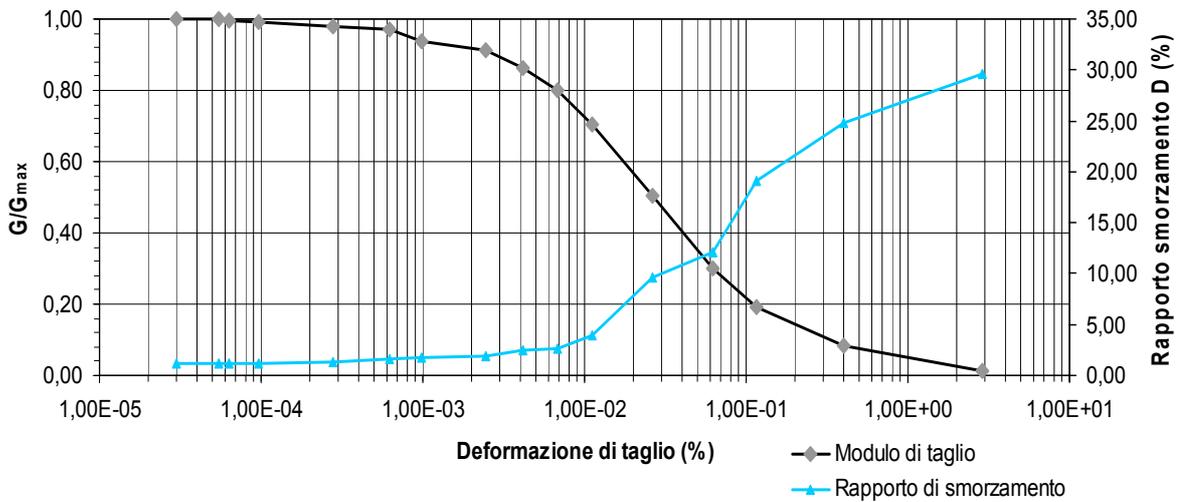


Figura 18 - Curve di decadimento di rigidezza  $G/G_0$  e di smorzamento  $D$  (%) Campione S3-1 – Litotipo A2

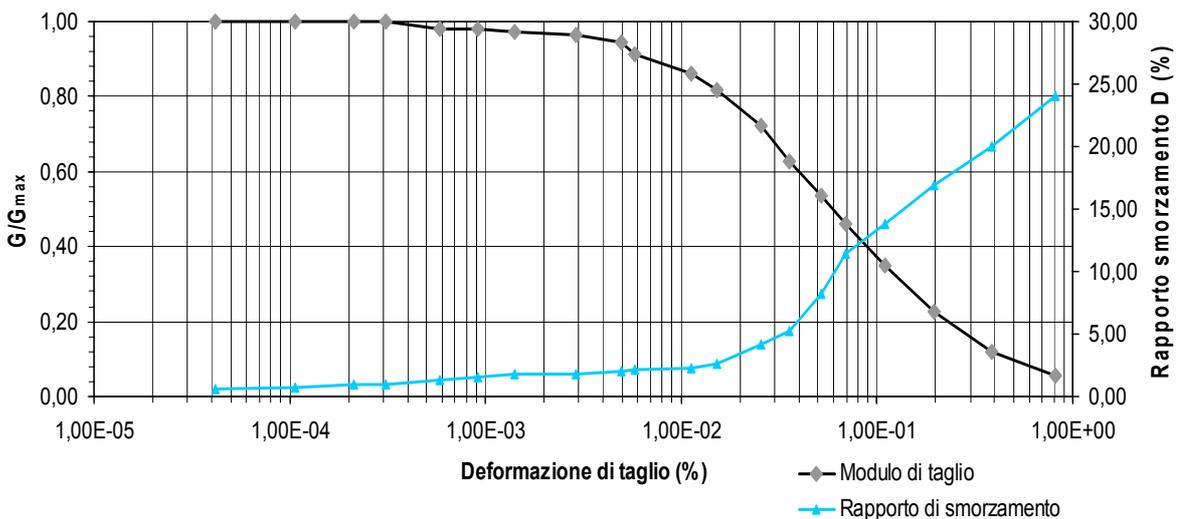


Figura 19 - Curve di decadimento di rigidezza  $G/G_0$  e di smorzamento  $D$  (%) Campione S3-3 – Litotipo B

### 7.3 Elaborazioni prospezioni sismiche a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione, consente di determinare la velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali P in mezzi aventi caratteristiche elastiche diverse e di individuare le superfici di discontinuità tra questi.

Nel caso in esame la prospezione sismica è stata effettuata utilizzando la seguente strumentazione

- sismografo Geode –Geometrics : sismografo modulare a 24 bit ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). all'ampia banda d'ingresso ( 1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec con un array lineare di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (10 Hz) con equidistanza di 5 m..
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- geofoni verticali a 4,5hz. con mazza di energizzazione da 8kg.

I profili sismici a rifrazione sono stati costituiti da un allineamento di 24 geofoni con distanza fra i geofoni pari a 5 metri, per una lunghezza di stendimento di 115 m..

In punti predefiniti del profilo, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante piastra di battuta; l'energizzazione è avvenuta in 9 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti agli estremi del profilo
- 5 lungo il profilo ogni 5 geofoni.

L'interpretazione, eseguita con metodo sismico-tomografico utilizzando il software Plotrefa del Seisimager; la procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici; di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto la sua velocità sismica caratteristica.

I risultati finali sono stati rappresentati nelle sezioni di velocità sismiche (raccolte nell'Allegato 3), rappresentate sia per isovelocità sia tramite colori; la scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

L'interpretazione, ha permesso la distinzione dei vari strati secondo le loro caratteristiche sismiche.

**Strato areato**, con velocità sismiche  $V_p$  comprese tra 300 e 600 m/sec; spessore di circa 1 metro;

**Strato superficiale**, con velocità  $V_p$  comprese fra 600 e 1200 m/sec e spessori di 2-3. Tale unità, unitamente allo strato areato, corrisponde alla copertura detritica a vario grado di consistenza, riferibile alla coltre eluvio-colluviale e/o franosa. (Unità A1)

**Strato intermedio**, con velocità  $V_p$  generalmente comprese fra 1200 e 1500 m/sec e spessori variabili da 4-9 m fino. Tale orizzonte è correlabile alla copertura detritica più compatta (Unità A2).

**Strato profondo**, con velocità  $V_p$  generalmente comprese fra 1800 e 2200 m/sec e spessori variabili da 10 a 12 m. Tale orizzonte è correlabile alla porzione superficiale del substrato prevalentemente pelitico della Formazione di Val Luretta – Membro di Poviago (Unità B).

**Orizzonte di fondo**, con velocità sismiche  $V_p$  superiori a 2200 m/s. L'unità è correlabile al substrato più rigido riferibile alla formazione di Val Luretta - Membro di Poviago litofacies arenaceo-pelitica, con probabile prevalenza di livelli lapidei (Unità C).

Sulla base delle colonne stratigrafiche desunte dai sondaggi geognostici, combinati con le interpretazioni tomografiche disponibili sono state ricostruite n°2 sezioni litostratigrafiche raccolte nelle figure seguenti.

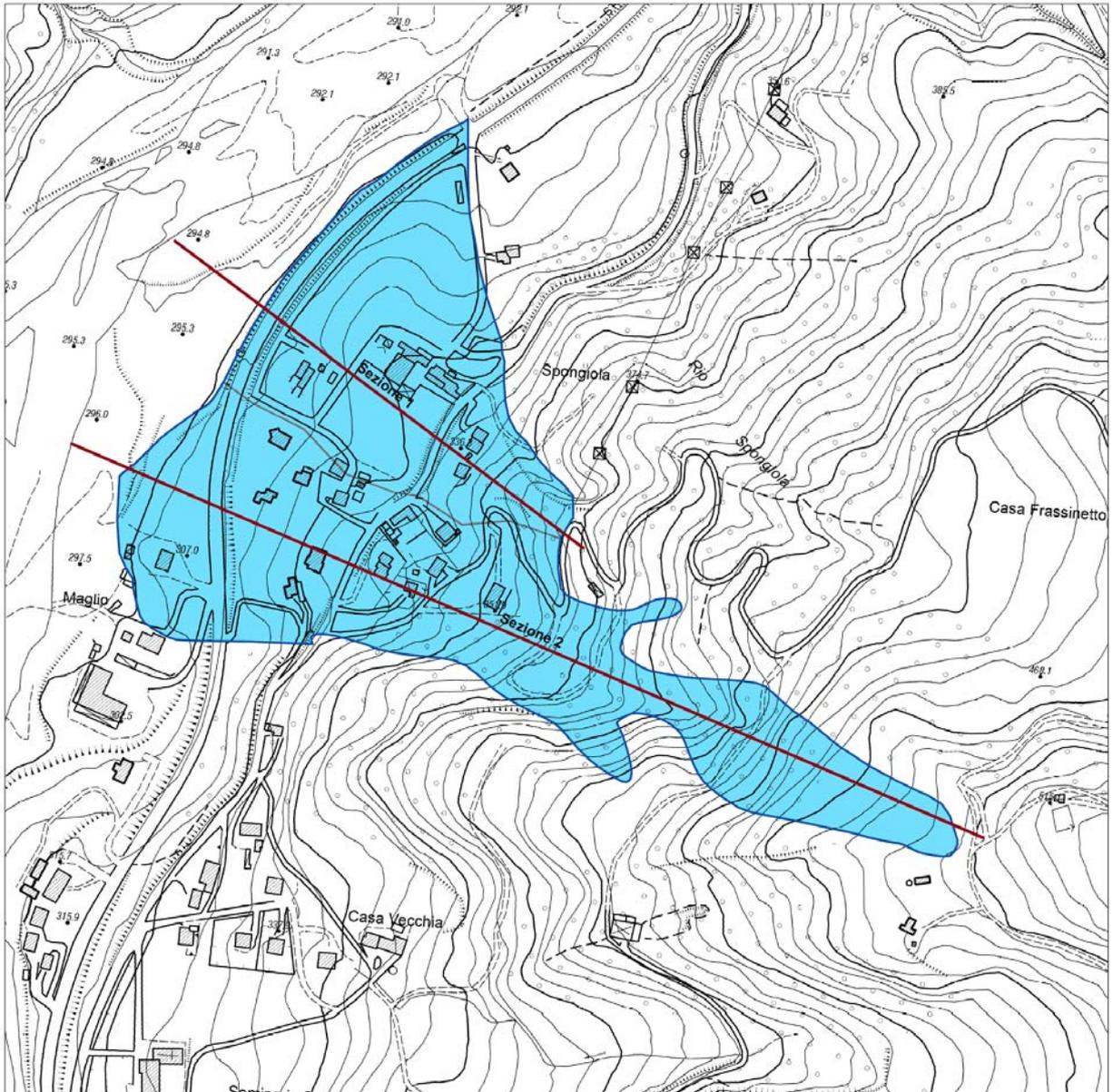


Figura 20 - Traccia sezioni stratigrafiche

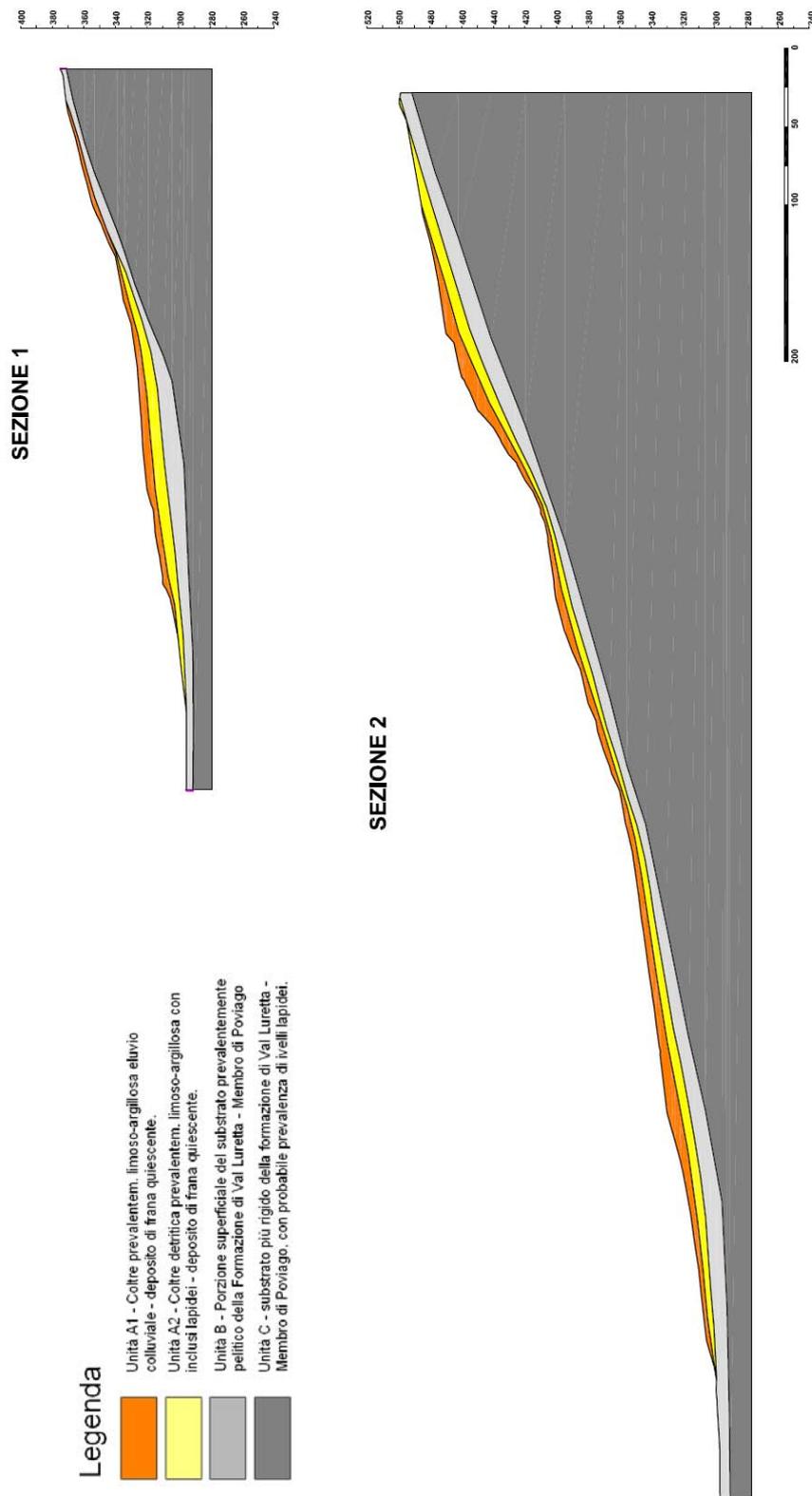


Figura 21 - Sezioni stratigrafiche

#### **7.4 Elaborazioni prospezioni ReMi**

Per la determinazione della velocità media di propagazione delle onde di taglio è stata impiegata la tecnica dei microtremori (Refraction Microtremors), utilizzando il software (ReMi®) prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

Il metodo si basa sulla costruzione della curva di dispersione delle velocità delle onde di superficie derivata dall'analisi del microtremore sismico e successiva inversione 1-D Vs-Z.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Nel caso in esame l'analisi dei microtremori è stata effettuata utilizzando sismografo a 24 canali "Echo 24/2010 Seismic Unit" con un array lineare di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (4,5 Hz) con equidistanza di 5 m.

L'acquisizione è stata effettuata con intervallo di campionamento (sample rate) dell'ordine di 2 ms per una durata (record length) di 30s, ripetendo le misure 10 volte.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore nella direzione della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f; in questa immagine è possibile il riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

Il modello ReMi generato attraverso taratura con il modello stratigrafico precedentemente descritto, ha permesso l'elaborazione del segnale di registrazione dei microtremori; nei diagrammi dell'Allegato 3 sono rappresentati lo spettro p-f (1/velocità di fase – frequenza), con evidenziato il picking, le curve di dispersione sperimentale e calcolata, ed il modello diretto ottimizzato.

## 8 - ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per lo studio di microzonazione sismica di 3° livello del settore del corpo di frana quiescente oggetto di indagine, sono state condotte le analisi di risposta sismica locale ai sensi della DGR 630/2019, al fine di individuare le zone caratterizzate da differente risposta sismica, con la quantificazione dei potenziali fenomeni di amplificazione.

La determinazione dei valori di  $a_{max}$  è stata computata nei punti di cui si dispongono le informazioni sufficienti circa il profilo delle  $V_s$ , corrispondenti agli stendimenti sismici eseguiti in questa fase di approfondimento di indagine e lo stendimento Masw L42 delle indagini pregresse.

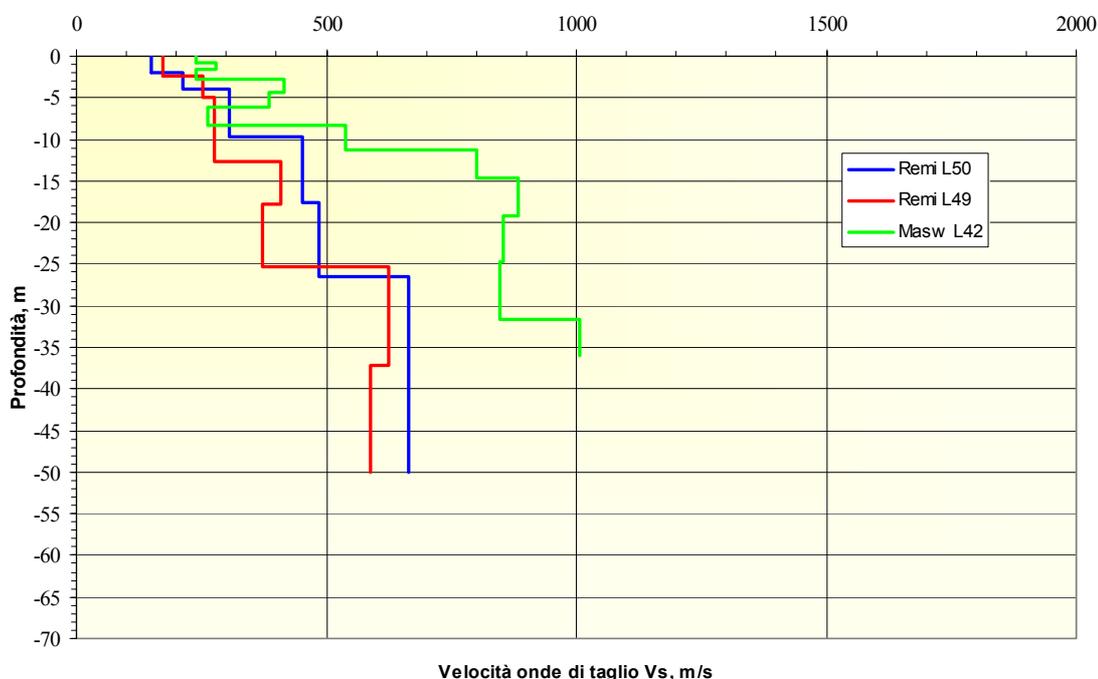


Figura 22 - Profili di velocità disponibili

I profili di velocità a disposizione corrispondono ad un sottosuolo di categoria B, con differenze attribuibili a variazioni della successione dei sismostrati ed in funzione della posizione topografica lungo il versante.

Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione topografica per l'area di studio non si verificano casi per cui si prefigurano situazioni in cui valutare tale condizione sulla base delle procedure di cui all'Allegato A.2.2 della DGR 630/2019, precisamente nei casi di pendii con inclinazione media superiore a 15° ed altezza superiore a 30 m.

Ai fini dell'analisi di risposta sismica locale si è optato per l'adozione di un modello numerico monodimensionale, che pur determinando semplificazioni di calcolo, può ritenersi rappresentativo per situazione geologica-geomorfologica in gioco, caratterizzata da una discreta omogeneità spaziale dei litotipi presenti. A tal fine si è impiegato il codice di calcolo EERA (J.P.Bardet et al., 2000).

La stima della risposta sismica è stata calcolata utilizzando curve di decadimento del modulo di taglio  $G_0$  e del rapporto di smorzamento  $D_0$  in riferimento a risultati delle prove di colonna risonante disponibili, rappresentati nelle Figure 23 e 24.

### **Input sismico**

Per quanto concerne i segnali di input sismico da introdurre nell'analisi di risposta sismica locale sono stati presi in considerazione i tre segnali forniti dalla Regione Emilia Romagna per ogni comune, attraverso selezione dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database". Per il Comune di Bettola i tre segnali, scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di  $a_{refg}$  del comune (pari a 0,110 per il sito investigato), presentano le seguenti sigle :

RER1 000046xa\_033004Bettola

RER2 000126xa\_033004Bettola

RER3 000354xa\_033004Bettola

Nella figura seguente sono rappresentati gli spettri di risposta elastici del modo sismico atteso per un tempo di ritorno  $T=475$  anni con smorzamento pari al 5% ricavati sulla base delle indicazioni dell'Allegato 4 DGR 630/2019, riferiti al bedrock affiorante.

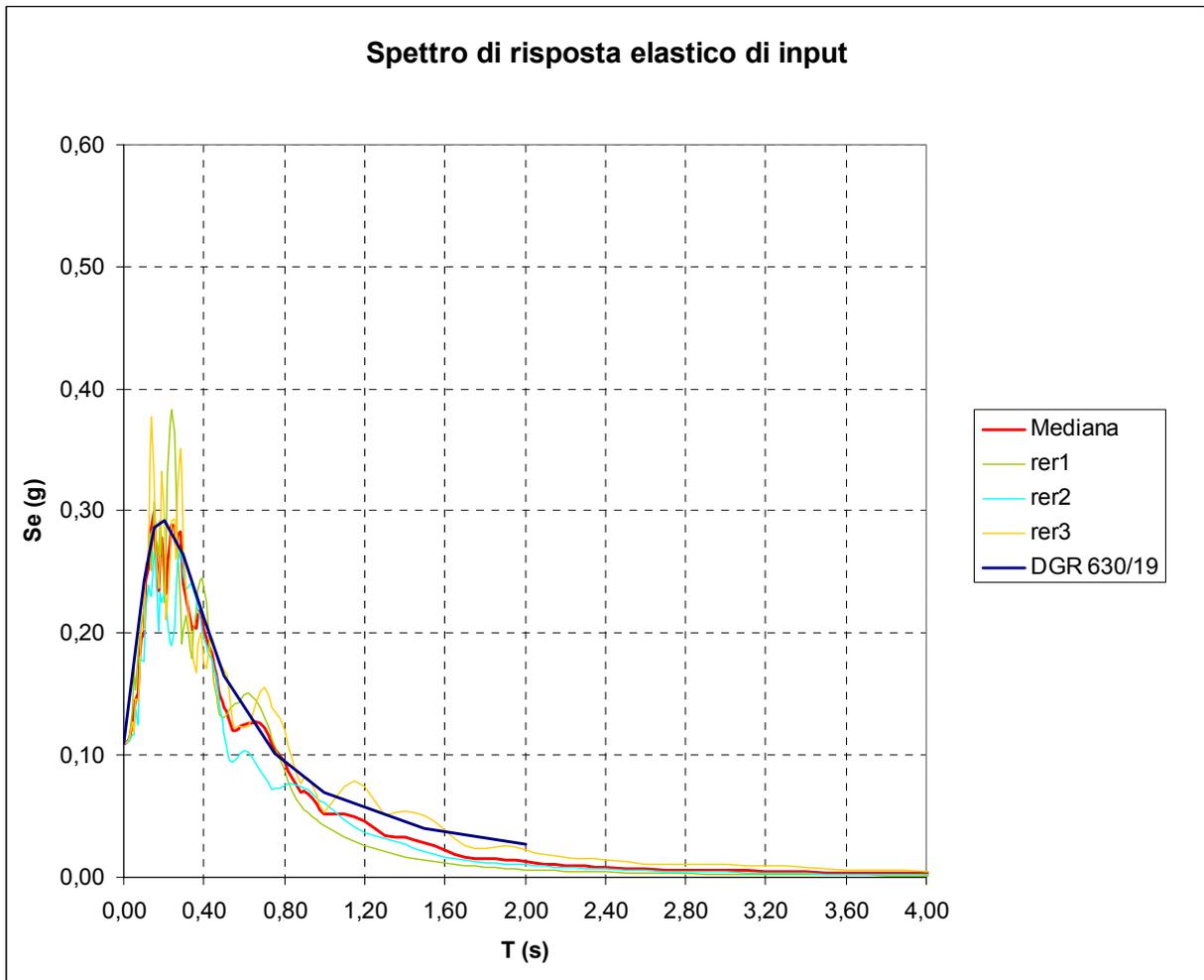


Figura 23 - Spettro di risposta del moto sismico per  $T_r=475$  anni, smorzamento 5%, secondo DGR 630/19 distinto nei tre segnali di input forniti da RER per il Comune di Bettola

Le analisi numeriche eseguite con il codice di calcolo EERA eseguite nel dominio del tempo e delle frequenze, eseguite per le verticali prese in esame e per ogni segnale di input sismico considerato, consente di determinare :

- il fattore di amplificazione di sito in termini di picco di accelerazione, FAPGA espresso come

$$FAPGA = \frac{PGA_s}{a_g}$$

dove  $PGA_s$  è il picco di accelerazione ottenuto sulla sommità del deposito e  $a_g$  il valore del picco di accelerazione su terreno rigido di riferimento.

- il fattore di amplificazione di sito in termini di intensità dello spettro di risposta di pseudovelocità, FARSA, espresso come

$$FARSA = \frac{RSA_s}{RSA_g}$$

ove per definizione

$$RSA = \int_b^a PSA(T, \zeta) dT$$

ove RSA<sub>s</sub> e RSA<sub>g</sub> rappresentano l'integrale nell'intervallo (a,b) dello spettro di risposta in pseudo-accelerazione (PSA) calcolato in superficie, rispettivamente alla sommità del deposito e su terreno rigido di riferimento.

- o il fattore di amplificazione di sito in termini di intensità dello spettro di risposta di pseudovelocità, FARSI, espresso come

$$FARSI = \frac{RSI_s}{RSI_g}$$

ove per definizione

$$RSI = \int_b^a PSV(T, \zeta) dT$$

ove RSI<sub>s</sub> e RSI<sub>g</sub> rappresentano l'integrale nell'intervallo (a,b) dello spettro di risposta in pseudo-velocità (PSV) calcolato in superficie, rispettivamente alla sommità del deposito e su terreno rigido di riferimento.

Nel caso specifico, in ottemperanza alla DGR 630/2019 sono stati assunti un valore del rapporto di smorzamento  $\zeta = 5\%$  e quattro intervalli di integrazione dello spettro in accelerazione (0,1-0,5 s), (0,4-0,8 s), (0,7-1,1 s) (0,7-1,5 s) e tre intervalli dello spettro in velocità (0,1-0,5 s) e (0,5-1,0 s) (0,5-1,5 s).

Tabella 3 - Valori di FA da modellazione numerica monodimensionale

Profilo		Modellazione numerica			
		RER1	RER2	RER3	Mediana
L42	FAPGA	1,44	1,31	1,33	<b>1,33</b>
	FA SA 0,1-0,5	1,24	1,39	1,07	<b>1,24</b>
	Fa SA 0,4-0,8	1,04	1,34	0,76	<b>1,04</b>
	Fa SA 0,7-1,1	1,02	1,01	0,73	<b>1,01</b>
	Fa SA 0,5-1,5	1,02	1,09	0,68	<b>1,02</b>
	Fa SI 0,1-0,5	1,17	1,27	1,05	<b>1,17</b>
	Fa SI 0,5-1,0	0,93	1,25	0,75	<b>0,93</b>
	Fa SI 0,5-1,5	0,92	0,92	0,92	<b>0,92</b>
L49	FAPGA	1,47	1,77	1,60	<b>1,60</b>
	FA SA 0,1-0,5	1,74	1,68	1,76	<b>1,74</b>
	Fa SA 0,4-0,8	1,47	1,45	1,37	<b>1,45</b>
	Fa SA 0,7-1,1	1,30	1,17	1,16	<b>1,17</b>
	Fa SA 0,5-1,5	1,33	1,24	1,18	<b>1,24</b>
	Fa SI 0,1-0,5	1,78	1,69	1,77	<b>1,77</b>

	Fa SI 0,5-1,0	1,23	1,30	1,24	<b>1,24</b>
	Fa SI 0,5-1,5	1,17	1,14	1,14	<b>1,14</b>
L50	FAPGA	1,49	1,51	1,56	<b>1,51</b>
	Fa SA 0,1-0,5	1,59	1,50	1,55	<b>1,55</b>
	Fa SA 0,4-0,8	1,19	1,16	1,12	<b>1,16</b>
	Fa SA 0,7-1,1	1,11	1,06	1,06	<b>1,06</b>
	Fa SA 0,5-1,5	1,12	1,08	1,06	<b>1,08</b>
	Fa SI 0,1-0,5	1,51	1,43	1,45	<b>1,45</b>
	Fa SI 0,5-1,0	1,03	1,13	1,09	<b>1,09</b>
	Fa SI 0,5-1,5	0,99	1,01	1,01	<b>1,01</b>

Nelle figure seguenti sono rappresentati per ogni profilo di velocità considerato gli spettri di risposta elastici con smorzamento del 5%, ottenuti dalla modellazione numerica con software EERA alla sommità del deposito, impiegando i tre segnali di input, confrontati con lo spettro di risposta calcolato in accordo con le indicazioni delle NTC 18.

Come si nota il fattore di amplificazione FA risulta notevolmente superiore rispetto al valore proposto dalla normativa nazionale, nell'intervallo 0,0-0,4 s, che non consente di rappresentare adeguatamente l'amplificazione del segnale sismico.

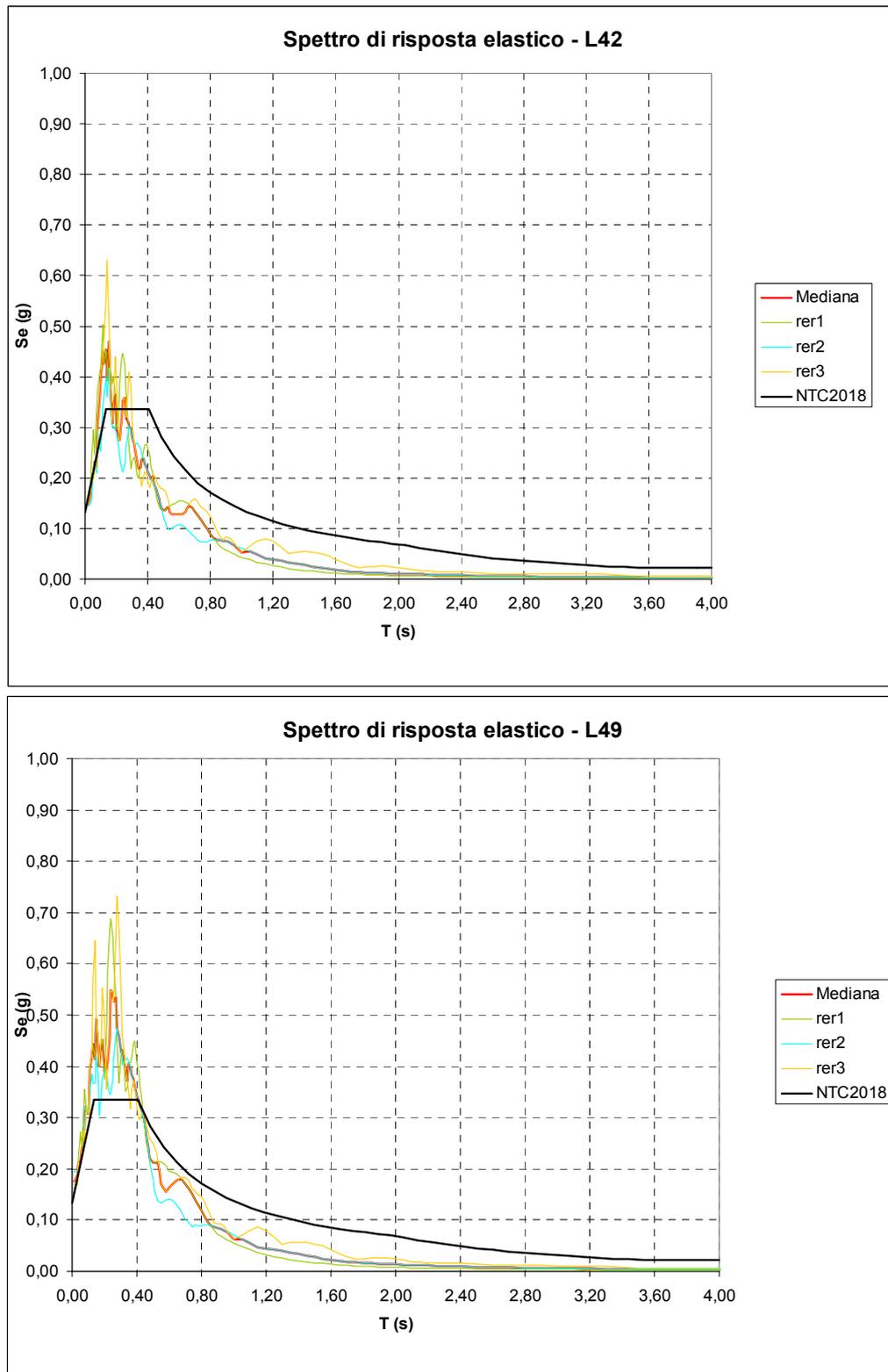


Figura 24 - Spettri di risposta elastici in accelerazione determinati con modellazione numerica e spettro NTC 18 – Verticali L42-L49

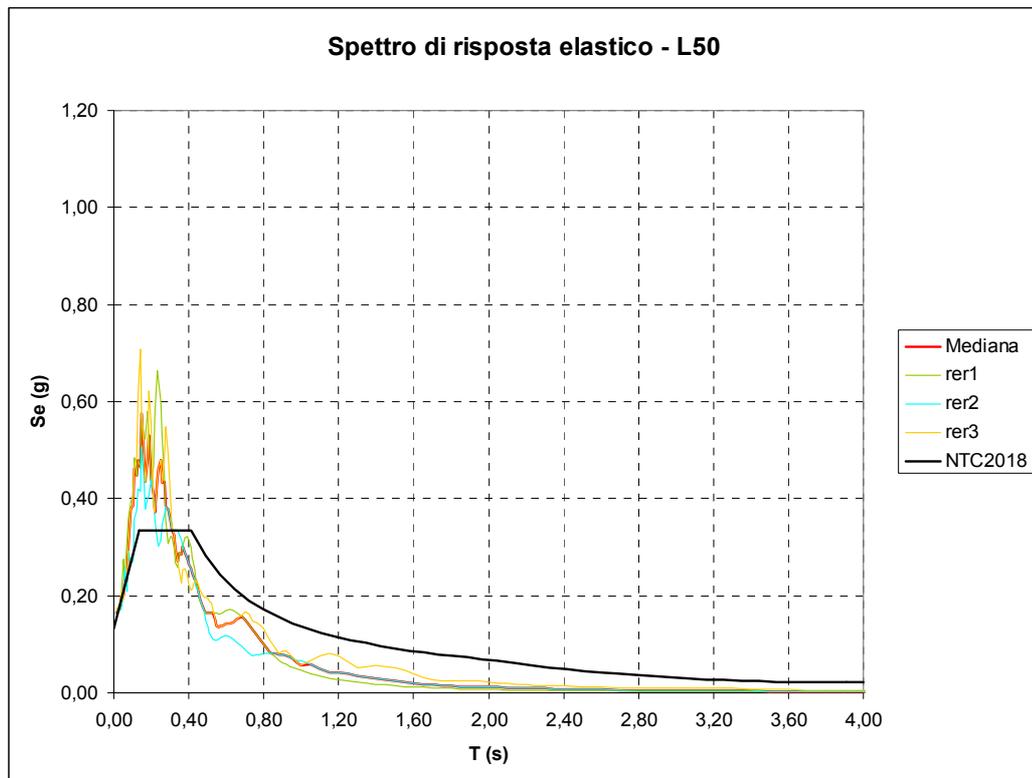


Figura 25 - Spettri di risposta elastici in accelerazione determinati con modellazione numerica e spettro NTC 18- – Verticale L50

## 9 - VERIFICHE DI STABILITA'

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità, esse sono state eseguite in corrispondenza di n°2 sezioni significative disposte secondo la linea di massima pendenza ed interessanti i settori indagati con il presente studio di approfondimento.

Il tracciato delle sezioni analizzate è rappresentato nella figura 7, mentre le sezioni stratigrafiche sono rappresentate nella Figura 8.

Per la modellazione geotecnica utilizzata nelle verifiche, sono stati impiegati i valori caratteristici desunti dalle prove di laboratorio disponibili.

Nelle verifiche di stabilità sono stati presi in considerazione sostanzialmente quattro unità litologiche corrispondenti alla coltre superficiale, distinta nei due orizzonti A1 e A2, alla porzione superficiale del substrato prevalentemente pelitico della Formazione di Val Luretta – Membro di Poviago (unità B) ed al substrato più rigido riferibile alla formazione di Val Luretta - Membro di facies limoso-argillosa a consistenza elevata (unità C).

I parametri geotecnici del terreno utilizzati nei calcoli di stabilità sono i seguenti:

- Unità A1      Coesione residua  $c_R = 0,385 \text{ t/m}^2$   
Angolo di resistenza al taglio residuo  $\phi_R = 18^\circ$   
Peso di volume =  $2,00 \text{ t/m}^3$   
Peso di volume saturo =  $2,10 \text{ t/m}^3$
  
- Strato A2      Coesione residua  $c_R = 0,038 \text{ t/m}^2$   
Angolo di resistenza al taglio residuo  $\phi_R = 14^\circ$   
Peso di volume =  $2,00 \text{ t/m}^3$   
Peso di volume saturo =  $2,10 \text{ t/m}^3$
  
- Strato B      Coesione residua  $c' = 4,2 \text{ t/m}^2$   
Angolo di resistenza al taglio di picco  $\phi_R = 21^\circ$   
Peso di volume =  $2,00 \text{ t/m}^3$   
Peso di volume saturo =  $2,20 \text{ t/m}^3$
  
- Strato C      Coesione residua  $c' = 1,0 \text{ t/m}^2$   
Angolo di resistenza al taglio di picco  $\phi' = 25^\circ$   
Peso di volume =  $1,90 \text{ t/m}^3$   
Peso di volume saturo =  $2,20 \text{ t/m}^3$

Relativamente alla circolazione idrica sotterranea, è stata ipotizzata la presenza di una falda alla profondità di -3,0 m. dal p.c., che rappresenta una condizione certamente cautelativa, in particolar modo in quanto estesa a tutto il pendio considerato.

Le verifiche di stabilità sono state condotte nelle seguenti condizioni :

- condizioni sismiche con metodo dell'equilibrio limite (Morgestern e Price)
- condizioni post-sismiche (blocco di Newmark).

Le verifiche di stabilità in condizioni sismiche sono state condotte con il metodo pseudo-statico; per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

$W$ : peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

Le NTC 2018 calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

Nel caso in esame, nonostante le variazioni del fattore di amplificazione FA ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale, tenendo conto della modesta variabilità dei fattori  $K_o$  e  $K_v$ : ottenuti, sono stati introdotti valori uniformi per le superfici di calcolo, pari a :

$K_o$	$K_v$
0,043	0,021

Le superfici di calcolo di stabilità ipotizzate sono state impostate in modo tale che interessassero tutto il volume classificato come frana quiescente, e coinvolgessero lo strato di copertura; la distribuzione delle superfici di verifica è rappresentata nelle sezioni di calcolo rappresentate nell'Allegato 4.

Non si esclude la potenziale formazione di superfici di instabilità interessanti spessori di terreno più contenuti, in particolare nei tratti a pendenza più elevata, che tuttavia possono ritenersi meno significativi in termini di stabilità complessiva del versante esaminato.

I valori ottenuti sono raccolti nelle tabelle seguenti, mentre le sezioni di verifica ed i tabulati di calcolo sono riportati nell'Allegato 4:

Tabella 3 - Fattori di sicurezza superfici di verifica stabilità

Sezione	Superficie	FS
1	1	1,35
2	1	1.28
	2	0.61

Nella valutazione delle verifiche di stabilità occorre tenere in considerazione che per il settore di monte della sezione 2, corrispondente alla superficie di verifica 2, di cui non si dispongono di dati litostratigrafici e geotecnici, gli stessi stati estrapolati dalle prove geognostiche e geofisiche eseguite nel settore di valle (superficie 1), per cui i dati delle verifiche possono essere affetti da un marcato grado di approssimazione; anche il fattore di sicurezza calcolato, appare indicativo di una scelta eccessivamente cautelativa dei parametri geotecnici e delle condizioni geometriche e idrogeologiche introdotte nelle valutazioni.

#### **Analisi di stabilità in condizioni dinamiche**

I metodi pseudostatici hanno un limite intrinseco in quanto utilizzano sollecitazioni statiche, costanti nel tempo in modulo, direzione e verso, per valutare gli effetti di sollecitazioni sismiche che hanno invece un carattere ciclico e transitorio. L'azione pseudostatica equivalente è inoltre correlata, mediante il coefficiente sismico K, all'accelerazione di picco, mentre è noto che la risposta di un corpo di terra ad un evento sismico dipende non solo dal valore di  $a_{max}$ , ma anche dalla durata e dal contenuto in frequenza dell'accelerogramma.

I metodi degli spostamenti derivati dal modello di blocco rigido di Newmark (1965) permettono di superare i limiti dell'approccio pseudostatico, consentendo di valutare gli effetti della storia delle accelerazioni senza introdurre oneri di calcolo eccessivi. In essi l'azione sismica è definita da una funzione temporale (ad es. un accelerogramma), e la risposta del pendio all'azione sismica è valutata in termini di spostamenti accumulati, eseguendo l'integrazione nel tempo dell'equazione del moto relativo tra massa potenzialmente instabile e formazione di base.

Per le superfici di verifica sono stati eseguiti i calcoli degli spostamenti, attraverso una valutazione preventiva dell'accelerazione sismica critica orizzontale (cioè per la quale si determina una condizione con  $FS=1$ ).

Con il metodo di analisi introdotto da Newmark (1965) è possibile prevedere per una massa potenzialmente instabile quale sarà lo spostamento permanente totale del pendio sotto l'azione di un'accelerazione variabile nel tempo.

Egli schematizzò la massa potenzialmente instabile soggetta alle forze d'inerzia con un blocco rigido che scorre su un piano inclinato sottoposto ad un'accelerazione che induce nello stesso delle forze d'inerzia nella direzione del piano.

Secondo tale metodo il pendio viene schematizzato come un blocco rigido che scorre su un piano inclinato; il movimento si innesca quando l'accelerazione orizzontale supera il valore critico  $k_c$  calcolato tramite analisi pseudo-statica, al contrario, quando l'accelerazione del terreno torna al di sotto del valore critico il moto prosegue con accelerazione nulla.

Le verifiche eseguite, i cui risultati sono raccolti nell'All. 5, forniscono un'indicazione di spostamento nullo in corrispondenza della sezione 1 Superficie 1 e Sezione 2 Superficie 1, e di spostamento pari a 5,11 cm per la Sezione 2 Superficie 2 con i 3 segnali accelerometrici presi in considerazione.

Tabella 4 – Accelerazione critica e spostamento (metodo di Newmark)

Sezione	Superficie	Accelerazione critica $k_c$ (ac/g)	Spostamento (cm)
1	1	0,110	0,0
2	1	0,110	0,0
2	2	0,010	5,11

## **10 - ELABORATI CARTOGRAFICI**

Lo studio di Microzonazione Sismica di 3° livello eseguito ha comportato l'adeguamento degli elaborati cartografici prodotti a corredo dello studio di 2° livello, realizzati in conformità agli Standard MS 3.0, comprendenti :

Tav. 1 – Carta delle indagini

Tav. 2 – Carta Geologico-Tecnica

Tav. 3 – Carta delle frequenze naturali dei terreni

Tav. 4 – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Tav. 5 – Carta delle velocità Vs

In conformità con gli Standard MS 4.01 nella carta delle indagini sono stati rappresentati, per l'ambito territoriale investigato, le indagini SMS (Stratigrafia zona MS teorica).

Occorre sottolineare come si sia proceduto ad una modesta correzione del limite settentrionale della frana quiescente oggetto di indagine rispetto allo studio di microzonazione sismica di 2° livello, riproponendola anche sulla base di rilievi geomorfologici di campo ed in riferimento a stendimento sismico a rifrazione disponibile.

La Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) ripropone la cartografia redatta in sede di studio di 2° livello, aggiornato sulla base delle considerazioni sopraesposte, ed integrandola con le colonnine stratigrafiche dell'area di interesse, riportate di seguito.

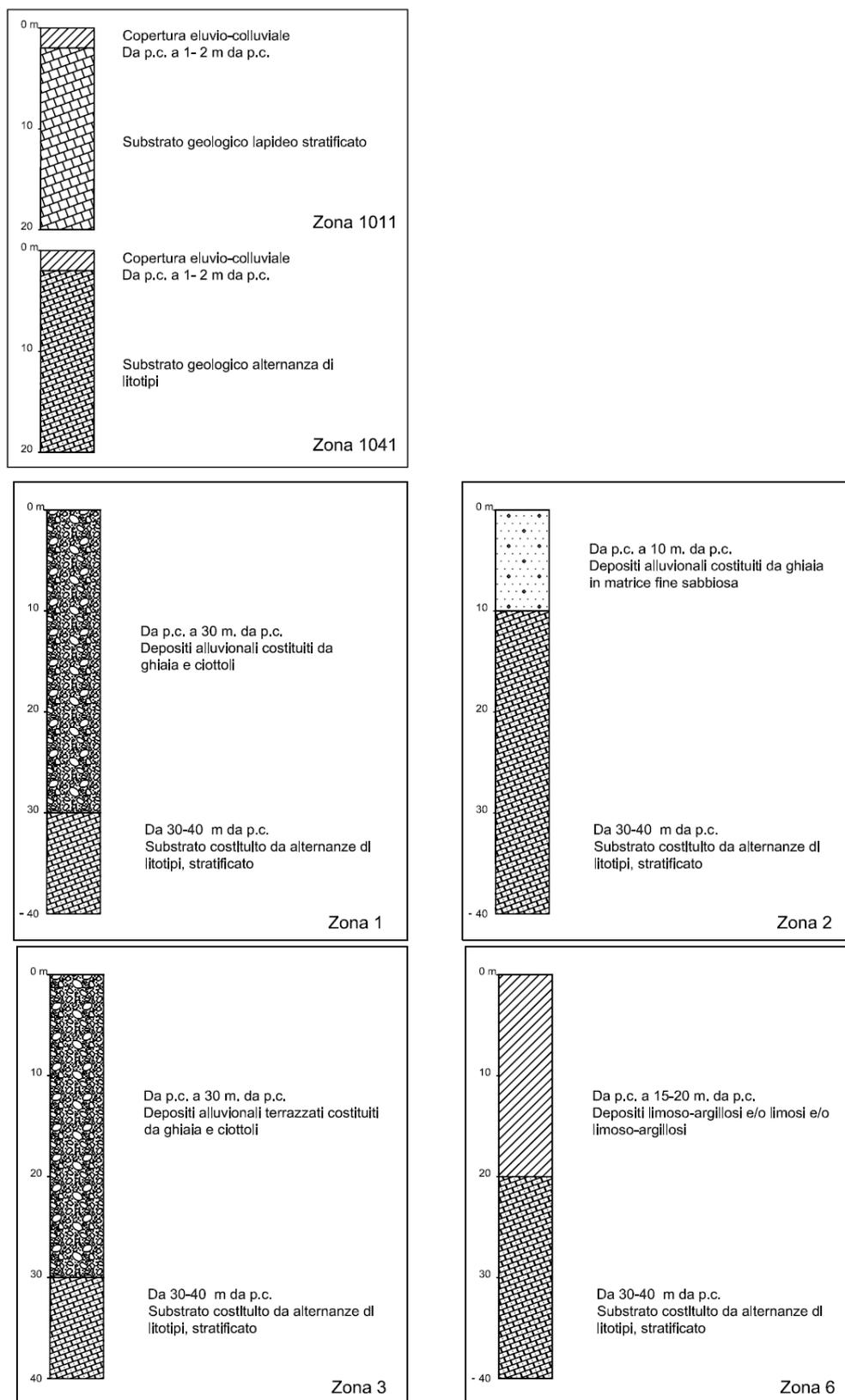


Figura 26 - Colonnine stratigrafiche Zone stabili e Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

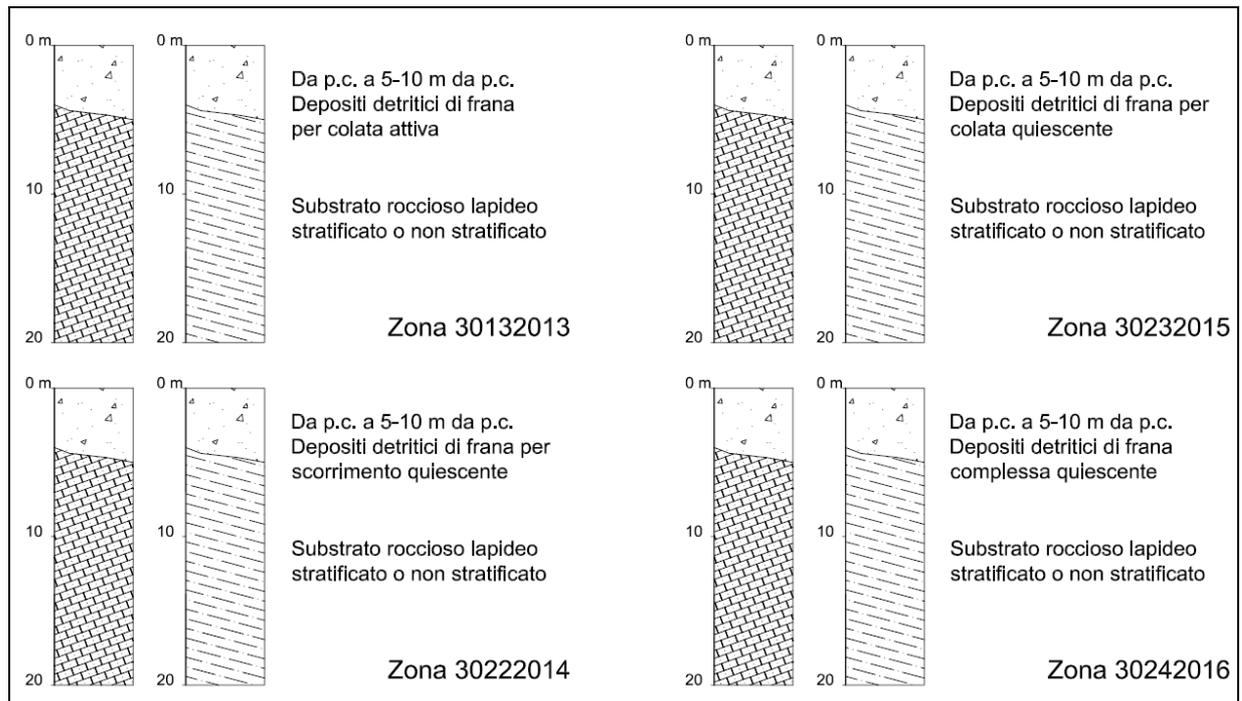


Figura 27 - Colonnine stratigrafiche Zone suscettibili di instabilità

## 11 - CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Gli elaborati conclusivi del presente studio sono rappresentati dalle Carte di microzonazione sismica, redatte alla scala 1:2.500, nelle quali sono rappresentate le amplificazioni sismiche stimate e gli spostamenti massimi attesi (FRT) calcolati per la frana oggetto di approfondimenti di III° Livello.

I fattori di amplificazione calcolati per le aree oggetto di studio di approfondimento di 3° livello sono rappresentati nelle varie cartografie allegare allo studio (Tavole 6-13), secondo gli intervalli indicati negli Standard di rappresentazione, considerando le classi di quantificazione indicati dalla DGR 630/2019, comprendenti :

- FA PGA relativa all'accelerazione massima al tempo T0
- FA SA1 - FA SA2 - FA SA 3 - FA SA 4 relativi ai quattro intervalli di integrazione dello spettro in accelerazione (0,1-0,5 s), (0,4-0,8 s), (0,7-1,1 s) e (0,5-1,5 s)
- FA SI1 – FA SI2 - FA SI3 relativi ai tre intervalli di integrazione dello spettro in velocità (0,1-0,5 s) , (0,5-1,0 s) e (0,5-1,5 s).

Come previsto dalla DGR 630/2019 è stata redatta la Carta della distribuzione dei valori di scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s<sup>2</sup>) secondo la seguente espressione :

$$H_{SM} = \frac{AS_{LUHS}}{\Delta T} \cdot FA$$

ove :

AS<sub>LUHS</sub> : integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per i vari intervalli di periodo previsti dalla DGR 630/2019

$\Delta T$  = intervallo di periodo

FA = fattore di amplificazione in accelerazione per i vari intervalli di periodo considerato

Gli intervalli di periodo considerati previsti dalla DGR 630/2019 sono di seguito indicati :

H<sub>SM</sub> : intervallo 0,1-0,5 s = 0,4 s

H<sub>0408</sub> : intervallo 0,4-08 s = 0,4 s

H<sub>0711</sub> : intervallo 07-11 s = 0,4 s

H<sub>0515</sub> : intervallo 0,5-1,5 s = 1 s



Figura 28 - Legenda fattori di amplificazione per zona di frana

Negli elaborati cartografici Tavola 7-14, per le aree non interessate dall'approfondimento di 3° livello, sono state rappresentate le valutazioni delle amplificazioni dedotte dallo Studio di Microzonazione Sismica di 2° livello.

Fiorenzuola d'Arda, 15-12-2019

**Studio Geologico Ambientale**

Dr. Geol. Gabriele Corbelli



# MICROZONAZIONE SISMICA

## Documentazione sondaggi geognostici

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Bettola



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Novembre 2019</p> <hr/> <p>Allegato :</p> <p>1</p>
--	---	---

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1

Pag: 1/2

Cantiere : Spongiola	Località : Bettola (PC)	Scala grafica : 1:50	Lunghezza perforazione : 16,0 m.
Data : 21-03-2019	Committente : Comune di Bettola	Metodo di perf. : carotaggio continuo a rotazione	Diametro foro : 101 mm Diametro rivestimento : 127 mm

Profondità da p.c. (m) :	Potenza dello strato (m)	Simbolo grafico:	Pocket (kg/cm2)	Vane test (kg/cm2):	Descrizione Litologica	Campioni		Falda		% di carotaggio:	RQD:	Standard		Penetration Test	Piezometro:
						Profondità di prelievo (m)	N. campione	Rinvenuta	Stabilizzata			n. colpt	prof. (m)		
0.30	0.30				Terreno vegetale										
0.5			6.0		Argilla limosa di colore nocciola con frammenti lapidei (arenaria)	2.50	S1-1								
1			5.0			2.62									
1.5															
2			6.0												
2.5						3.70	S1-2		3.70						
3			3.5		3.83										
3.5															
4	3.90														
4.20															
4.5			4.5		Argilla marnosa di colore grigio con frammenti lapidei (arenaria)										
5															
5.5	1.30														
6			4.9		Argilla limosa bruna con frammenti lapidei										
6.30	0.80														
6.5					Blocco di arenaria										
6.90	0.60														
7															
7.5					Argilla marnosa di colore grigio con frammenti lapidei (arenaria)										
7.70	0.80														
8															
8.5			3.5		Argilla limosa bruna con frammenti lapidei										
9			4.0												
9.5															
10															

Note:

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1

Pag: 2/2

Cantiere : Spongiola	Località : Bettola (PC)	Scala grafica : 1:50	Lunghezza perforazione : 16,0 m.
Data : 21-03-2019	Committente : Comune di Bettola	Metodo di perf.: carotaggio continuo a rotazione	Diametro foro: 101 mm Diametro rivestimento : 127 mm

Profondità da p.c. (m):	Potenza dello strato (m)	Simbolo grafico:	Pocket (kg/cm2)	Vane test (kg/cm2):	Descrizione Litologica	Campioni		Falda		% di carotaggio:	RQD:	Standard		Penetration Test	Piezometro:
						Profondità di prelievo (m)	N. campione	Rinvenuta	Stabilizzata			n. colpi	prof. (m)		
10.30	3.30				Argilla limosa bruna con frammenti lapidei										
10.5					Argilla limosa grigia con frammenti lapidei	10.50	S1-3								
11			4.0			11.00									
11.5	1.20				Limo argilloso bruno con frammenti lapidei										
11.80	0.30				Arenaria										
12	0.20				Arenaria										
12.5					Limo argilloso bruno alternato con argilla grigia con frammenti litoidi										
13	1.00				Arenaria										
13.40	0.40				Arenaria										
13.5					Argilla grigia										
14			3.5		Argilla grigia										
14.30	0.90				Arenaria										
14.40	0.10				Arenaria										
14.5					Argilla marnosa grigia										
15					Argilla marnosa grigia										
15.30	0.90				Argilla marnosa colore bruno-grigio										
15.5					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
16					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
16.5					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
17					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
17.5					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
18					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
18.5					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
19					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
19.5					Argilla marnosa colore bruno-grigio										
20					Argilla marnosa colore bruno-grigio										

Note:



S1 - Cassetta 1 – Profondità 0,0 – 5,0 m.



S1 - Cassetta 2 – Profondità 5,0 – 10,0 m.



S1 - Cassetta 3 – Profondità 10,0 – 15,0 m.



S1 - Cassetta 4 – Profondità 15,0 – 19,0 m.

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2

Pag: 1/2

Cantiere: Spongiola	Località : Bettola (PC)	Scala grafica: 1:50	Lunghezza perforazione: 15,0 m.
Data : 22-03-2019	Committente : Comune di Bettola	Metodo di perf.: carotaggio continuo a rotazione	Diametro foro: 101 mm Diametro rivestimento : 127 mm

Profondità da p.c. (m):	Potenza dello strato (m)	Simbolo grafico:	Pocket (kg/cm2)	Vane test (kg/cm2):	Descrizione Litologica	Campioni		Falda		% di carotaggio:	RQD:	Standard		Penetration Test	Piezometro:
						Profondità di prelievo (m)	N. campione	Rinvenuta	Stabilizzata			n. colpi	prof. (m)		
0.5	0.60				Terreno vegetale										
1	0.90		3.5 3.0		Argilla limosa di colore nocciola con frammenti lapidei (arenaria) prevalenti										
2	0.90		3.2		Argilla limosa di colore nocciola con frammenti lapidei (arenaria)	1.75 2.00	S2-1								
3	2.00		6.0 5.9		Argilla limosa di colore nocciola con frammenti lapidei (arenaria)			3.00							
4			7.0		Argilla limosa di colore grigio con screziature marroni, con frammenti lapidei (arenaria)	4.60 4.90	S2-2								
5.5	2.10				Blocco di arenaria										
5.80	0.20		5.50		Argilla limosa bruna con frammenti lapidei										
6.5	0.70				Blocco di arenaria										
7	0.90				Blocco di arenaria										
7.40	0.90				Argilla limosa grigia con screziature brune										
8			4.0		Argilla limosa grigia con screziature brune										
8.5	1.30				Argilla marnosa grigia										
9			>6.0		Argilla marnosa grigia										
9.5					Argilla marnosa grigia										
10					Argilla marnosa grigia	9.80	S2-3								

Note:

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2

Pag: 2/2

Cantiere : Spongiola	Località : Bettola (PC)	Scala grafica : 1:50	Lunghezza perforazione : 15,0 m.
Data : 22-03-2019	Committente : Comune di Bettola	Metodo di perf. : carotaggio continuo a rotazione	Diametro foro : 101 mm Diametro rivestimento : 127 mm

Profondità da p.c. (m):	Potenza dello strato (m)	Simbolo grafico:	Pocket (kg/cm2)	Vane test (kg/cm2):	Descrizione Litologica	Campioni		Falda		% di carotaggio:	RQD:	Standard		Penetration Test	Piezometro:
						Profondità di prelievo (m)	N. campione	Rinvenuta	Stabilizzata			n. colpi	prof. (m)		
10.5					Argilla marnosa grigia	10,3	S2-3								
11															
11.5															
12															
12.5															
13															
13.5															
14															
14.5															
15	6.60														
15.5															
16															
16.5															
17															
17.5															
18															
18.5															
19															
19.5															
20															

Note:



S2 - Cassetta 1 – Profondità 0,0 – 5,0 m.



S2 - Cassetta 2 – Profondità 5,0 – 10,0 m.



S2 - Cassetta 3 – Profondità 10,0 – 15,0 m.

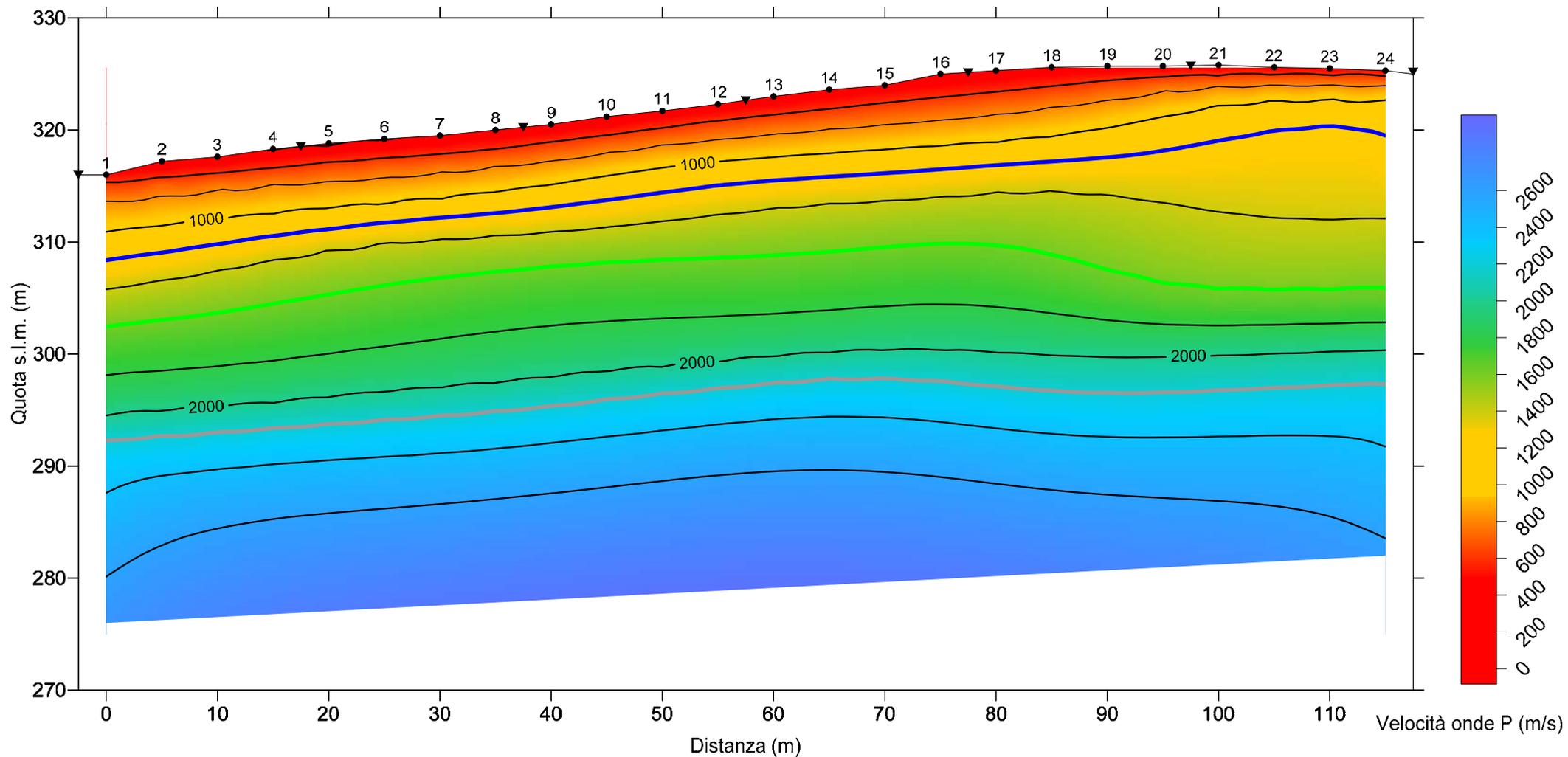
# MICROZONAZIONE SISMICA

## Documentazione prospezioni sismiche

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Bettola



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Novembre 2019</p> <hr/> <p>Allegato :</p> <p>2</p>
--	---	---



▼ Punti di energizzazione

• Ubicazione geofoni



Base unità A1



Base unità A2



Base unità B



**Studio Geologico Ambientale**  
 Dr. Geol. GABRIELE CORBELLI  
 Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)  
 Tel. 0523-944096 Fax 0523-944096  
 Email. geo.corbelli@tiscali.it

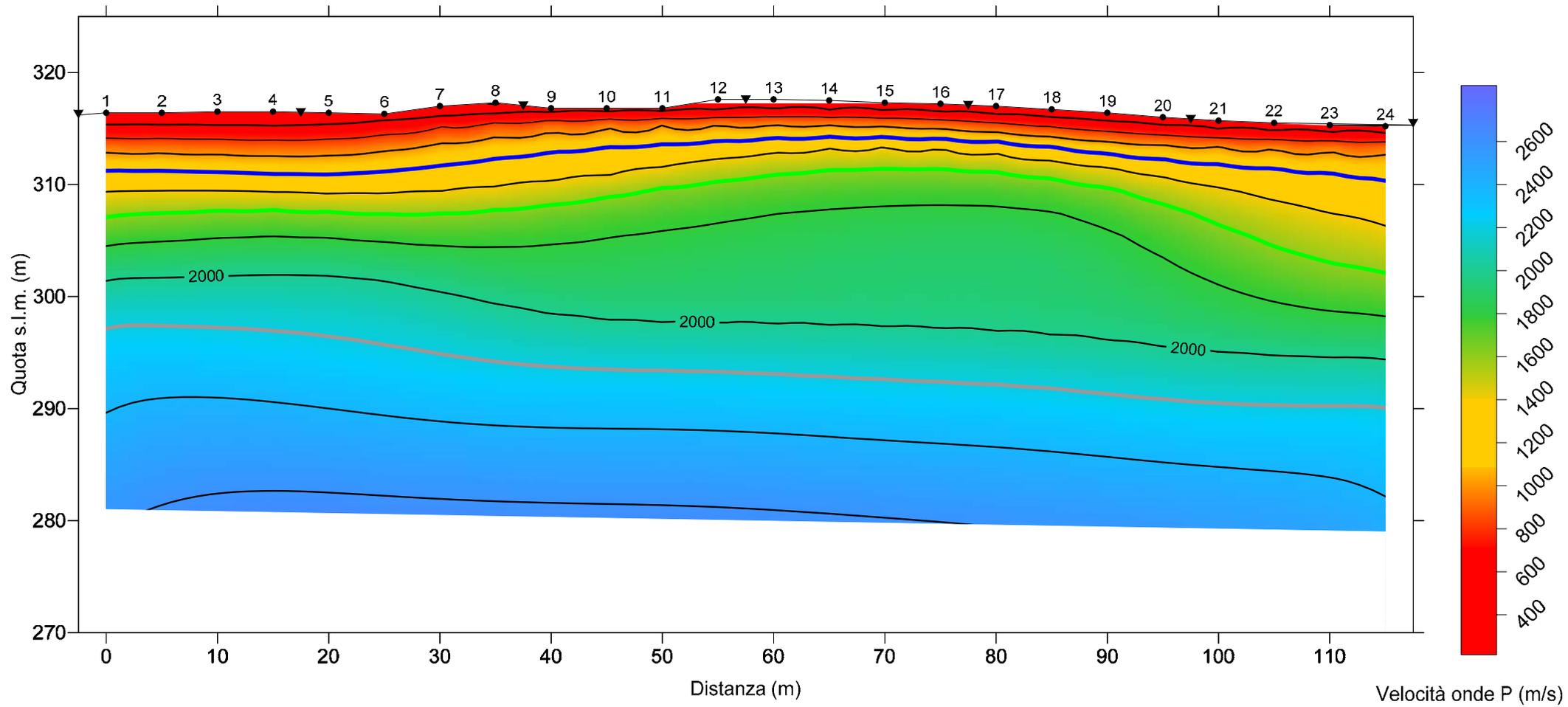
**TOMOGRAFIA SISMICA**

**Stendimento : L1**

Località : Spongiola - Bettola

Data : 21/03/2019

Scala 1:500



▼ Punti di energizzazione  
 • Ubicazione geofoni



Base unità A1



Base unità A2



Base unità B

 **Studio Geologico Ambientale**  
 Dr. Geol. GABRIELE CORBELLI  
 Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)  
 Tel. 0523-944096 Fax 0523-944096  
 Email. geo.corbelli@tiscali.it

**TOMOGRAFIA SISMICA**

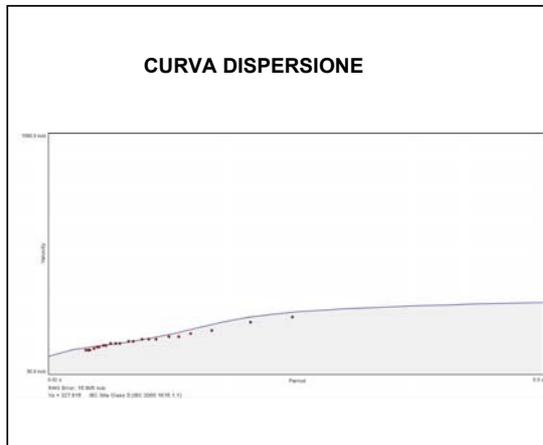
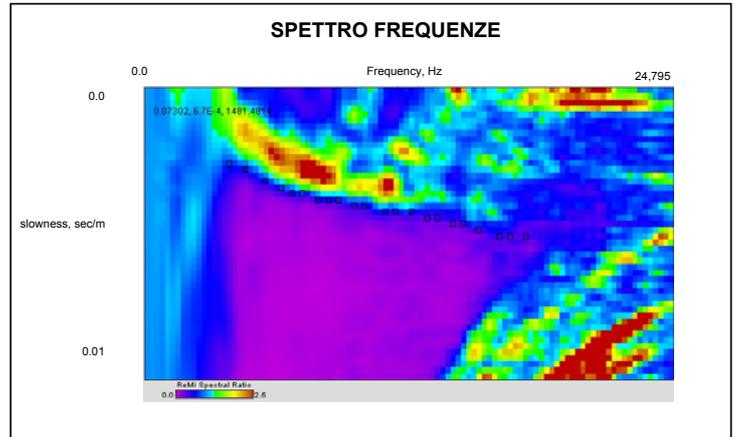
**Stendimento : L2**

Località : Spongiola - Bettola  
 Data : 21/03/2019      Scala 1:500

# MICROTREMOR REFRACTION (Re.Mi.)

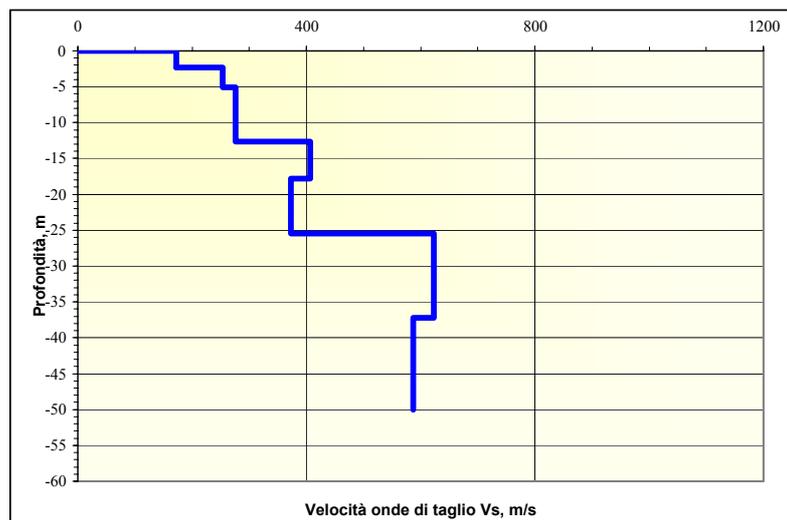
# REMI\_L49

Cantiere : Spongiola  
 Località : Bettola



### MODELLO DIRETTO OTTIMIZZATO

Depth (m)	Density (g/cc)	Shear Velocity (m/s)
0 - 2.291 m	2.0	172
2.291 - 5.086 m	2.0	253
5.086 - 12.688 m	2.0	277
12.688 - 17.729 m	2.0	407
17.729 - 25.472 m	2.0	373
25.472 - 37.197 m	2.0	624
37.197 - 50.0 m	2.0	587

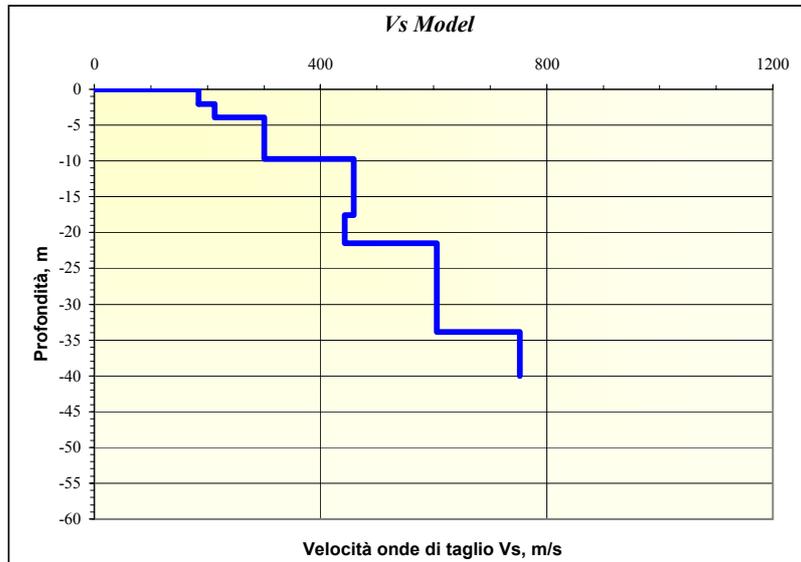
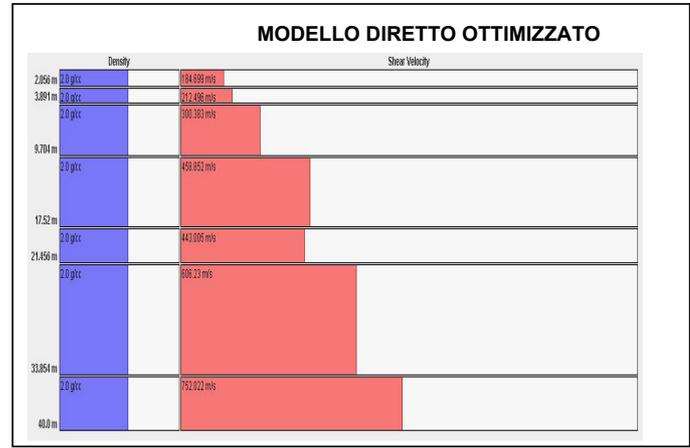
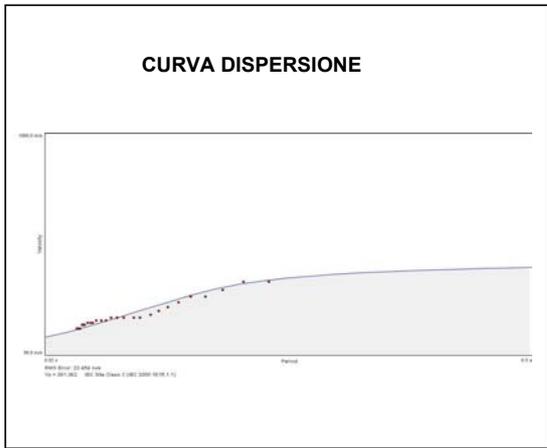
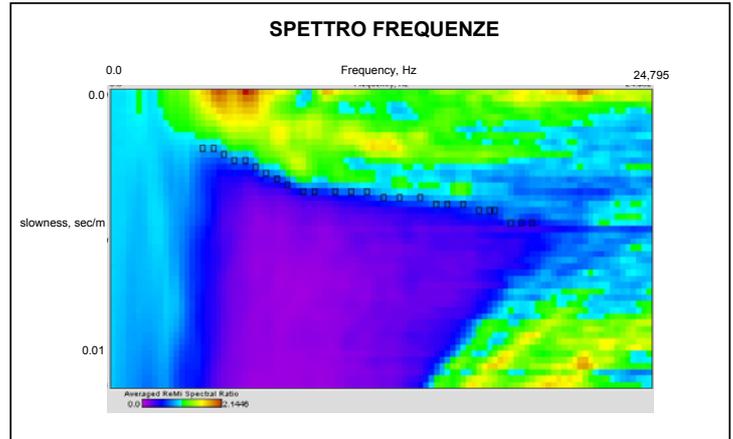


Profond. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
0	2,3	2,3
2,3	5,1	2,8
5,1	12,7	7,6
12,7	17,8	5,1
17,8	25,4	7,6
25,4	37,2	11,8
37,2	50	12,8

# MICROTREMOR REFRACTION (Re.Mi.)

# REMI\_L50

Cantiere : Spongiola  
 Località : Bettola



Profond. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
0	2,1	185
2,1	3,9	212
3,9	9,7	300
9,7	17,5	459
17,5	21,5	443
21,5	33,9	606
33,9	40	752

# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P174

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73644

Y : 4974878

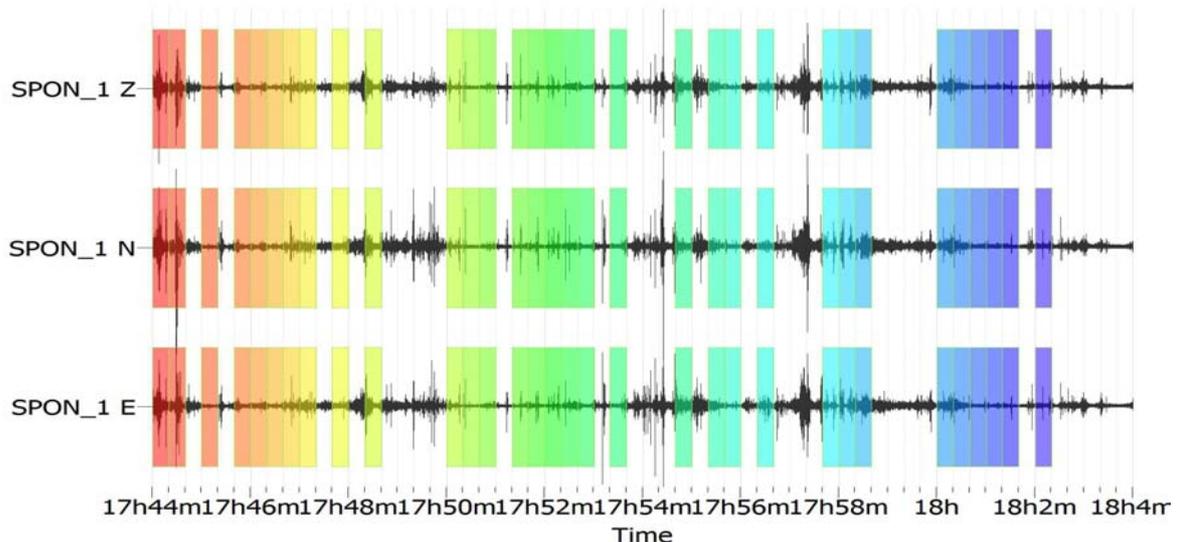
Quota m slm 322

## PARAMETRI ACQUISIZIONE

Strumentazione	Echo-Tromo 3 - Ambrogeo
f campionamento	155 Hz
durata	1200 s

## PARAMETRI ELABORAZIONE

durata totale analizzata	1200 s
durata finestre	20 s
n° finestre	60
overlap	0
n° finestre selezionate	32
n° finestre incluse nel calcolo	32
smoothing type	Konno & Ohmachi
smoothing constant	10
intervallo f	0,5-20 Hz



# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P174

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

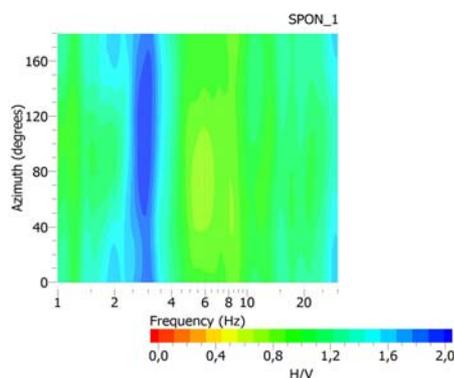
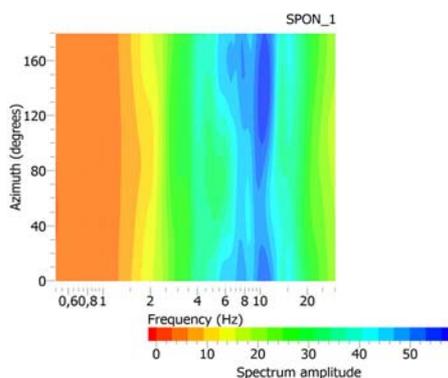
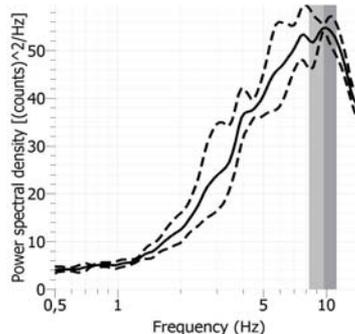
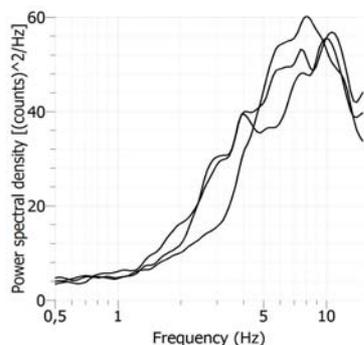
Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73644

Y : 4974878

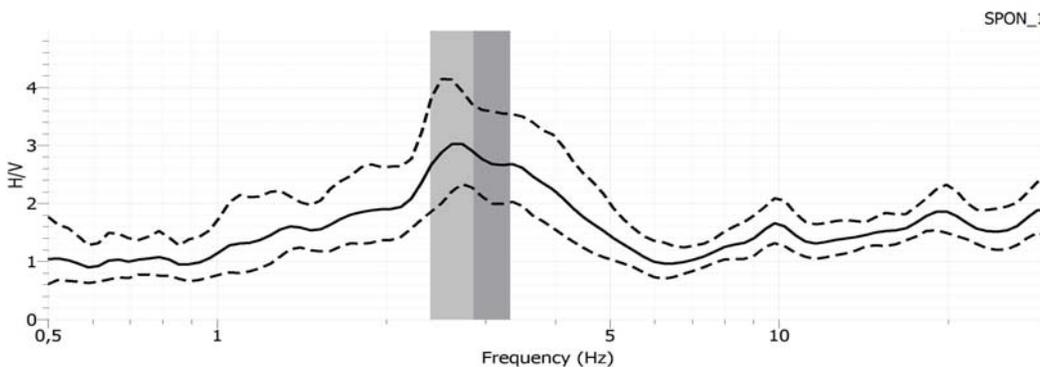
Quota m slm 322

Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della direzionalità spettri

Mappa della direzionalità del rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

<b>Frequenza del picco del rapporto H/V:</b>	<b>2,01 Hz ±0,37 Hz</b>
<b>Ampiezza del picco del rapporto H/V :</b>	<b>2,94</b>

CRITERI SESAME

1) $f_0 > 10/lw$	OK
2) $nc(f_0) > 200$	OK
3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
4) esiste $f - \epsilon [f_0/4, f_0]   AH/V(f-) < A_0/2$	OK
5) esiste $f+ \epsilon [f_0, 4 \cdot f_0]   AH/V(f+) < A_0/2$	OK
6) $A_0 > 2$	OK
7) $f_{\text{picco}} [AH/V(f) + \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
8) $\sigma_f < \epsilon(f)$	OK
9) $\sigma_A < \theta(f)$	OK

# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P175

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73563

Y : 4974756

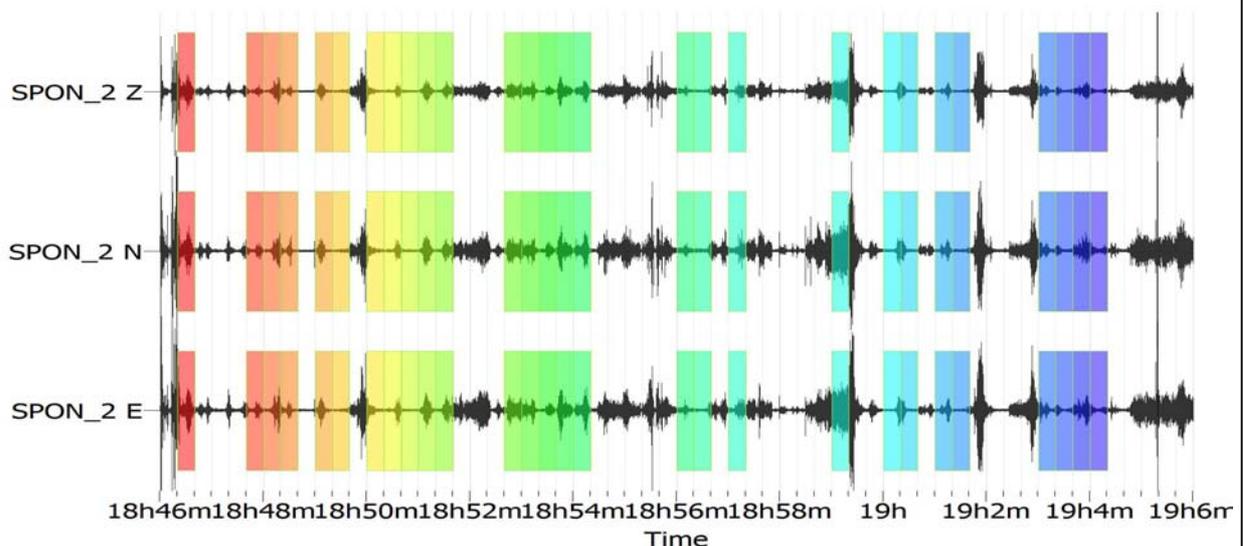
Quota m slm 317

## PARAMETRI ACQUISIZIONE

Strumentazione	Echo-Tromo 3 - Ambrogeo
f campionamento	155 Hz
durata	1200 s

## PARAMETRI ELABORAZIONE

durata totale analizzata	1200 s
durata finestre	20 s
n° finestre	60
overlap	0
n° finestre selezionate	27
n° finestre incluse nel calcolo	27
smoothing type	Konno & Ohmachi
smoothing constant	10
intervallo f	0,5-20 Hz



# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P175

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

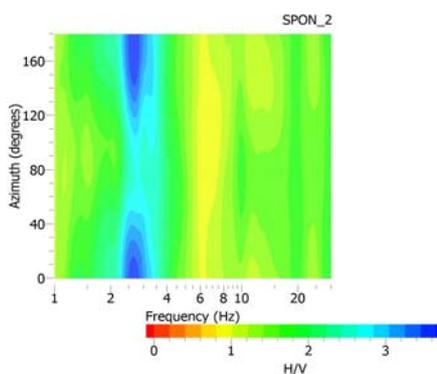
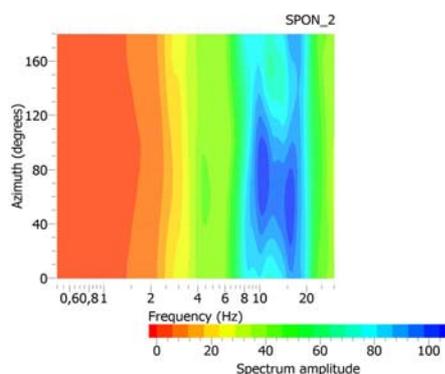
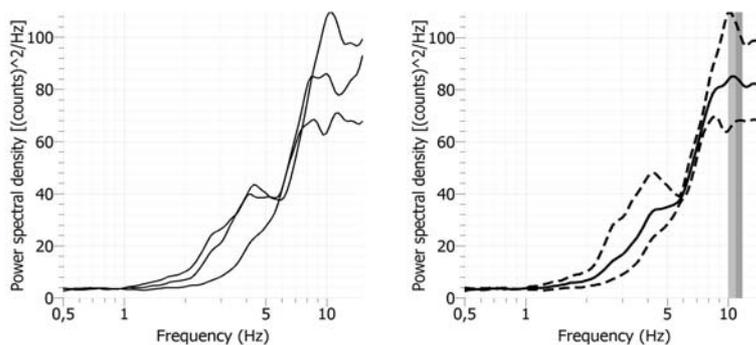
Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73563

Y : 4974756

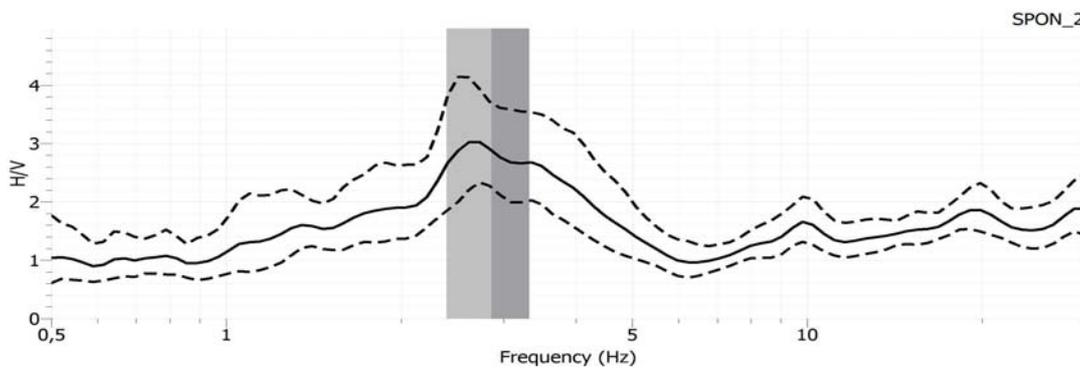
Quota m slm 317,00

Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della direzionalità spettri

Mappa della direzionalità del rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

<b>Frequenza del picco del rapporto H/V:</b>	<b>2,83 Hz ±0,45 Hz</b>
<b>Ampiezza del picco del rapporto H/V :</b>	<b>2,95</b>

### CRITERI SESAME

1) $f_0 > 10/lw$	OK
2) $nc(f_0) > 200$	OK
3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
4) esiste $f - \epsilon [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$	OK
5) esiste $f + \epsilon [f_0, 4 \cdot f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$	OK
6) $A_0 > 2$	OK
7) $f_{\text{picco}} [AH/V(f) + \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
8) $\sigma_f < \epsilon(f)$	OK
9) $\sigma_A < \theta(f)$	OK

# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P176

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73809

Y : 4974640

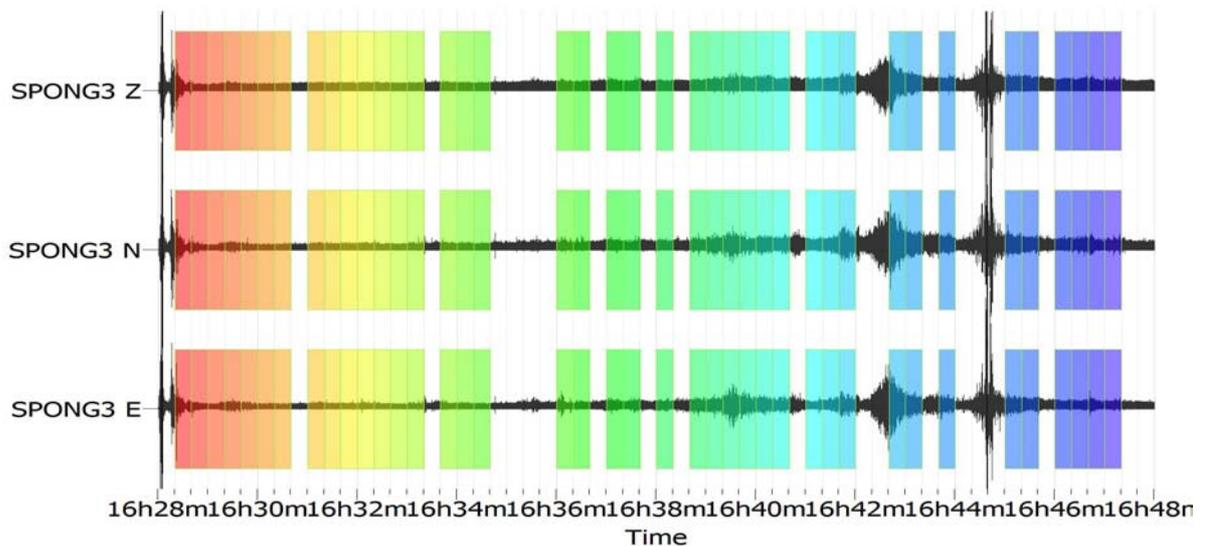
Quota m slm 368

## PARAMETRI ACQUISIZIONE

Strumentazione	Echo-Tromo 3 - Ambrogeo
f campionamento	155 Hz
durata	1200 s

## PARAMETRI ELABORAZIONE

durata totale analizzata	1200 s
durata finestre	20 s
n° finestre	60
overlap	0
n° finestre selezionate	40
n° finestre incluse nel calcolo	40
smoothing type	Konno & Ohmachi
smoothing constant	10
intervallo f	0,5-20 Hz



# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P176

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

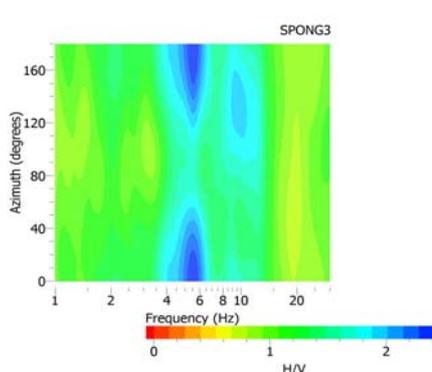
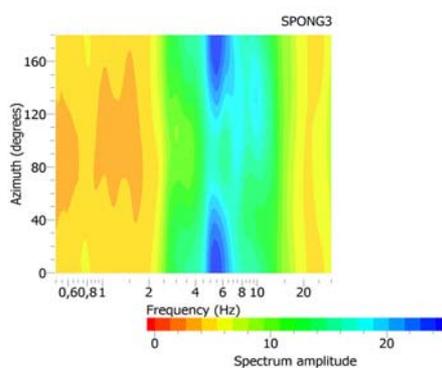
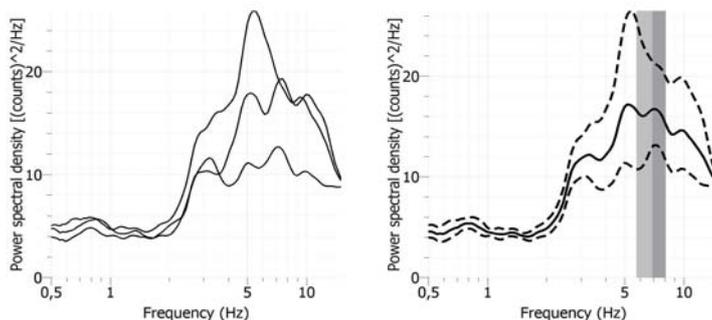
Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73809

Y : 4974640

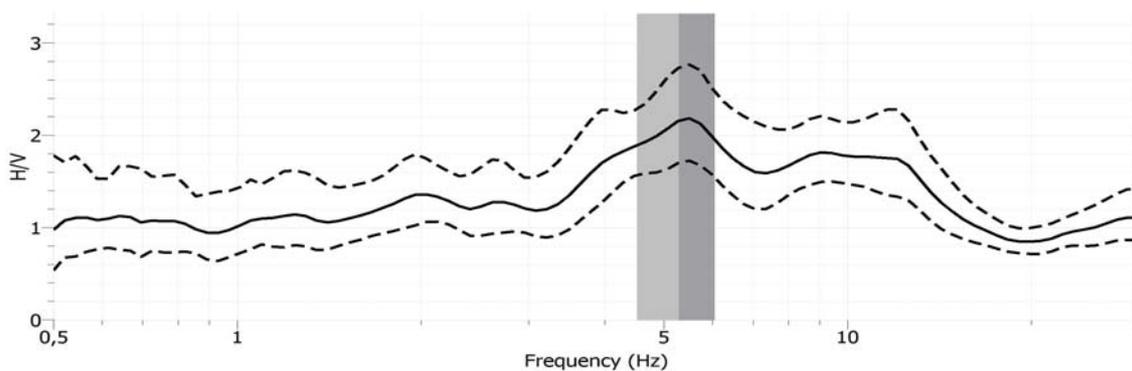
Quota m slm 368

Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della direzionalità spettri

Mappa della direzionalità del rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

<b>Frequenza del picco del rapporto H/V:</b>	<b>5,28 Hz ±0,77 Hz</b>
<b>Ampiezza del picco del rapporto H/V :</b>	<b>2,15</b>

CRITERI SESAME

1) $f_0 > 10/lw$	OK
2) $nc(f_0) > 200$	OK
3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
4) esiste $f - \epsilon [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$	NO
5) esiste $f + \epsilon [f_0, 4 \cdot f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$	NO
6) $A_0 > 2$	OK
7) $f_{\text{picco}} [AH/V(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
8) $\sigma_f < \epsilon(f)$	OK
9) $\sigma_A < \theta(f)$	OK

# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P177

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73657

Y : 4974766

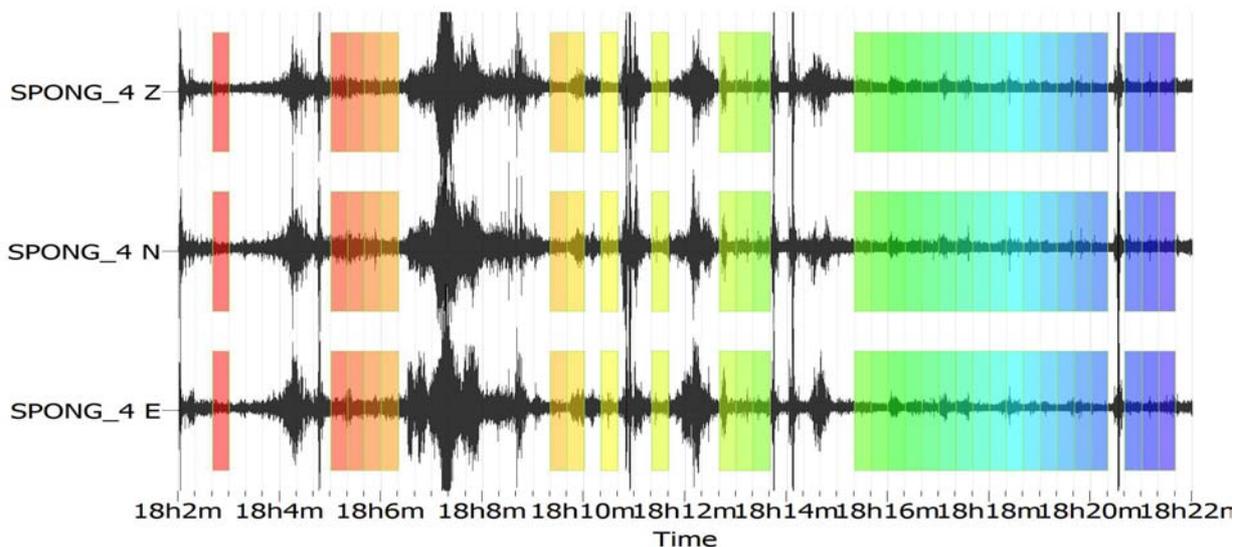
Quota m slm 330

## PARAMETRI ACQUISIZIONE

Strumentazione	Echo-Tromo 3 - Ambrogeo
f campionamento	155 Hz
durata	1200 s

## PARAMETRI ELABORAZIONE

durata totale analizzata	1200 s
durata finestre	20 s
n° finestre	60
overlap	0
n° finestre selezionate	30
n° finestre incluse nel calcolo	30
smoothing type	Konno & Ohmachi
smoothing constant	10
intervallo f	0,5-20 Hz



# INDAGINE SISMICA PASSIVA (Nakamura)

# HVSR\_P177

Cantiere : Comune di Bettola - Studio di Microzonazione Sismica 3° livello

Località : Spongiola

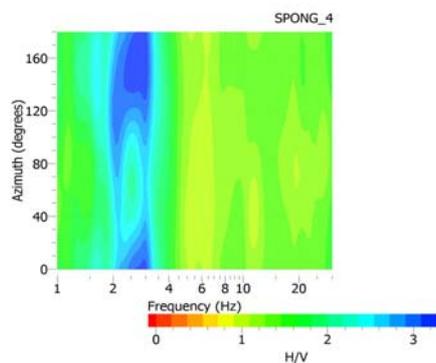
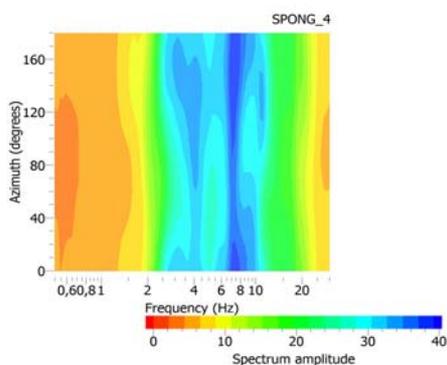
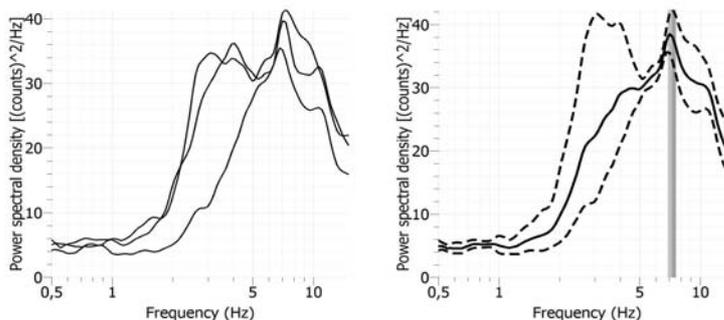
Coordinate WG84 UTM 33N

X : 73657

Y : 4974766

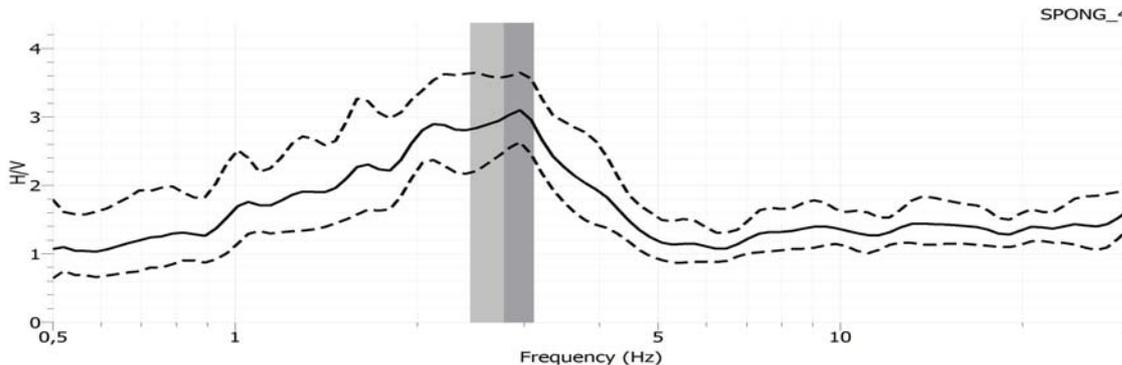
Quota m slm 330

Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della direzionalità spettri

Mappa della direzionalità del rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

<b>Frequenza del picco del rapporto H/V:</b>	<b>2,78 Hz ±0,33 Hz</b>
<b>Ampiezza del picco del rapporto H/V :</b>	<b>2,98</b>

CRITERI SESAME

1) $f_0 > 10/lw$	OK
2) $nc(f_0) > 200$	OK
3) $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
4) esiste $f - \epsilon [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$	NO
5) esiste $f+ \epsilon [f_0, 4 \cdot f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$	OK
6) $A_0 > 2$	OK
7) $f_{\text{picco}} [AH/V(f) + \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
8) $\sigma_f < \epsilon(f)$	OK
9) $\sigma_A < \theta(f)$	OK

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Certificati analisi di laboratorio

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Bettola



Regione REGIONE EMILIA-ROMAGNA	Soggetto realizzatore  Studio Geologico Ambientale Dr.Geol. Gabriele Corbelli	Data Novembre 2019
		Allegato : 3

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**  
CANTIERE: **Spongiola**  
CAMPIONE: **S111** m **2.50 - 2.62**  
COMMESSA: 19142/19  
VERBALE ACC.: vgf 046/19  
DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 2.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 7 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1													
	300	-	DESCRIZIONE: Limo argilloso marrone grigiastro													
			<table> <tr><td>W naturale (%)</td><td>20.4</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> naturale (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.00</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> secco (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.66</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> immerso (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.05</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>39</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.63</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>88</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.700</td></tr> </table>	W naturale (%)	20.4	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.00	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.66	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05	porosità (%)	39	indice dei vuoti	0.63	grado di saturazione (%)
W naturale (%)	20.4															
$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.00															
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.66															
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05															
porosità (%)	39															
indice dei vuoti	0.63															
grado di saturazione (%)	88															
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700															
			<b>PROVE ESEGUITE</b> Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura - Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto SI Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -													
			NOTE: -													
basso 2.62																

Io Sperimentatore  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S111 m 2.50 - 2.62**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

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

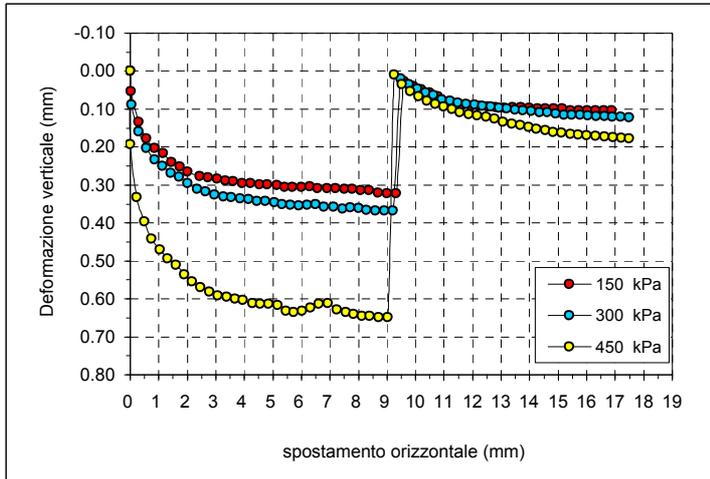
Macchina: CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital

Prova: CONSOLIDATA DRENATA

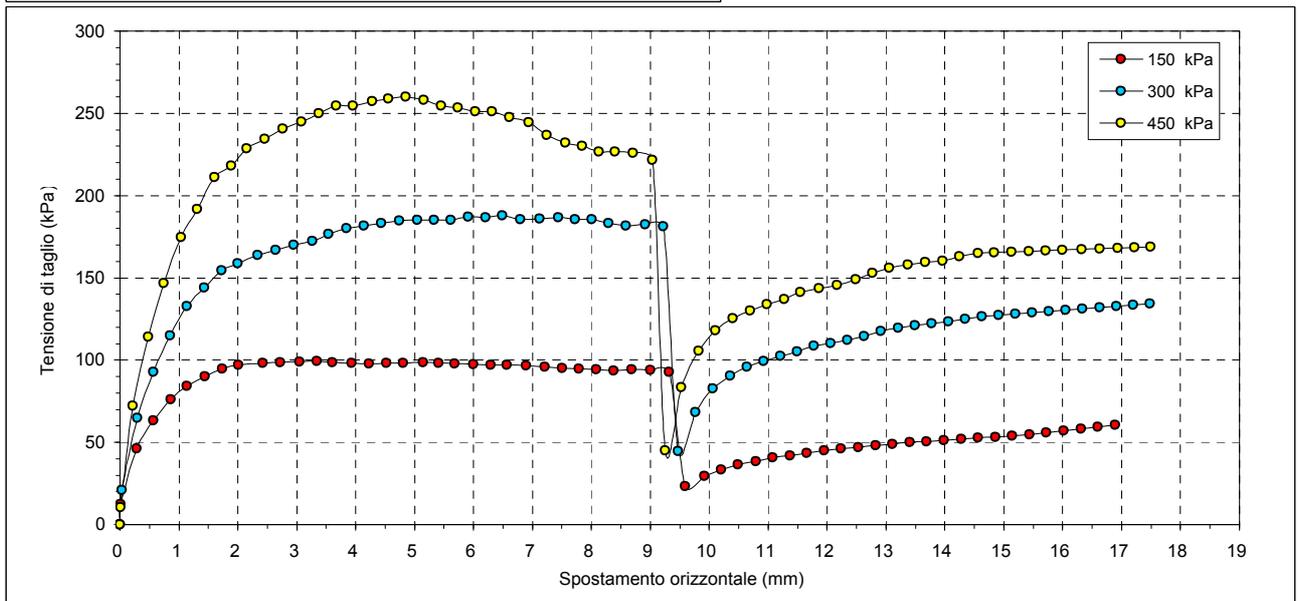
Dimensioni provino:  $\phi \times h = 60 \times 20$  mm

Velocità prova: 0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo argilloso marrone grigiastro



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	150	300	450
W ini (%)	20.1	20.6	20.1
$\gamma$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.98	2.01	2.01
$\gamma_d$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.65	1.67	1.67
S ini (%)	86	90	88
W fin (%)	23.8	21.4	19.9
$\gamma$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	2.03	2.08	2.10
$\gamma_d$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.64	1.71	1.75
S fin (%)	99	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700 (stimato)		
H fine cons (mm)	19.694	19.548	19.340



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiola

CAMPIONE: S111 m 2.50 - 2.62

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1 150 kPa			PROVINO 2 300 kPa			PROVINO 3 450 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.012	12.379	0.053	0.034	20.973	0.088	0.008	10.398	0.192
0.284	46.013	0.133	0.297	64.864	0.159	0.217	72.150	0.332
0.567	63.379	0.178	0.570	92.911	0.203	0.486	113.955	0.396
0.861	76.041	0.203	0.853	114.945	0.233	0.748	146.741	0.442
1.140	84.281	0.217	1.136	132.735	0.250	1.037	174.716	0.470
1.438	89.869	0.239	1.431	144.053	0.268	1.311	191.799	0.494
1.732	94.821	0.251	1.722	154.451	0.279	1.603	211.287	0.511
2.008	96.872	0.265	2.000	158.695	0.296	1.885	218.077	0.536
2.429	98.004	0.276	2.339	163.965	0.310	2.156	228.404	0.555
2.724	98.605	0.280	2.649	166.829	0.317	2.457	234.240	0.570
3.048	99.100	0.284	2.955	169.871	0.325	2.768	240.430	0.582
3.338	99.242	0.289	3.263	172.488	0.330	3.076	244.815	0.591
3.609	98.393	0.291	3.545	176.732	0.333	3.376	250.120	0.594
3.936	98.039	0.295	3.848	179.915	0.336	3.674	254.647	0.600
4.223	97.862	0.296	4.141	181.578	0.337	3.954	254.647	0.604
4.526	98.075	0.298	4.436	183.275	0.342	4.278	257.123	0.612
4.811	98.145	0.298	4.738	184.690	0.343	4.555	258.962	0.613
5.144	98.428	0.301	5.052	185.150	0.345	4.846	259.846	0.613
5.411	98.181	0.305	5.331	184.938	0.351	5.159	258.043	0.616
5.686	97.862	0.305	5.620	184.938	0.353	5.454	254.435	0.632
5.997	97.296	0.305	5.914	186.954	0.354	5.735	253.516	0.635
6.294	97.190	0.304	6.206	186.529	0.353	6.033	251.040	0.632
6.567	97.190	0.308	6.495	187.908	0.351	6.312	251.040	0.624
6.896	96.448	0.309	6.796	185.574	0.357	6.611	247.645	0.614
7.209	95.670	0.309	7.125	185.822	0.358	6.933	244.461	0.611
7.509	94.927	0.311	7.437	186.529	0.362	7.241	236.574	0.629
7.793	94.609	0.311	7.723	185.610	0.360	7.560	232.047	0.635
8.086	94.149	0.313	8.004	185.610	0.361	7.841	230.031	0.641
8.375	93.583	0.314	8.288	183.346	0.366	8.128	226.778	0.645
8.688	94.184	0.321	8.592	181.542	0.368	8.404	226.530	0.646
9.006	93.866	0.322	8.918	182.214	0.368	8.711	225.681	0.648
9.320	92.876	0.322	9.216	181.083	0.368	9.035	221.791	0.649
9.597	23.272	0.026	9.472	44.599	0.019	9.258	44.917	0.009
9.919	29.391	0.040	9.772	68.472	0.034	9.529	83.538	0.034
10.210	33.529	0.048	10.066	82.654	0.047	9.824	105.643	0.053
10.493	36.464	0.057	10.354	90.541	0.056	10.110	117.810	0.067
10.791	38.586	0.066	10.639	95.740	0.064	10.397	125.202	0.079
11.079	40.637	0.085	10.924	99.454	0.075	10.696	129.976	0.087
11.370	41.734	0.088	11.209	102.496	0.079	10.985	133.973	0.093
11.660	43.573	0.088	11.494	105.219	0.083	11.277	137.085	0.101
11.951	44.988	0.091	11.779	108.579	0.086	11.554	141.400	0.108
12.241	46.119	0.091	12.064	110.100	0.088	11.861	143.416	0.114
12.532	46.898	0.094	12.349	111.974	0.092	12.171	145.679	0.117
12.822	48.171	0.095	12.634	114.521	0.094	12.487	148.898	0.121
13.113	49.090	0.096	12.919	117.633	0.096	12.777	152.930	0.126
13.403	50.081	0.095	13.204	119.684	0.099	13.060	155.971	0.133
13.694	50.647	0.095	13.489	121.276	0.102	13.371	157.881	0.139
13.984	51.212	0.097	13.774	122.443	0.104	13.667	159.650	0.142
14.275	52.097	0.098	14.059	123.433	0.106	13.959	160.357	0.147
14.565	52.698	0.098	14.344	125.095	0.108	14.244	163.151	0.152
14.856	53.122	0.098	14.629	126.546	0.109	14.560	165.132	0.155
15.146	53.830	0.099	14.914	127.218	0.112	14.834	165.485	0.161
15.437	54.820	0.103	15.199	127.890	0.115	15.127	165.804	0.163
15.727	56.022	0.103	15.484	128.703	0.116	15.428	166.157	0.165
16.018	57.190	0.103	15.769	129.481	0.116	15.711	166.511	0.167
16.308	58.357	0.103	16.054	130.295	0.117	15.998	166.865	0.169
16.599	59.524	0.103	16.339	131.073	0.118	16.323	167.218	0.171
16.889	60.691	0.103	16.624	131.886	0.119	16.628	167.572	0.172
			16.909	132.664	0.120	16.934	167.926	0.174
			17.194	133.478	0.121	17.217	168.279	0.176
			17.479	134.256	0.122	17.496	168.633	0.178

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo RomagnoliLo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiola

CAMPIONE: S111 m 2.50 - 2.62

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

**Consolidazione Provino 1**

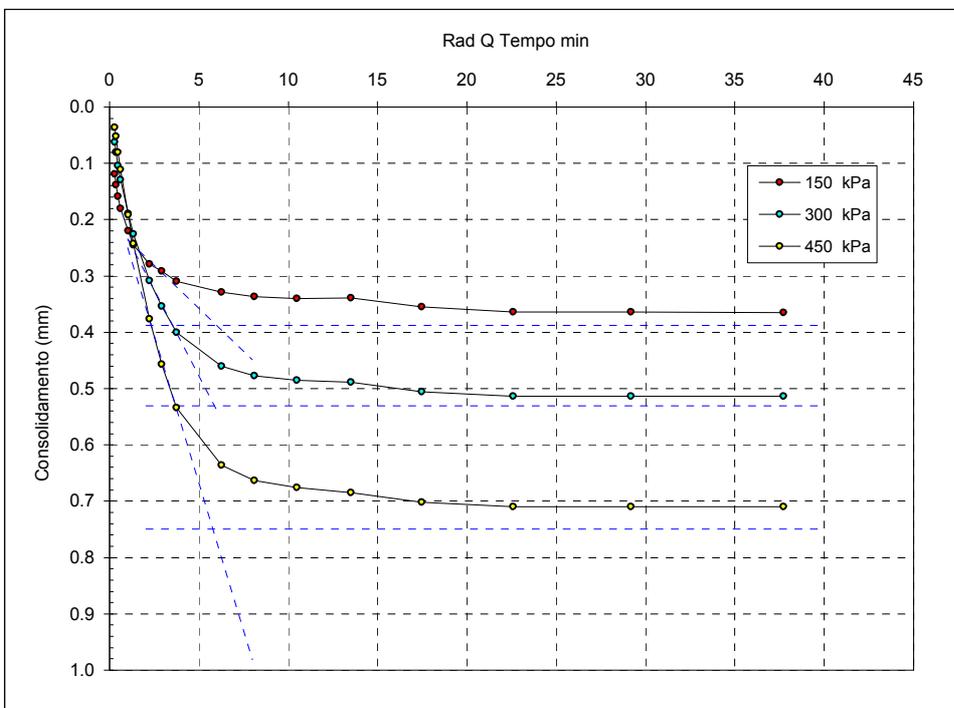
150 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.119
0.14	0.138
0.23	0.158
0.39	0.180
1.08	0.220
1.81	0.245
5.05	0.279
8.44	0.291
14.09	0.309
39.29	0.329
65.61	0.337
109.58	0.340
182.98	0.339
305.58	0.355
510.33	0.364
852.27	0.365
1423.30	0.365

**Consolidazione Provino 2**

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.063
0.14	0.080
0.23	0.104
0.39	0.130
1.08	0.189
1.81	0.226
5.05	0.308
8.44	0.354
14.09	0.401
39.29	0.460
65.61	0.478
109.58	0.485
182.98	0.489
305.58	0.506
510.33	0.514
852.27	0.514
1423.30	0.514

**Consolidazione Provino 3**

450 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.036
0.14	0.053
0.23	0.081
0.39	0.111
1.08	0.192
1.81	0.243
5.05	0.376
8.44	0.457
14.09	0.534
39.29	0.636
65.61	0.663
109.58	0.675
182.98	0.684
305.58	0.702
510.33	0.710
852.27	0.709
1423.30	0.709



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

Provino 1

36.0

Provino 2

34.2

Provino 3

33.4

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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



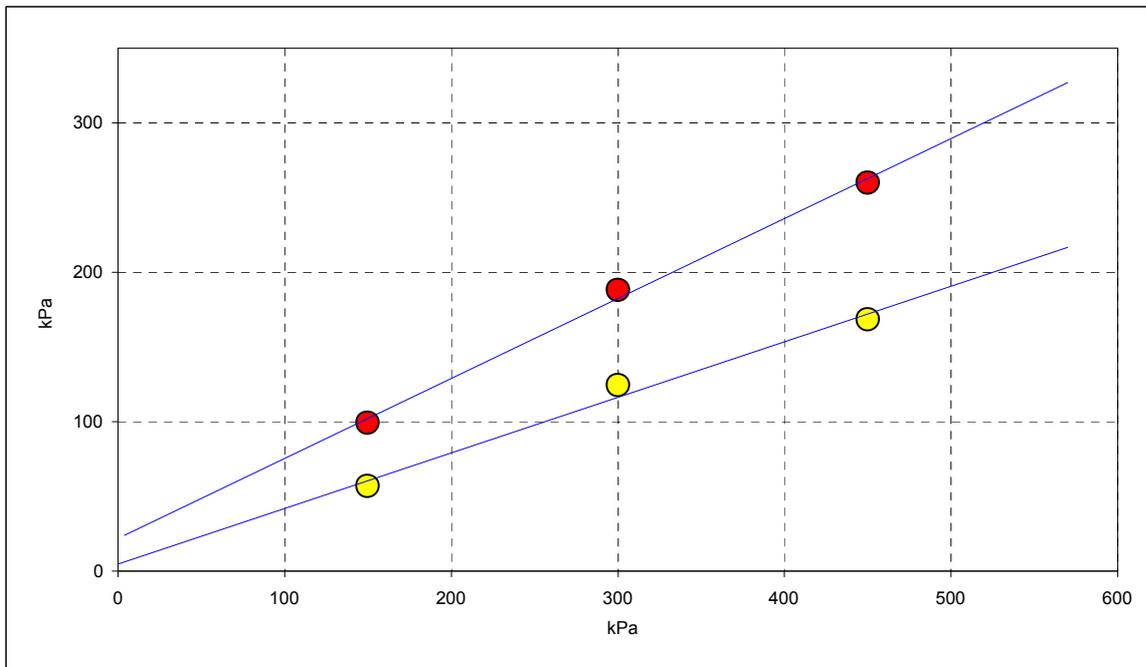
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

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

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S111		
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	43557

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

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	150	300	450
Tensione di taglio PICCO (kPa)	99.24	187.91	259.85
Tensione di taglio RESIDUO (kPa)	56.69	124.20	168.28
<b>VALORI DI PICCO</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>21.73 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 28°</b>
<b>VALORI RESIDUI</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>4.81 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 20°</b>



**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

**SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE**COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**CANTIERE: **Spongiola**CAMPIONE: **S112 m 3.70 - 3.83**

COMMESSA: 19142/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19

DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 3.70	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 13 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	200	-	DESCRIZIONE: Limo argilloso con frammenti lapidei debolmente sabbioso marrone grigiastro
			W naturale (%) 19.0
			$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.96
			$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.65
			$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> ) 1.04
			porosità (%) 39
			indice dei vuoti 0.64
			grado di saturazione (%) 80
			massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> ) 2.700
			PROVE ESEGUITE
Umidià Naturale - Trassiale UU -			
Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -			
Gran. Setacciatura SI Edometria -			
Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto -			
Peso di Volume - Espansione L.L. -			
Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -			
Analisi Chimica - Colonna Risonante -			
			Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -
3.83 basso			

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geo. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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



**LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S112** m **3.70 - 3.83**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: GF1902761 rev.00 del: 07/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

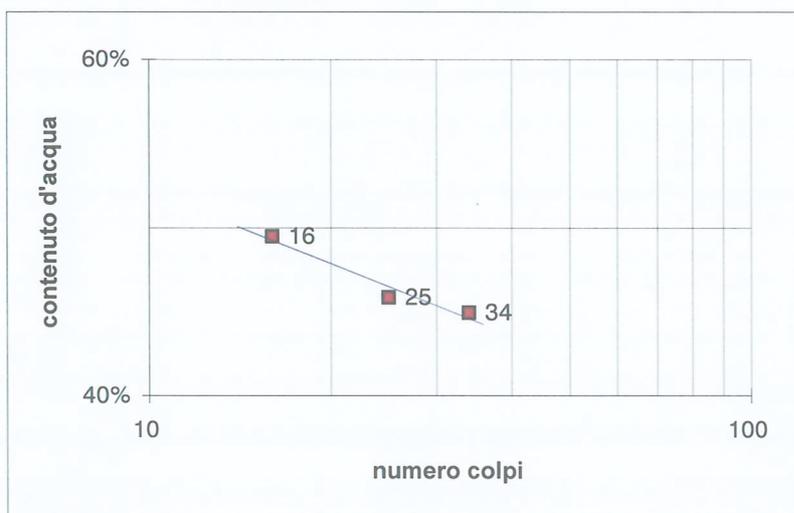
**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo argilloso con frammenti lapidei debolmente sabbioso marrone grigiastro**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	34	25	16			
massa umida+ tara (g)	22.58	20.37	25.28	13.36	12.92	420.02
massa secca+ tara (g)	16.28	14.68	17.63	10.93	10.60	380.68
acqua contenuta (g)	6.30	5.69	7.65	2.43	2.32	39.34
tara (g)	2.26	2.27	2.17	2.17	2.18	173.64
peso secco (g)	14.02	12.41	15.46	8.76	8.42	207.04
contenuto d'acqua	44.9%	45.9%	49.5%	27.7%	27.6%	19.0%

<b>Umidità Naturale</b>	<b>Wn =</b>	<b>19%</b>
<b>Limite Liquido</b>	<b>LL =</b>	<b>46%</b>
<b>Limite Plastico</b>	<b>LP =</b>	<b>28%</b>
<b>Indice Plastico</b>	<b>IP =</b>	<b>18%</b>



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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



**ANALISI GRANULOMETRICA**

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

COMMITTENTE **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S112 m 3.70 - 3.83**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n° GF1902762 rev.00 del: 07/06/19

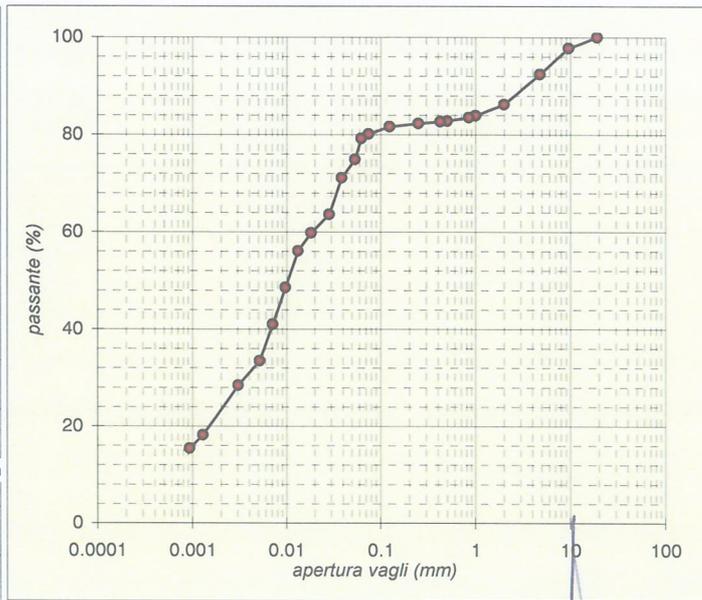
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo argilloso con frammenti lapidei debolmente sabbioso marrone grigiastro**

codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
569	setaccio	19.1	0.00	0.00	0.00	100.00
570	setaccio	9.51	4.62	2.23	2.23	97.77
571	setaccio	4.75	11.07	5.35	7.58	92.42
572	setaccio	2	12.92	6.24	13.82	86.18
573	setaccio	1	4.74	2.29	16.11	83.89
290	setaccio	0.85	0.77	0.37	16.48	83.52
291	setaccio	0.5	1.45	0.70	17.18	82.82
292	setaccio	0.425	0.32	0.15	17.33	82.67
293	setaccio	0.250	0.81	0.39	17.73	82.27
282	setaccio	0.125	1.38	0.67	18.39	81.61
283	setaccio	0.075	3.08	1.49	19.88	80.12
286	setaccio	0.063	1.87	0.90	20.78	79.22
-	calcolato	0.0538	8.92	4.31	25.09	74.91
-	calcolato	0.0389	7.80	3.77	28.86	71.14
-	calcolato	0.0286	15.60	7.54	36.40	63.60
-	calcolato	0.0184	7.80	3.77	40.16	59.84
-	calcolato	0.0133	7.80	3.77	43.93	56.07
-	calcolato	0.0097	15.60	7.54	51.47	48.53
-	calcolato	0.0071	15.60	7.54	59.00	41.00
-	calcolato	0.0052	15.60	7.54	66.54	33.46
-	calcolato	0.0030	10.40	5.02	71.56	28.44
-	calcolato	0.0013	21.26	10.27	81.83	18.17
-	calcolato	0.0009	5.66	2.74	84.57	15.43
	fondo	31.95	15.43	100.00	0.00	
<b>TOTALE</b>		<b>207.04</b>			<b>φ max (mm) = 10.9</b>	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.01	
t° C	Tempo (s)	Letture
19	30	33.5
19	60	32.0
19	120	29.0
19	300	27.5
19	600	26.0
19	1200	23.0
19	2400	20.0
19	4800	17.0
19	14400	15.0
18.5	86400	11.0
18	172800	10.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	16.5%	13.8%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	4.3%	7.0%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	55.9%	55.9%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	23.4%	23.4%



Soluzione dispersante preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**  
**norma ASTM D 2166-91**

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S112	m 3.70 - 3.83	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vjf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	GF1902763	rev.0 del:	07/06/19

Codici strumentazione: 775 - 419 - 536 - 929 - 952 - 708 il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

**NATURA DEL CAMPIONE:** Limo argilloso con frammenti lapidei debolmente sabbioso marrone grigiastro

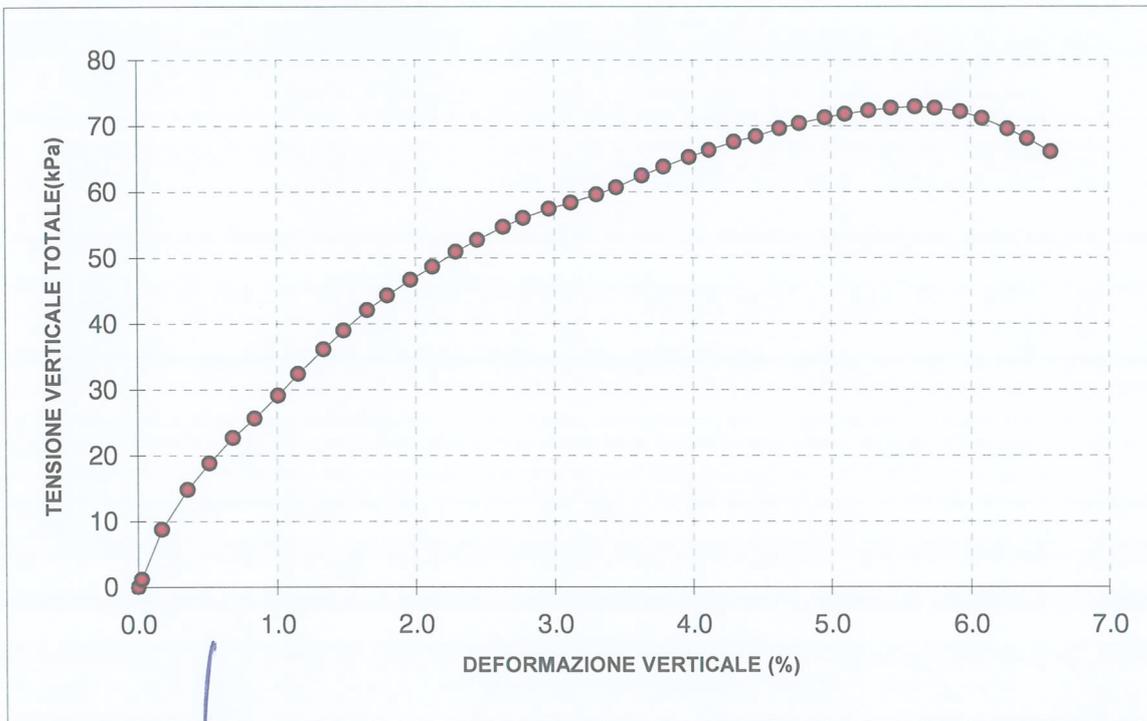
Velocità della pressa: **0,76 mm/min**

**CARATTERISTICHE DEL PROVINO**

Dimensioni provino :	<b>h x φ = 76,2 x 38,1 mm</b>
Umidità naturale (%):	<b>19.0</b>
Massa volumica apparente umida (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>1.96</b>
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>1.65</b>
<b>CONDIZIONI A ROTTURA*</b>	
Tensione verticale totale (kPa):	<b>72.90</b>

\* carico di rottura corrispondente allo sforzo massimo

def.vertic. (%)	tens.vertic. (kPa)
0.00	0.00
0.03	1.21
0.17	8.82
0.35	14.84
0.51	18.86
0.68	22.70
0.84	25.67
1.01	29.14
1.15	32.43
1.34	36.13
1.48	38.98
1.65	42.06
1.80	44.29
1.97	46.68
2.12	48.64
2.30	50.92
2.45	52.70
2.64	54.70
2.78	56.05
2.96	57.46
3.12	58.37
3.30	59.60
3.45	60.68
3.63	62.49
3.79	63.80
3.97	65.26
4.12	66.32
4.30	67.60
4.46	68.40
4.63	69.60
4.77	70.40
4.96	71.25
5.10	71.80
5.27	72.33
5.43	72.70
5.60	72.90
5.74	72.70
5.93	72.16
6.09	71.14
6.27	69.54
6.41	68.06
6.58	66.07



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

## FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**  
 CANTIERE: **Spongiola**  
 CAMPIONE: **S113** m **10.50 - 11.00**  
 COMMESSA: 19142/19  
 VERBALE ACC.: vgf 046/19  
 DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 10.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 40 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1													
	185	-	DESCRIZIONE: 0 - 27 - Limo argilloso con frammenti lapidei marrone - 27 - 40 - limo argilloso grigio													
			<table> <tr><td>W naturale (%)</td><td>21.2</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> naturale (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.07</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> secco (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.71</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> immerso (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.08</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>37</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.58</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>98</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.700</td></tr> </table>	W naturale (%)	21.2	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.07	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.71	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.08	porosità (%)	37	indice dei vuoti	0.58	grado di saturazione (%)
W naturale (%)	21.2															
$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.07															
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.71															
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.08															
porosità (%)	37															
indice dei vuoti	0.58															
grado di saturazione (%)	98															
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700															
11.00 basso	350	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura - Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -													
			NOTE: -													

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

<b>LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)</b>			
COMMITTENTE:	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>		
CANTIERE:	<b>Spongiola</b>		
CAMPIONE:	<b>S113</b>	<b>m 10.50 - 11.00</b>	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 -
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

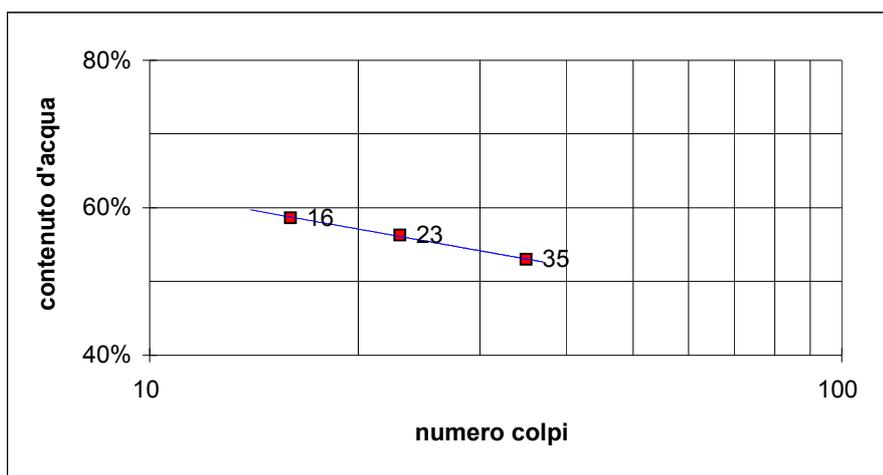
**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo con argilla grigio**

codice cucchiaio: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	16	23	35			
massa umida+ tara (g)	23.94	24.65	25.20	13.13	12.96	410.15
massa secca+ tara (g)	15.92	16.58	17.25	10.93	10.82	369.05
acqua contenuta (g)	8.02	8.07	7.95	2.20	2.14	41.10
tara (g)	2.24	2.25	2.24	2.25	2.24	174.98
peso secco (g)	13.68	14.33	15.01	8.68	8.58	194.07
contenuto d'acqua	58.6%	56.3%	53.0%	25.3%	24.9%	21.2%

**Umidità Naturale**      **Wn = 21%**  
**Limite Liquido**        **LL = 56%**  
**Limite Plastico**        **LP = 25%**  
**Indice Plastico**         **IP = 30%**



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**SOCOTEC**

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

**ANALISI GRANULOMETRICA**

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

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S113 m 10.50 - 11.00**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 -

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

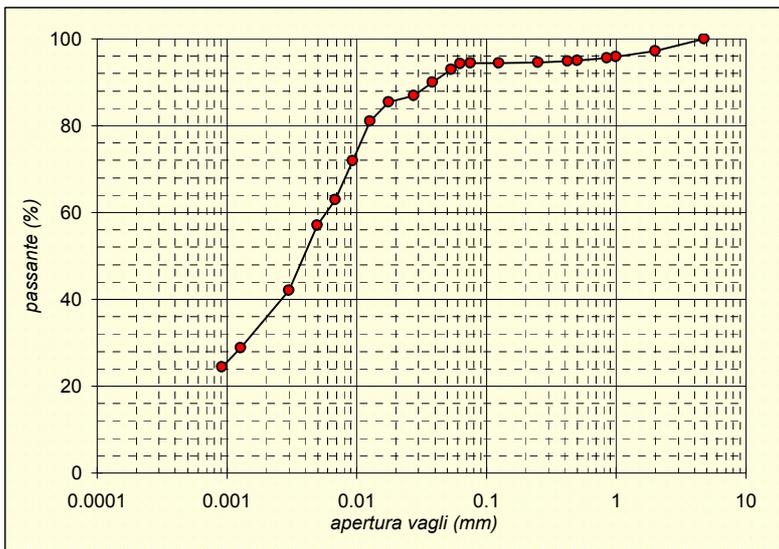
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo con argilla grigio**

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	2	5.43	2.80	97.20
573	setaccio	1	2.59	1.33	95.87
290	setaccio	0.85	0.61	0.31	95.55
291	setaccio	0.5	1.19	0.61	94.94
292	setaccio	0.425	0.26	0.13	94.81
293	setaccio	0.250	0.40	0.21	94.60
282	setaccio	0.125	0.23	0.12	94.48
283	setaccio	0.075	0.21	0.11	94.37
286	setaccio	0.063	0.07	0.04	94.34
-	calcolato	0.0536	2.72	1.40	92.93
-	calcolato	0.0385	5.81	2.99	89.94
-	calcolato	0.0276	5.81	2.99	86.95
-	calcolato	0.0176	2.90	1.50	85.45
-	calcolato	0.0127	8.71	4.49	80.96
-	calcolato	0.0093	17.42	8.98	71.98
-	calcolato	0.0068	17.42	8.98	63.01
-	calcolato	0.0050	11.62	5.99	57.02
-	calcolato	0.0030	29.04	14.96	42.06
-	calcolato	0.0013	25.62	13.20	28.85
-	calcolato	0.0009	8.71	4.49	24.37
	fondo	47.29	24.37	100.00	0.00
<b>TOTALE</b>		<b>194.07</b>		<b>φ max (mm) = 2.7</b>	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.00
17.5	30
17.5	60
17.5	120
17.5	300
17.5	600
17.5	1200
17.5	2400
17.5	4800
17.5	14400
18	86400
18	172800
<b>Rapporti granulometrici</b>	
<b>USCS</b>	
GHIAIA	> 4,75 mm
SABBIA	> 0,075 mm
LIMO	> 2 μ
ARGILLA	< 2 μ
<b>UNI</b>	
	> 2,00 mm
	> 0,063 mm
	> 2 μ
	< 2 μ



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S113 m 10.50 - 11.00**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

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

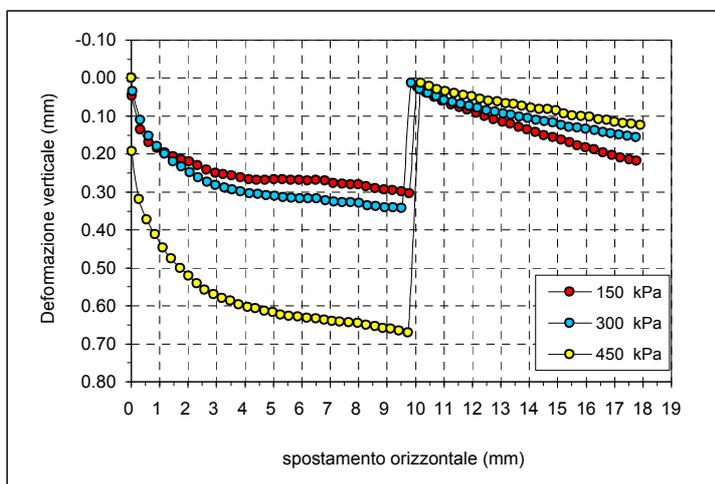
Macchina: CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital

Prova: CONSOLIDATA DRENATA

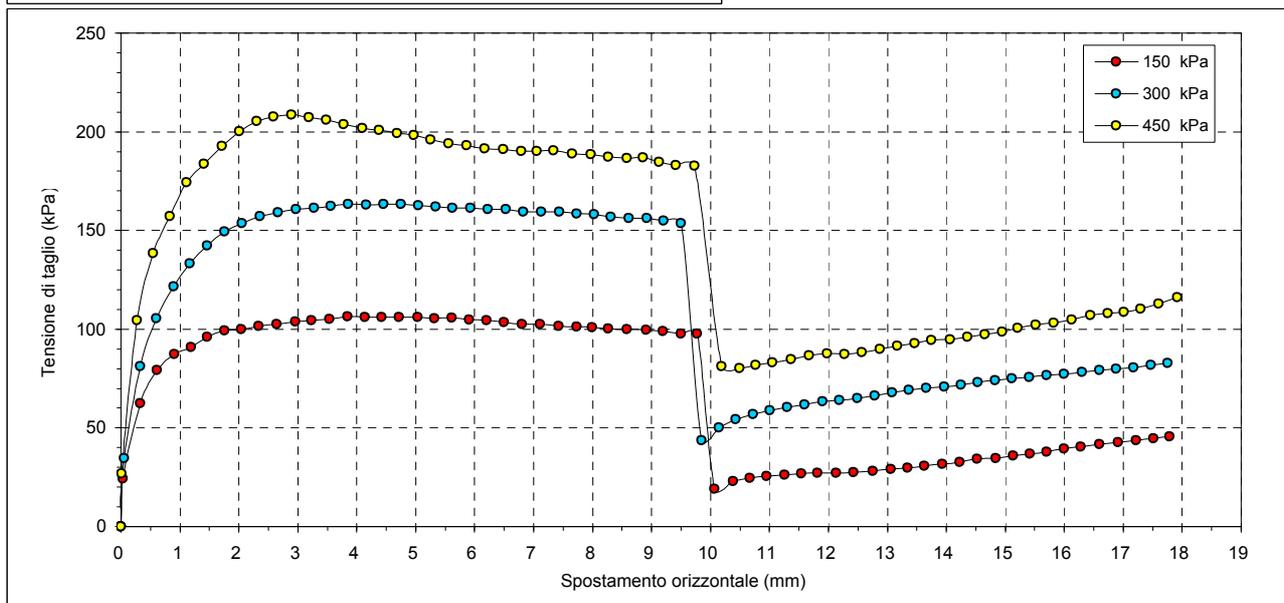
Dimensioni provino:  $\phi \times h = 60 \times 20$  mm

Velocità prova: 0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo argilloso marrone grigiastro



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	150	300	450
W ini (%)	21.2	20.9	21.1
$\gamma$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	2.08	2.07	2.05
$\gamma_d$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.72	1.71	1.70
S ini (%)	100	97	96
W fin (%)	16.6	16.5	16.0
$\gamma$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	2.17	2.18	2.19
$\gamma_d$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.86	1.87	1.88
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700 (stimato)		
H fine cons (mm)	19.454	19.206	18.972



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiola

CAMPIONE: S113 m 10.50 - 11.00

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Def.or. (mm)	150 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	300 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	450 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.028	24.404	0.047	0.053	34.519	0.035	0.012	26.773	0.193
0.327	62.424	0.136	0.323	81.063	0.110	0.269	104.405	0.319
0.609	79.153	0.169	0.601	105.325	0.152	0.545	138.394	0.373
0.909	87.252	0.184	0.897	121.453	0.179	0.833	157.139	0.411
1.185	90.895	0.196	1.169	133.336	0.200	1.111	174.327	0.446
1.468	95.988	0.207	1.464	142.320	0.219	1.413	183.700	0.476
1.758	99.206	0.214	1.762	149.428	0.233	1.714	192.719	0.500
2.040	100.055	0.220	2.052	153.496	0.248	2.014	200.181	0.521
2.335	101.435	0.229	2.357	157.245	0.262	2.308	205.415	0.541
2.645	102.672	0.241	2.664	159.155	0.273	2.591	207.785	0.558
2.959	103.946	0.250	2.969	160.746	0.282	2.899	208.705	0.569
3.236	104.582	0.254	3.273	161.383	0.288	3.191	207.467	0.579
3.535	105.007	0.257	3.558	162.444	0.293	3.483	206.052	0.587
3.841	106.492	0.261	3.851	163.186	0.298	3.773	203.647	0.597
4.143	105.926	0.266	4.160	163.045	0.303	4.098	201.808	0.603
4.426	105.926	0.268	4.452	163.363	0.306	4.380	200.959	0.607
4.718	105.997	0.268	4.750	163.293	0.308	4.681	199.368	0.613
5.032	105.997	0.266	5.050	162.833	0.310	4.971	198.307	0.617
5.319	105.431	0.266	5.338	161.878	0.314	5.251	195.866	0.623
5.609	105.820	0.268	5.628	161.453	0.316	5.553	194.098	0.627
5.910	104.724	0.269	5.926	161.524	0.317	5.863	193.143	0.629
6.199	104.405	0.270	6.219	160.711	0.318	6.173	191.445	0.631
6.499	103.627	0.269	6.525	160.746	0.318	6.490	190.985	0.633
6.808	102.602	0.270	6.830	159.331	0.322	6.793	190.278	0.637
7.109	102.602	0.277	7.129	159.473	0.325	7.059	190.031	0.640
7.427	101.611	0.279	7.436	159.473	0.328	7.342	190.561	0.642
7.727	101.293	0.280	7.726	158.412	0.328	7.651	188.863	0.643
7.988	100.975	0.281	8.028	158.129	0.329	7.968	188.404	0.646
8.271	100.303	0.285	8.307	156.891	0.335	8.264	187.307	0.651
8.582	99.949	0.291	8.614	156.184	0.338	8.580	186.600	0.654
8.905	99.525	0.293	8.921	156.078	0.340	8.853	186.883	0.658
9.196	99.030	0.296	9.209	154.910	0.341	9.134	184.584	0.660
9.504	97.792	0.299	9.503	153.743	0.342	9.412	183.098	0.665
9.777	97.544	0.304	9.850	43.538	0.013	9.732	182.603	0.670
10.064	18.992	0.023	10.144	50.257	0.029	10.193	81.133	0.012
10.382	22.812	0.038	10.433	54.219	0.039	10.491	80.355	0.021
10.672	24.651	0.050	10.723	56.800	0.048	10.768	81.947	0.029
10.949	25.571	0.060	11.009	58.710	0.058	11.053	83.149	0.035
11.257	26.314	0.070	11.301	60.443	0.064	11.366	84.847	0.040
11.545	26.738	0.077	11.597	61.752	0.068	11.676	86.580	0.044
11.819	27.304	0.084	11.898	63.414	0.073	11.976	87.783	0.048
12.131	27.233	0.092	12.189	63.909	0.079	12.270	87.394	0.055
12.427	27.516	0.101	12.491	64.864	0.085	12.571	88.313	0.060
12.750	28.153	0.109	12.785	66.279	0.089	12.876	90.046	0.062
13.063	28.966	0.115	13.082	67.871	0.093	13.170	91.425	0.066
13.347	29.638	0.120	13.368	69.144	0.097	13.462	92.946	0.068
13.631	30.770	0.128	13.661	70.240	0.102	13.749	94.290	0.074
13.935	31.689	0.135	13.961	70.948	0.106	14.069	94.821	0.079
14.233	32.538	0.142	14.251	71.867	0.111	14.355	96.059	0.081
14.522	34.236	0.150	14.539	73.070	0.114	14.649	97.403	0.082
14.843	34.731	0.156	14.832	74.095	0.117	14.944	98.605	0.085
15.131	35.969	0.162	15.117	74.909	0.123	15.216	100.727	0.094
15.419	36.818	0.169	15.407	75.687	0.128	15.518	102.177	0.099
15.703	37.985	0.177	15.705	76.571	0.131	15.822	103.238	0.101
15.998	39.329	0.182	15.997	77.384	0.134	16.126	104.688	0.102
16.280	40.496	0.188	16.299	78.410	0.138	16.445	107.093	0.108
16.603	41.698	0.196	16.593	79.082	0.142	16.745	107.871	0.111
16.911	42.583	0.203	16.881	79.754	0.146	17.013	108.543	0.115
17.220	43.502	0.209	17.173	80.638	0.149	17.294	110.418	0.118
17.517	44.599	0.214	17.469	81.770	0.152	17.599	112.858	0.120
17.783	45.483	0.218	17.760	82.796	0.155	17.914	115.971	0.124

Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo RomagnoliLo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S113	m 10.50 - 11.00	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	rev.00 del:		

**Consolidazione Provino 1**

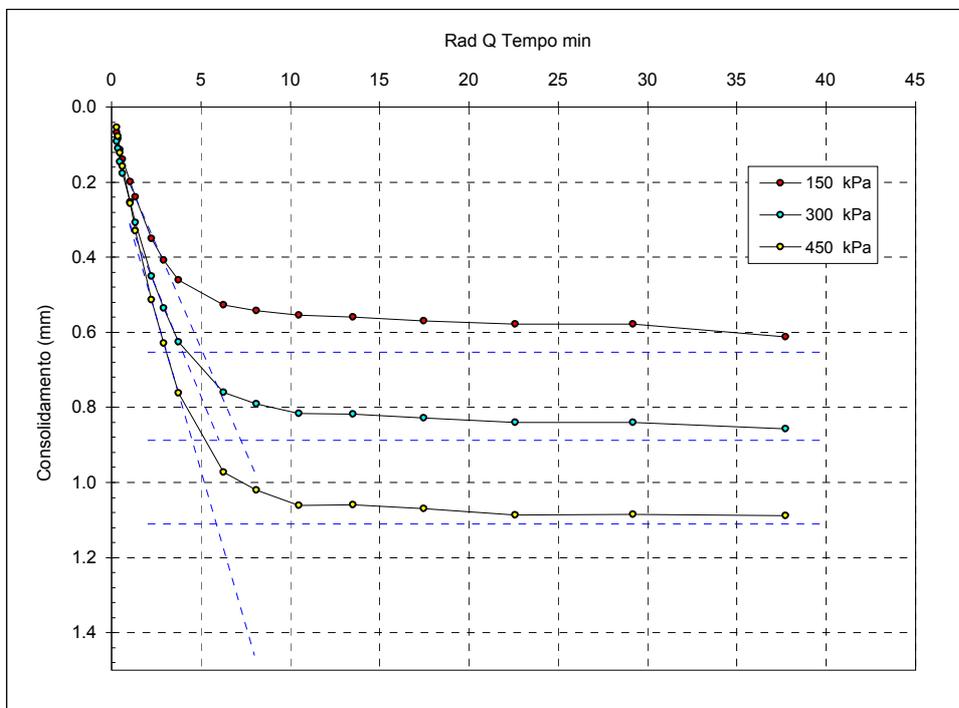
150 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.068
0.14	0.085
0.23	0.113
0.39	0.139
1.08	0.198
1.81	0.239
5.05	0.350
8.44	0.408
14.09	0.461
39.29	0.528
65.61	0.542
109.58	0.554
182.98	0.560
305.58	0.569
510.33	0.578
852.27	0.579
1423.30	0.612

**Consolidazione Provino 2**

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.091
0.14	0.111
0.23	0.146
0.39	0.176
1.08	0.253
1.81	0.308
5.05	0.451
8.44	0.536
14.09	0.626
39.29	0.760
65.61	0.791
109.58	0.816
182.98	0.819
305.58	0.828
510.33	0.840
852.27	0.840
1423.30	0.858

**Consolidazione Provino 3**

450 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.055
0.14	0.079
0.23	0.122
0.39	0.159
1.08	0.258
1.81	0.331
5.05	0.514
8.44	0.630
14.09	0.762
39.29	0.973
65.61	1.021
109.58	1.061
182.98	1.060
305.58	1.070
510.33	1.086
852.27	1.086
1423.30	1.089



t<sub>100</sub> min  
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

26.0

Provino 2

36.0

Provino 3

34.3

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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



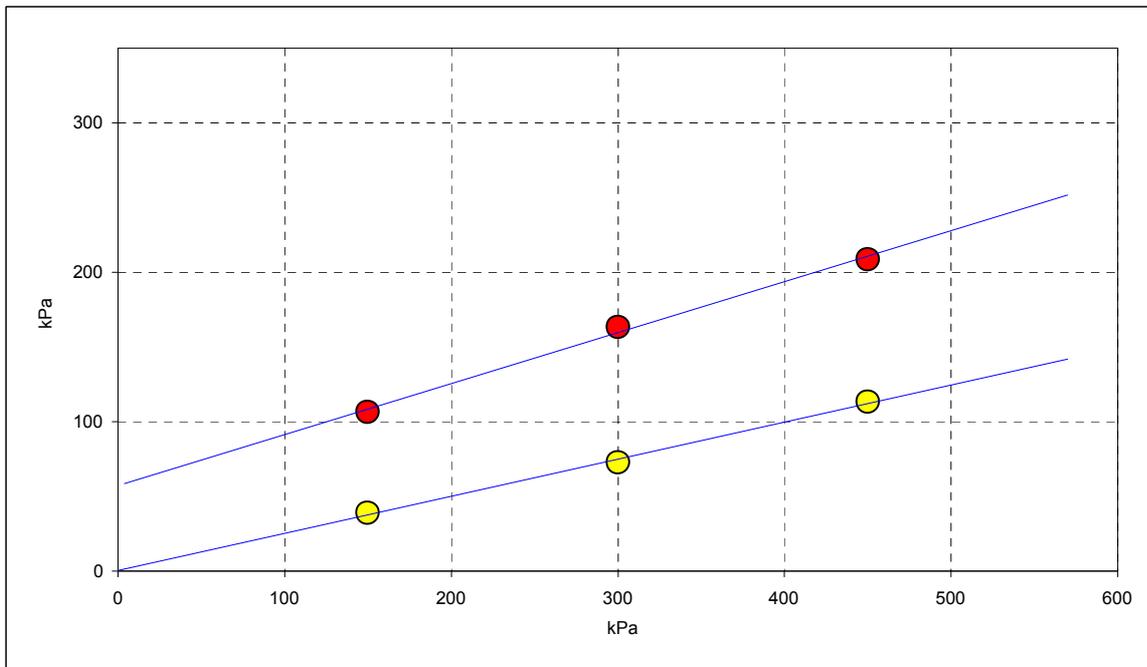
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

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

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S113		
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	43557

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

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	150	300	450
Tensione di taglio PICCO (kPa)	106.49	163.36	208.70
Tensione di taglio RESIDUO (kPa)	38.70	72.49	113.08
<b>VALORI DI PICCO</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>57.31 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 19°</b>
<b>VALORI RESIDUI</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>0.38 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 14°</b>



## FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

## SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiola

CAMPIONE: S211 m 1.75 - 2.00

COMMESSA: 19142/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19

DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 1.75	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 24 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1													
	200	-	DESCRIZIONE: 0 - 5 - argilla limosa - 5 - 11 - limo argilloso - 11 - 24 - argilla limosa con presenza di frammenti lapidei marrone													
			<table> <tr><td>W naturale (%)</td><td>23.0</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> naturale (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.02</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> secco (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.64</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> immerso (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.03</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>39</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.65</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>96</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.700</td></tr> </table>	W naturale (%)	23.0	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.02	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.64	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.03	porosità (%)	39	indice dei vuoti	0.65	grado di saturazione (%)
W naturale (%)	23.0															
$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.02															
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.64															
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.03															
porosità (%)	39															
indice dei vuoti	0.65															
grado di saturazione (%)	96															
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700															
2.00 basso	280	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg - Trassiale CIU - Gran. Setacciatura - Edometria - Gran. Sedimentazione - Taglio Diretto SI Peso di Volume - Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante SI Taglio Torsionale Cicl. -													
			NOTE: -													

 Io Sperimentatore:  
 dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S211 m 1.75 - 2.00**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

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

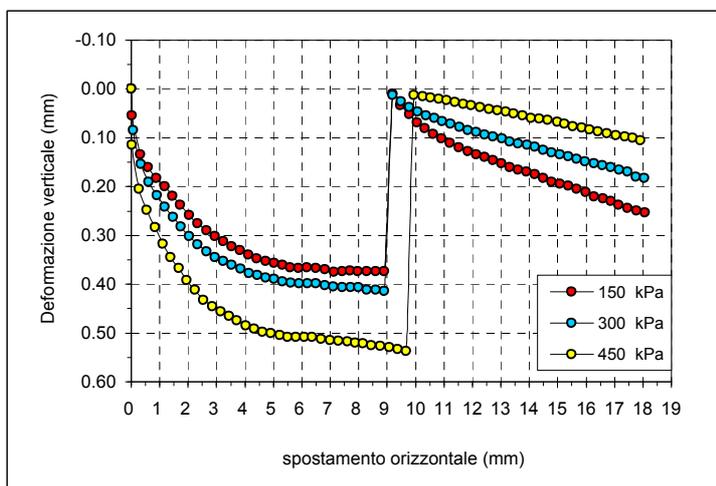
Macchina: CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital

Prova: CONSOLIDATA DRENATA

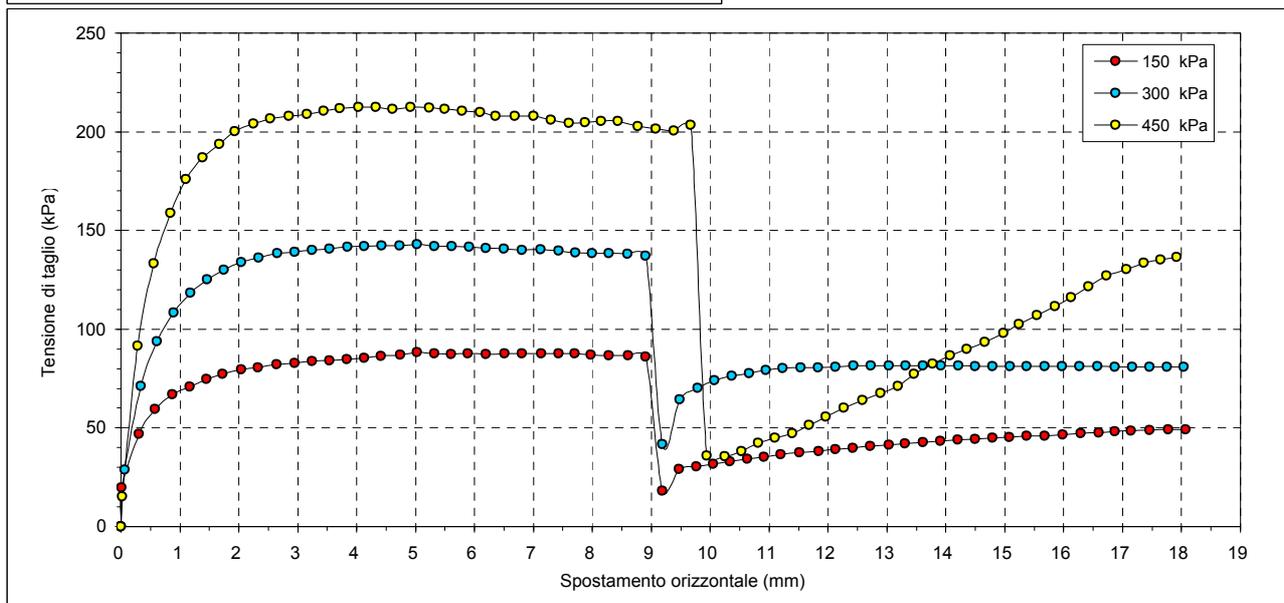
Dimensioni provino:  $\phi \times h = 60 \times 20$  mm

Velocità prova: 0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo argilloso marrone



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	150	300	450
W ini (%)	21.2	20.9	21.1
$\gamma$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	2.02	2.01	2.01
$\gamma_d$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.67	1.66	1.66
S ini (%)	92	91	91
W fin (%)	20.8	20.8	20.8
$\gamma$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	2.09	2.09	2.09
$\gamma_d$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.73	1.73	1.73
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700 (stimato)		
H fine cons (mm)	19.604	19.481	19.362



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiola

CAMPIONE: S211 m 1.75 - 2.00

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Def.or. (mm)	150 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	300 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	450 Tensione (kPa)	kPa Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	19.639	0.055	0.062	28.778	0.085	0.024	15.222	0.114
0.306	46.750	0.134	0.335	71.000	0.154	0.283	91.500	0.205
0.580	59.417	0.161	0.613	93.889	0.190	0.554	133.222	0.248
0.875	66.944	0.183	0.899	108.250	0.218	0.837	158.778	0.284
1.169	70.694	0.200	1.175	118.250	0.242	1.102	175.833	0.318
1.457	74.833	0.219	1.462	125.083	0.263	1.392	186.778	0.345
1.729	77.444	0.238	1.752	129.972	0.282	1.673	193.833	0.367
2.040	79.611	0.259	2.039	133.889	0.302	1.937	200.333	0.392
2.331	80.667	0.276	2.343	136.194	0.319	2.250	204.139	0.412
2.644	82.167	0.290	2.654	138.278	0.333	2.532	206.611	0.432
2.955	82.917	0.302	2.953	139.167	0.345	2.850	208.028	0.446
3.241	83.722	0.312	3.249	139.944	0.353	3.159	209.056	0.456
3.536	84.111	0.322	3.541	140.778	0.361	3.446	210.528	0.465
3.830	84.861	0.331	3.845	141.667	0.369	3.718	211.972	0.475
4.130	85.500	0.339	4.135	142.111	0.377	4.034	212.528	0.485
4.419	86.278	0.347	4.430	142.333	0.382	4.323	212.528	0.492
4.740	87.111	0.353	4.729	142.361	0.387	4.614	211.417	0.498
5.021	88.306	0.357	5.030	142.944	0.389	4.920	212.583	0.501
5.320	87.500	0.360	5.316	142.111	0.394	5.233	212.111	0.505
5.604	87.472	0.366	5.614	141.972	0.397	5.498	211.500	0.508
5.894	87.556	0.367	5.906	141.722	0.398	5.796	210.694	0.509
6.193	87.472	0.366	6.196	140.972	0.398	6.094	209.750	0.509
6.508	87.667	0.367	6.502	140.667	0.398	6.364	208.028	0.509
6.808	87.806	0.370	6.808	140.028	0.402	6.690	207.833	0.512
7.138	87.611	0.375	7.119	140.222	0.405	6.999	207.917	0.515
7.435	87.583	0.374	7.427	139.556	0.406	7.303	206.028	0.516
7.705	87.611	0.372	7.713	138.667	0.406	7.602	204.250	0.518
7.973	87.083	0.373	7.993	138.556	0.407	7.882	204.694	0.520
8.279	86.750	0.373	8.282	138.444	0.411	8.151	205.222	0.522
8.608	86.528	0.373	8.597	138.222	0.412	8.438	205.528	0.525
8.906	86.028	0.373	8.904	137.028	0.414	8.770	202.750	0.527
9.188	17.972	0.010	9.188	41.611	0.012	9.082	201.611	0.529
9.473	29.028	0.033	9.485	64.278	0.026	9.383	200.639	0.533
9.772	30.306	0.052	9.786	70.194	0.037	9.664	203.556	0.537
10.052	31.694	0.069	10.072	74.194	0.046	9.938	35.750	0.012
10.335	33.139	0.080	10.369	76.389	0.054	10.252	35.556	0.015
10.627	34.306	0.092	10.660	77.694	0.060	10.530	38.250	0.018
10.914	35.389	0.101	10.944	79.083	0.066	10.817	42.389	0.020
11.204	36.556	0.111	11.237	80.306	0.072	11.099	45.056	0.023
11.519	37.389	0.120	11.539	80.389	0.078	11.392	47.250	0.027
11.842	38.250	0.128	11.833	80.500	0.084	11.675	51.389	0.031
12.131	39.083	0.134	12.133	80.750	0.089	11.967	55.639	0.034
12.426	39.861	0.140	12.429	81.361	0.093	12.271	60.194	0.038
12.722	40.667	0.146	12.728	81.556	0.097	12.584	64.056	0.041
13.031	41.472	0.153	13.038	81.500	0.102	12.891	67.639	0.044
13.313	42.167	0.160	13.321	81.472	0.108	13.184	71.306	0.047
13.611	42.778	0.165	13.615	81.417	0.112	13.461	77.250	0.050
13.913	43.444	0.169	13.916	81.389	0.115	13.774	82.500	0.055
14.200	43.917	0.175	14.210	81.361	0.119	14.069	86.750	0.059
14.496	44.444	0.182	14.497	81.306	0.125	14.356	90.000	0.061
14.790	45.056	0.190	14.796	81.278	0.130	14.658	93.444	0.064
15.075	45.222	0.194	15.085	81.250	0.134	14.983	97.889	0.068
15.373	45.778	0.198	15.375	81.194	0.138	15.244	102.389	0.072
15.681	46.056	0.205	15.676	81.167	0.143	15.545	106.944	0.076
15.982	46.639	0.212	15.969	81.111	0.148	15.849	111.694	0.079
16.292	47.083	0.220	16.274	81.083	0.153	16.126	116.250	0.083
16.596	47.639	0.225	16.573	81.056	0.157	16.419	121.694	0.087
16.865	48.111	0.230	16.867	81.000	0.160	16.731	127.000	0.091
17.146	48.556	0.237	17.159	80.972	0.165	17.061	130.194	0.095
17.455	48.750	0.244	17.464	80.917	0.170	17.365	133.639	0.098
17.778	49.000	0.250	17.757	80.889	0.180	17.649	135.194	0.100
18.068	49.278	0.253	18.042	80.861	0.183	17.917	136.556	0.105

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S211 m 1.75 - 2.00**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: rev.00 del:

**Consolidazione Provino 1**

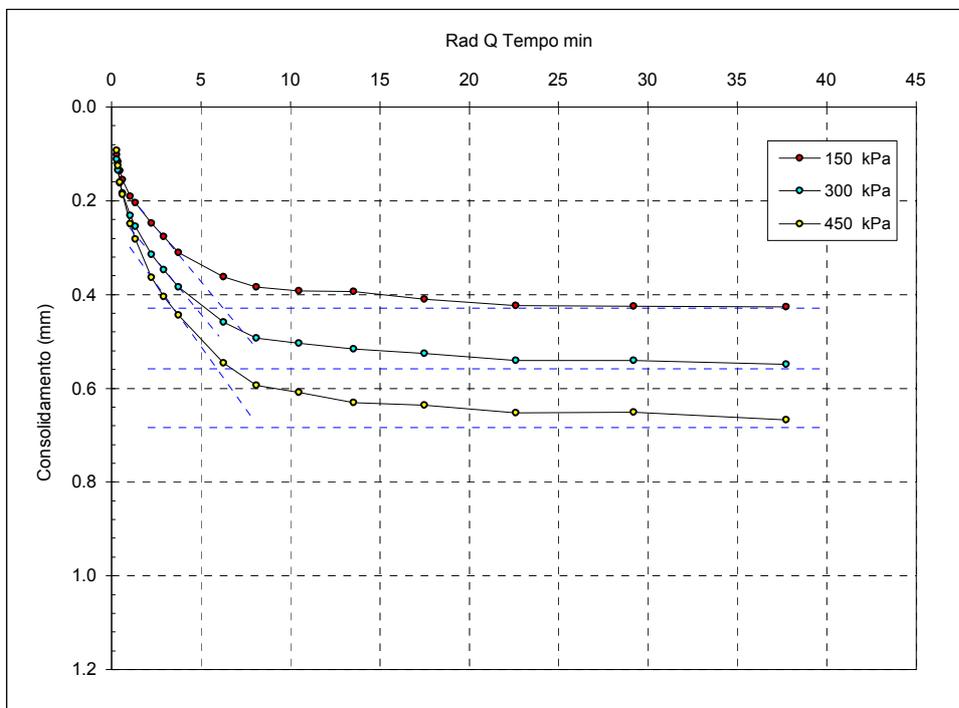
150 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.102
0.14	0.117
0.23	0.137
0.39	0.156
1.08	0.190
1.81	0.205
5.05	0.248
8.44	0.276
14.09	0.311
39.29	0.363
65.61	0.384
109.58	0.392
182.98	0.394
305.58	0.410
510.33	0.424
852.27	0.425
1423.30	0.426

**Consolidazione Provino 2**

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.112
0.14	0.136
0.23	0.163
0.39	0.184
1.08	0.232
1.81	0.254
5.05	0.314
8.44	0.348
14.09	0.384
39.29	0.460
65.61	0.493
109.58	0.504
182.98	0.516
305.58	0.526
510.33	0.541
852.27	0.541
1423.30	0.549

**Consolidazione Provino 3**

450 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.092
0.14	0.126
0.23	0.161
0.39	0.187
1.08	0.250
1.81	0.282
5.05	0.363
8.44	0.404
14.09	0.444
39.29	0.547
65.61	0.594
109.58	0.608
182.98	0.631
305.58	0.636
510.33	0.653
852.27	0.652
1423.30	0.668



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

Provino 1

38.8

Provino 2

56.0

Provino 3

67.8

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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



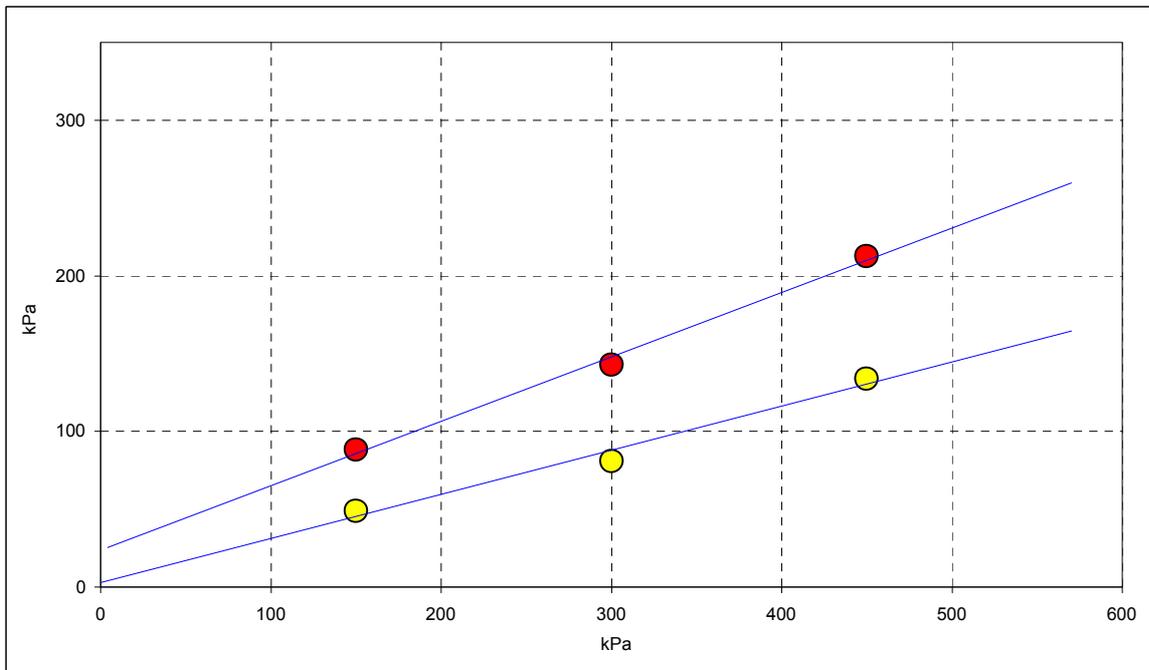
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

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

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S2I1		
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	43557

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

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	150	300	450
Tensione di taglio PICCO (kPa)	88.31	142.94	212.58
Tensione di taglio RESIDUO (kPa)	48.74	80.93	133.90
<b>VALORI DI PICCO</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>23.67 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 23°</b>
<b>VALORI RESIDUI</b>			
<b>Coesione:</b>	<b>2.70 kPa</b>		<b>Angolo di attrito: 16°</b>



## FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

## PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi -  
Fiorenzuola d'Arda (PC)**

Località: **Spongiola**

Cantiere:

Sondaggio: **S2**

Campione: **I1**

Profondità (m): **1.75 - 2.00**

Certificato di prova N°: **GF1902764**

Verbale di accettazione N°: **vgf 046/19**

Commessa: **19142/19**

Data ricevimento campione: **02/04/2019**

Data prova: **10/05/19**

Data emissione certificato: **07/06/2019**

## DATI INIZIALI

Altezza:	<b>100.00</b>	mm
Diametro:	<b>50.00</b>	mm
Raggio eq.:	<b>17.675</b>	mm
Massa:	<b>382.8</b>	g
W:	<b>21.3</b>	%
γ:	<b>19.13</b>	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	<b>15.76</b>	kN/m <sup>3</sup>
e:	<b>0.68</b>	-

## DATI DI PROVA

Tipo di campione:	<b>argilla limosa con presenza di frammenti lapidei marrone</b>	
Fattore Raggio Eq.:	<b>0,707</b>	-
Coefficiente B:	<b>0.95</b>	%
Pressione cella:	<b>485</b>	kPa
Contropressione:	<b>450</b>	kPa

## DATI FINALI

Altezza:	<b>99.64</b>	mm
Diametro:	<b>49.82</b>	mm
Raggio eq.:	<b>17.614</b>	mm
Massa:	<b>380.7</b>	g
W:	<b>28.4</b>	%
γ:	<b>19.60</b>	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	<b>15.27</b>	kN/m <sup>3</sup>
e:	<b>0.77</b>	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V <sub>s</sub> (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G <sub>0</sub>	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ <sup>3</sup>
Test 1*	102.20	0.0001	3.00E-05	179.50	63.24	1.000	1.10	0.000
Test 2	102.20	0.0002	5.50E-05	179.50	63.24	1.000	1.11	0.000
Test 3	102.20	0.0003	6.30E-05	179.50	63.24	1.000	1.14	0.000
Test 4	102.20	0.0005	9.70E-05	179.50	63.24	1.000	1.14	0.000
Test 5	102.20	0.0015	2.76E-04	179.50	63.24	1.000	1.36	0.000
Test 6	100.60	0.0030	6.19E-04	176.69	61.28	0.969	1.54	0.000
Test 7	99.00	0.0045	9.73E-04	173.88	59.34	0.938	1.75	0.000
Test 8	97.60	0.0135	2.46E-03	171.42	57.68	0.912	1.90	0.000
Test 9	95.00	0.0280	4.18E-03	166.85	54.65	0.864	2.44	0.000
Test 10	91.40	0.0410	6.79E-03	160.53	50.58	0.800	2.63	0.000
Test 11	85.80	0.0700	1.11E-02	150.70	44.57	0.705	3.98	0.010
Test 12	72.60	0.1900	2.62E-02	127.51	31.91	0.505	9.68	0.016
Test 13	56.00	0.4000	6.20E-02	98.36	18.99	0.300	12.10	0.040
Test 14	44.60	0.5797	1.16E-01	78.33	12.04	0.190	19.16	0.102
Test 15	29.40	0.9988	4.03E-01	51.64	5.23	0.083	24.75	0.243
Test 16	12.10	1.4988	2.86E+00	21.25	0.89	0.014	29.65	0.529
Test 17								
Test 18								
Test 19								
Test 20								

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

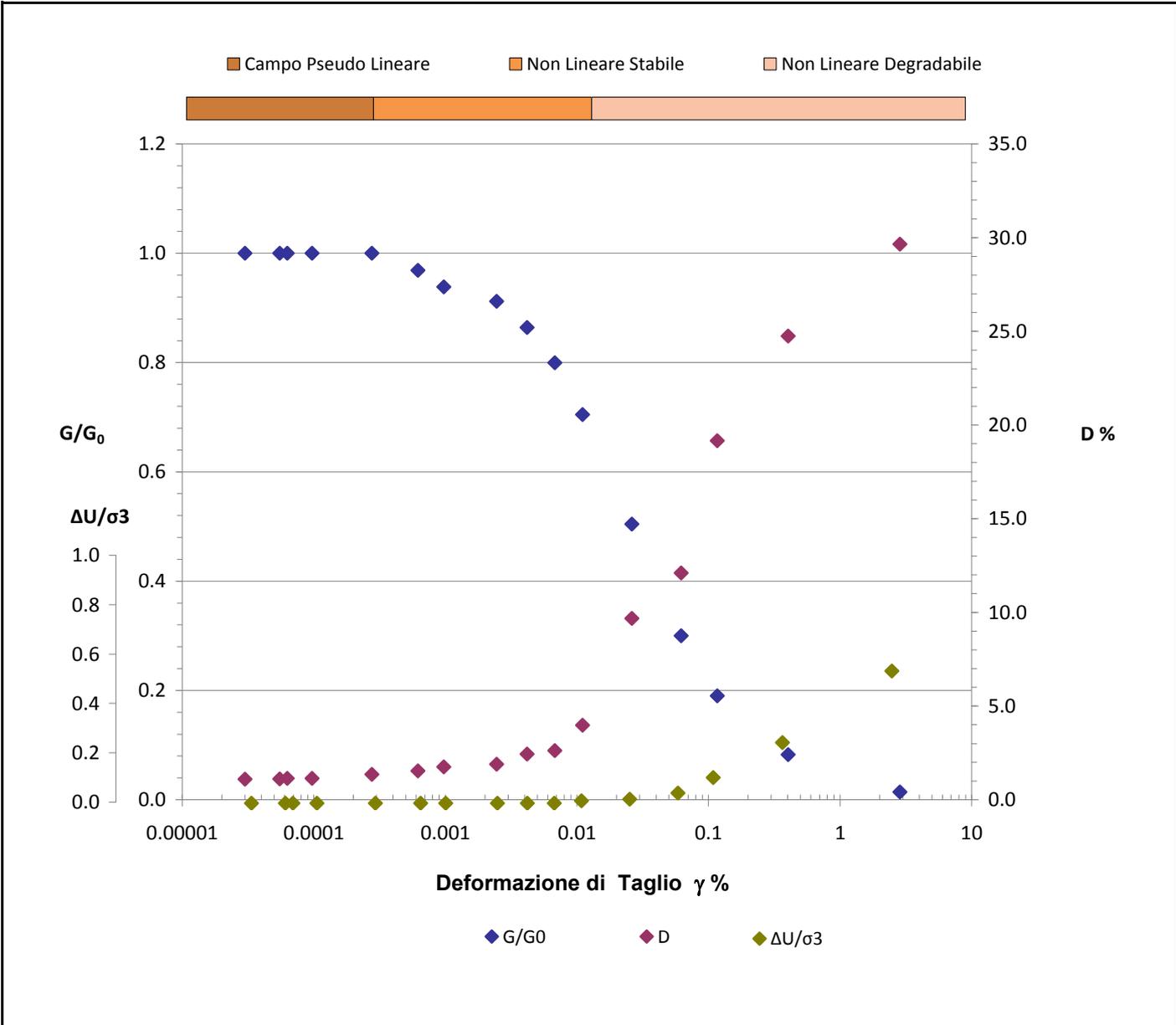
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Legge Costitutiva del Terreno**



lo Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

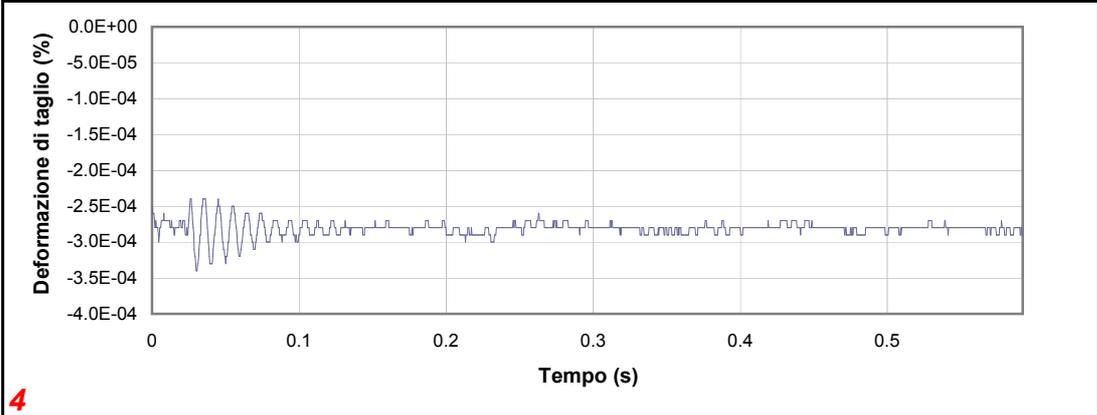
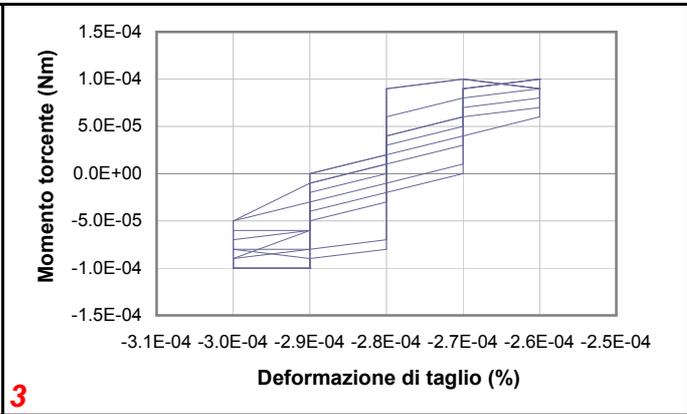
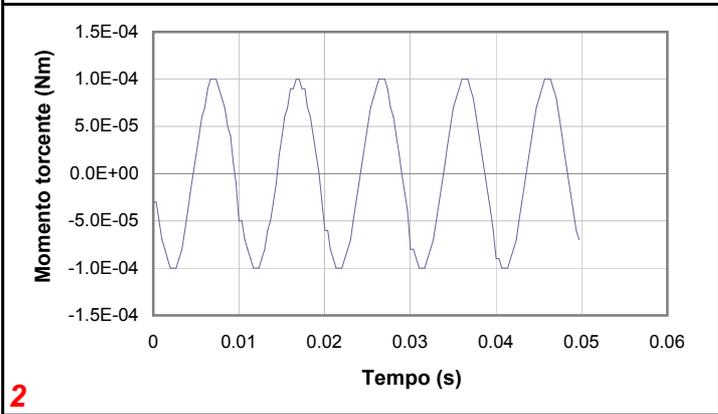
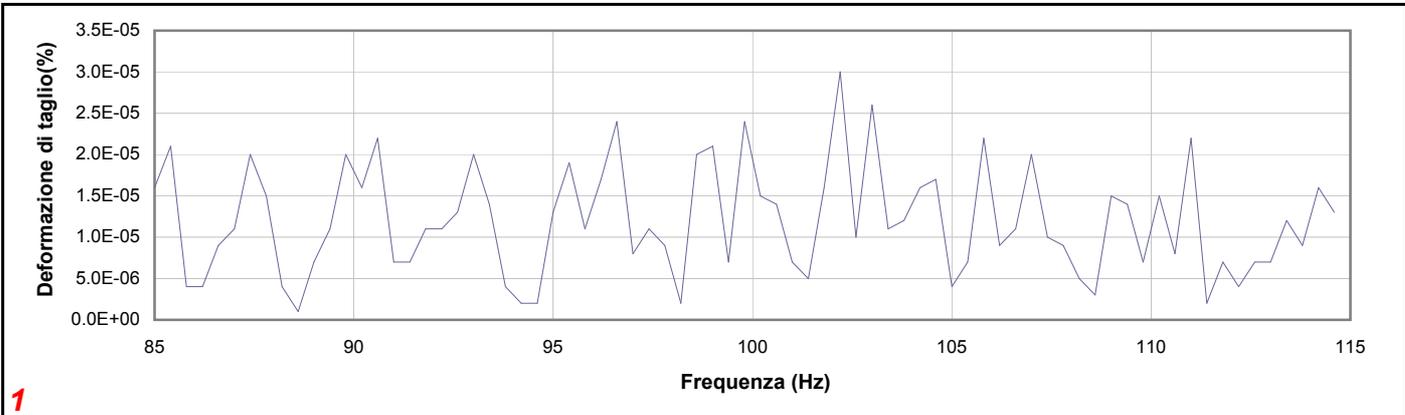
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 1**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

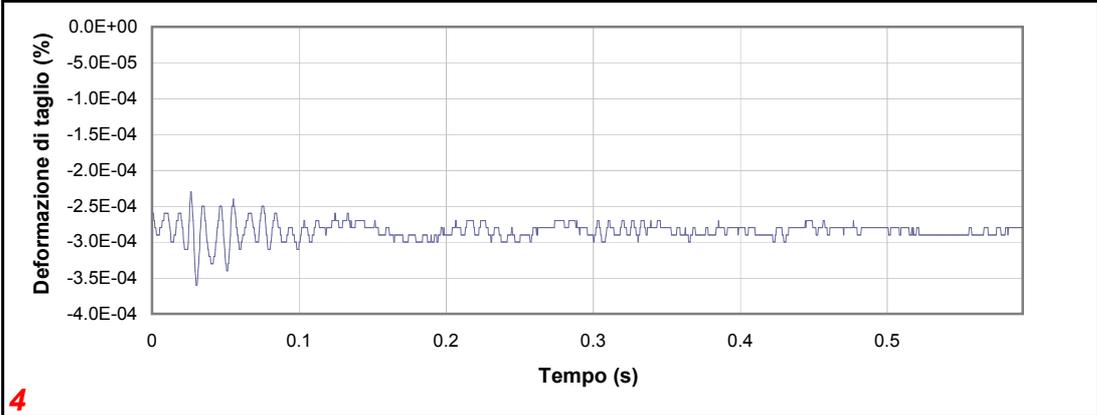
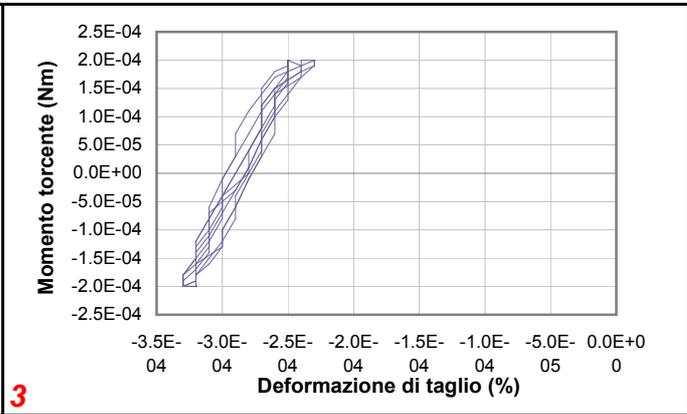
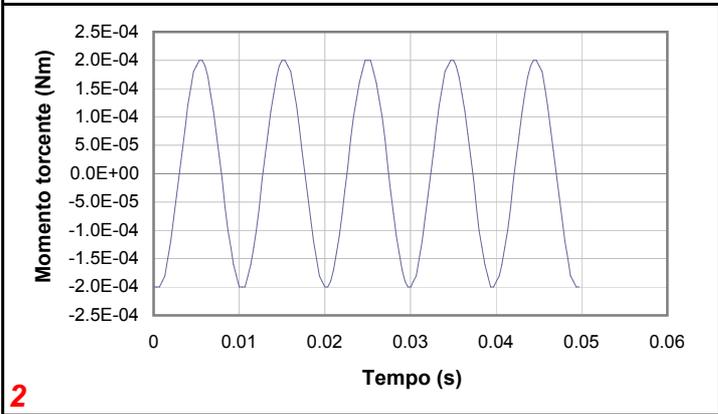
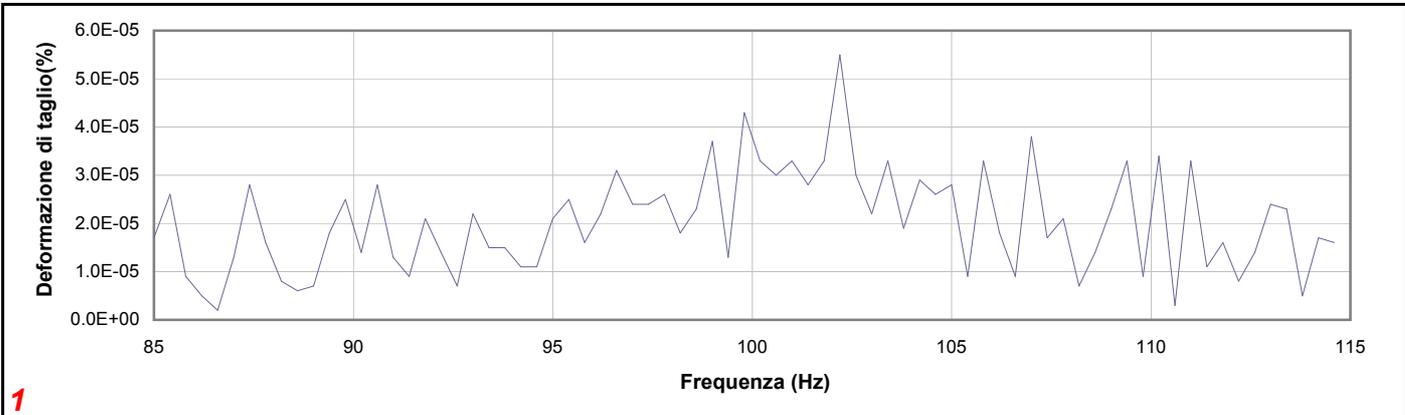
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 2**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

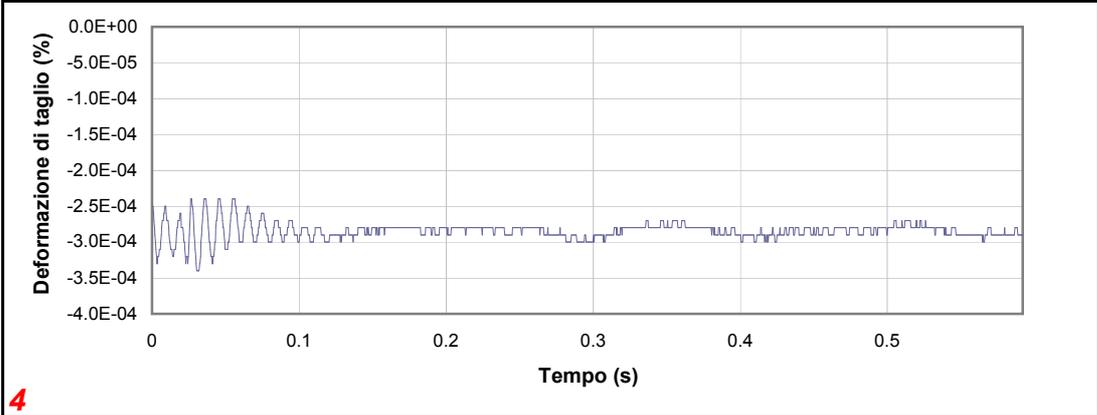
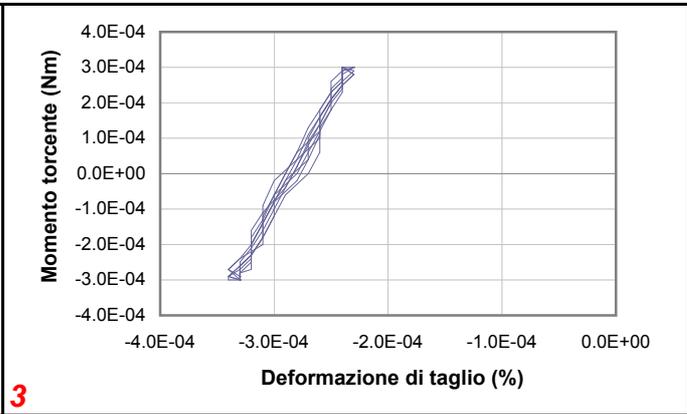
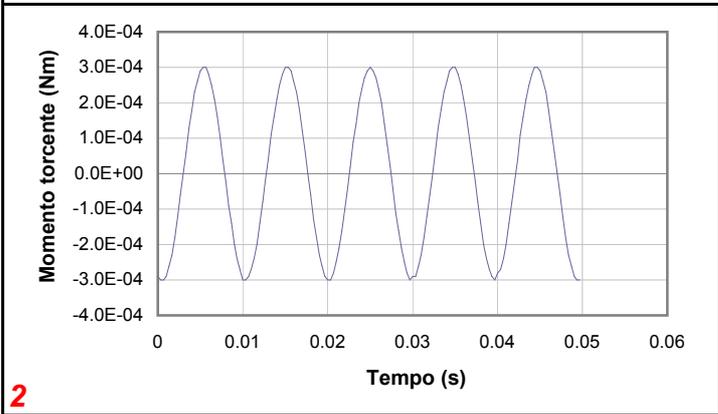
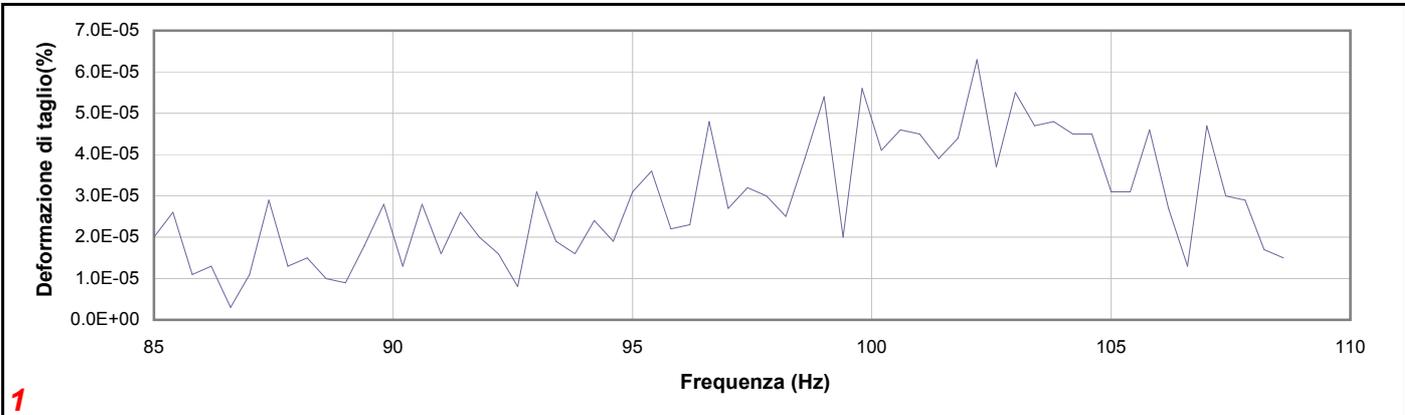
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 3**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

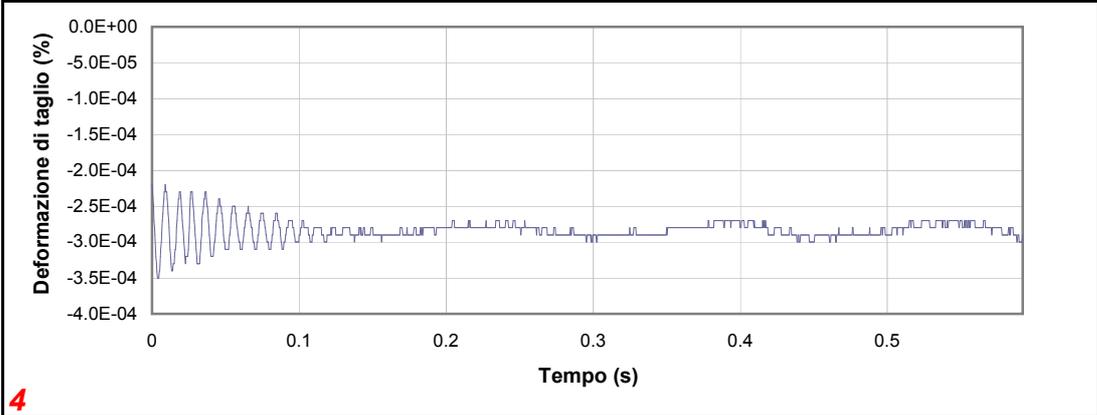
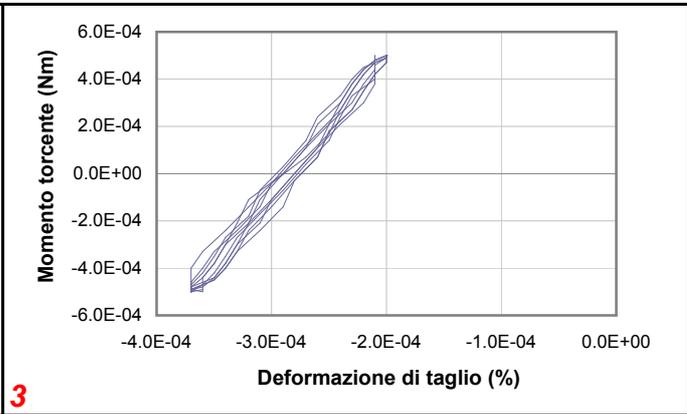
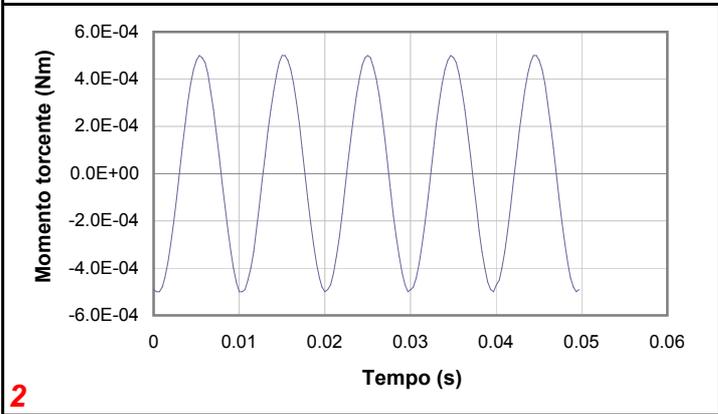
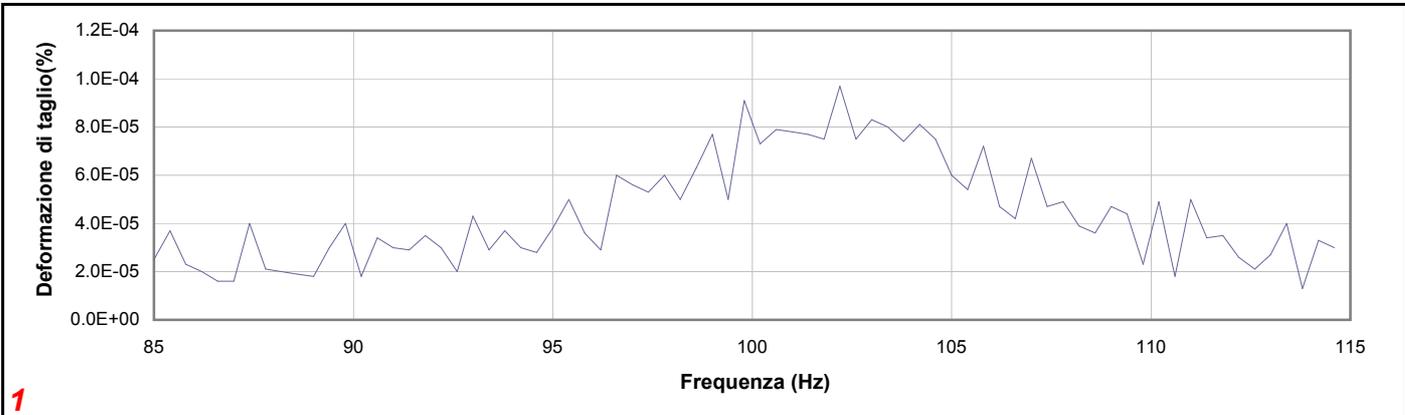
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 4**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

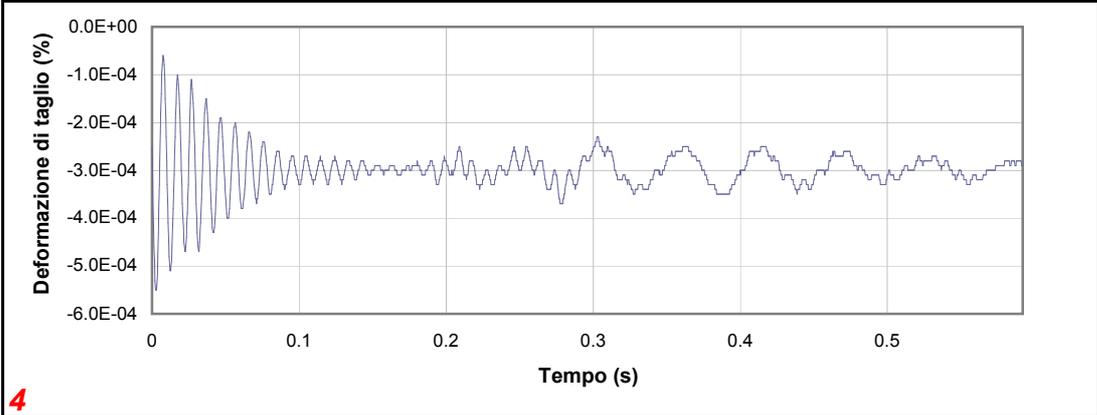
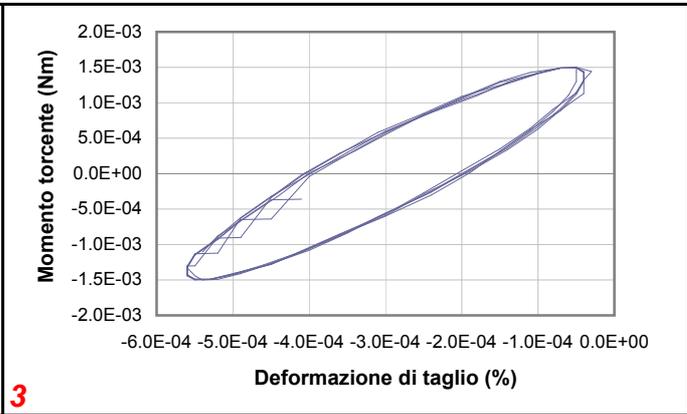
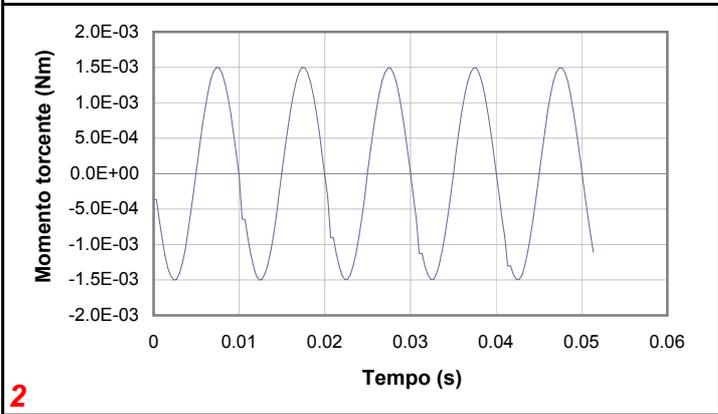
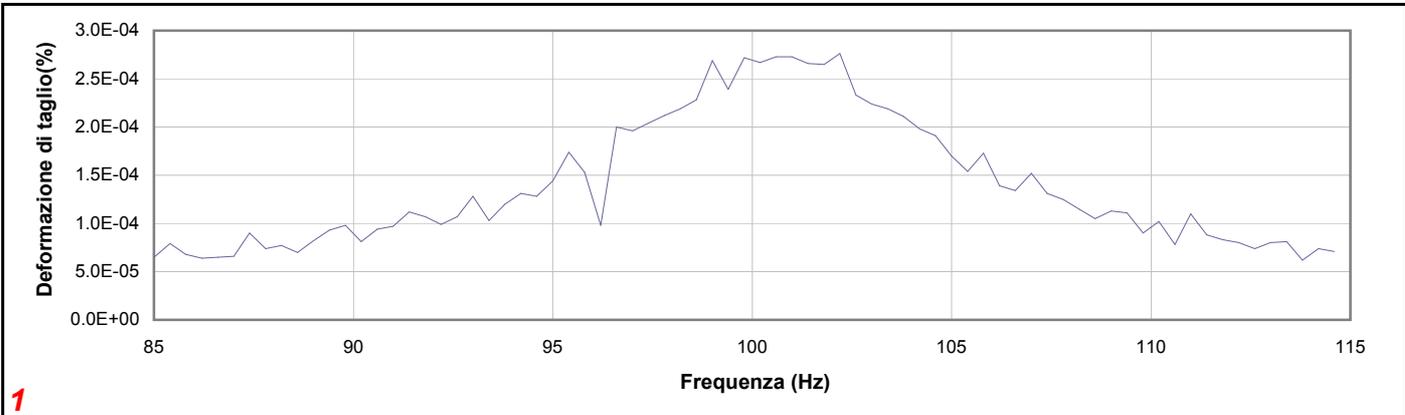
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 5**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

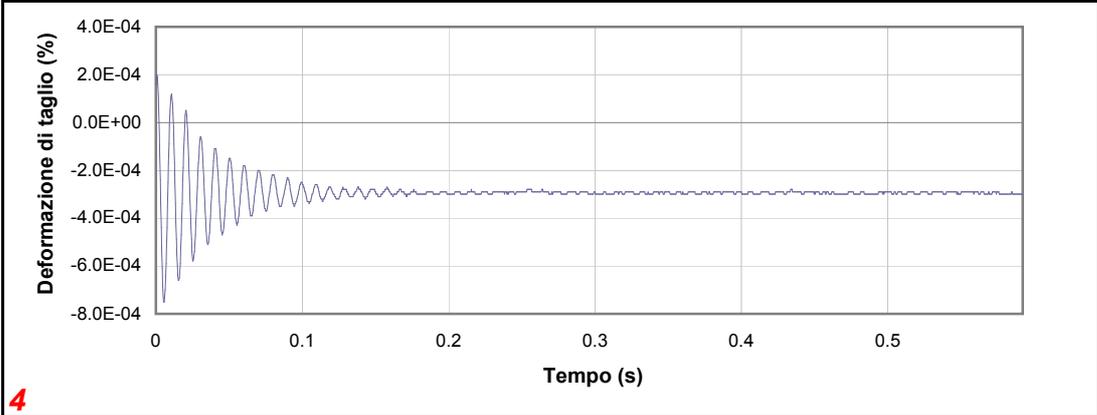
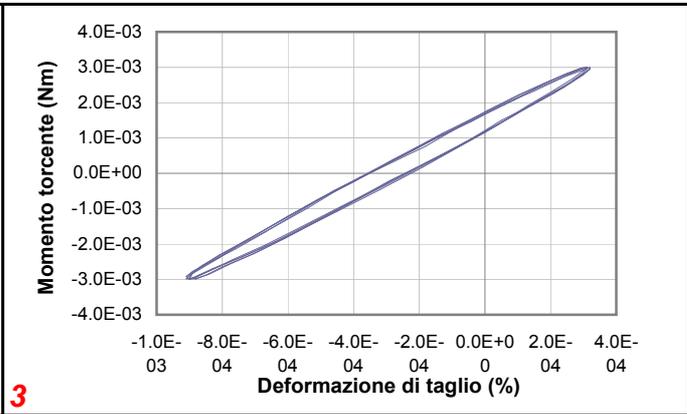
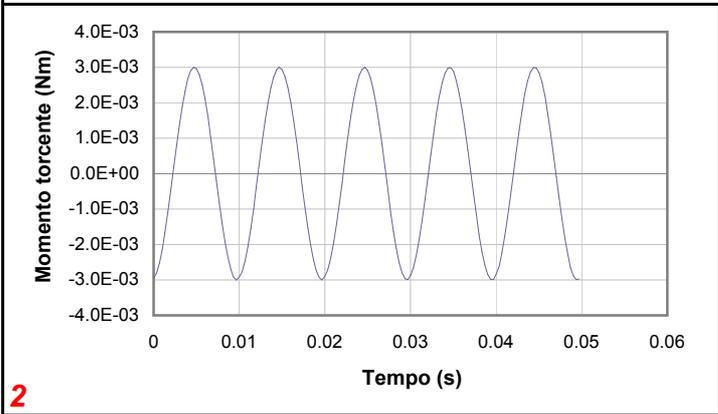
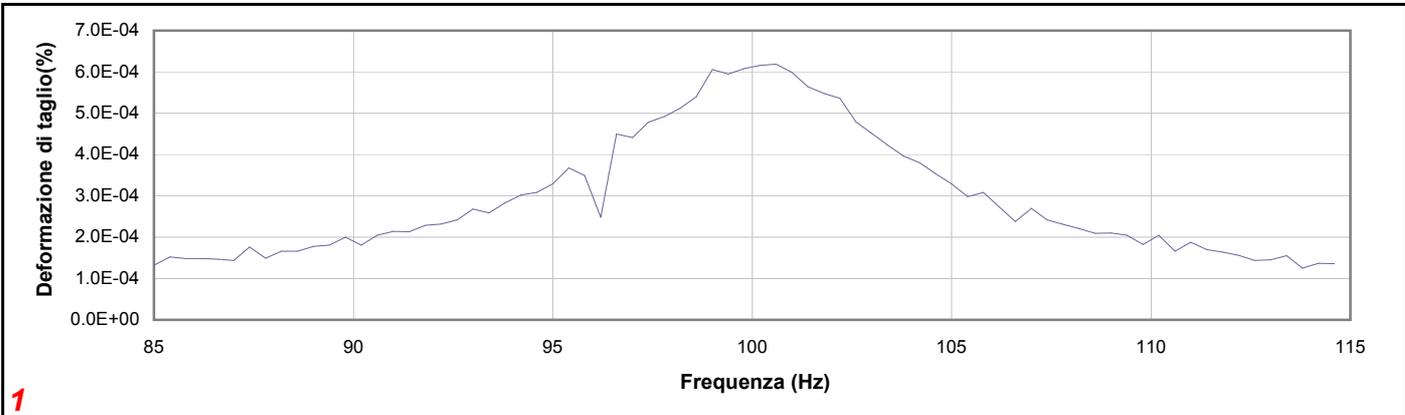
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 6**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

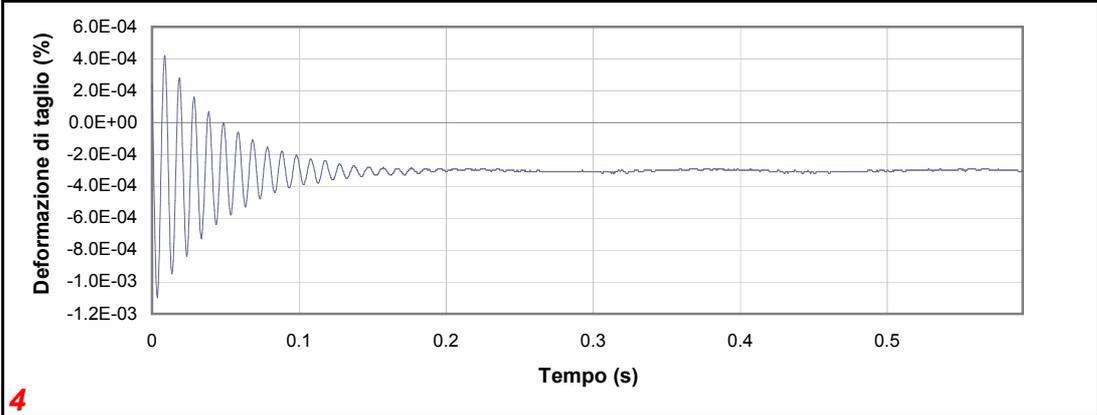
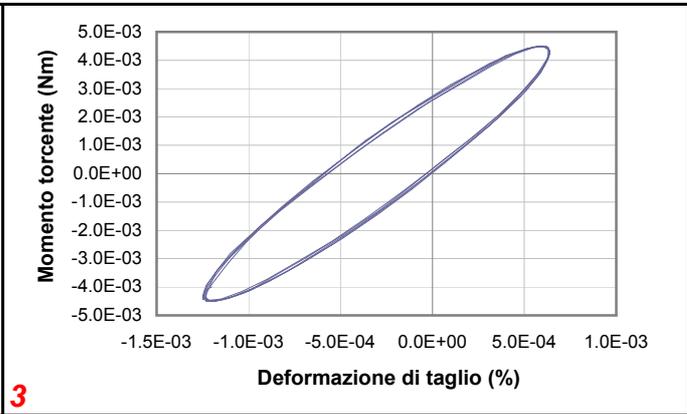
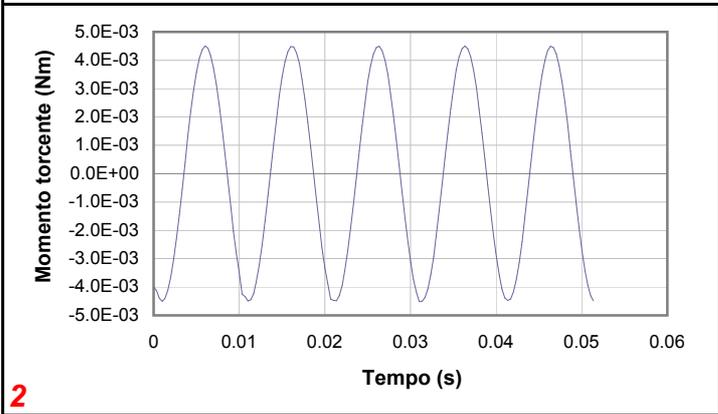
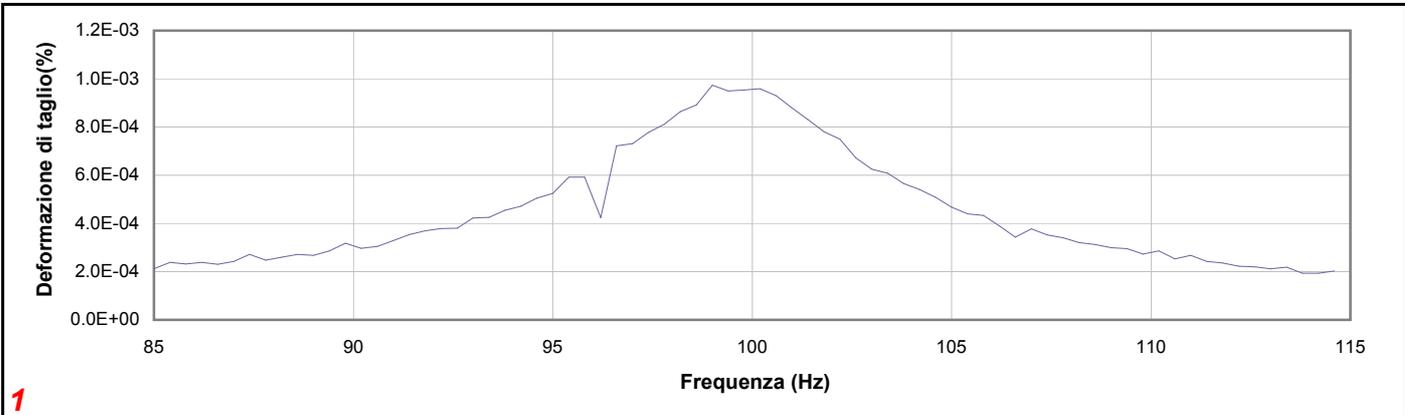
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 7**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

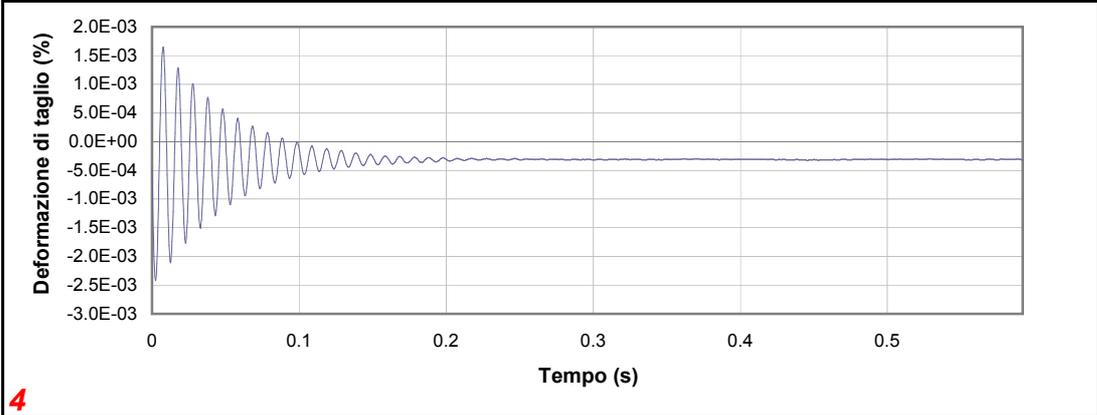
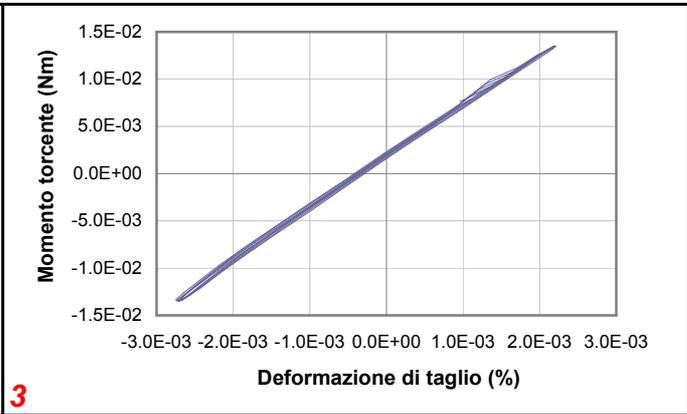
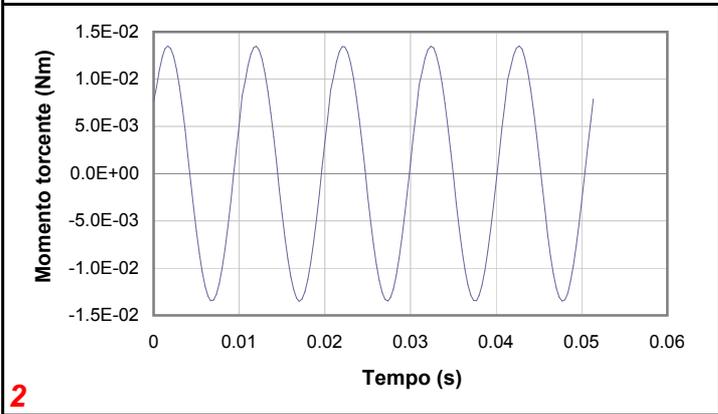
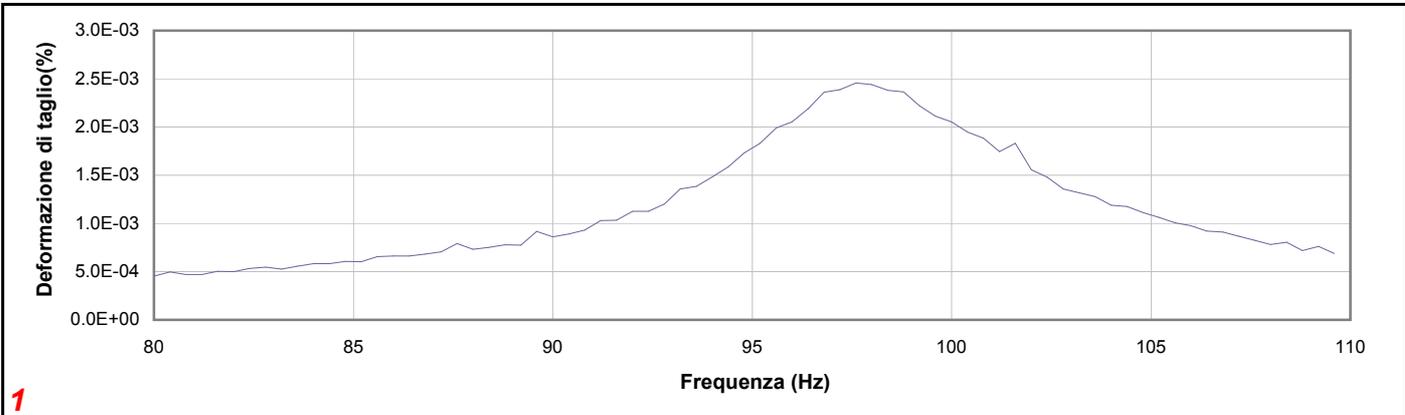
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 8**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

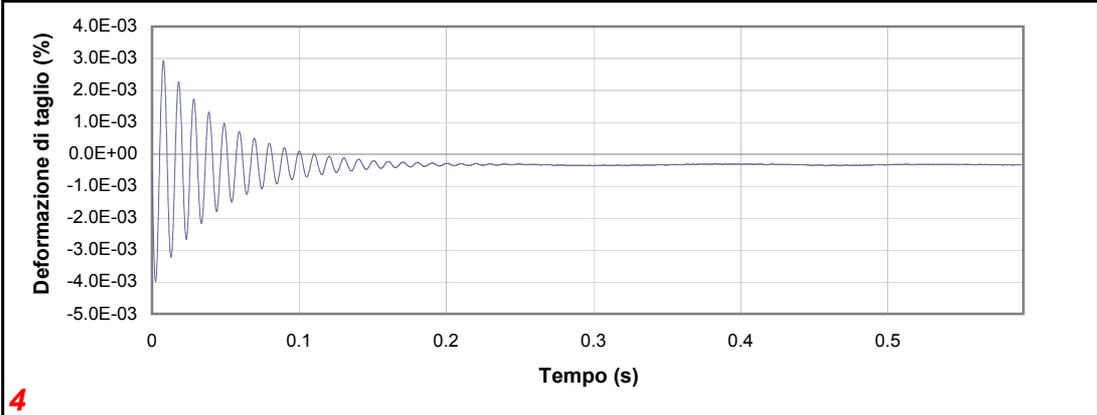
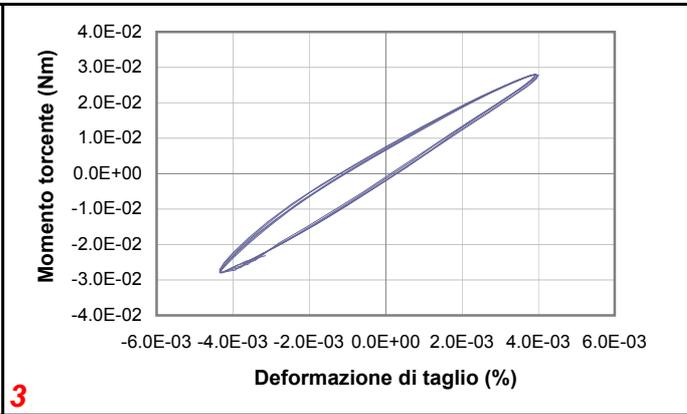
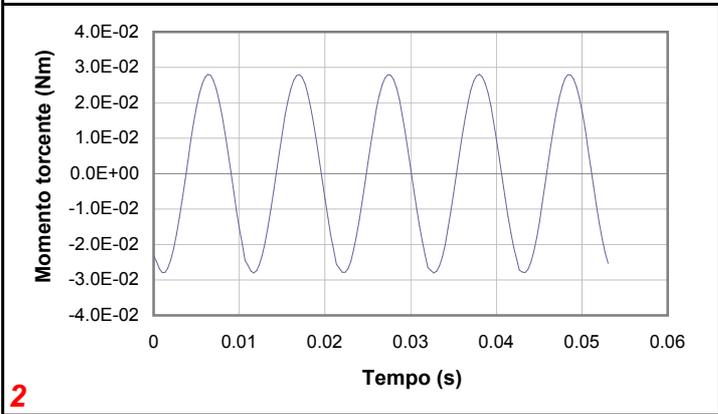
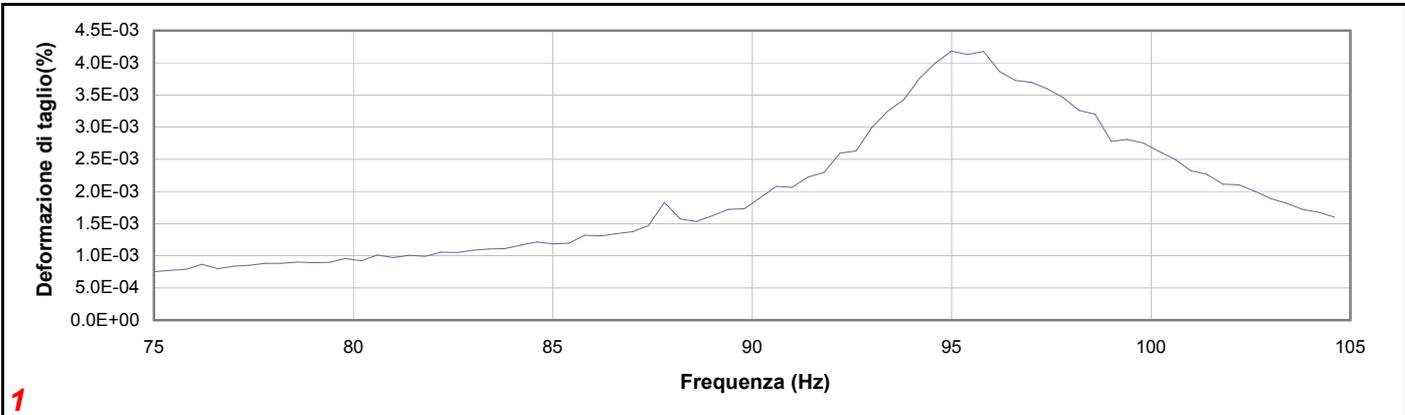
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 9**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

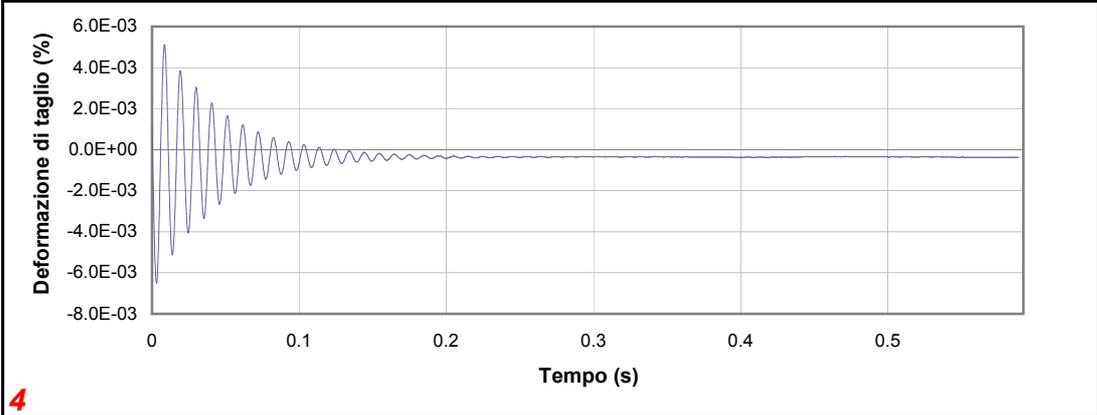
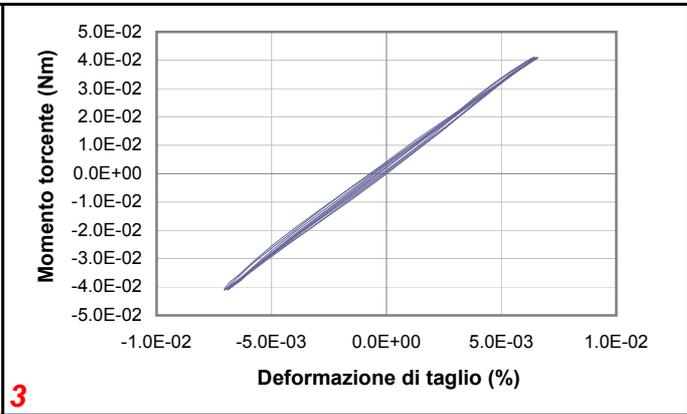
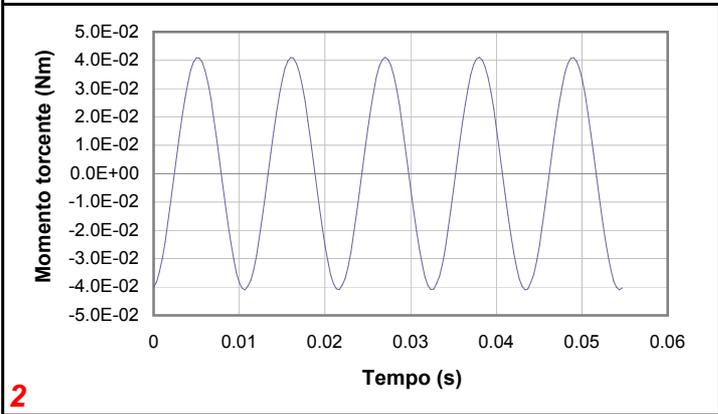
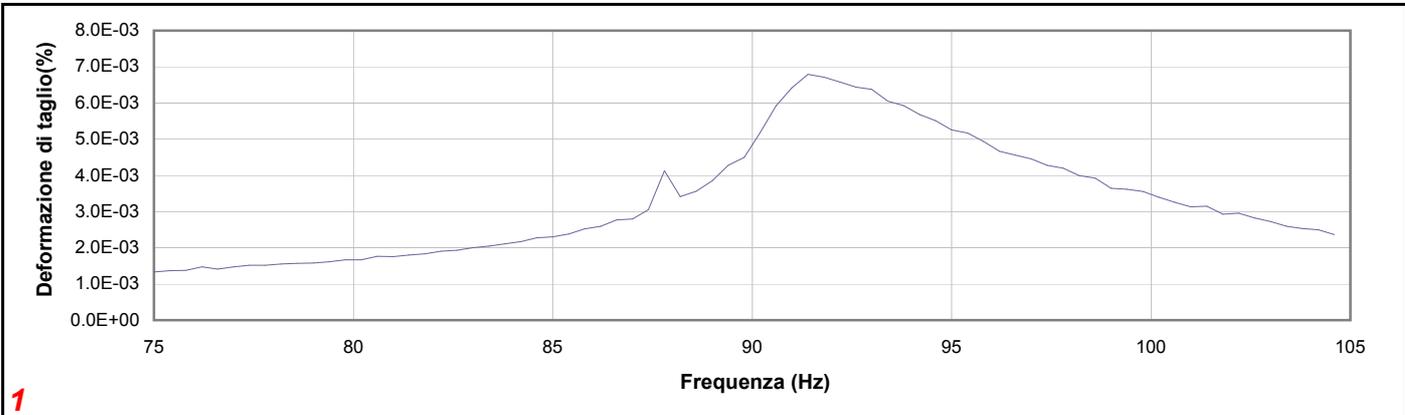
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vfg 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 10**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

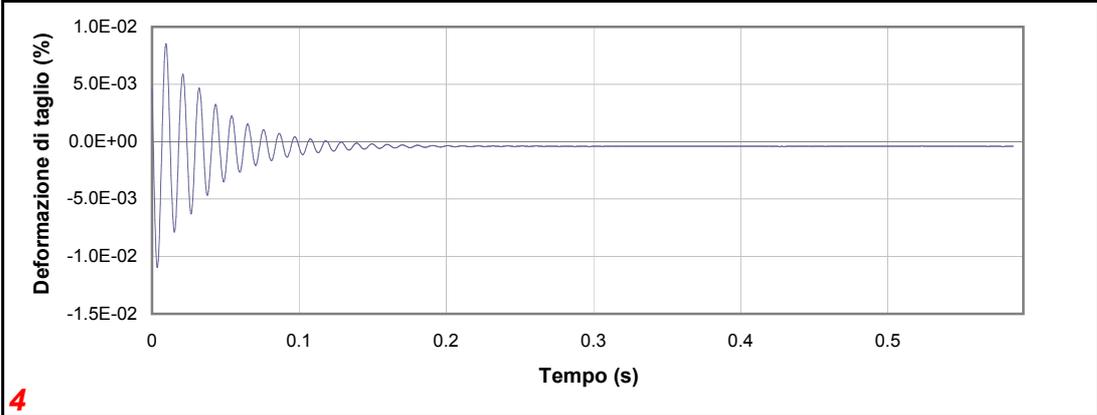
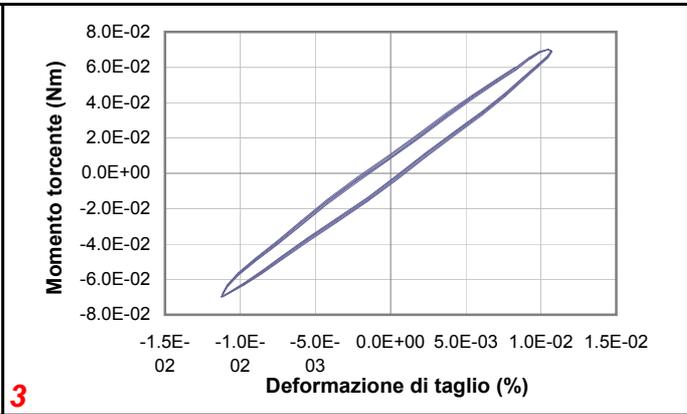
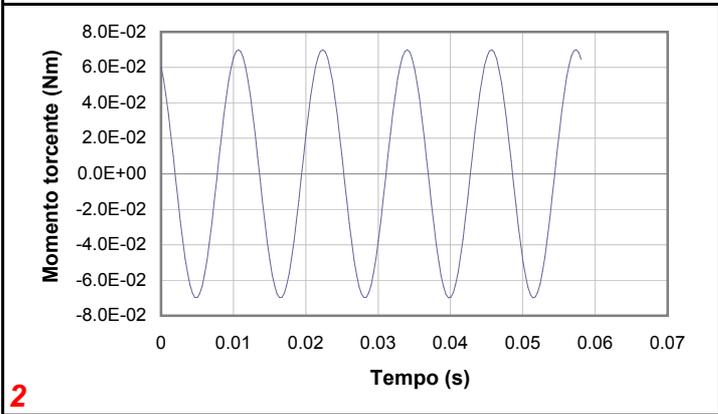
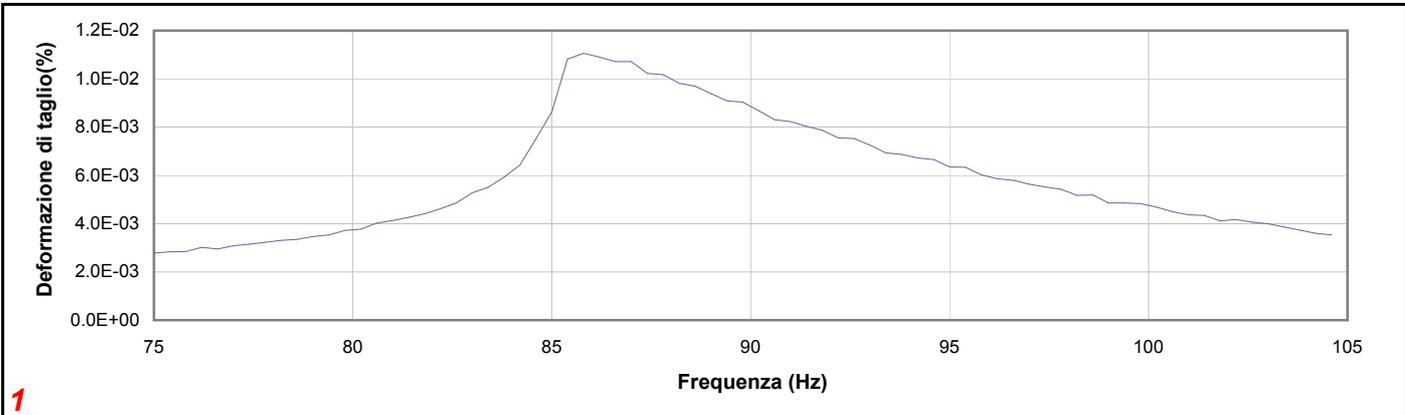
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 11**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

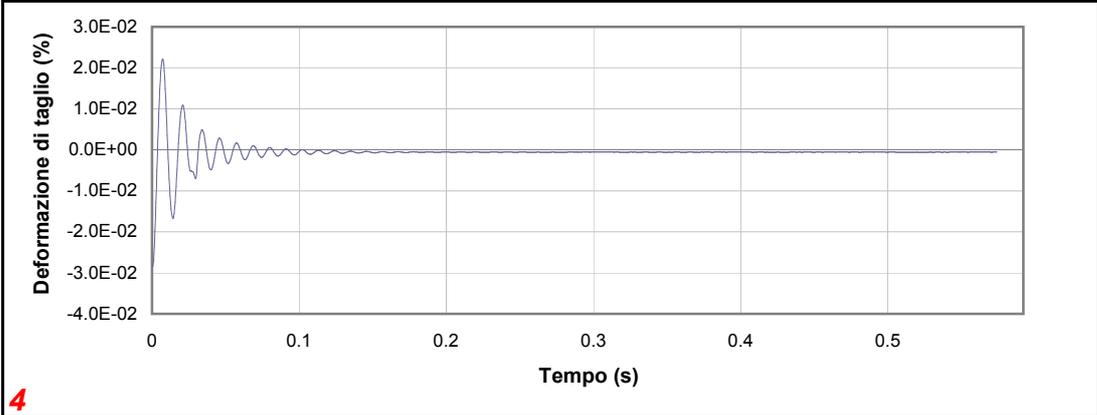
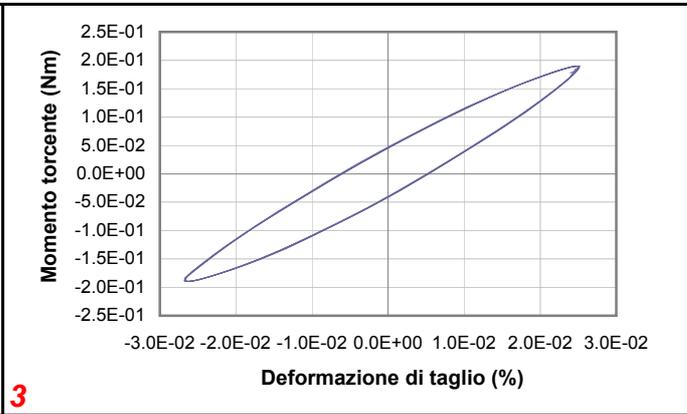
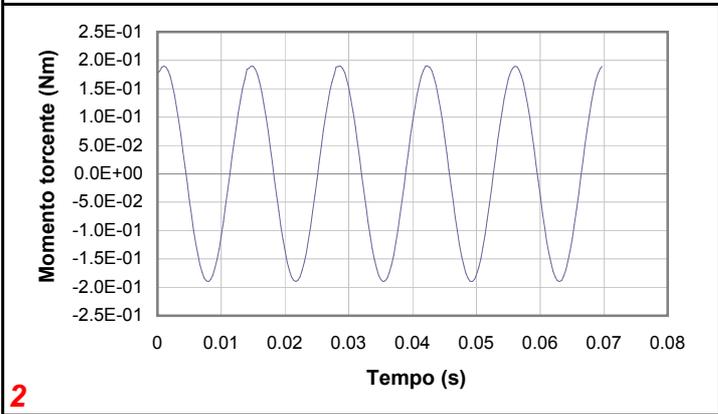
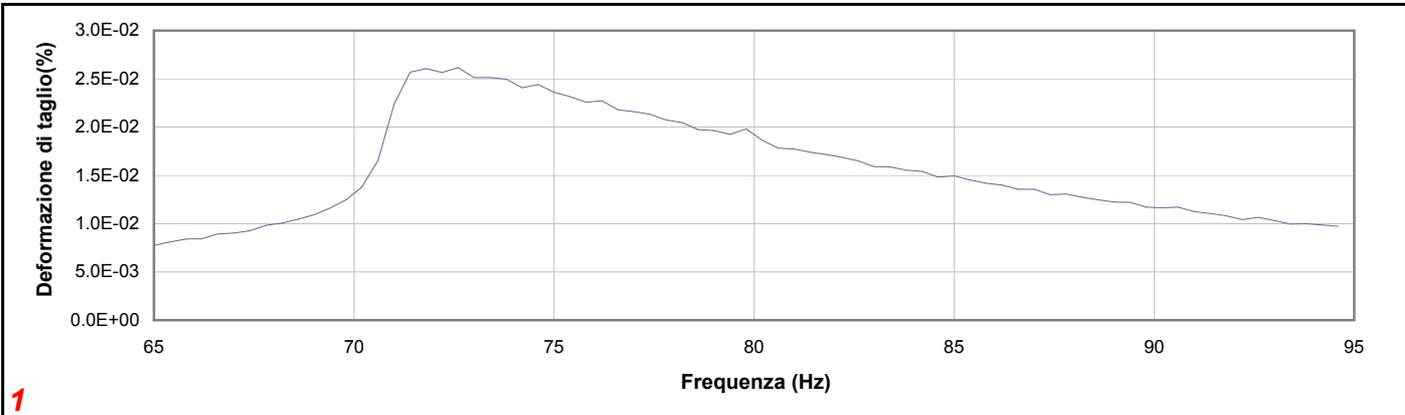
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 12**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

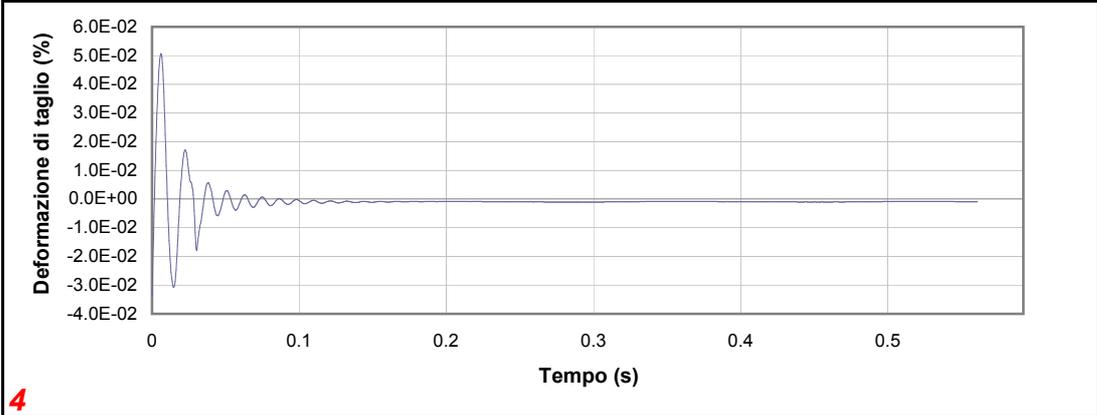
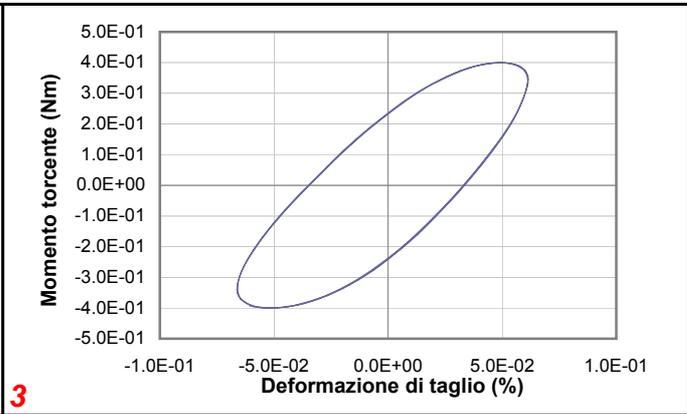
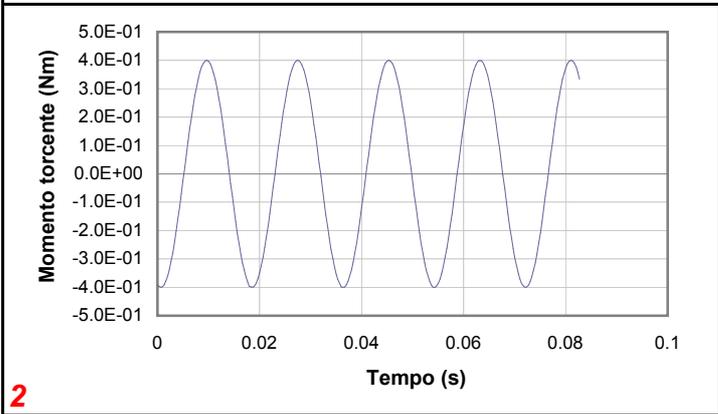
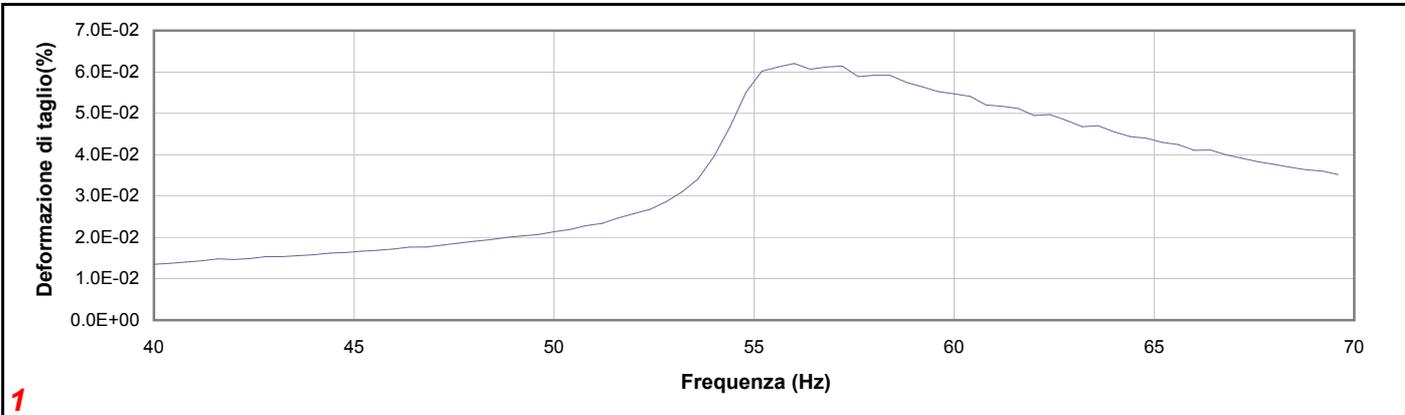
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 13**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

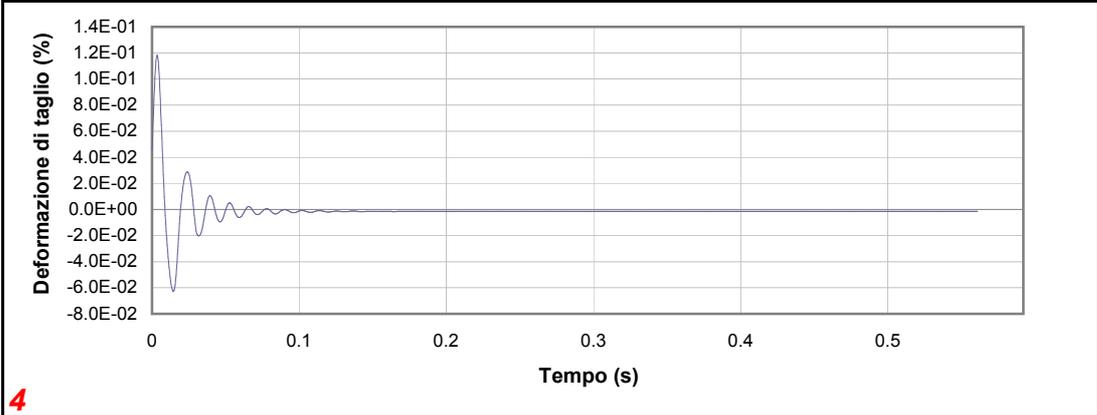
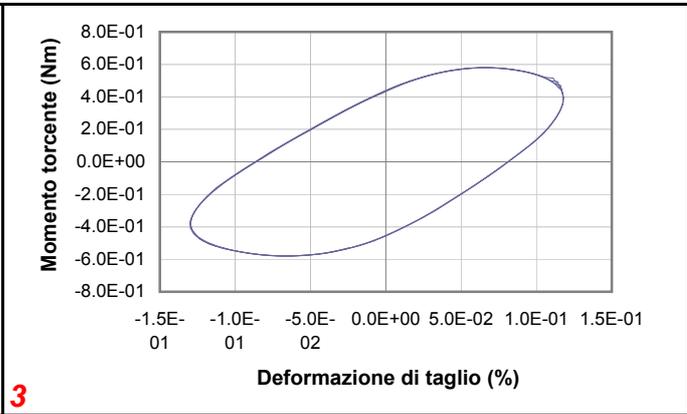
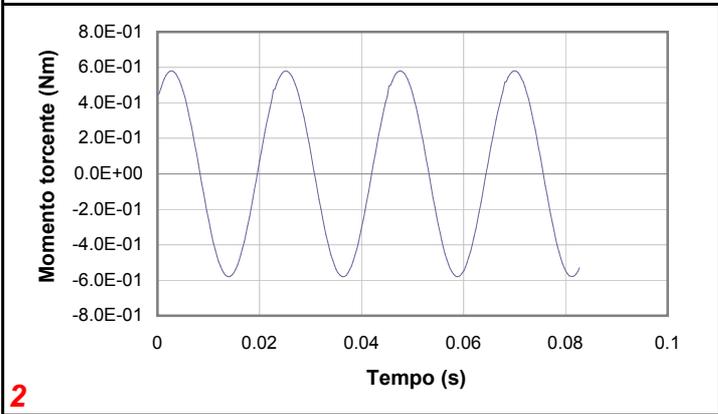
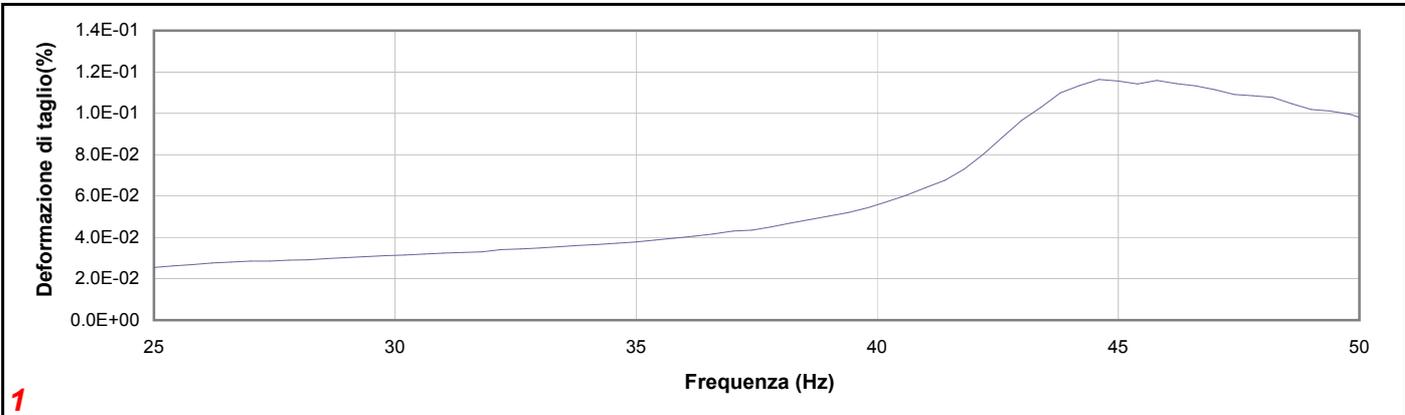
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 14**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

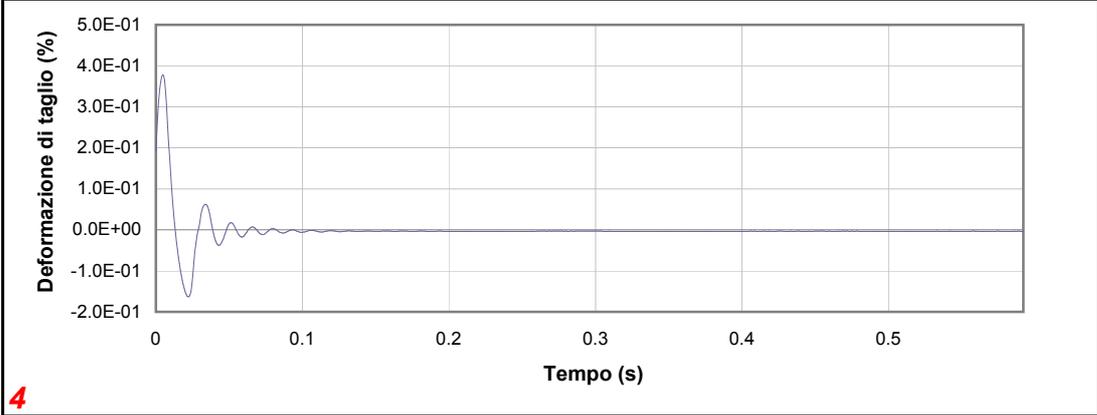
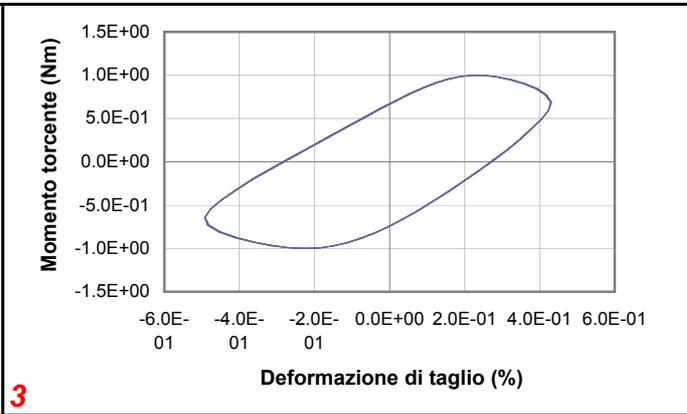
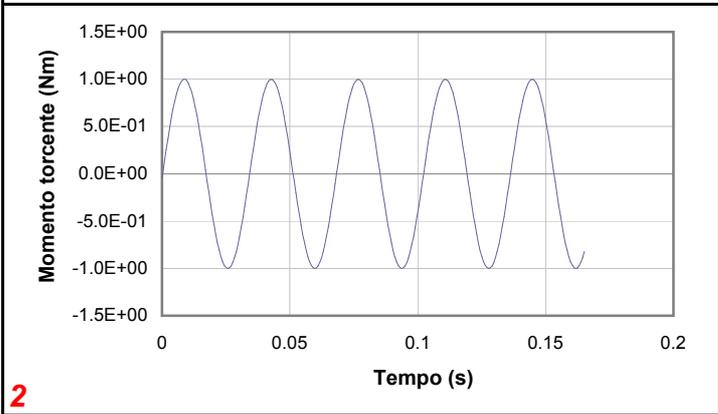
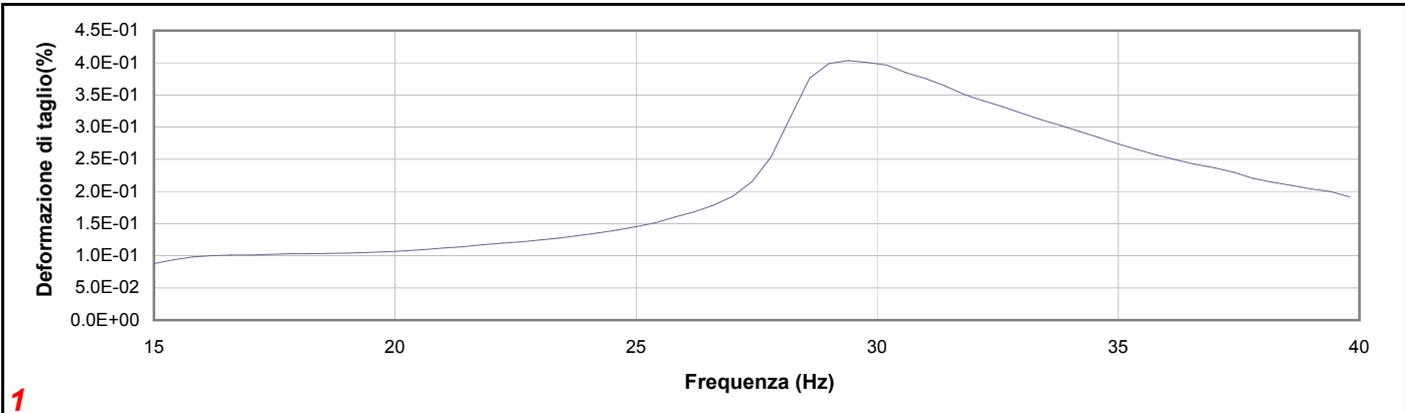
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 15**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

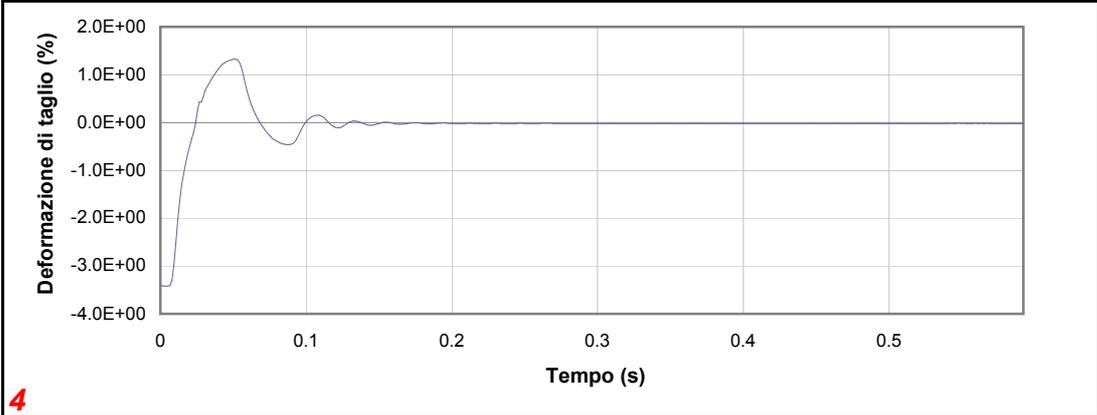
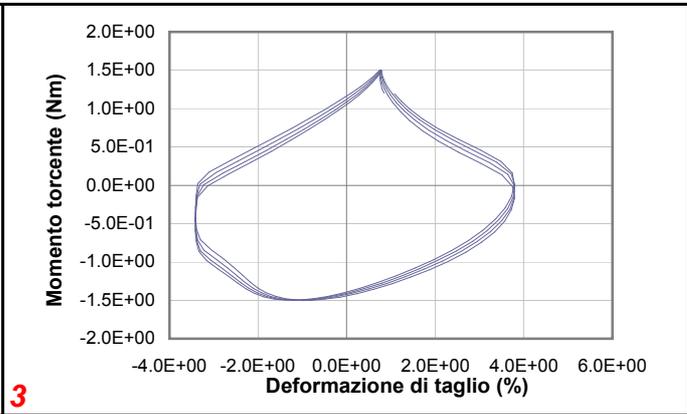
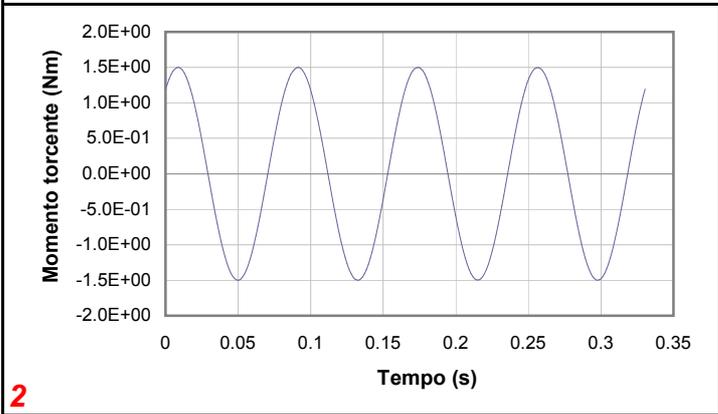
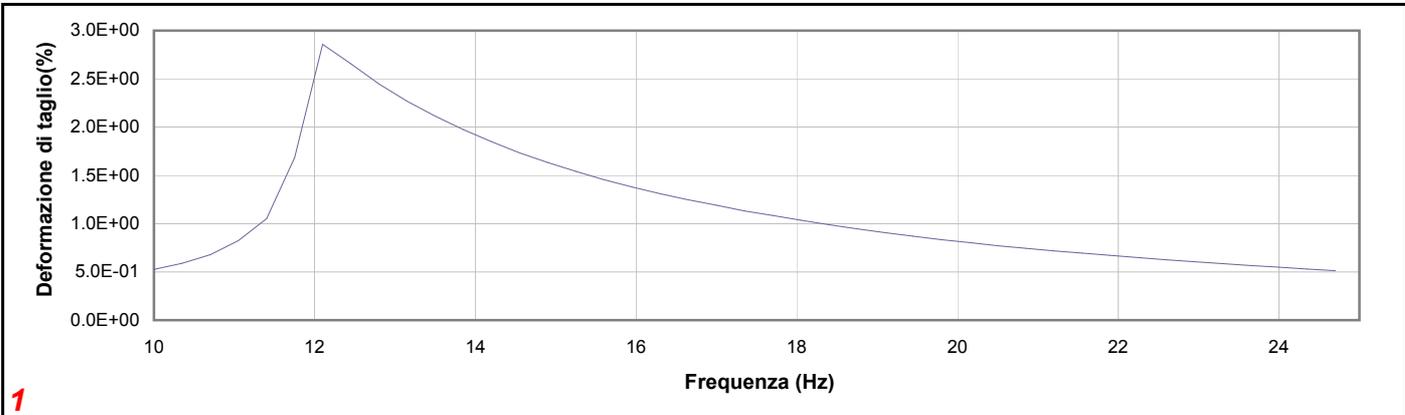
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I1</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>1.75 - 2.00</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>10/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 16**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Il Direttore del Laboratorio Terre:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

## FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

### SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**CANTIERE: **Spongiola**CAMPIONE: **S2I2 m 4.60 - 4.90**

COMMESSA: 19142/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19

DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 4.60	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 43 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1													
	70	-	DESCRIZIONE: 0 - 28 limo argilloso debolmente sabbioso con presenza di frammenti lapidei grigio scuro (rammollito) - 28 - 36 - limo debolmente argilloso e sabbioso marrone chiaro e da 36 a 43 limo argilloso debolmente sabbioso grigio scuro con presenza di sostanza organica													
			<table> <tr><td>W naturale (%)</td><td>20.2</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> naturale (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.01</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> secco (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.67</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> immerso (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.05</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>38</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.62</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>89</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.700</td></tr> </table>	W naturale (%)	20.2	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.01	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.67	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05	porosità (%)	38	indice dei vuoti	0.62	grado di saturazione (%)
W naturale (%)	20.2															
$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.01															
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.67															
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05															
porosità (%)	38															
indice dei vuoti	0.62															
grado di saturazione (%)	89															
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700															
4.90 basso	150	-	<b>PROVE ESEGUITE</b> Umidità Naturale - Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto - Peso di Volume - Espansione L.L. SI Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -													
			NOTE: -													

 Io Sperimentatore:  
 dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

<b>LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)</b>			
COMMITTENTE:	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>		
CANTIERE:	<b>Spongiola</b>		
CAMPIONE:	<b>S2I2</b>	<b>m 4.60 - 4.90</b>	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 -
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

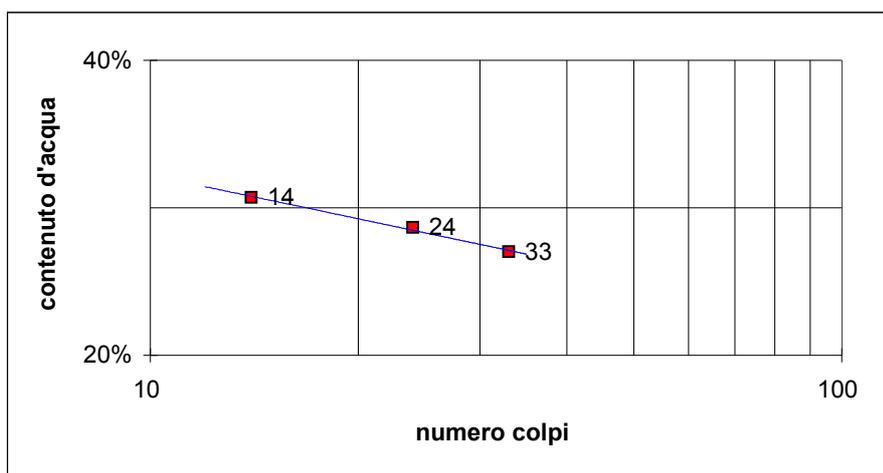
**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo sabbioso ghiaioso debolmente argilloso grigio scuro con presenza di sostanza organica**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	14	24	33			
massa umida+ tara (g)	28.28	25.57	22.57	13.71	12.97	903.93
massa secca+ tara (g)	22.15	20.37	18.25	11.85	11.28	819.78
acqua contenuta (g)	6.13	5.20	4.32	1.86	1.69	84.15
tara (g)	2.19	2.22	2.25	2.17	2.26	404.20
peso secco (g)	19.96	18.15	16.00	9.68	9.02	415.58
contenuto d'acqua	30.7%	28.7%	27.0%	19.2%	18.7%	20.2%

**Umidità Naturale**      **Wn = 20%**  
**Limite Liquido**        **LL = 28%**  
**Limite Plastico**        **LP = 19%**  
**Indice Plastico**         **IP = 9%**



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**SOCOTEC**

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

**ANALISI GRANULOMETRICA**

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

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S212 m 4.60 - 4.90**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 -

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

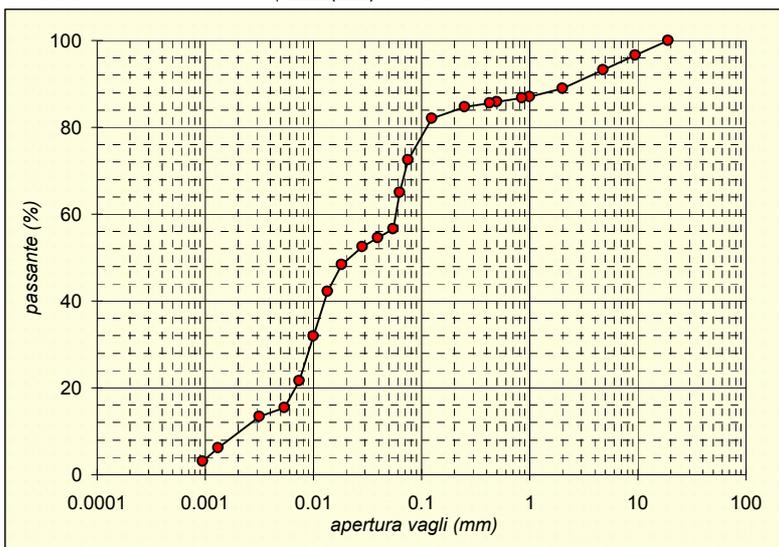
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo sabbioso ghiaioso debolmente argilloso grigio scuro con presenza di sostanza organica**

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
569	setaccio	19.1	0.00	0.00	100.00
570	setaccio	9.51	13.94	3.35	96.65
571	setaccio	4.75	14.14	3.40	93.24
572	setaccio	2	17.58	4.23	89.01
573	setaccio	1	7.93	1.91	87.10
290	setaccio	0.85	1.39	0.33	86.77
291	setaccio	0.5	3.78	0.91	85.86
292	setaccio	0.425	1.01	0.24	85.62
293	setaccio	0.250	3.51	0.84	84.77
282	setaccio	0.125	11.23	2.70	82.07
283	setaccio	0.075	40.01	9.63	72.44
286	setaccio	0.063	30.89	7.43	65.01
-	calcolato	0.0550	34.67	8.34	56.67
-	calcolato	0.0394	8.56	2.06	54.61
-	calcolato	0.0283	8.56	2.06	52.55
-	calcolato	0.0183	17.13	4.12	48.42
-	calcolato	0.0134	25.69	6.18	42.24
-	calcolato	0.0100	42.82	10.30	31.94
-	calcolato	0.0074	42.82	10.30	21.64
-	calcolato	0.0054	25.69	6.18	15.45
-	calcolato	0.0031	8.56	2.06	13.39
-	calcolato	0.0013	29.97	7.21	6.18
-	calcolato	0.0009	12.85	3.09	3.09
-	fondo	12.85	3.09	100.00	0.00
<b>TOTALE</b>		<b>415.58</b>			<b>φ max (mm) = 11.9</b>

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.02	
t° C	Tempo (s)	Letture
20	30	31.0
20	60	30.0
20	120	29.0
20	300	27.0
20	600	24.0
20	1200	19.0
20	2400	14.0
20	4800	11.0
20	14400	10.0
20	86400	6.5
20	172800	5.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	13.2%	11.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	21.8%	24.0%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	55.4%	55.4%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	9.6%	9.6%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**  
**norma ASTM D 2166-91**

COMMITTENTE:	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>	
CANTIERE:	<b>Spongiola</b>	
CAMPIONE:	<b>S212</b>	<b>m 4.60 - 4.90</b>
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:
GEO - CERT. n°:	rev.0 del:	

Codici strumentazione: 775 - 419 - 536 - 929 - 952 - 708

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

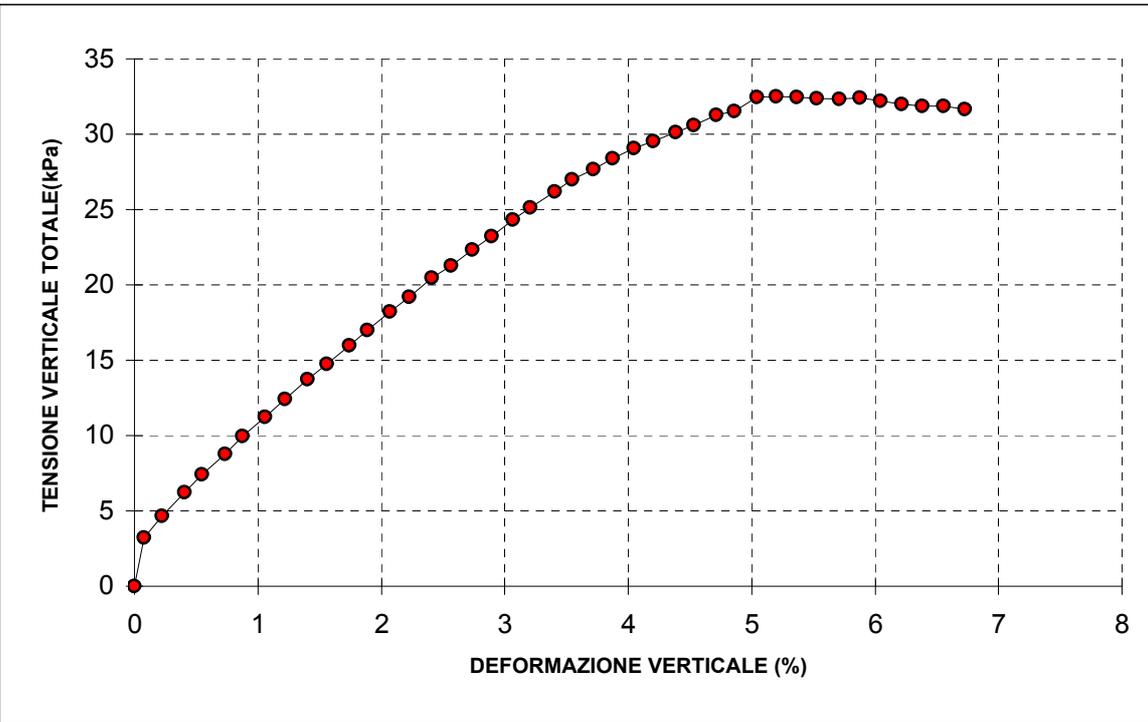
**NATURA DEL CAMPIONE:** Limo argilloso debolmente sabbioso grigio scuro con presenza di sostanza organica

Velocità della pressa:	<b>0,76 mm/min</b>
------------------------	--------------------

CARATTERISTICHE DEL PROVINO	
Dimensioni provino :	<b>h x <math>\phi</math> = 76,2 x 38,1 mm</b>
Umidità naturale (%):	<b>20.2</b>
Massa volumica apparente umida (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>2.01</b>
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>1.67</b>
CONDIZIONI A ROTTURA*	
<b>Tensione verticale totale (kPa):</b>	<b>32.50</b>

\* carico di rottura corrispondente allo sforzo massimo

def.vertic. (%)	tens.vertic. (kPa)
0.00	0.00
0.08	3.20
0.22	4.66
0.41	6.21
0.55	7.40
0.73	8.77
0.88	9.95
1.06	11.22
1.22	12.40
1.40	13.74
1.56	14.74
1.74	15.99
1.89	16.99
2.07	18.23
2.23	19.21
2.41	20.45
2.57	21.26
2.74	22.31
2.89	23.20
3.06	24.34
3.21	25.14
3.40	26.17
3.55	26.97
3.72	27.67
3.88	28.38
4.05	29.07
4.20	29.52
4.39	30.13
4.53	30.58
4.71	31.26
4.86	31.55
5.04	32.47
5.20	32.50
5.37	32.44
5.53	32.39
5.71	32.33
5.87	32.43
6.05	32.21
6.22	31.99
6.39	31.85
6.56	31.87
6.73	31.65



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE**

COMMITTENTE: **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S2I3 m 9.80 - 10.30**

COMMESSA: 19142/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19

DATA CONSEGNA: 02/04/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 9.80	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 25 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1																																
	250	-	DESCRIZIONE: Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio marrone																																
			<table border="0"> <tr><td>W naturale (%)</td><td>21.5</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> naturale (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.03</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> secco (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.67</td></tr> <tr><td><math>\gamma</math> immerso (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>1.05</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>38</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.62</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>94</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m<sup>3</sup>)</td><td>2.700</td></tr> </table>	W naturale (%)	21.5	$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.03	$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.67	$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05	porosità (%)	38	indice dei vuoti	0.62	grado di saturazione (%)	94	massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700																
W naturale (%)	21.5																																		
$\gamma$ naturale (Mg/m <sup>3</sup> )	2.03																																		
$\gamma$ secco (Mg/m <sup>3</sup> )	1.67																																		
$\gamma$ immerso (Mg/m <sup>3</sup> )	1.05																																		
porosità (%)	38																																		
indice dei vuoti	0.62																																		
grado di saturazione (%)	94																																		
massa specifica (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700																																		
10.30 basso	210	-	<p>PROVE ESEGUITE</p> <table border="0"> <tr><td>Umidità Naturale</td><td>-</td><td>Trassiale UU</td><td>-</td></tr> <tr><td>Limiti Atterberg</td><td>SI</td><td>Trassiale CIU</td><td>-</td></tr> <tr><td>Gran. Setacciatura</td><td>SI</td><td>Edometria</td><td>-</td></tr> <tr><td>Gran. Sedimentazione</td><td>SI</td><td>Taglio Diretto</td><td>SI</td></tr> <tr><td>Peso di Volume</td><td>-</td><td>Espansione L.L.</td><td>SI</td></tr> <tr><td>Peso Specifico</td><td>-</td><td>Trassiale Cicl. + C.M.</td><td>-</td></tr> <tr><td>Analisi Chimica</td><td>-</td><td>Colonna Risonante</td><td>SI</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Taglio Torsionale Cicl.</td><td>-</td></tr> </table>	Umidità Naturale	-	Trassiale UU	-	Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-	Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI	Peso di Volume	-	Espansione L.L.	SI	Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-	Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI			Taglio Torsionale Cicl.	-
			Umidità Naturale	-	Trassiale UU	-																													
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																																
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-																																
Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	SI																																
Peso di Volume	-	Espansione L.L.	SI																																
Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-																																
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI																																
		Taglio Torsionale Cicl.	-																																
			NOTE: -																																

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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



**LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)**

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola	
CAMPIONE:	S2I3	m 9.80 - 10.30
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA: 02/04/19
GEO - CERT. n°:	GF1902772	rev.00 del: 07/06/19

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

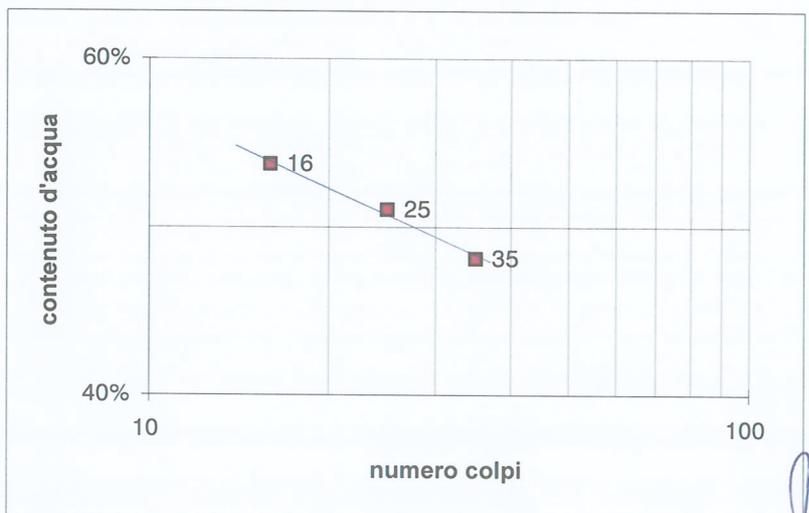
**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio marrone**

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	35	25	16			
massa umida+ tara (g)	19.18	21.39	20.28	12.67	12.86	159.59
massa secca+ tara (g)	13.68	14.90	13.94	10.54	10.69	131.69
acqua contenuta (g)	5.50	6.49	6.34	2.13	2.17	27.90
tara (g)	2.25	2.18	2.14	2.27	2.24	2.18
peso secco (g)	11.43	12.72	11.80	8.27	8.45	129.51
contenuto d'acqua	48.1%	51.0%	53.7%	25.8%	25.7%	21.5%

Umidità Naturale      Wn =    22%  
 Limite Liquido        LL =    51%  
 Limite Plastico        LP =    26%  
 Indice Plastico        IP =    25%



Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

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

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**ANALISI GRANULOMETRICA**

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

COMMITTENTE **Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)**

CANTIERE: **Spongiola**

CAMPIONE: **S213 m 9.80 - 10.30**

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n° GF1902773 rev.00 del: 07/06/19

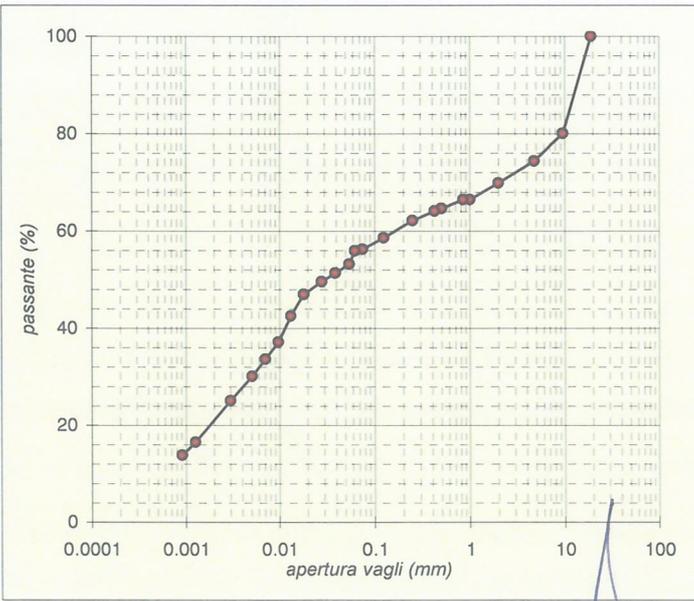
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore

**ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**

**Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio marrone**

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
569	setaccio	19.1	0.00	0.00	100.00
570	setaccio	9.51	25.81	19.93	80.07
571	setaccio	4.75	7.41	5.72	74.35
572	setaccio	2	5.82	4.49	69.86
573	setaccio	1	4.41	3.41	66.45
290	setaccio	0.85	0.01	0.01	66.44
291	setaccio	0.5	2.33	1.80	64.64
292	setaccio	0.425	0.70	0.54	64.10
293	setaccio	0.250	2.51	1.94	62.17
282	setaccio	0.125	4.58	3.54	58.63
283	setaccio	0.075	3.01	2.32	56.30
286	setaccio	0.063	0.48	0.37	55.93
-	calcolato	0.0548	3.57	2.76	53.17
-	calcolato	0.0393	2.30	1.77	51.40
-	calcolato	0.0282	2.30	1.77	49.62
-	calcolato	0.0182	3.45	2.66	46.96
-	calcolato	0.0133	5.75	4.44	42.53
-	calcolato	0.0097	6.89	5.32	37.20
-	calcolato	0.0071	4.60	3.55	33.65
-	calcolato	0.0051	4.60	3.55	30.10
-	calcolato	0.0030	6.49	5.01	25.09
-	calcolato	0.0013	11.08	8.56	16.54
-	calcolato	0.0009	3.45	2.66	13.87
	fondo	17.97	13.87	100.00	0.00
<b>TOTALE</b>		<b>129.51</b>		<b>φ max (mm) = 13.2</b>	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.00	
t° C	Tempo (s)	Letture
17	30	34.0
17	60	33.0
17	120	32.0
17	300	30.5
17	600	28.0
17	1200	25.0
17	2400	23.0
17	4800	21.0
18	14400	18.0
19	86400	13.0
19	172800	11.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	33.6%	30.1%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	10.5%	13.9%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	34.9%	34.9%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	21.1%	21.1%



Soluzione dispersibile preparata al momento

Io Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio:  
dott. geol. Massimo Romagnoli

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**SOCOTEC**

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

**PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA  
norma ASTM D 2166-91**

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S213	m 9.80 - 10.30	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	GF1902774	rev.0 del:	07/06/19

Codici strumentazione: 775 - 419 - 536 - 929 - 952 - 708 il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

**NATURA DEL CAMPIONE:** Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio marrone

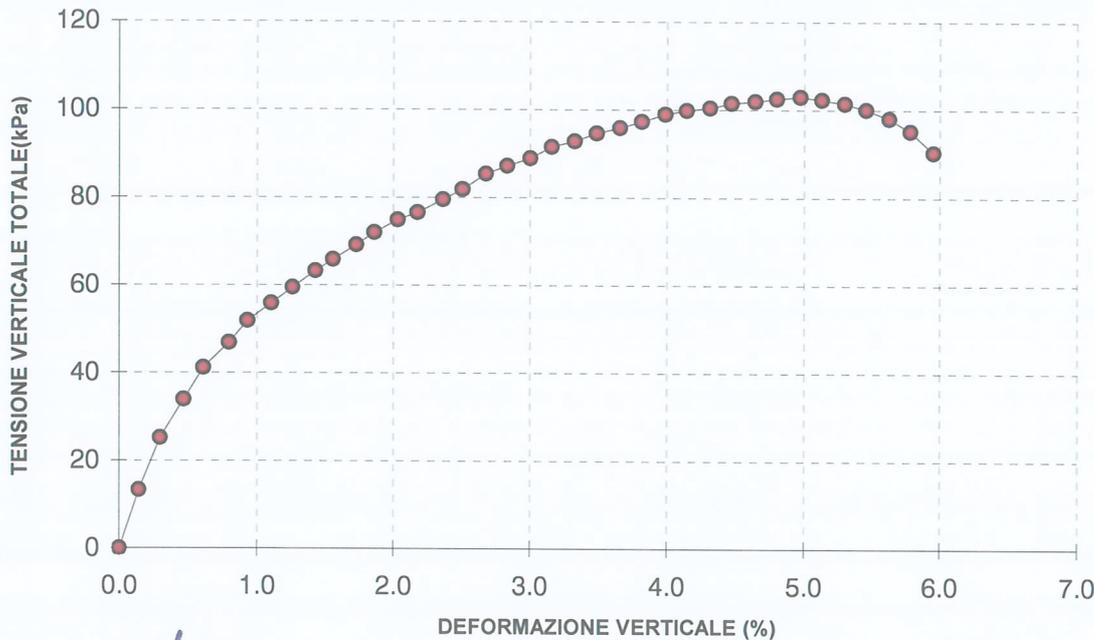
Velocità della pressa: **0,76 mm/min**

**CARATTERISTICHE DEL PROVINO**

Dimensioni provino :	<b>h x <math>\phi</math> = 76,2 x 38,1 mm</b>
Umidità naturale (%):	<b>21.5</b>
Massa volumica apparente umida (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>2.03</b>
Massa volumica apparente secca (Mg/m <sup>3</sup> ):	<b>1.67</b>
<b>CONDIZIONI A ROTTURA*</b>	
Tensione verticale totale (kPa):	<b>103.00</b>

\* carico di rottura corrispondente allo sforzo massimo

def.vertic. (%)	tens.vertic. (kPa)
0.00	0.00
0.14	13.31
0.30	25.20
0.47	33.95
0.62	41.21
0.80	46.89
0.93	51.89
1.10	55.91
1.26	59.50
1.43	63.23
1.56	65.88
1.73	69.16
1.86	72.05
2.03	74.89
2.18	76.56
2.36	79.54
2.50	81.87
2.68	85.44
2.83	87.23
3.00	88.93
3.16	91.55
3.33	92.89
3.49	94.66
3.66	95.92
3.82	97.34
3.99	99.00
4.14	99.91
4.31	100.48
4.47	101.56
4.64	101.95
4.80	102.53
4.97	103.00
5.13	102.34
5.30	101.50
5.46	100.10
5.63	98.04
5.78	95.19
5.95	90.29



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

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)**

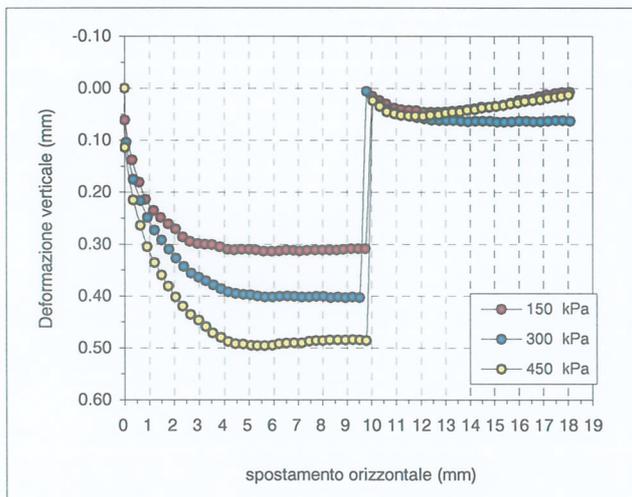
COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S2I3 m 9.80 - 10.30		
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	GF1902775	rev.00 del:	07/06/19

Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

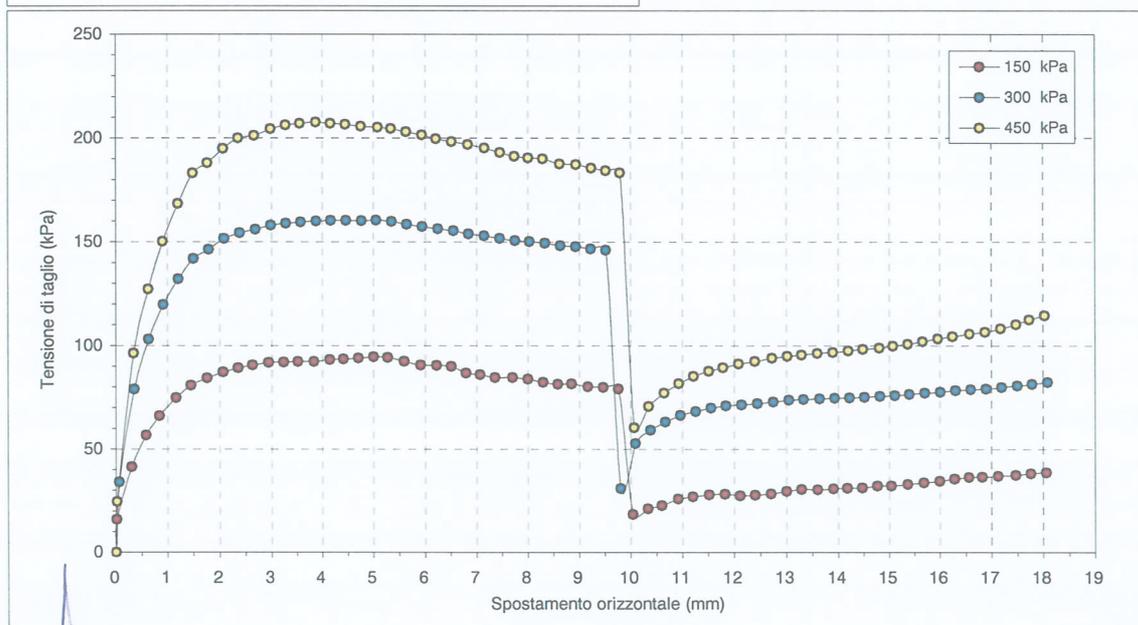
CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA (provini parzialmente ricostituiti)
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 20$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE: Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio marrone



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
$\sigma_v$ (kPa)	150	300	450
W ini (%)	23.4	25.1	23.4
$\gamma$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.93	1.90	1.89
$\gamma_d$ ini (Mg/m <sup>3</sup> )	1.56	1.52	1.53
S ini (%)	86	87	82
W fin (%)	28.5	27.6	25.9
$\gamma$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.96	1.97	2.00
$\gamma_d$ fin (Mg/m <sup>3</sup> )	1.52	1.55	1.59
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m <sup>3</sup> )	2.700 (stimato)		
H fine cons (mm)	19.719	19.387	18.922



Il Direttore del Laboratorio terre:  
dott. geol. Massimo Romagnoli  
m\_GEO 23 (rev. del 01/1)

Lo Sperimentatore:  
dott. Roberto Bellanova  
G6026/Sistema Qualità Elletipi s.r.l.

## FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

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

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE: Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

CANTIERE: Spongiosa

CAMPIONE: S2I3 m 9.80 - 10.30

COMMESSA: 19142/19 DURATA PROVE: 02/04 - 29/04/19

VERBALE ACC.: vgf 046/19 DATA CONSEGNA: 02/04/19

GEO - CERT. n°: GF1902775 rev.00 del: 07/06/19

PROVINO 1			PROVINO 2			PROVINO 3		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	15.986	0.061	0.065	33.988	0.104	0.017	24.581	0.114
0.305	41.416	0.138	0.353	78.905	0.175	0.345	96.200	0.215
0.582	56.765	0.181	0.637	103.061	0.216	0.631	127.253	0.264
0.848	66.102	0.214	0.921	119.720	0.249	0.907	150.277	0.305
1.167	74.838	0.235	1.210	132.098	0.273	1.207	168.492	0.336
1.457	80.851	0.249	1.502	141.966	0.292	1.492	183.205	0.360
1.767	84.281	0.261	1.799	146.351	0.310	1.770	188.121	0.381
2.072	87.252	0.271	2.087	151.586	0.327	2.068	194.982	0.402
2.358	89.233	0.286	2.387	154.380	0.343	2.355	199.969	0.420
2.635	90.647	0.295	2.692	156.113	0.356	2.669	201.277	0.436
2.946	91.815	0.299	2.992	158.058	0.364	2.986	204.425	0.447
3.239	91.956	0.300	3.283	159.013	0.371	3.278	206.370	0.459
3.521	92.310	0.301	3.575	159.579	0.379	3.555	207.007	0.471
3.837	92.204	0.305	3.879	160.039	0.386	3.874	207.644	0.480
4.144	93.194	0.310	4.165	160.322	0.392	4.159	207.078	0.488
4.414	93.548	0.311	4.465	160.286	0.395	4.449	206.583	0.492
4.709	93.901	0.310	4.771	160.180	0.397	4.757	205.769	0.493
5.003	94.644	0.310	5.053	160.499	0.398	5.086	205.168	0.495
5.278	94.255	0.311	5.351	159.827	0.400	5.338	204.637	0.496
5.597	92.380	0.314	5.646	158.447	0.402	5.632	203.117	0.496
5.911	90.612	0.314	5.944	157.492	0.402	5.940	201.525	0.495
6.223	90.435	0.313	6.248	156.396	0.401	6.213	199.792	0.492
6.512	89.940	0.311	6.552	155.476	0.400	6.513	198.271	0.491
6.796	86.828	0.312	6.844	153.885	0.401	6.833	196.892	0.490
7.068	86.014	0.313	7.148	152.930	0.402	7.158	195.230	0.490
7.360	84.670	0.312	7.456	151.763	0.402	7.458	193.072	0.487
7.701	84.670	0.311	7.750	150.666	0.401	7.739	191.268	0.486
7.999	83.821	0.311	8.032	150.277	0.401	8.010	190.561	0.486
8.298	82.336	0.311	8.336	149.393	0.403	8.296	190.031	0.485
8.583	81.381	0.311	8.637	148.297	0.402	8.623	187.661	0.485
8.855	81.487	0.310	8.934	147.731	0.403	8.938	187.343	0.485
9.171	80.143	0.309	9.226	146.634	0.402	9.237	185.574	0.484
9.466	79.789	0.309	9.521	146.139	0.403	9.519	184.407	0.485
9.759	79.047	0.309	9.804	30.982	0.006	9.791	183.381	0.486
10.043	18.356	0.015	10.090	52.733	0.023	10.067	60.408	0.024
10.331	21.150	0.023	10.380	59.170	0.032	10.347	70.629	0.035
10.601	22.741	0.030	10.666	63.167	0.041	10.643	77.066	0.045
10.918	25.889	0.038	10.960	66.314	0.047	10.933	81.770	0.049
11.205	27.021	0.041	11.259	68.260	0.051	11.216	85.236	0.052
11.522	27.905	0.042	11.557	69.851	0.054	11.513	87.712	0.053
11.827	28.188	0.043	11.843	70.983	0.056	11.788	89.410	0.053
12.118	27.410	0.046	12.142	71.478	0.059	12.088	91.178	0.054
12.403	27.728	0.046	12.448	71.973	0.061	12.396	92.451	0.052
12.709	28.400	0.046	12.752	72.822	0.062	12.728	93.901	0.051
13.007	29.603	0.045	13.049	73.706	0.062	13.016	94.891	0.048
13.290	30.452	0.044	13.330	74.095	0.062	13.295	95.422	0.046
13.605	30.381	0.043	13.641	74.343	0.063	13.600	96.235	0.045
13.907	30.876	0.041	13.933	74.661	0.064	13.893	96.731	0.042
14.183	31.159	0.039	14.228	74.873	0.063	14.200	97.509	0.041
14.476	31.265	0.036	14.520	75.086	0.063	14.484	98.287	0.038
14.770	32.220	0.036	14.820	75.510	0.063	14.812	98.853	0.036
15.048	32.149	0.034	15.112	75.864	0.065	15.076	99.808	0.035
15.370	32.998	0.032	15.402	76.430	0.065	15.372	100.763	0.033
15.684	33.776	0.028	15.707	77.066	0.064	15.663	101.859	0.030
15.997	34.413	0.023	16.012	77.491	0.063	15.957	103.309	0.028
16.284	35.615	0.022	16.302	78.269	0.063	16.247	104.335	0.025
16.562	36.252	0.020	16.598	78.728	0.064	16.573	105.573	0.024
16.827	36.499	0.016	16.896	79.153	0.064	16.879	106.492	0.022
17.131	36.995	0.012	17.195	79.825	0.063	17.180	108.260	0.019
17.473	37.419	0.010	17.503	80.568	0.062	17.475	110.170	0.017
17.764	38.091	0.008	17.790	81.452	0.062	17.731	112.434	0.015
18.061	38.692	0.007	18.087	82.265	0.063	18.027	114.450	0.013

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

FERRARA DEPARTMENT  
Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma UNI CEN ISO 17892-10)

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S2I3	m 9.80 - 10.30	
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	02/04/19
GEO - CERT. n°:	GF1902775	rev.00 del:	07/06/19

#### Consolidazione Provino 1

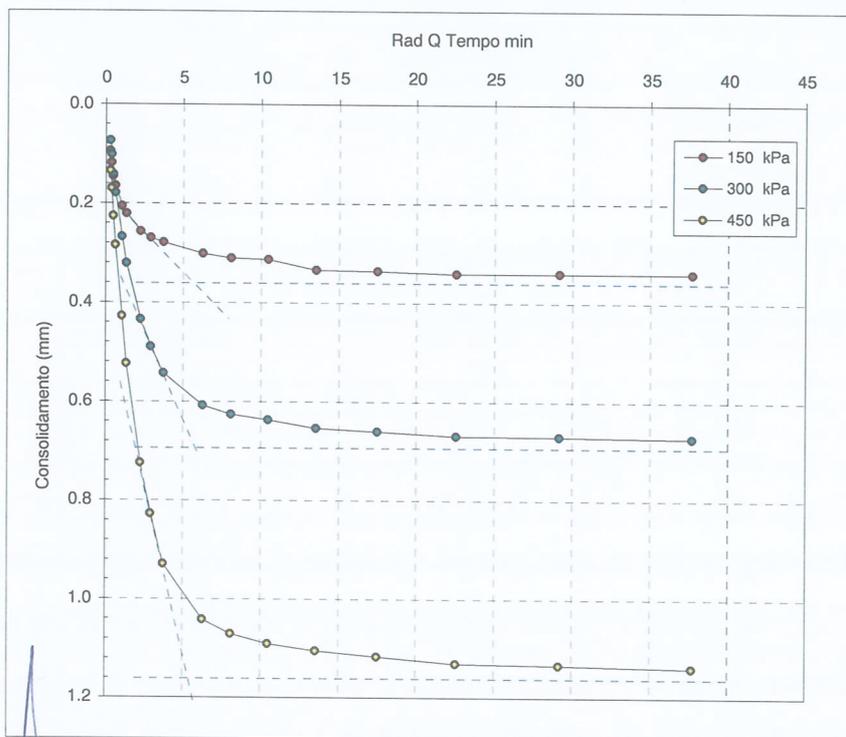
150 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.095
0.14	0.118
0.23	0.146
0.39	0.164
1.08	0.206
1.81	0.221
5.05	0.257
8.44	0.269
14.09	0.279
39.29	0.301
65.61	0.310
109.58	0.313
182.98	0.334
305.58	0.336
510.33	0.341
852.27	0.340
1423.30	0.341

#### Consolidazione Provino 2

300 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.074
0.14	0.102
0.23	0.142
0.39	0.179
1.08	0.268
1.81	0.321
5.05	0.435
8.44	0.490
14.09	0.543
39.29	0.608
65.61	0.626
109.58	0.637
182.98	0.654
305.58	0.660
510.33	0.669
852.27	0.671
1423.30	0.674

#### Consolidazione Provino 3

450 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.134
0.14	0.170
0.23	0.226
0.39	0.284
1.08	0.428
1.81	0.524
5.05	0.725
8.44	0.828
14.09	0.929
39.29	1.042
65.61	1.071
109.58	1.091
182.98	1.105
305.58	1.116
510.33	1.130
852.27	1.134
1423.30	1.140



t<sub>100</sub> min  
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

32.8

Provino 2

34.1

Provino 3

29.7

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

Lo Spedimentatore:  
dott. Roberto Bellanova

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



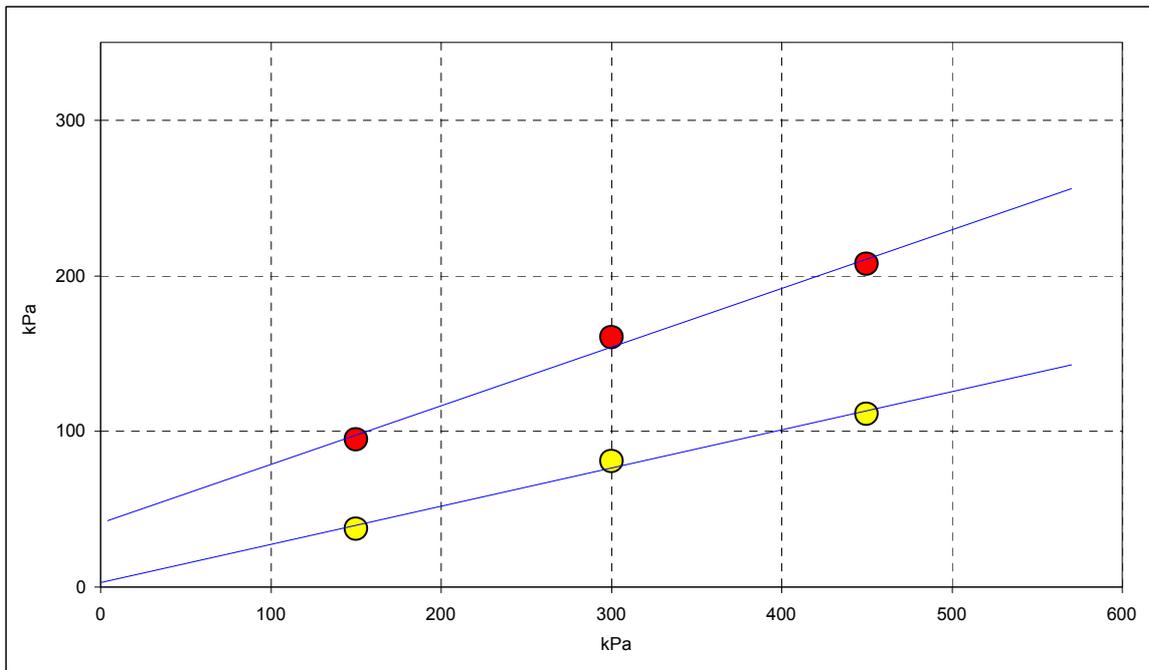
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

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

COMMITTENTE:	Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)		
CANTIERE:	Spongiola		
CAMPIONE:	S2I3		
COMMESSA:	19142/19	DURATA PROVE:	02/04 - 29/04/19
VERBALE ACC.:	vgf 046/19	DATA CONSEGNA:	43557

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

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	150	300	450
Tensione di taglio PICCO (kPa)	94.64	160.50	207.64
Tensione di taglio RESIDUO (kPa)	37.54	80.65	111.33
<b>VALORI DI PICCO</b>			
<b>Coesione:</b>	41.26 kPa		<b>Angolo di attrito:</b> 21°
<b>VALORI RESIDUI</b>			
<b>Coesione:</b>	2.72 kPa		<b>Angolo di attrito:</b> 14°



**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I3</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>9.80 - 10.30</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	<b>GF1902776</b>
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>22/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	<b>07/06/2019</b>

DATI INIZIALI		
Altezza:	<b>100.00</b>	mm
Diametro:	<b>50.00</b>	mm
Raggio eq.:	<b>17.675</b>	mm
Massa:	<b>400.3</b>	g
W:	<b>21.5</b>	%
γ:	<b>20.00</b>	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	<b>16.45</b>	-
e:	<b>0.61</b>	-

DATI DI PROVA		
<b>Tipo di campione:</b>	<b>Limo con argilla con frammenti lapidei debolmente sabbioso grigio</b>	
<b>Fattore Raggio Eq.:</b>	<b>0,707</b>	-
<b>Coefficiente B:</b>	<b>0.96</b>	%
<b>Pressione cella:</b>	<b>550</b>	kPa
<b>Contropressione:</b>	<b>450</b>	kPa

DATI FINALI		
Altezza:	<b>98.69</b>	mm
Diametro:	<b>49.33</b>	mm
Raggio eq.:	<b>17.442</b>	mm
Massa:	<b>392.6</b>	g
W:	<b>21.0</b>	%
γ:	<b>20.81</b>	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>s</sub> :	<b>17.20</b>	-
e:	<b>0.57</b>	-

	<b>Frequenza Risonanza (Hz)</b>	<b>Momento Torcente (Nm)</b>	<b>Def. Taglio max (%)</b>	<b>Vel. Onde Taglio V<sub>s</sub> (m/s)</b>	<b>Modulo Taglio G (MPa)</b>	<b>G/G<sub>0</sub></b>	<b>Rapporto Smorz. D (%)</b>	<b>ΔU/σ<sup>3</sup></b>
<b>Test 1*</b>	110.00	0.0001	4.20E-05	200.82	78.66	1.000	0.62	0.000
<b>Test 2</b>	110.00	0.0002	1.07E-04	200.82	78.66	1.000	0.68	0.000
<b>Test 3</b>	110.00	0.0004	2.14E-04	200.82	78.66	1.000	0.91	0.000
<b>Test 4</b>	110.00	0.0006	3.11E-04	200.82	78.66	1.000	0.94	0.000
<b>Test 5</b>	109.00	0.0011	5.81E-04	198.99	77.24	0.982	1.27	0.000
<b>Test 6</b>	109.00	0.0017	9.16E-04	198.99	77.24	0.982	1.53	0.000
<b>Test 7</b>	108.50	0.0025	1.41E-03	198.08	76.53	0.973	1.74	0.000
<b>Test 8</b>	108.00	0.0050	2.88E-03	197.16	75.83	0.964	1.74	0.000
<b>Test 9</b>	107.00	0.0130	4.96E-03	195.34	74.43	0.946	2.03	0.000
<b>Test 10</b>	105.00	0.0200	5.83E-03	191.69	71.67	0.911	2.09	0.000
<b>Test 11</b>	102.00	0.0300	1.13E-02	186.21	67.64	0.860	2.25	0.000
<b>Test 12</b>	99.50	0.0400	1.52E-02	181.65	64.36	0.818	2.61	0.000
<b>Test 13</b>	93.50	0.0700	2.57E-02	170.69	56.83	0.722	4.11	0.000
<b>Test 14</b>	87.00	0.1000	3.58E-02	158.83	49.21	0.626	5.21	0.000
<b>Test 15</b>	80.50	0.1500	5.20E-02	146.96	42.13	0.536	8.17	0.001
<b>Test 16</b>	74.50	0.2000	6.91E-02	136.01	36.08	0.459	11.48	0.008
<b>Test 17</b>	65.00	0.3000	1.10E-01	118.66	27.47	0.349	13.78	0.028
<b>Test 18</b>	52.50	0.4999	1.97E-01	95.84	17.92	0.228	16.92	0.117
<b>Test 19</b>	38.00	0.7500	3.84E-01	69.37	9.39	0.119	20.01	0.255
<b>Test 20</b>	26.00	1.0000	8.16E-01	47.47	4.39	0.056	24.10	0.522

\* Test 1 corrispondente al valore G<sub>0</sub>

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

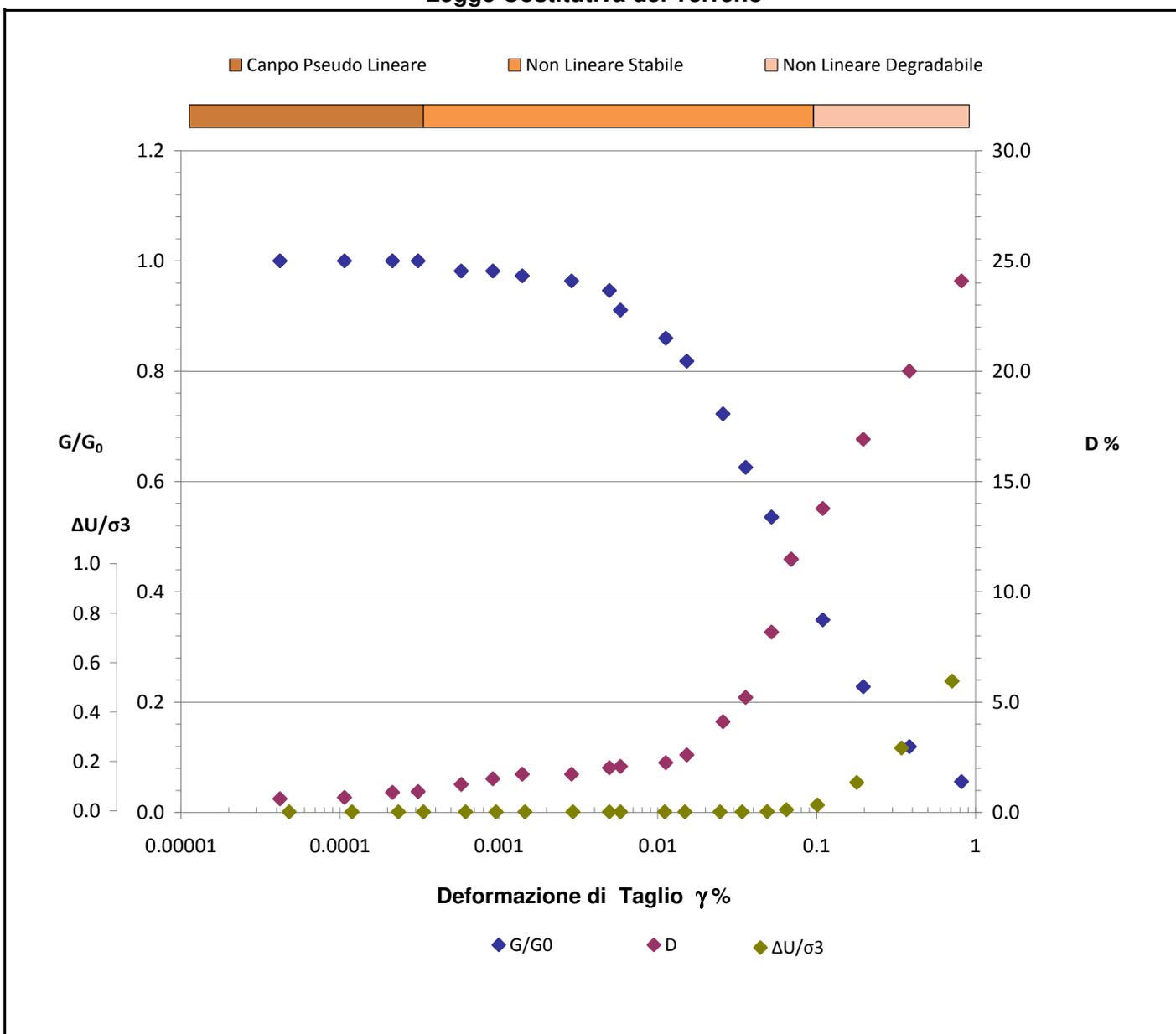
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I3</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>9.80 - 10.30</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>22/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Legge Costitutiva del Terreno**



Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

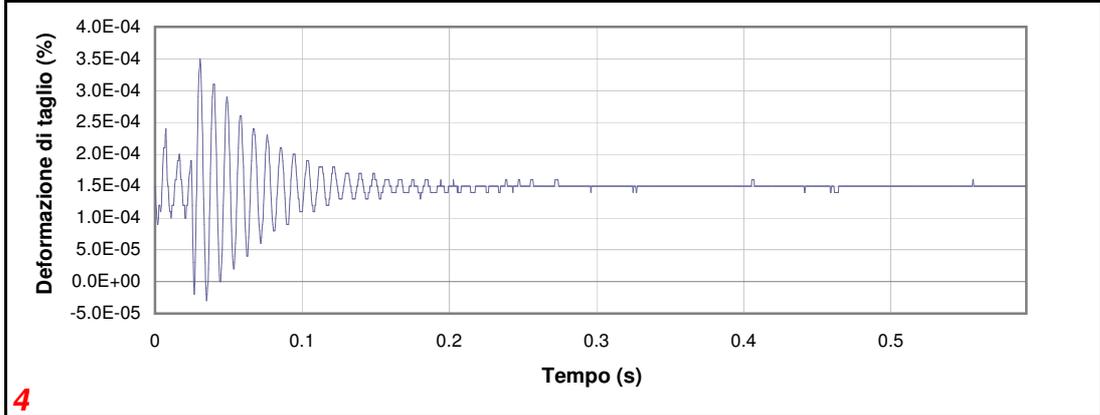
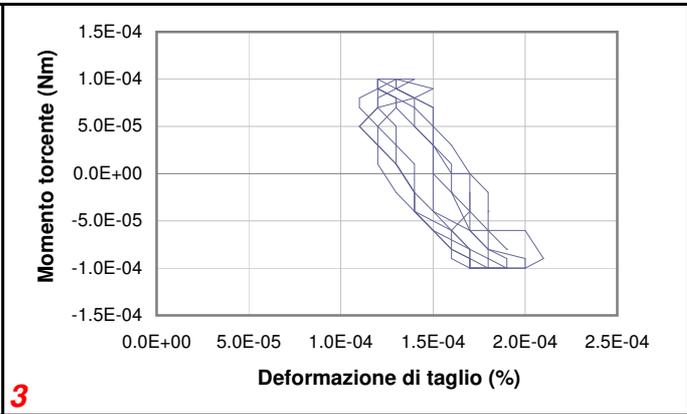
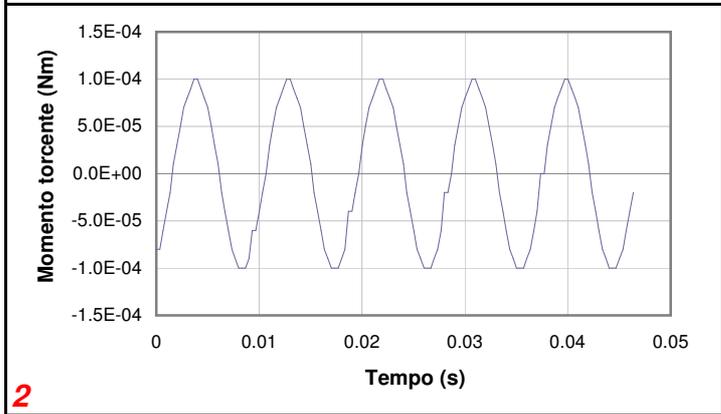
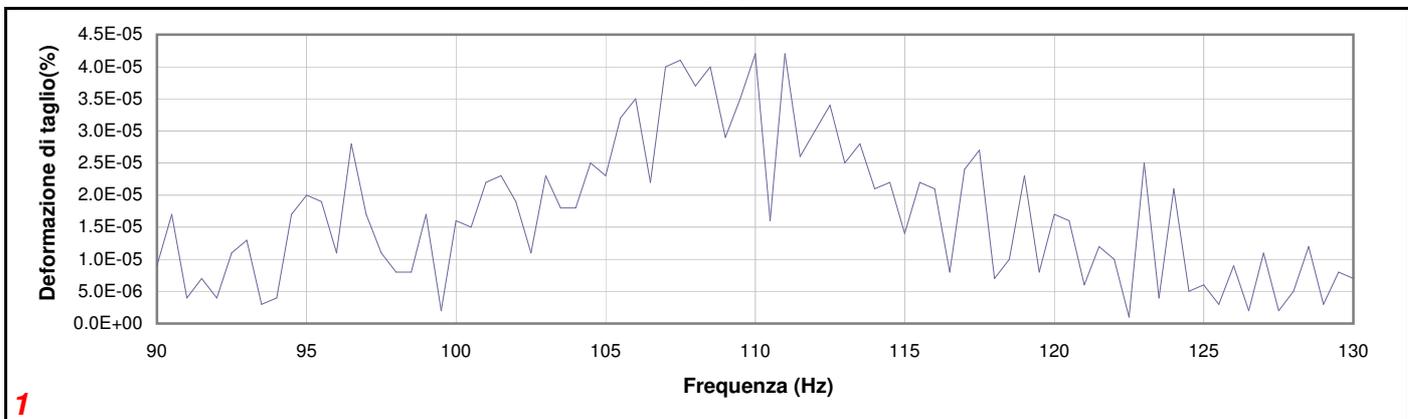
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 1**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

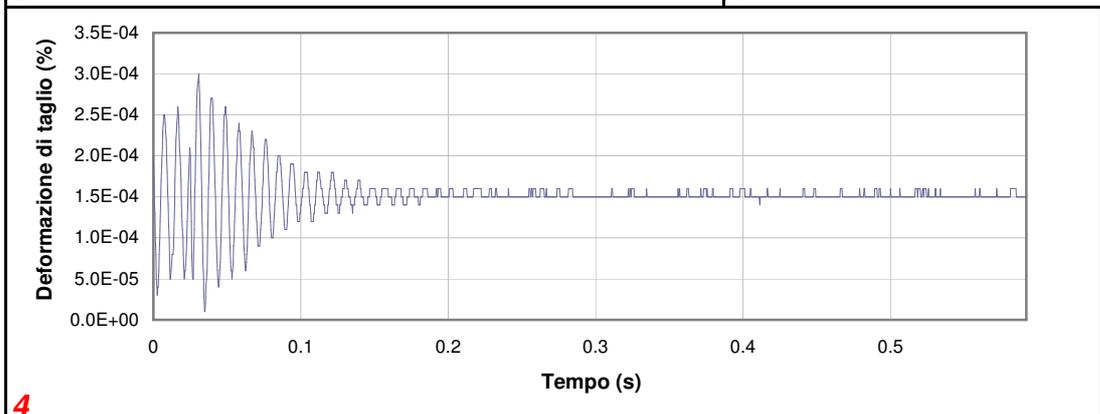
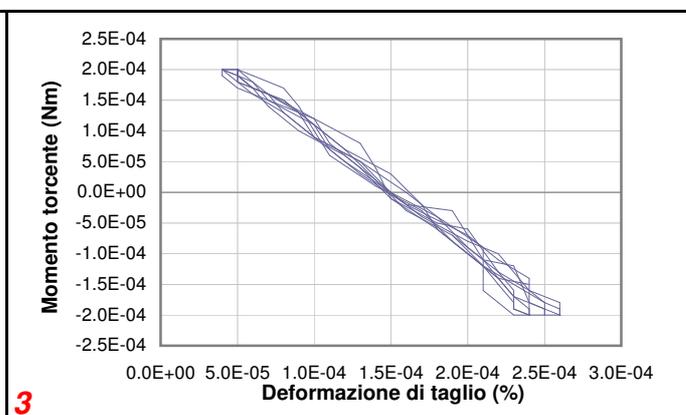
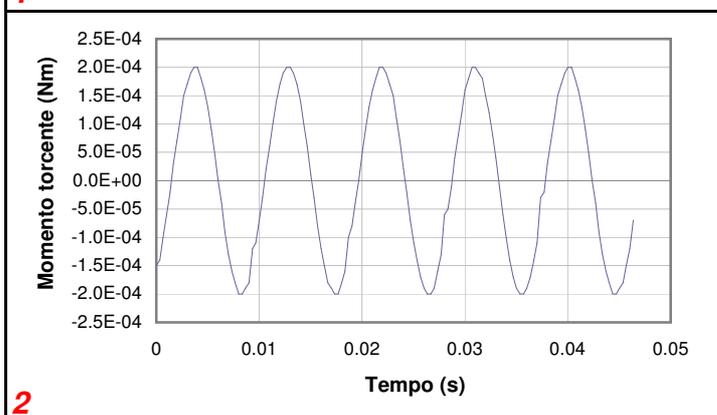
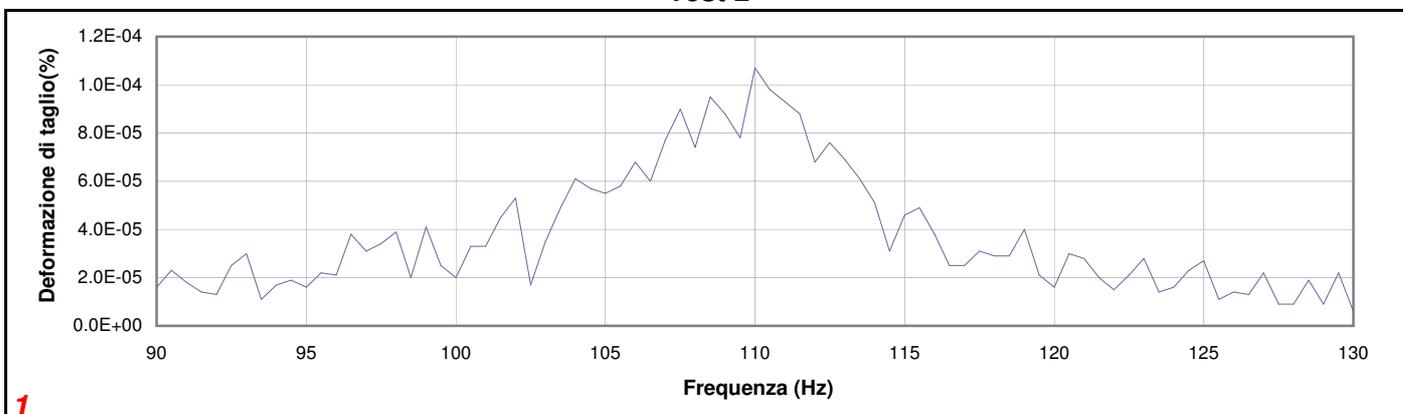
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 2**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

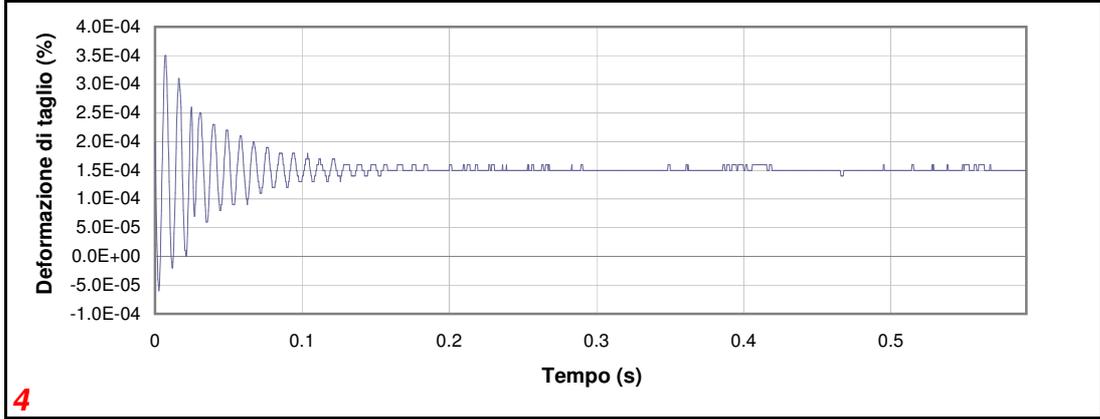
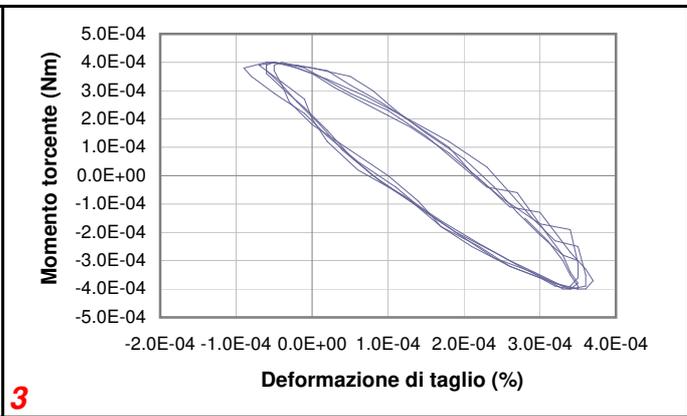
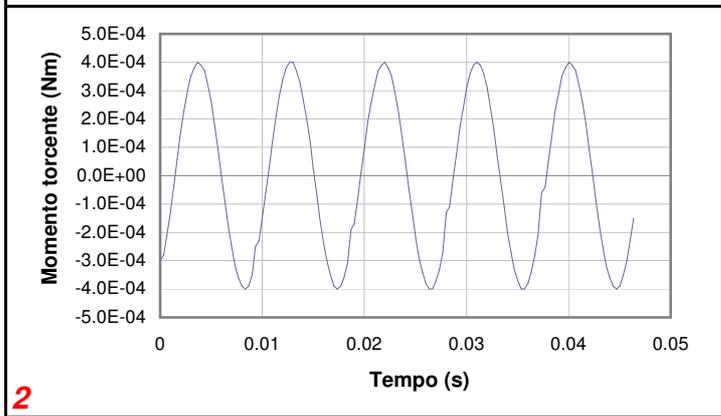
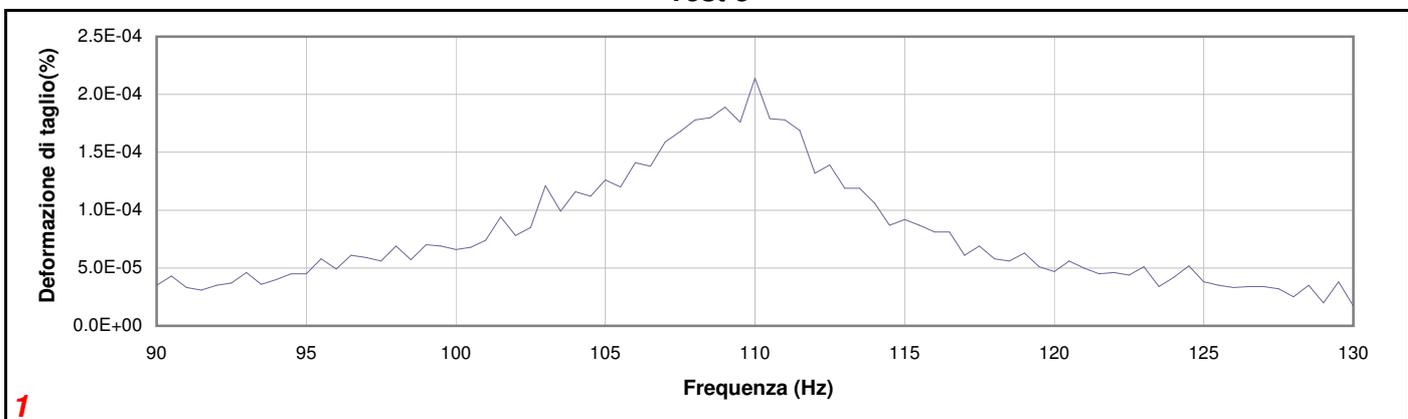
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 3**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

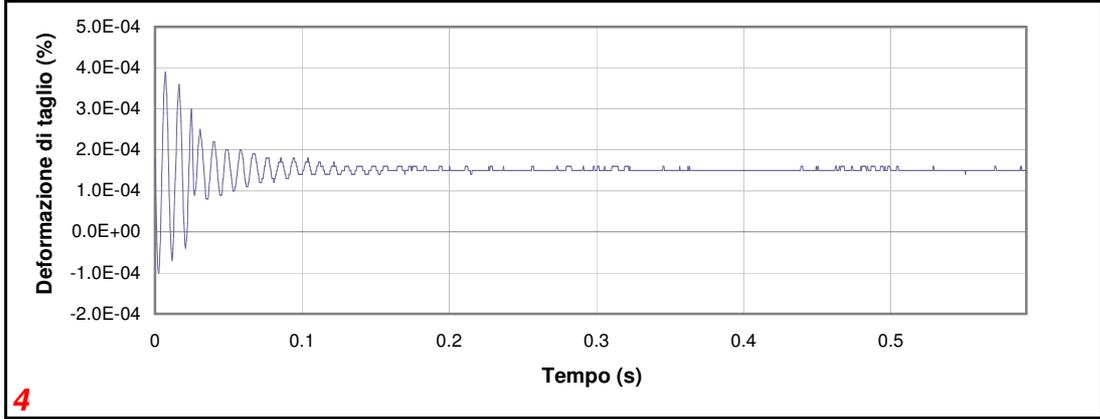
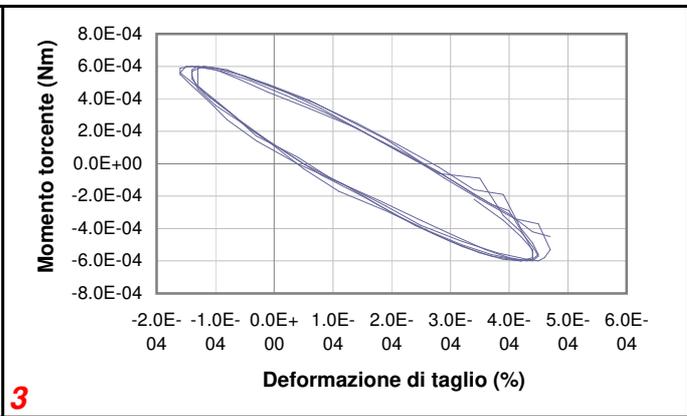
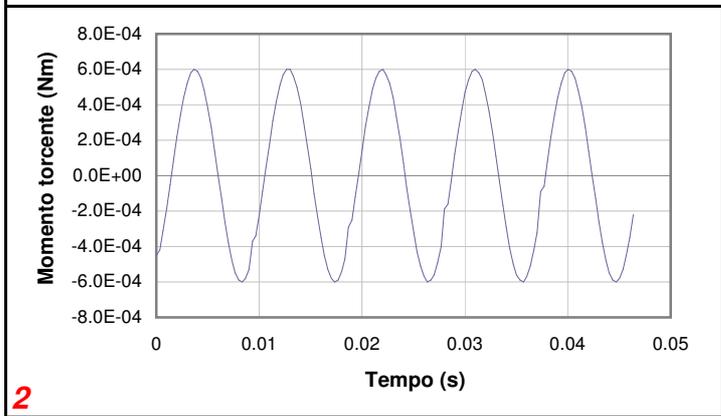
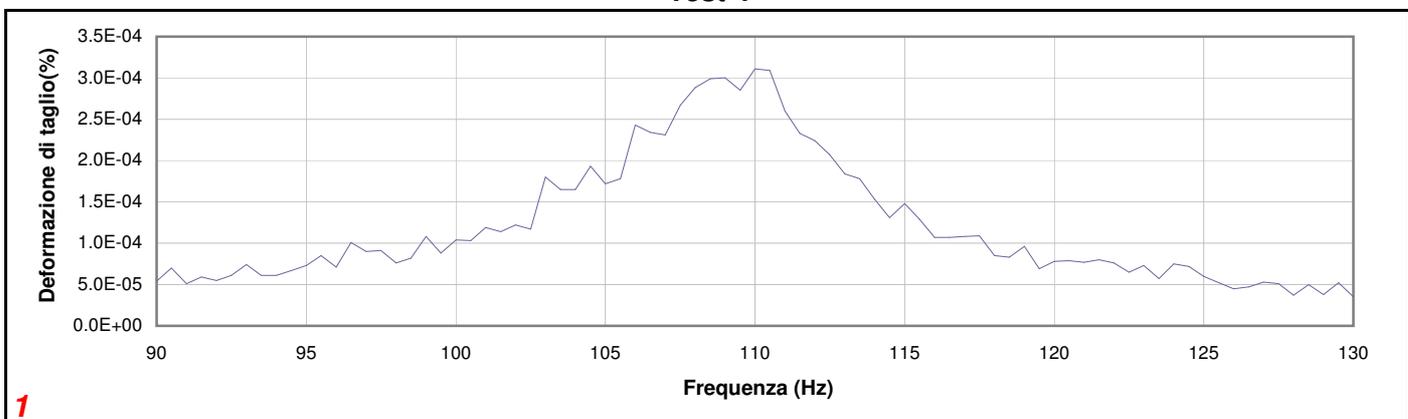
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 4**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

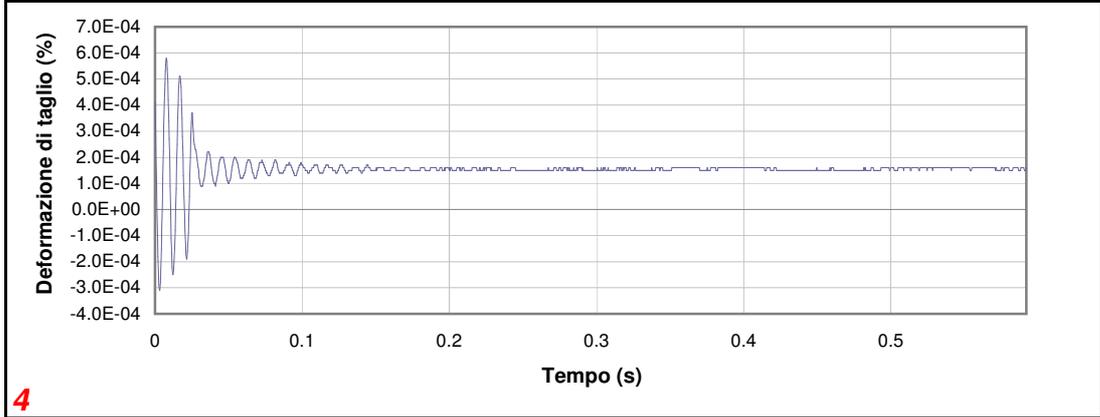
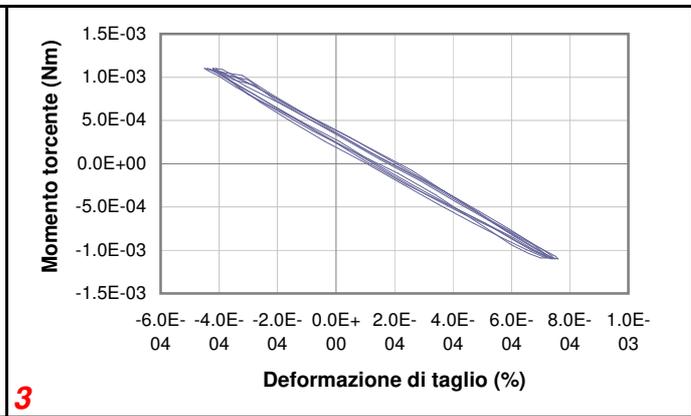
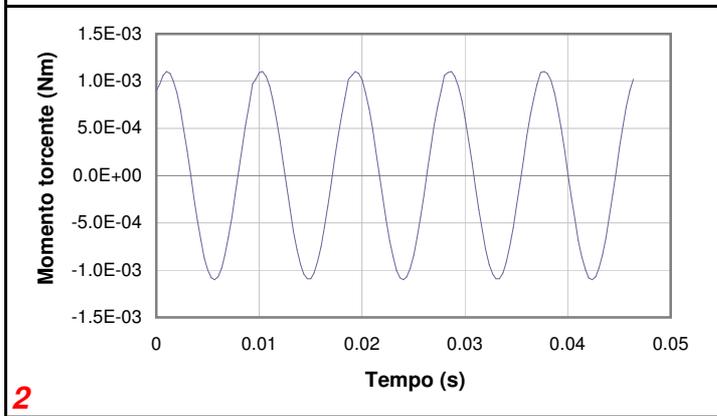
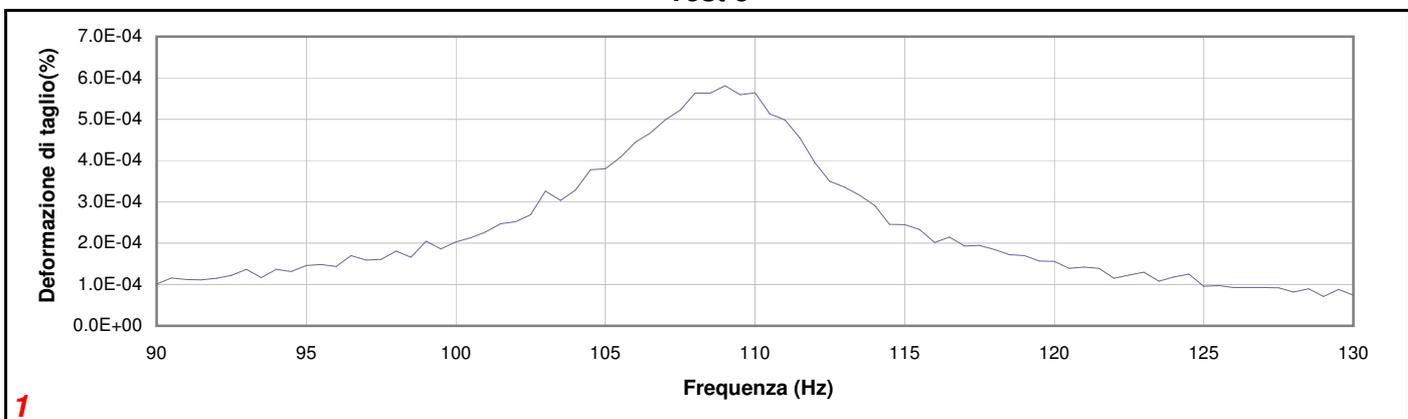
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 5**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

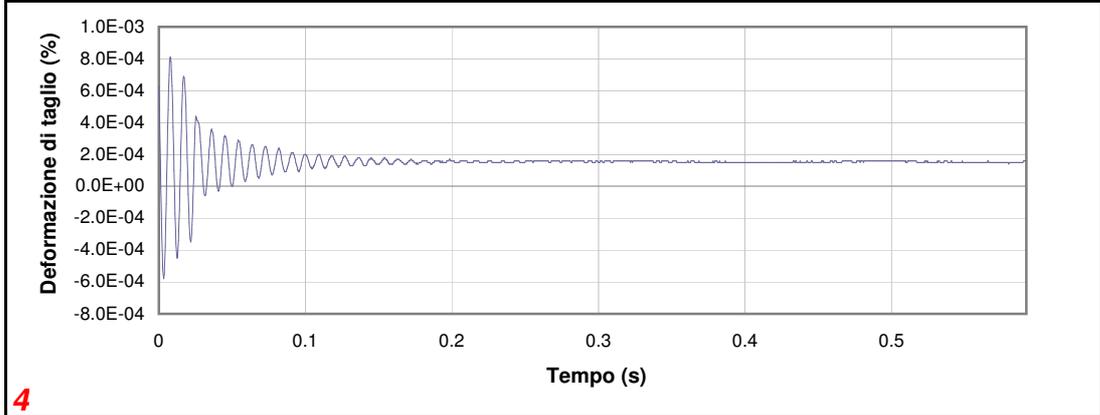
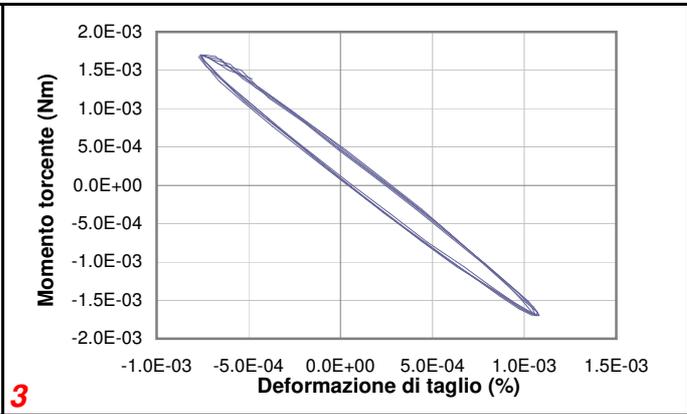
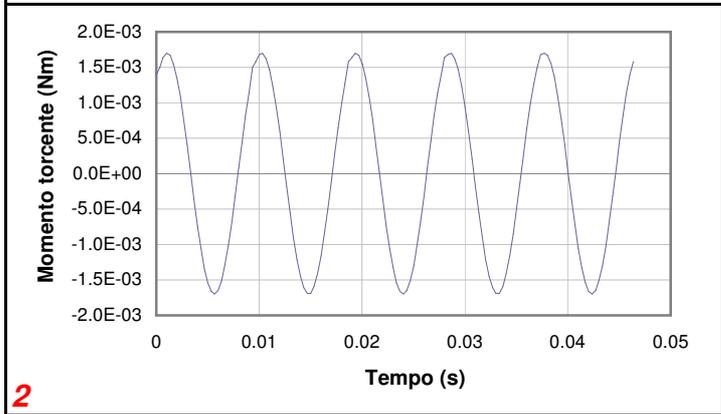
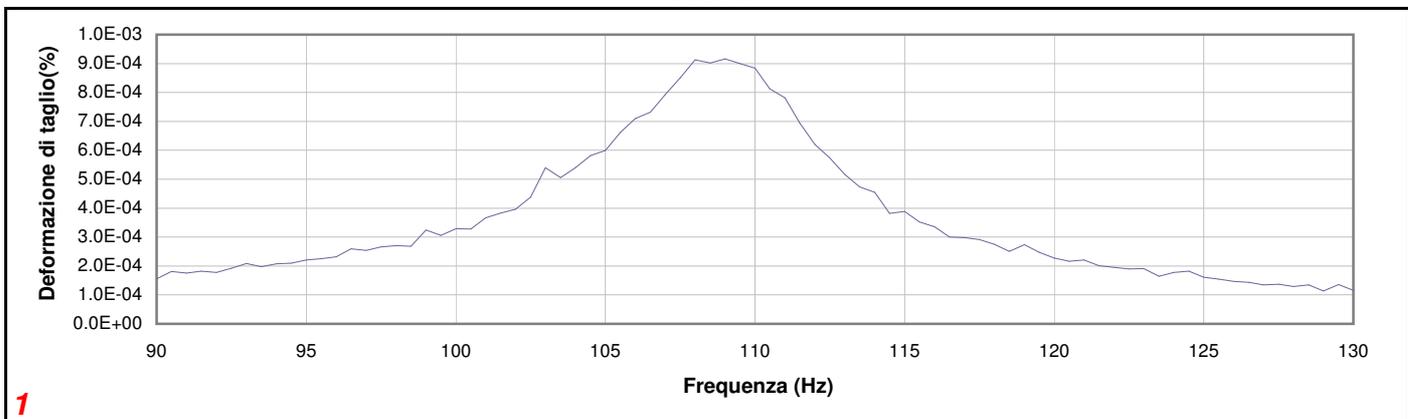
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 6**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

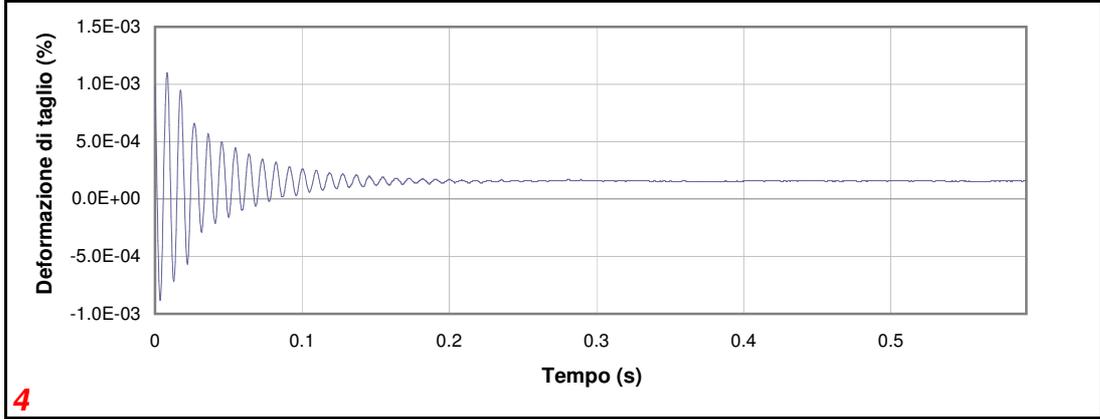
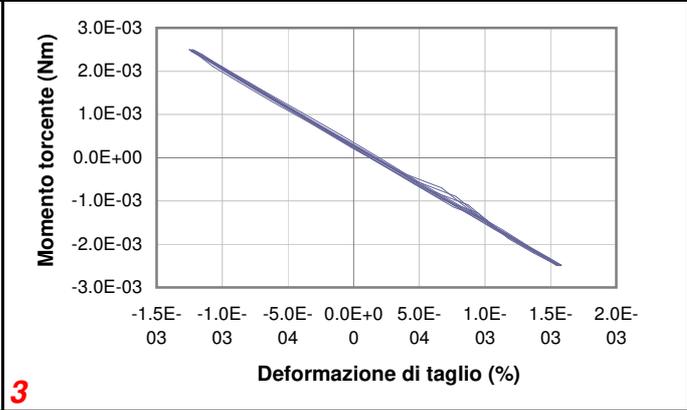
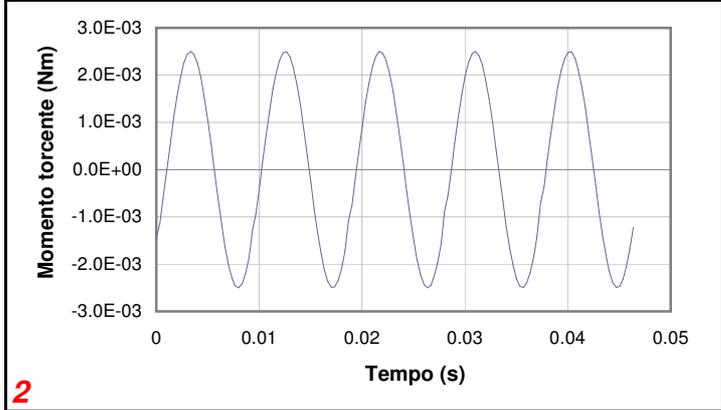
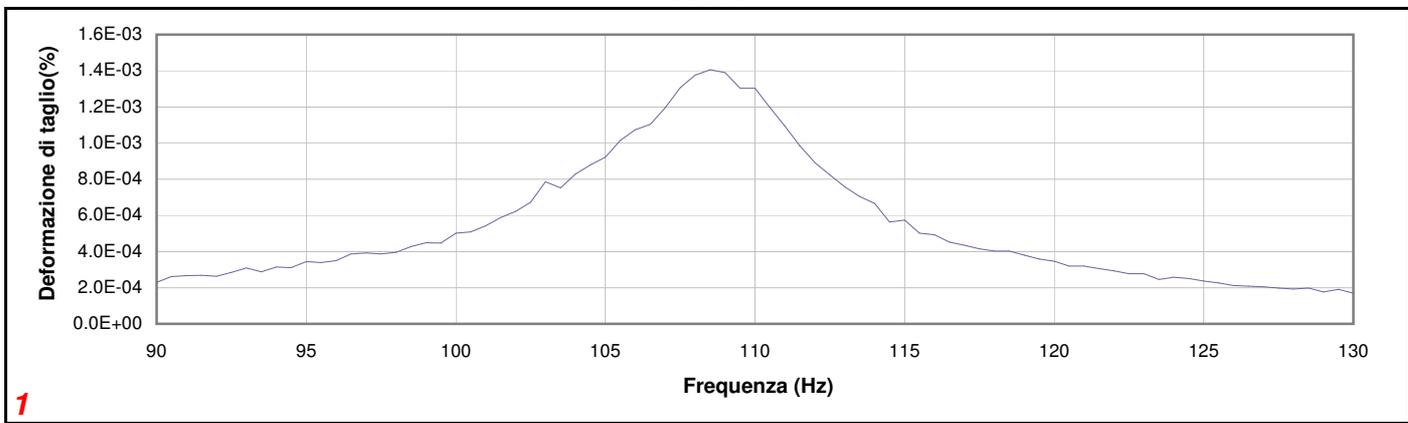
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 7**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

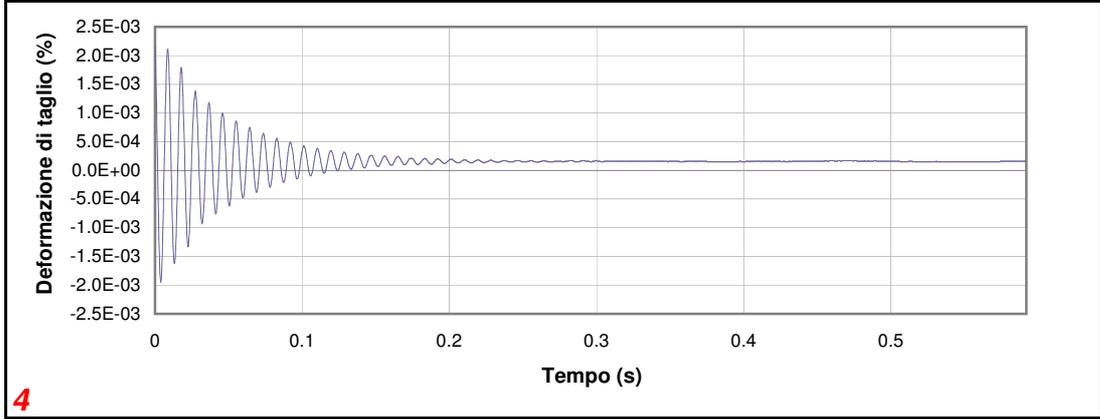
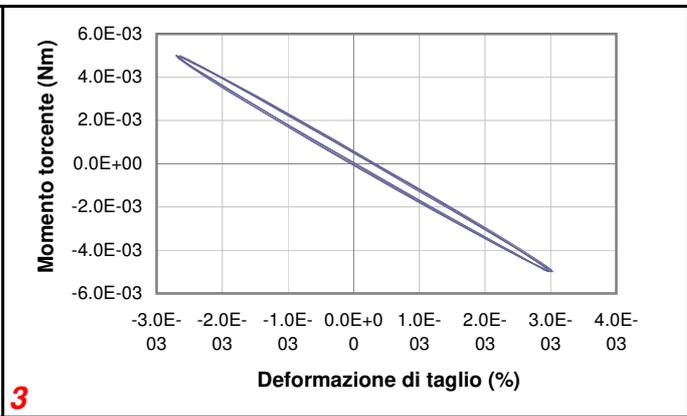
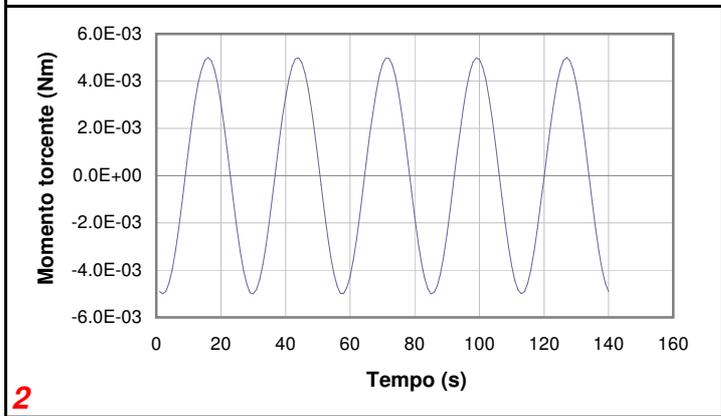
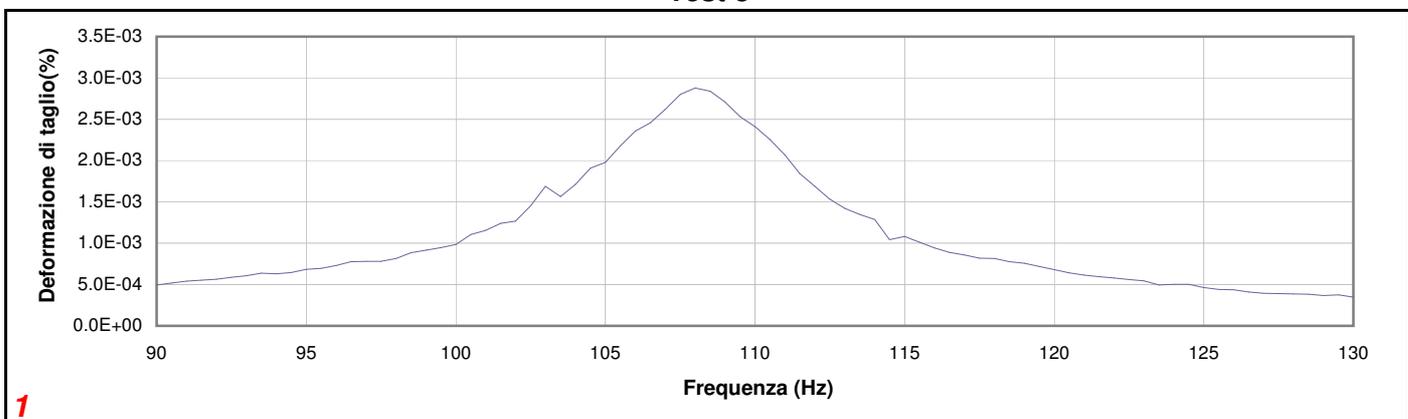
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 8**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

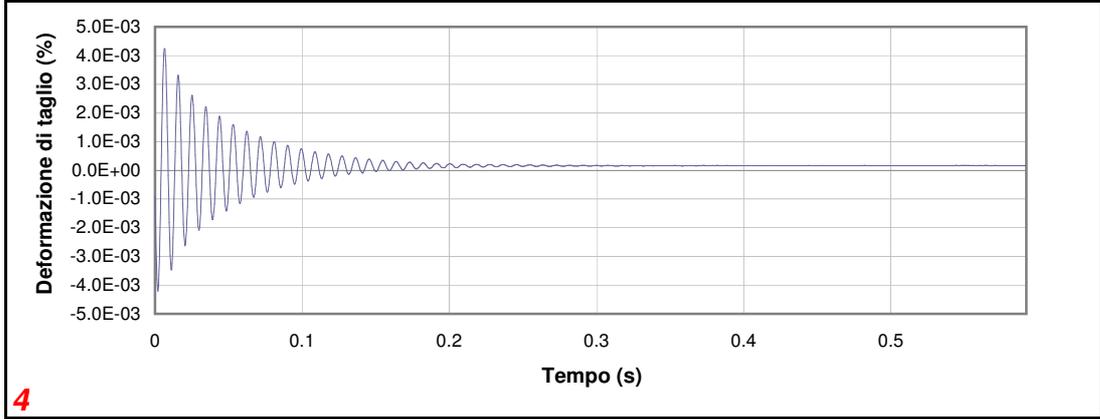
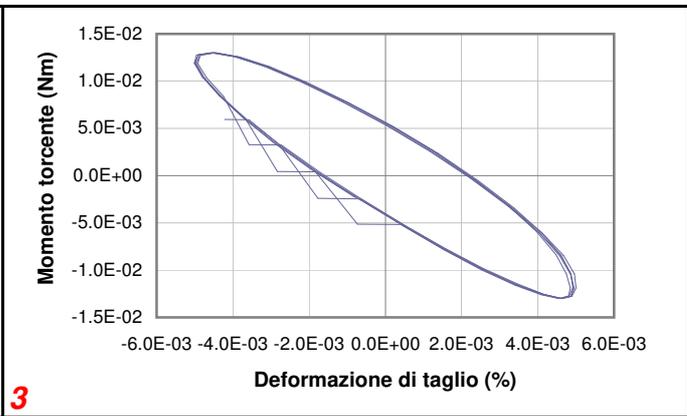
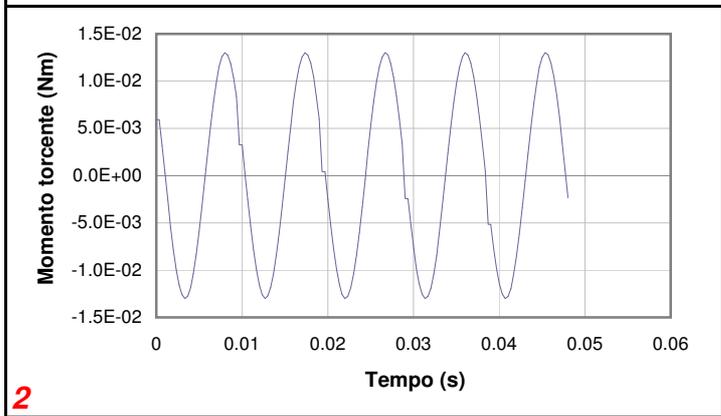
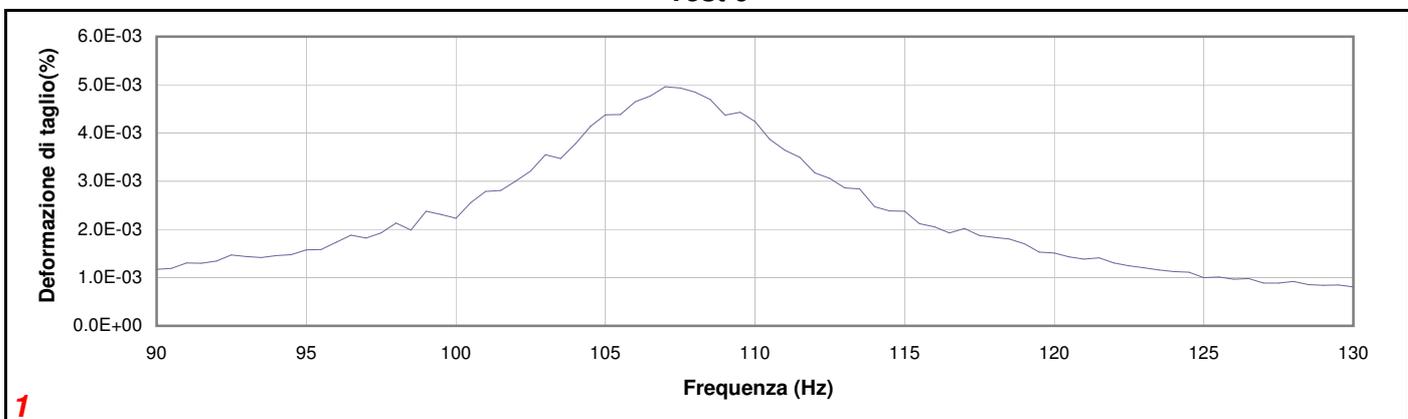
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 9**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

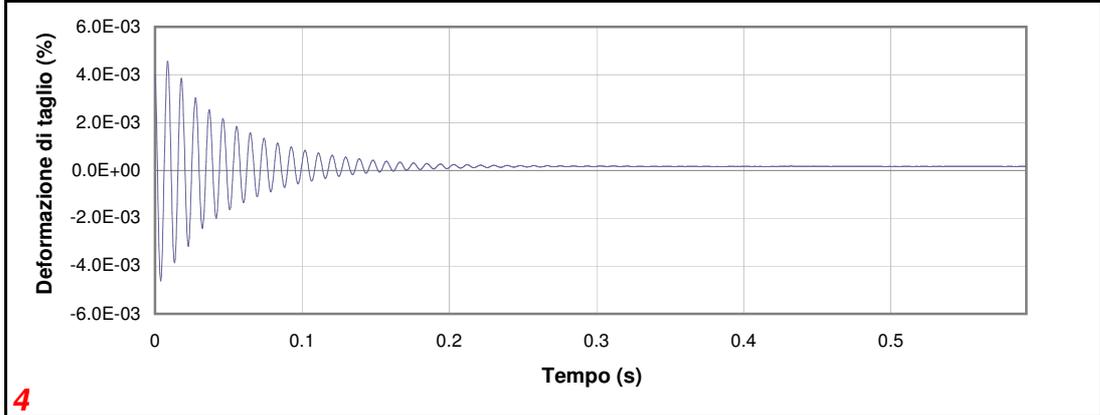
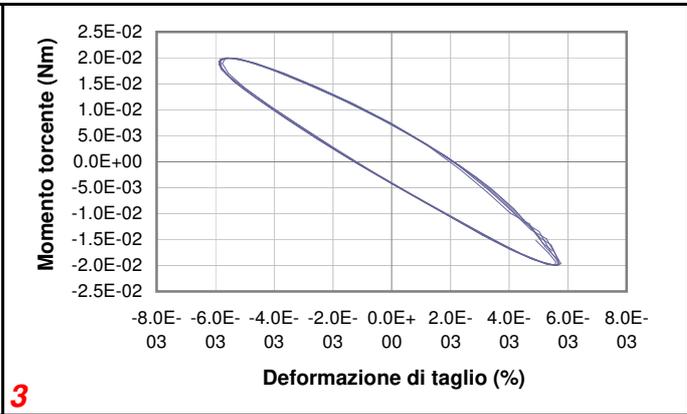
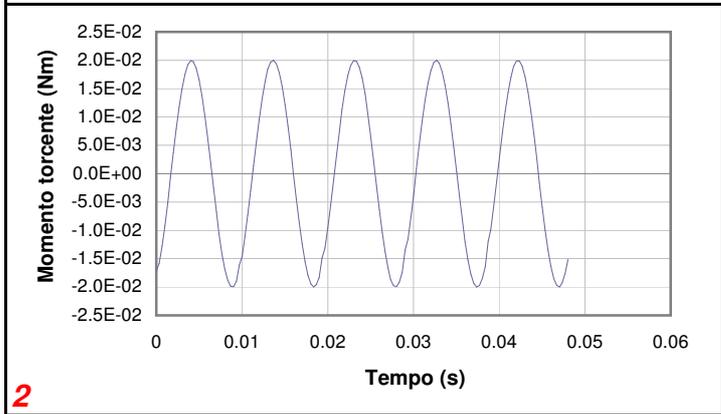
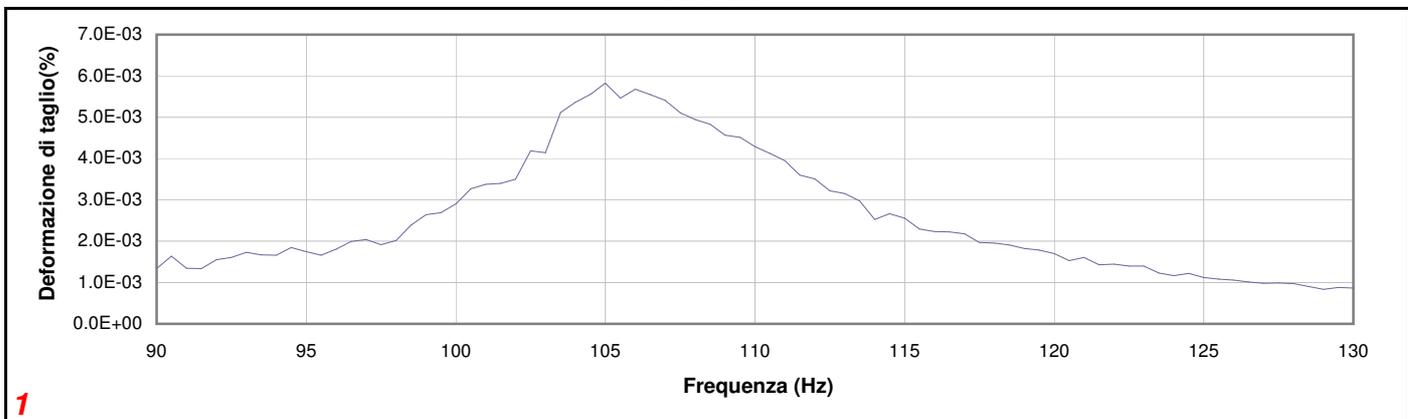
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 10**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

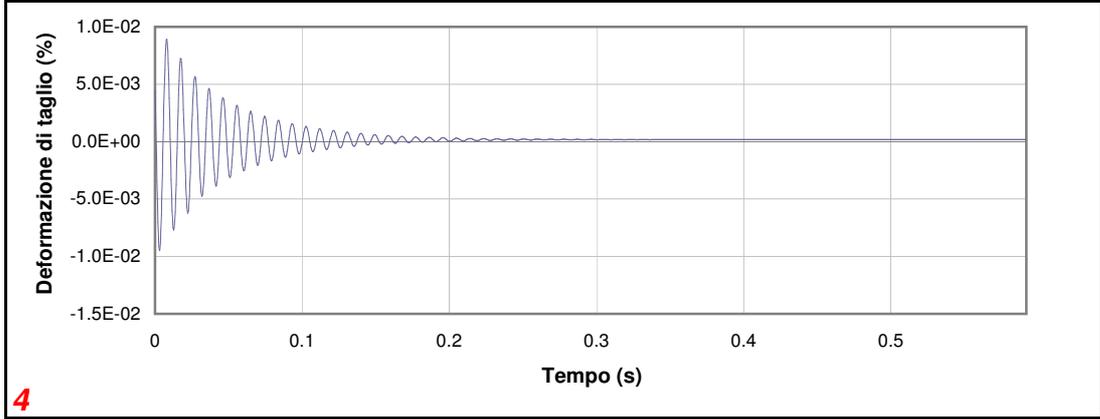
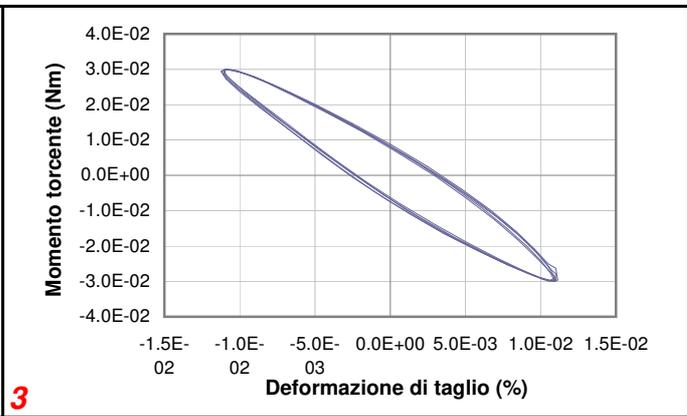
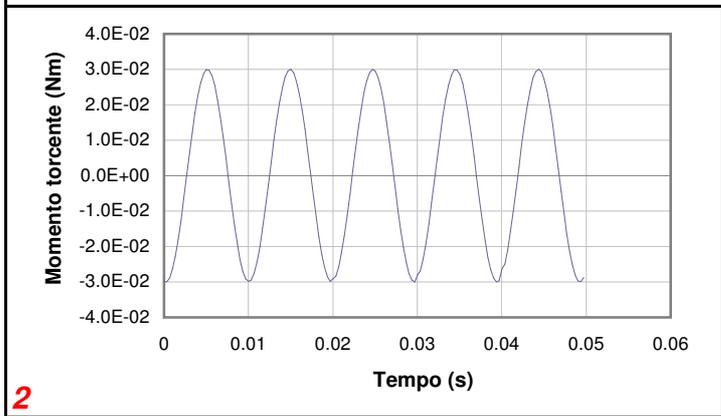
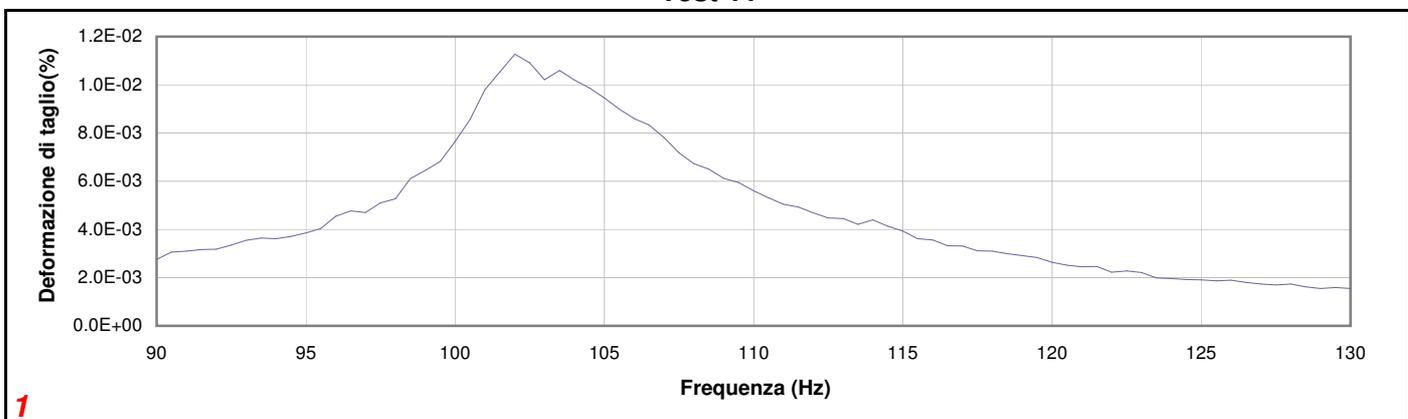
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 11**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

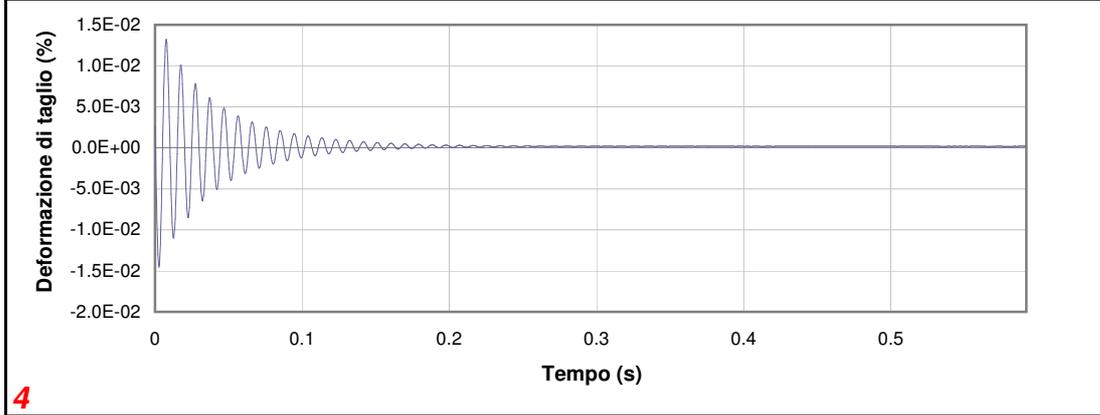
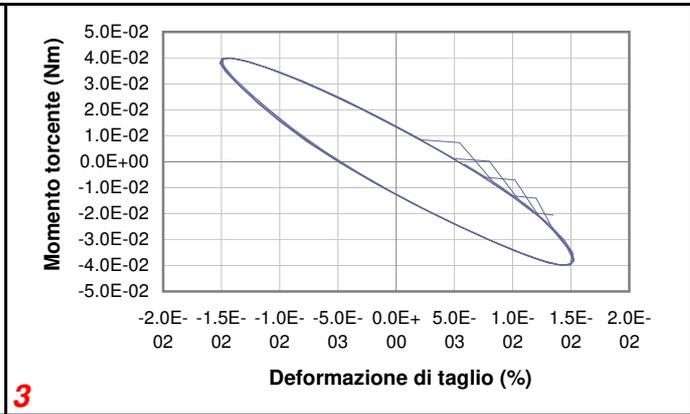
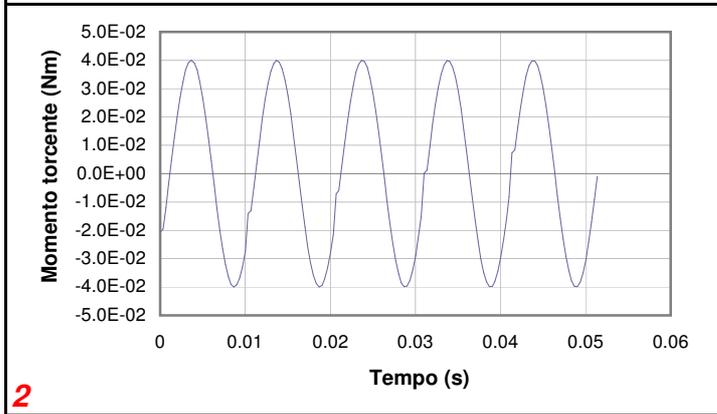
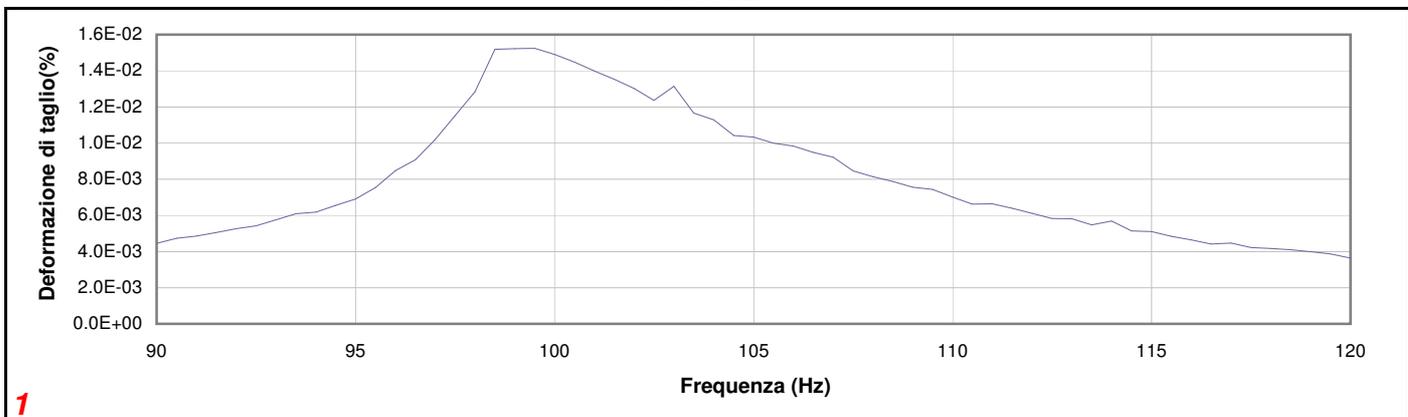
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 12**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**SOCOTEC**

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

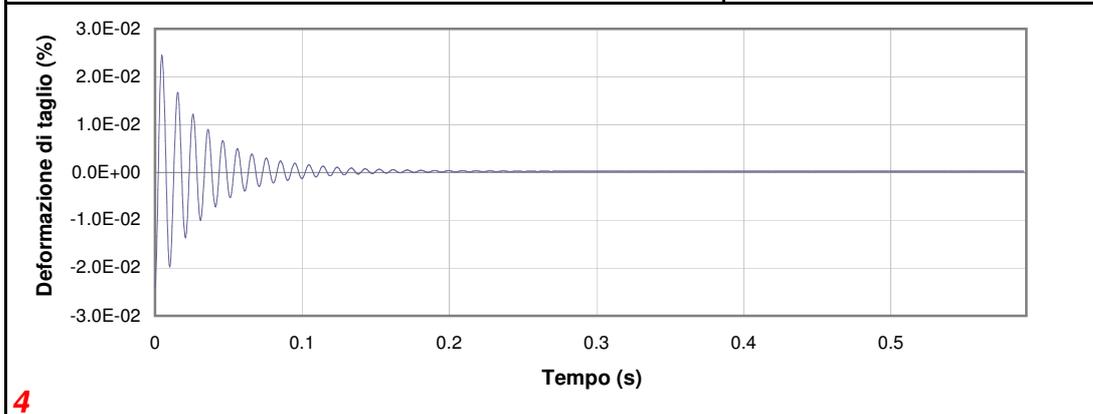
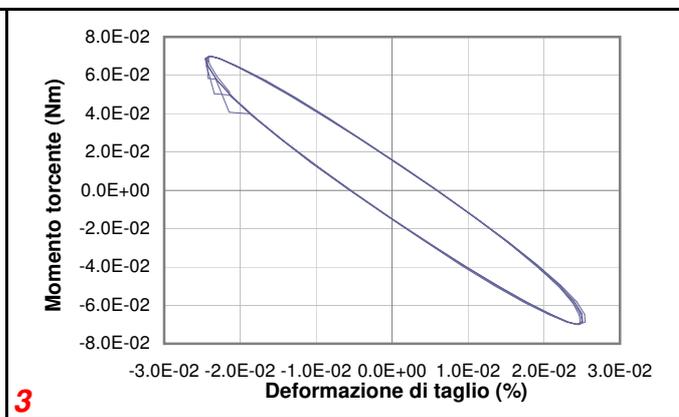
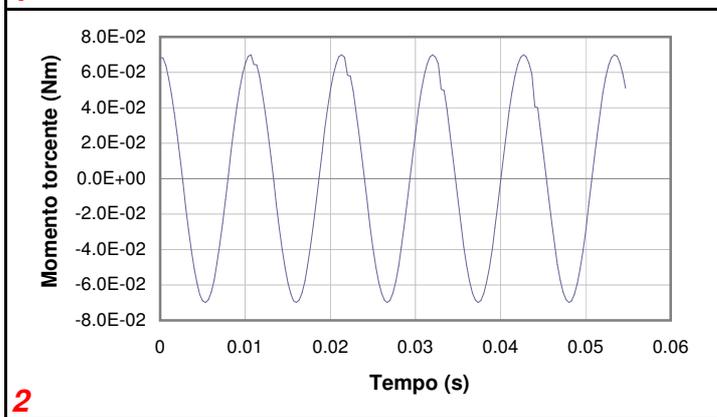
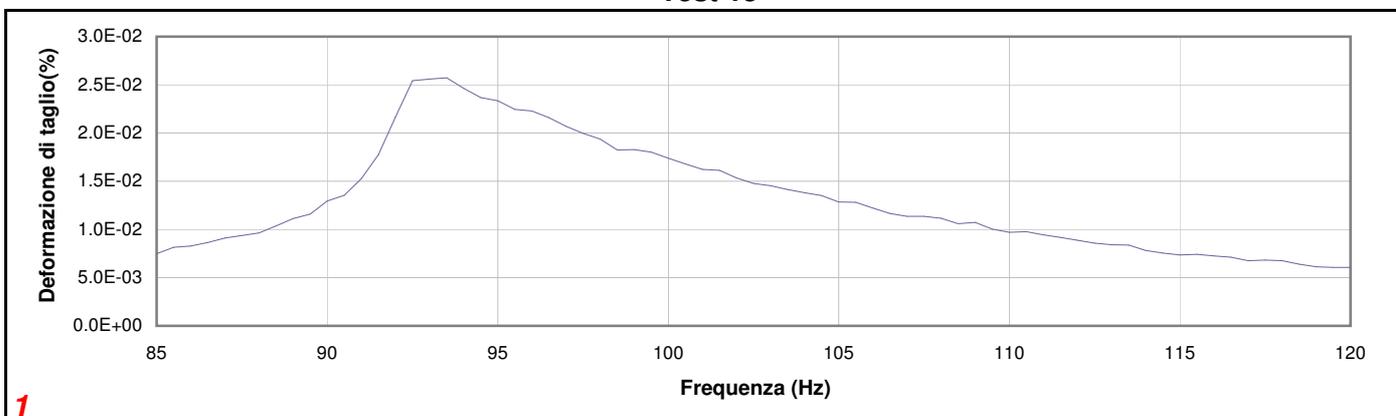
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 13**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

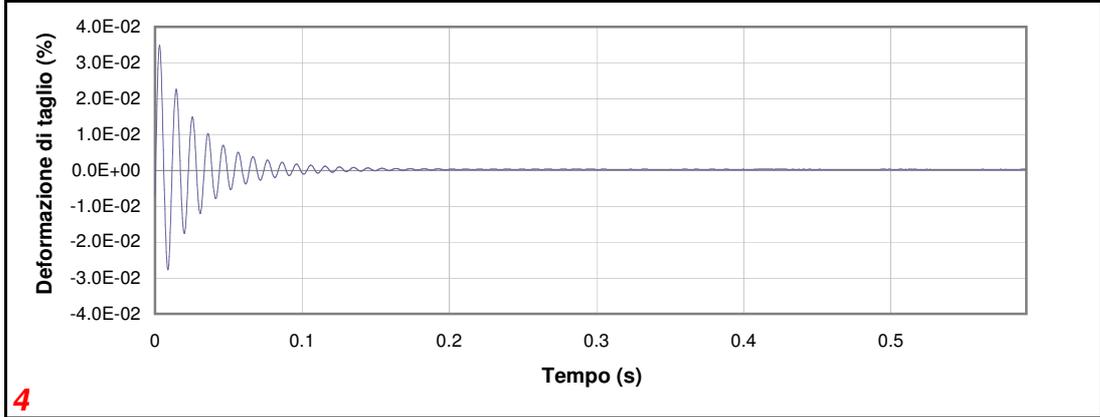
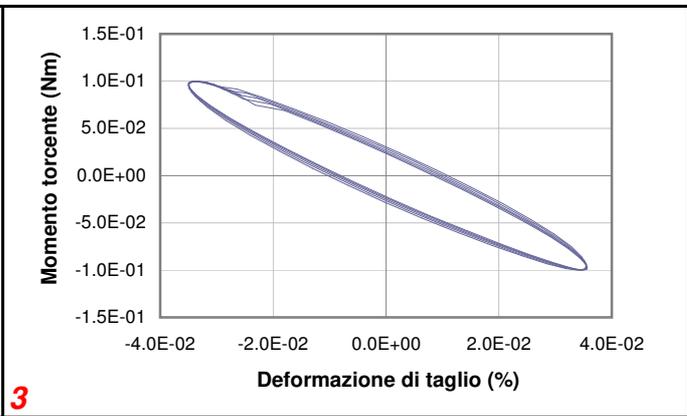
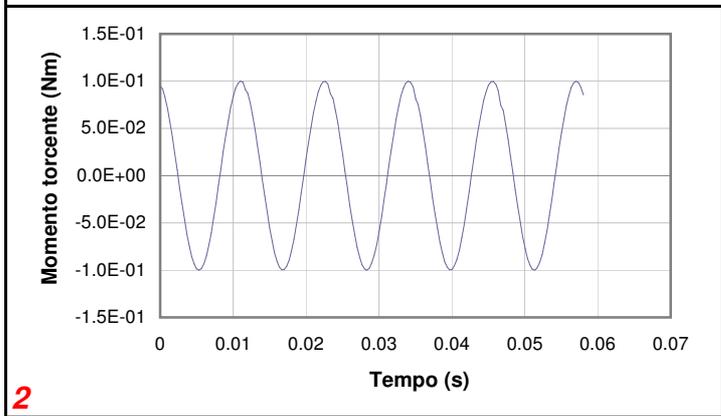
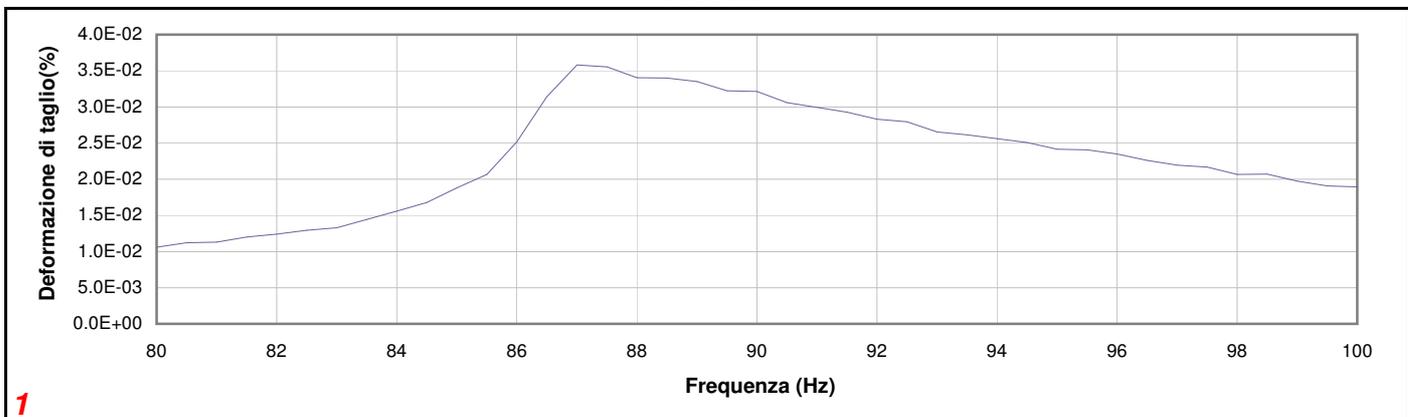
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 14**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

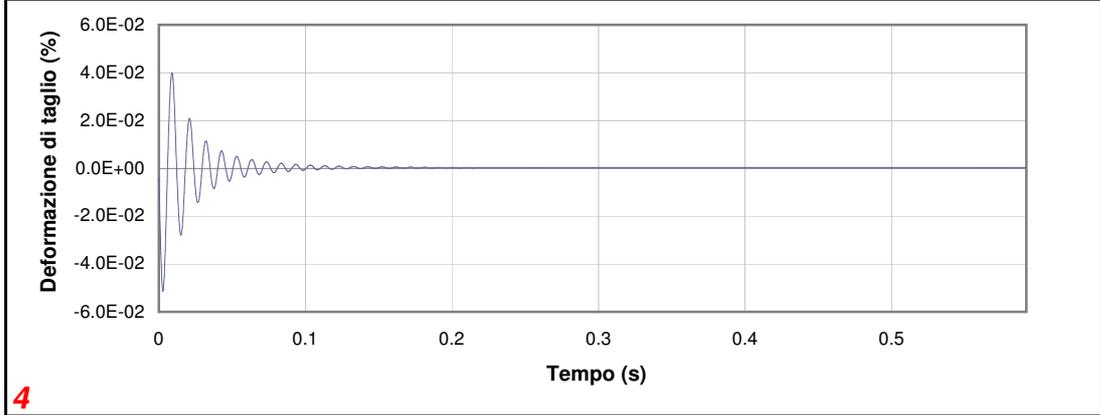
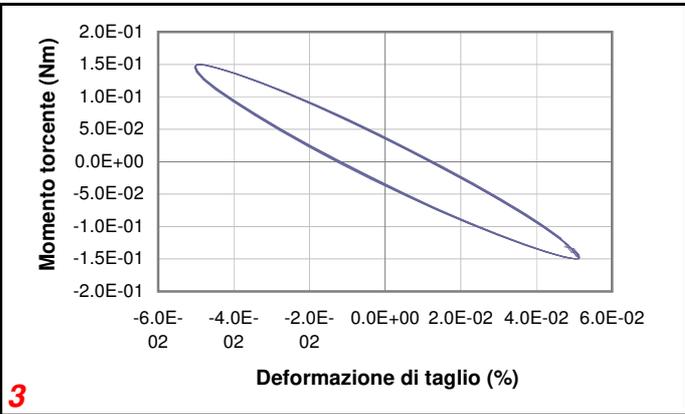
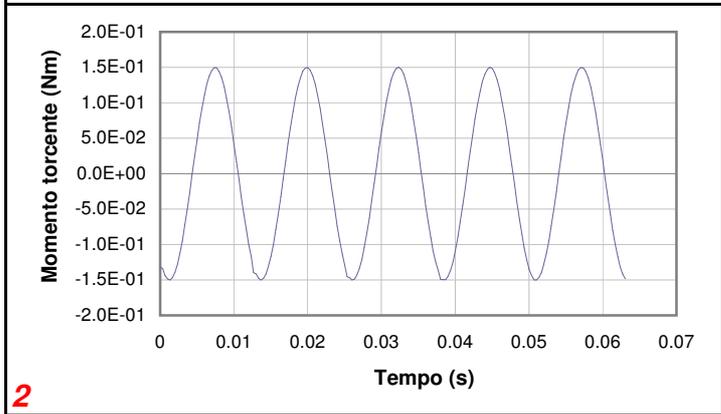
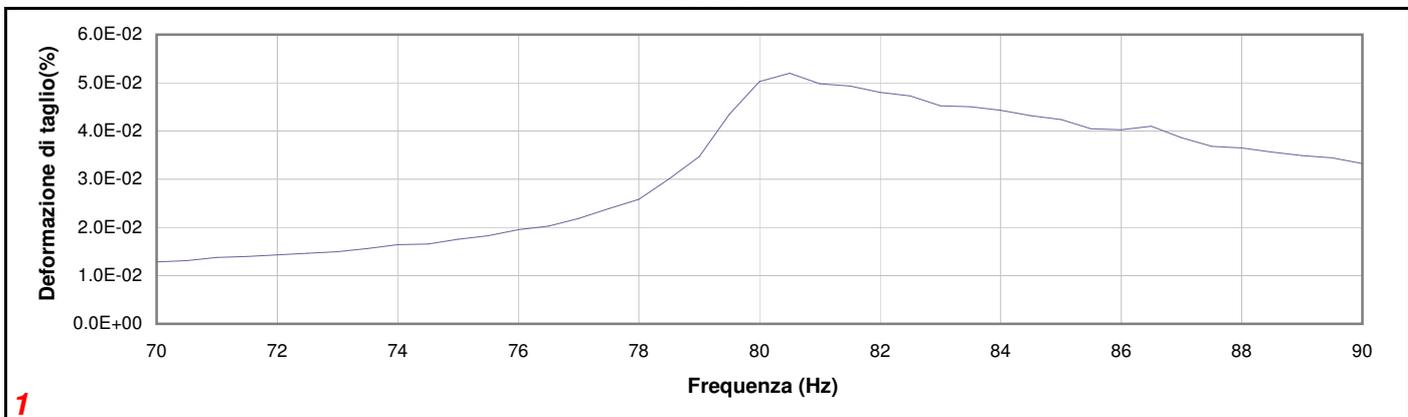
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 15**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

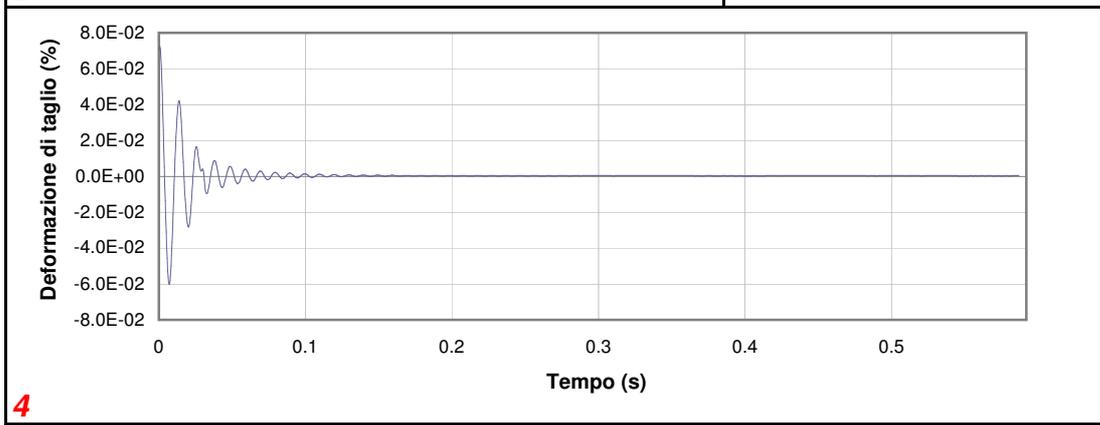
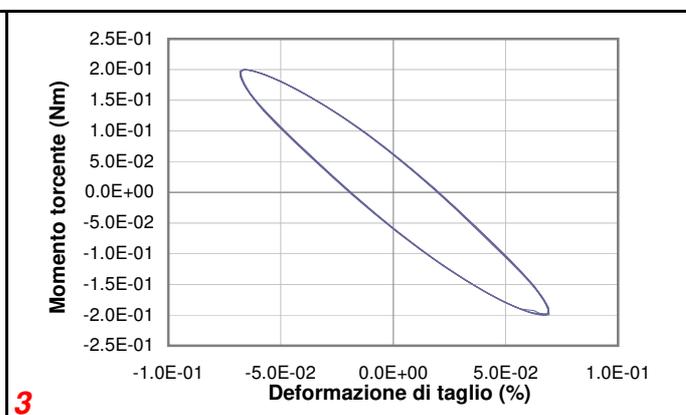
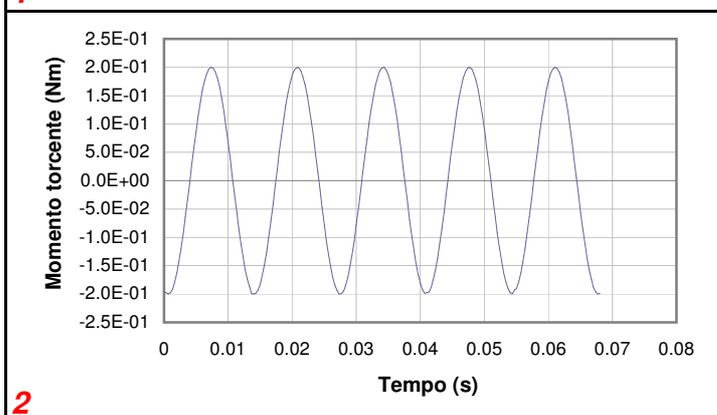
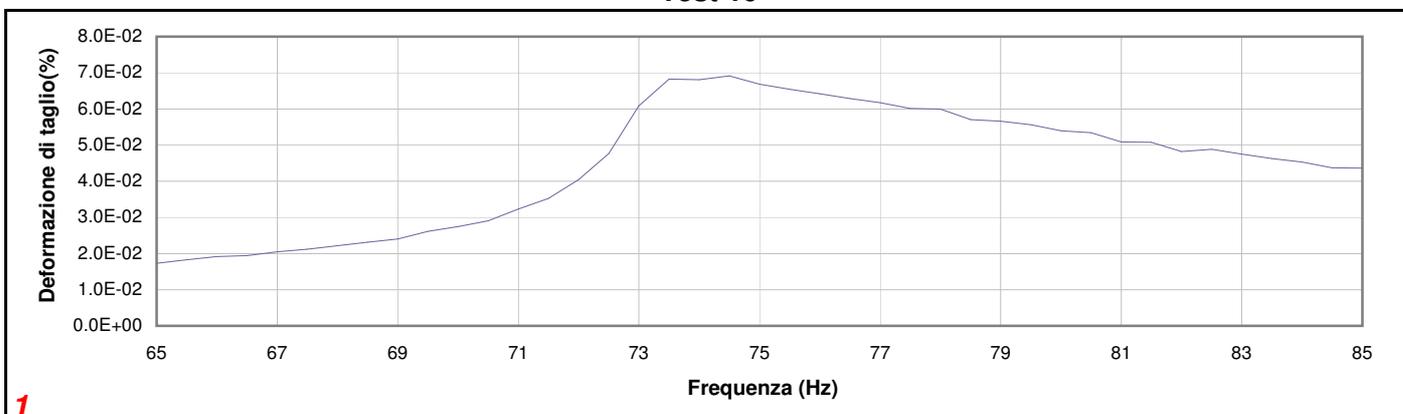
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<b>Committente:</b>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<b>Località:</b>	<b>Spongiola</b>
<b>Cantiere:</b>	
<b>Sondaggio:</b>	<b>S2</b>
<b>Campione:</b>	<b>I3</b>
<b>Profondità (m):</b>	<b>9.80 - 10.30</b>

<b>Certificato di prova N°:</b>	
<b>Verbale di accettazione N°:</b>	<b>vgf 046/19</b>

<b>Commessa:</b>	<b>19142/19</b>
<b>Data ricevimento campione:</b>	<b>02/04/2019</b>
<b>Data prova:</b>	<b>22/05/19</b>
<b>Data emissione certificato:</b>	

**Test 16**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

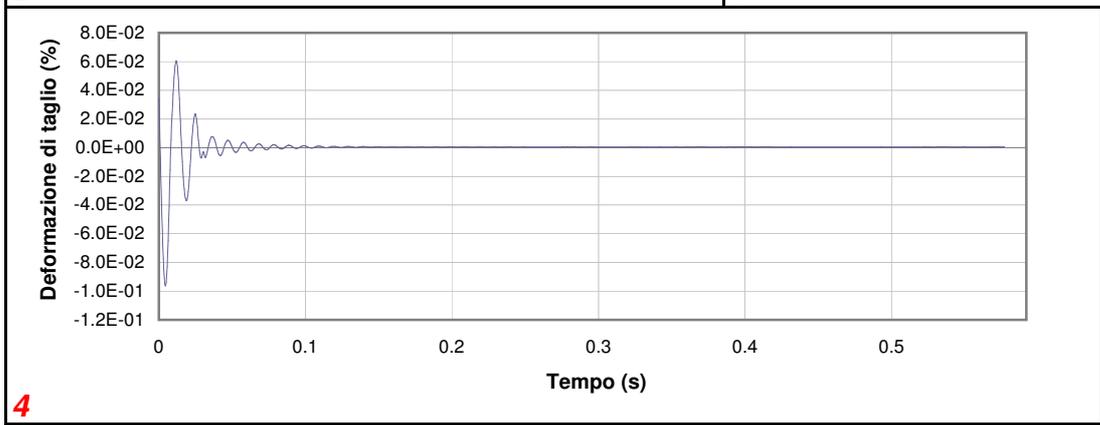
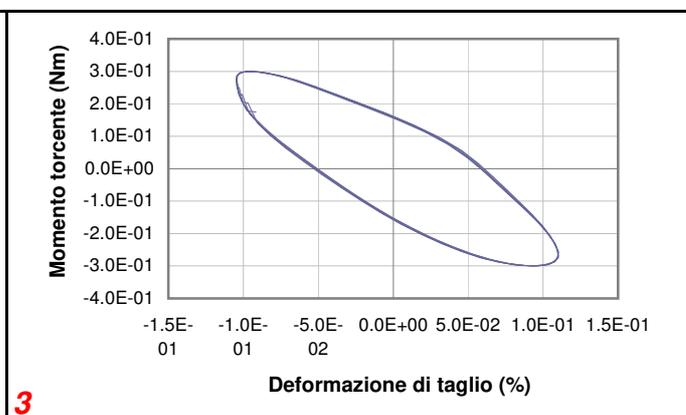
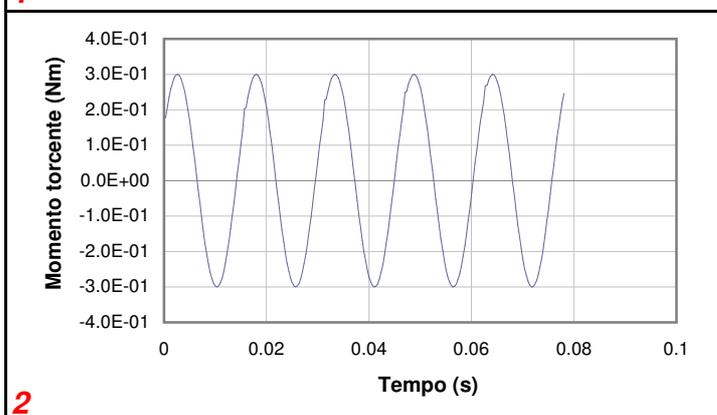
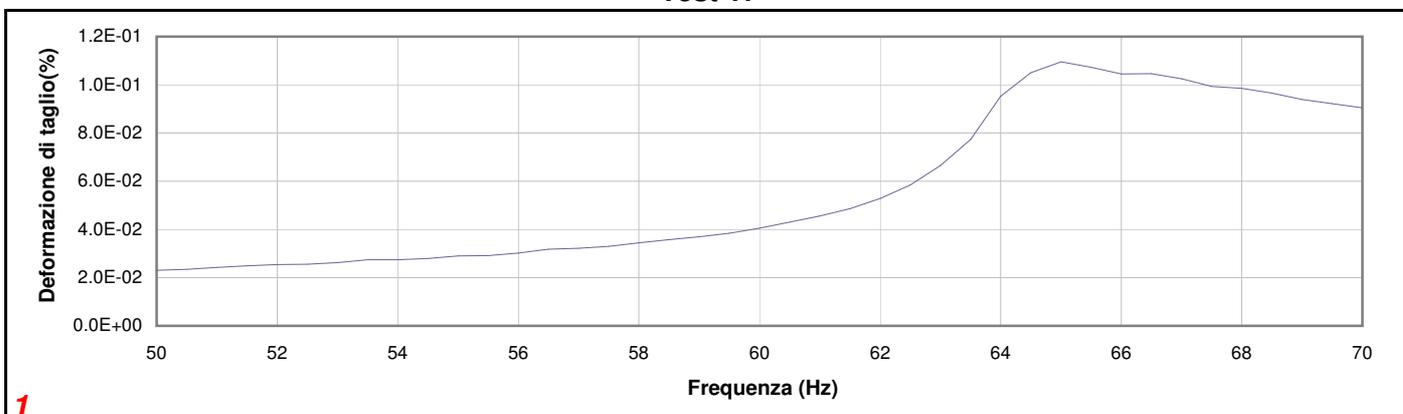
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 17**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

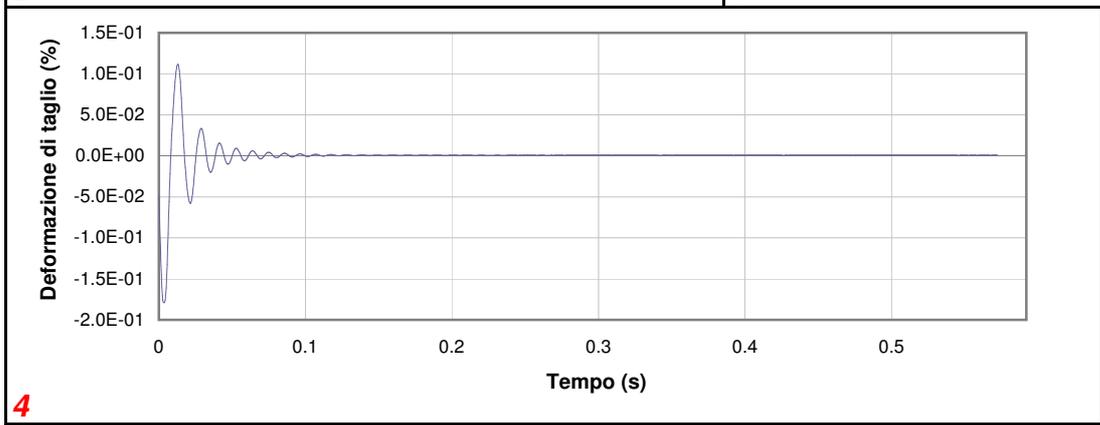
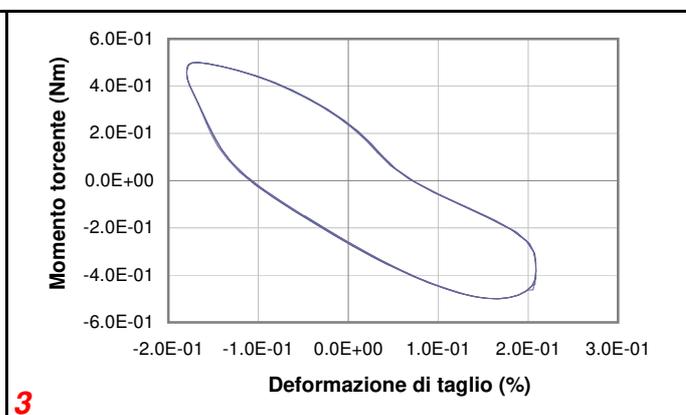
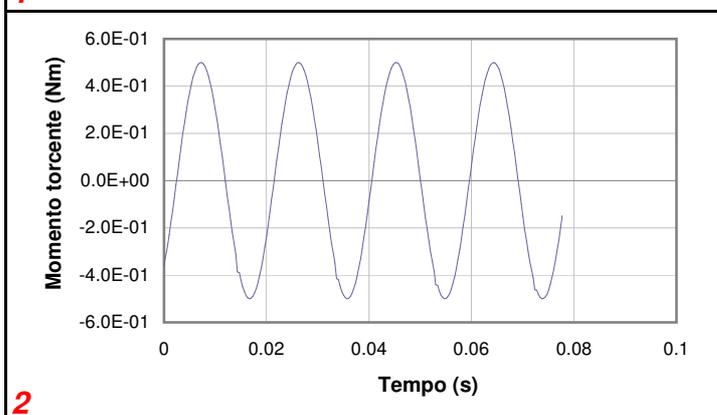
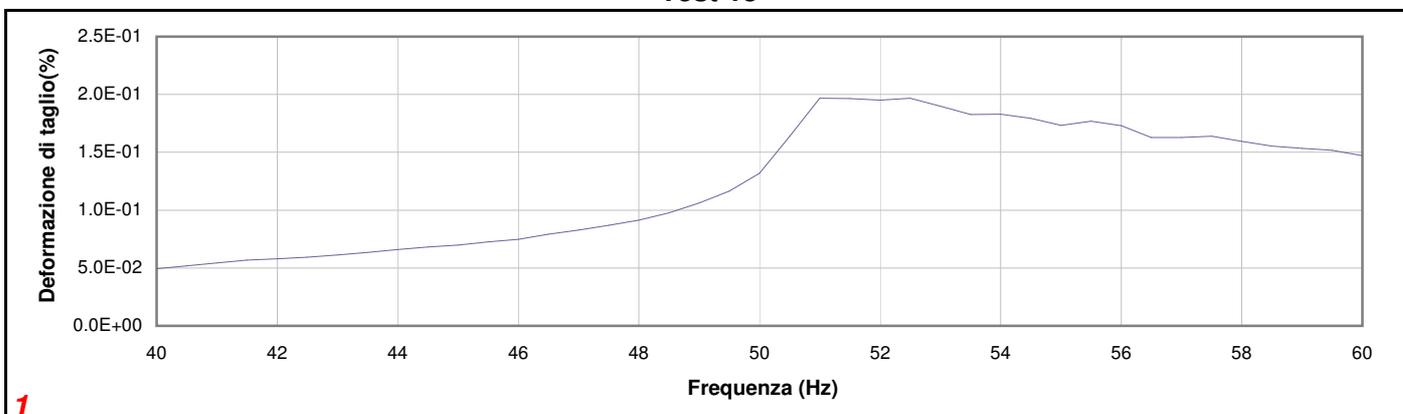
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 18**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

**Committente:** Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)

**Località:** Spongiola

**Cantiere:**

**Sondaggio:** S2

**Campione:** I3

**Profondità (m):** 9.80 - 10.30

**Certificato di prova N°:**

**Verbale di accettazione N°:** vgf 046/19

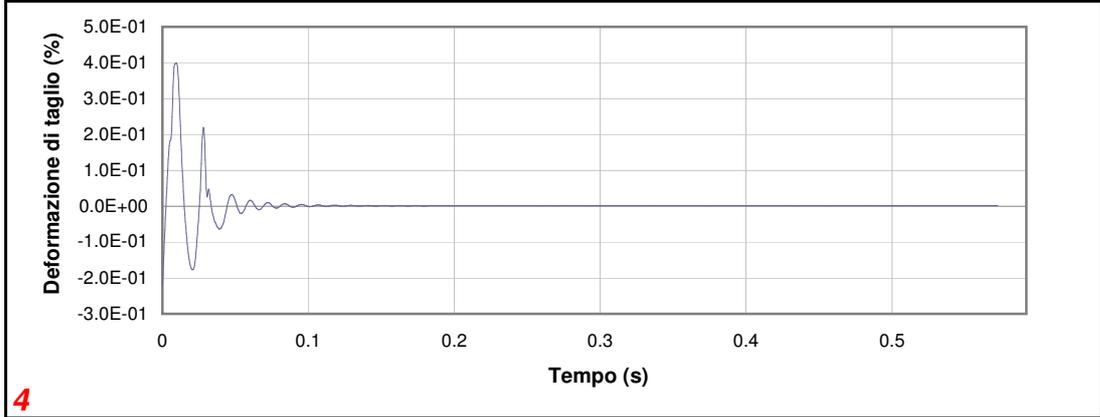
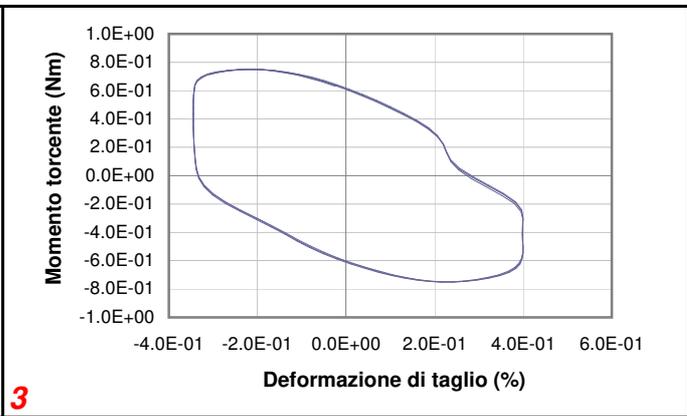
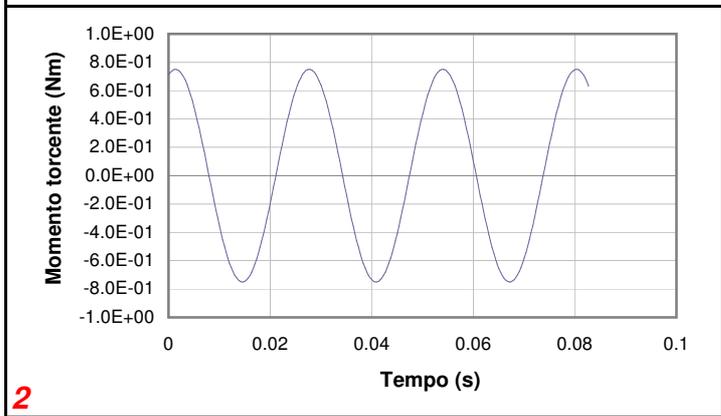
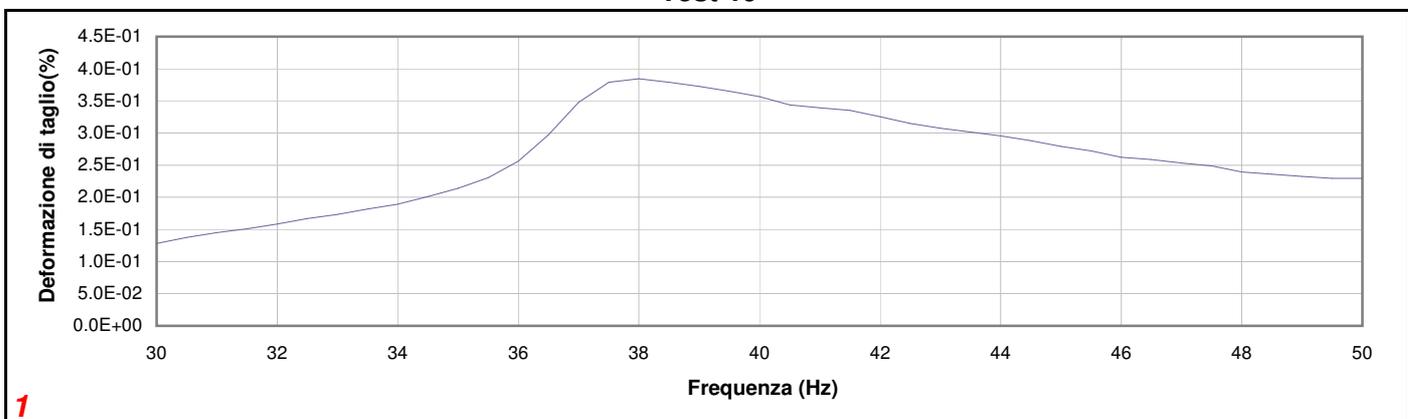
**Commessa:** 19142/19

**Data ricevimento campione:** 02/04/2019

**Data prova:** 22/05/19

**Data emissione certificato:**

**Test 19**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

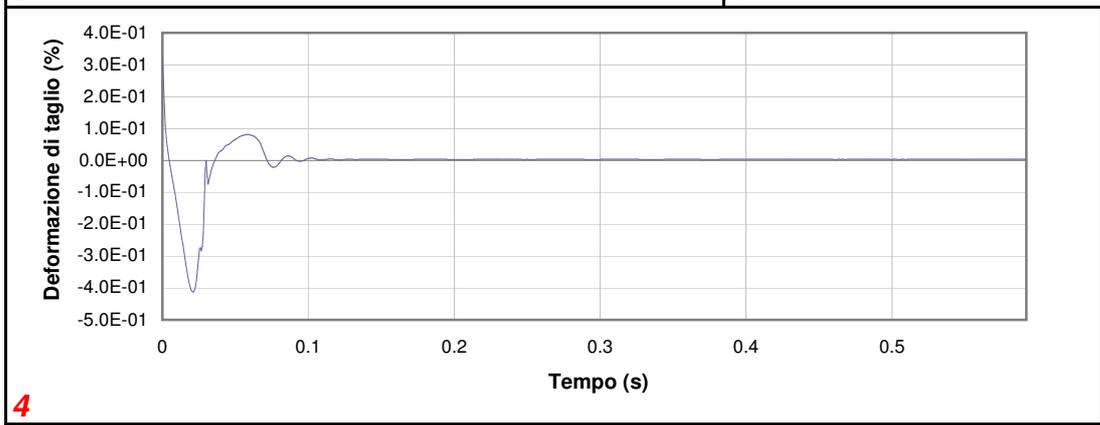
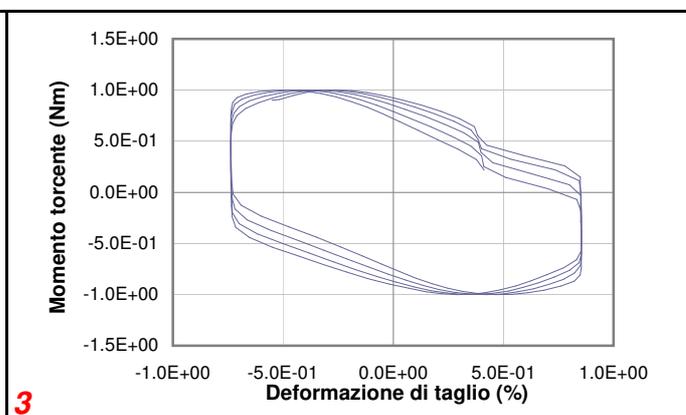
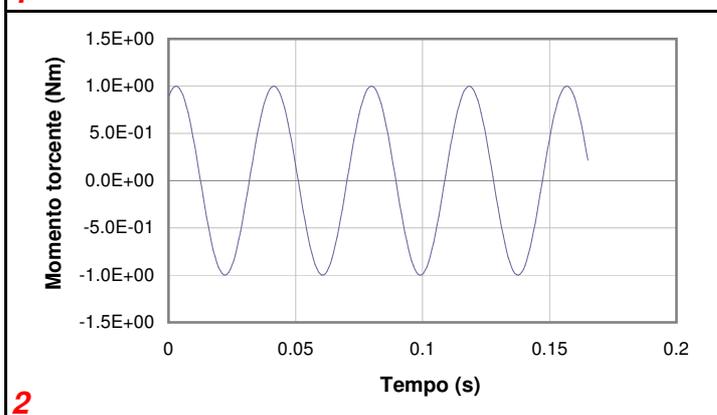
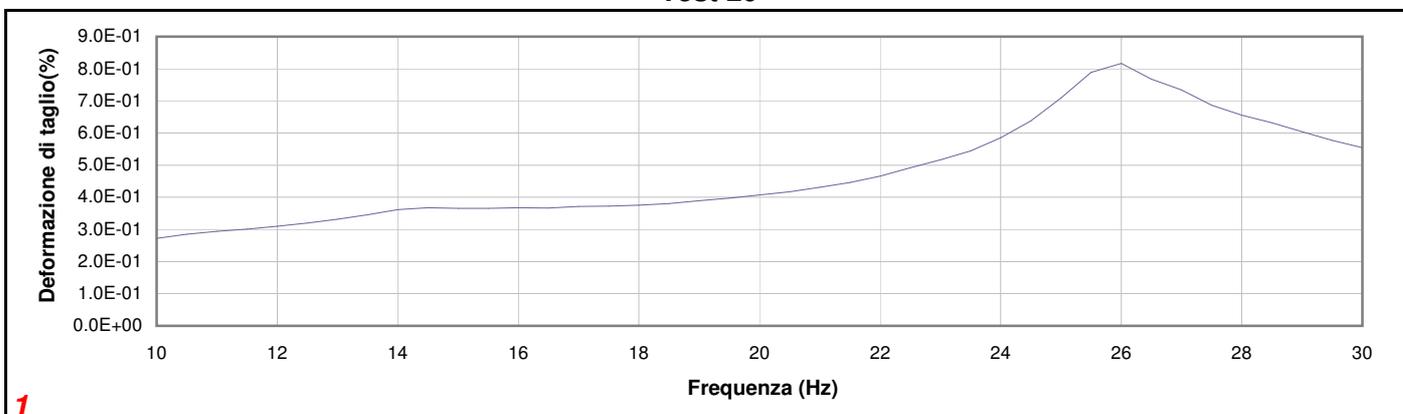
**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**

<i>Committente:</i>	<b>Studio Geologico Ambientale - C.so Garibaldi - Fiorenzuola d'Arda (PC)</b>
<i>Località:</i>	<b>Spongiola</b>
<i>Cantiere:</i>	
<i>Sondaggio:</i>	<b>S2</b>
<i>Campione:</i>	<b>I3</b>
<i>Profondità (m):</i>	<b>9.80 - 10.30</b>

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	<b>vgf 046/19</b>

<i>Commessa:</i>	<b>19142/19</b>
<i>Data ricevimento campione:</i>	<b>02/04/2019</b>
<i>Data prova:</i>	<b>22/05/19</b>
<i>Data emissione certificato:</i>	

**Test 20**



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Sperimentatore:  
**dott. Roberto Bellanova**

Direttore del Laboratorio:  
**dott. geol. Massimo Romagnoli**

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Tabulati verifiche di stabilità pendio

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Bettola



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Novembre 2019</p> <hr/> <p>Allegato :</p> <p>4</p>
--	---	---

---

## Sezione 1

### Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	50,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Residuo
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,043
Coefficiente azione sismica verticale	0,021

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	295,0
2	47,72	295,0
3	49,38	295,0
4	63,91	296,79
5	80,32	298,63
6	95,39	300,0
7	117,45	304,24
8	120,28	305,0
9	121,52	305,0
10	128,3	307,96
11	130,27	309,38
12	131,56	310,0
13	135,95	310,0
14	146,39	311,78
15	148,19	311,88
16	154,78	313,32
17	156,56	313,63
18	163,36	314,7
19	163,53	314,75
20	164,99	315,0
21	165,25	315,0
22	165,25	315,0
23	166,91	315,0
24	178,68	315,98
25	180,25	316,53
26	181,73	317,27
27	191,7	320,0
28	213,16	322,17
29	215,71	322,43
30	218,72	322,69
31	223,27	322,91
32	236,78	323,74
33	243,5	324,32
34	253,17	325,0
35	270,48	326,27
36	297,1	330,0
37	309,62	334,05
38	312,22	335,0
39	319,14	336,04
40	340,31	340,0

41	348,38	344,06
42	350,74	345,0
43	358,59	348,16
44	360,47	348,74
45	363,04	350,0
46	365,97	351,47
47	371,44	353,87
48	374,58	355,0
49	386,64	358,02
50	393,82	360,0
51	400,24	361,75
52	403,7	362,42
53	414,5	365,0
54	416,12	365,36
55	427,29	368,7
56	431,43	369,81
57	431,84	370,0
58	440,84	371,56
59	455,26	373,12
60	459,79	374,69

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	291,99
2	0,08	291,99
3	0,32	291,99
4	15,12	291,99
5	19,69	291,99
6	20,82	291,99
7	47,72	291,99
8	49,38	291,99
9	63,91	293,78
10	80,32	295,62
11	95,39	296,99
12	117,45	301,23
13	120,28	301,99
14	121,52	301,99
15	128,3	304,95
16	130,27	306,37
17	131,56	306,99
18	135,95	306,99
19	146,39	308,77
20	148,19	308,87
21	154,78	310,31
22	156,56	310,62
23	163,36	311,69
24	163,53	311,74
25	164,99	311,99
26	165,25	311,99
27	165,25	311,99
28	166,91	311,99
29	178,68	312,97
30	180,25	313,52
31	181,73	314,26
32	191,7	316,99
33	213,16	319,16
34	215,71	319,42
35	218,72	319,68
36	223,27	319,9

37	236,78	320,73
38	243,5	321,31
39	253,17	321,99
40	270,48	323,26
41	297,1	326,99
42	309,62	331,04
43	312,22	331,99
44	319,14	333,03
45	340,31	336,99
46	348,38	341,05
47	350,74	341,99
48	358,59	345,15
49	360,47	345,73
50	363,04	346,99
51	365,97	348,46
52	371,44	350,86
53	374,58	351,99
54	386,64	355,01
55	393,82	356,99
56	400,24	358,74
57	403,7	359,41
58	414,5	361,99
59	416,12	362,35
60	427,29	365,69
61	431,43	366,8
62	431,84	366,99
63	440,84	368,55
64	455,26	370,11
65	459,79	371,6 8

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	295,0
2	47,72	295,0
3	49,38	295,0
4	63,91	296,79
5	80,32	298,63
6	118,11	302,43
7	136,48	306,61
8	167,74	311,39
9	191,45	314,79
10	208,16	316,22
11	224,41	317,8
12	252,53	320,13
13	280,56	323,88
14	290,97	325,9
15	307,9	330,55
16	336,96	338,16
17	343,63	340,03
18	356,35	345,27
19	377,27	353,03
20	393,9	357,89
21	415,79	363,64
22	432,17	368,63
23	439,35	371,3
24	440,84	371,56
25	455,26	373,12
26	457,52	373,91
27	458,84	374,37
28	459,79	374,6 9

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	295,0
2	49,38	295,0
3	49,38	295,0
4	49,38	295,0
5	68,97	295,47
6	98,99	297,25
7	128,38	300,21
8	151,07	302,28
9	189,35	306,85
10	208,16	309,07
11	233,31	311,45
12	255,74	313,47
13	279,67	317,68
14	299,36	323,32
15	329,93	333,43
16	356,35	345,27
17	377,27	353,03
18	393,9	357,89
19	415,79	363,64
20	432,17	368,63
21	439,35	371,3
22	440,84	371,56
23	455,26	373,12
24	455,26	373,12
25	457,52	373,91
26	458,84	374,37
27	458,84	374,37
28	459,79	374,69

**Vertici strato .....3**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	290,97
2	38,1	290,71
3	86,9	290,98
4	136,78	293,64
5	208,16	296,67
6	260,66	304,21
7	276,85	309,72
8	299,93	319,35
9	321,98	327,61
10	342,64	334,15
11	356,35	338,9
12	393,27	353,21
13	412,92	359,65
14	439,38	366,78
15	459,79	371,13

**Vertici superficie Nr...1**

N	X m	y m
1	68,7	297,42
2	76,43	296,12
3	90,38	296,71
4	98,44	297,8
5	132,08	301,03
6	150,92	301,96
7	175,81	305,22
8	197,91	308,01
9	225,6	311,03

10	253,98	313,59
11	283,34	318,29
12	315,42	328,87
13	331,74	334,15
14	346,48	341,35
15	360,3	347,33
16	368,49	350,2
17	378,37	353,5
18	393,7	357,94
19	402,27	362,17

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (t/m <sup>2</sup> )	cu (t/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0,385		18	2000	2100,00	Unità A1
2	0,038		14	2000	2100	Unità A2
3	4,2		21	2000	2200	Unità B
4	6		25	2100	2250	Unità C

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,35  
Lambda = 0,193

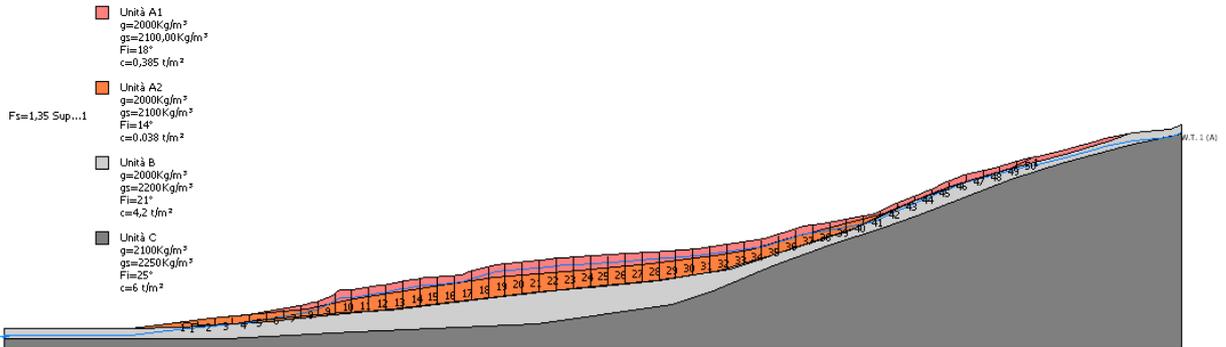
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	6,66	-9,57	6,76	12475,32
2	6,66	1,15	6,66	29052,15
3	6,66	2,36	6,67	34761,57
4	6,66	6,65	6,71	35820,49
5	6,66	6,44	6,7	38628,43
6	6,66	5,52	6,69	46720,21
7	6,66	5,42	6,69	55733,04
8	6,66	5,52	6,69	66400,6
9	6,66	5,52	6,69	87515,7
10	6,66	4,02	6,68	124259,3
11	6,66	2,87	6,67	125939,6
12	6,66	2,77	6,67	137253,7
13	6,66	6,13	6,7	145954,7
14	6,66	7,44	6,72	152014,8
15	6,66	7,44	6,72	153585,0
16	6,66	7,54	6,72	147575,4
17	6,66	7,17	6,72	144398,7
18	6,66	7,24	6,72	164171,5

19	6,66	7,14	6,71	176489,8
20	6,66	6,53	6,71	174766,9
21	6,66	6,33	6,7	173703,3
22	6,66	6,23	6,7	172894,1
23	6,66	6,23	6,7	171329,5
24	6,66	5,68	6,7	166518,9
25	6,66	5,11	6,69	163474,3
26	6,66	5,11	6,69	161599,2
27	6,66	5,21	6,69	160695,7
28	6,66	6,12	6,7	158027,6
29	6,66	9,05	6,75	152410,0
30	6,66	9,05	6,75	144404,1
31	6,66	9,15	6,75	137980,3
32	6,66	9,05	6,75	136114,3
33	6,66	16,84	6,96	127816,7
34	6,66	18,22	7,01	111290,6
35	6,66	18,31	7,02	98198,44
36	6,66	18,22	7,01	97561,07
37	6,66	18,28	7,02	98468,95
38	6,66	17,94	7,0	81969,63
39	6,66	17,94	7,0	69103,6
40	6,66	22,66	7,22	51988,27
41	6,66	26,03	7,41	27821,61
42	6,66	25,05	7,35	24123,51
43	6,66	23,41	7,26	23488,31
44	6,66	22,22	7,2	21471,72
45	6,66	19,28	7,06	27964,35
46	6,66	18,5	7,03	36011,62
47	6,66	17,13	6,97	33199,2
48	6,66	16,16	6,94	28900,87
49	6,66	19,04	7,05	24819,29
50	6,66	26,25	7,43	11854,77

### Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	891,31	4621,54	0,0	0,0	11002,02	2214,22	0,0
2	1644,63	8527,55	891,31	4621,54	28956,39	5515,79	0,0
3	2383,0	12356,06	1644,63	8527,55	34819,76	6594,95	0,0
4	2590,17	13430,25	2383,0	12356,06	36066,99	6825,58	0,0
5	2839,04	14720,69	2590,17	13430,25	38901,83	7347,2	0,0
6	3172,55	16449,95	2839,04	14720,69	43969,63	8279,52	0,0
7	3450,18	17889,49	3172,55	16449,95	48783,52	9165,39	0,0
8	3621,13	18775,86	3450,18	17889,49	54564,97	10229,39	0,0
9	3617,41	18756,57	3621,13	18775,86	65923,57	12319,73	0,0
10	3964,68	20557,21	3617,41	18756,57	85776,37	15972,85	0,0
11	4826,88	25027,78	3964,68	20557,21	86556,63	16116,21	0,0
12	14317,99	74240,02	4826,88	25027,78	132582,6	58243,58	0,0
13	22186,3	115037,9	14317,99	74240,02	144029,4	61581,4	0,0
14	29446,89	152684,7	22186,3	115037,9	150729,7	63536,62	0,0
15	36740,95	190505,0	29446,89	152684,7	152299,8	63981,5	0,0
16	43850,65	227369,4	36740,95	190505,0	146328,5	62294,43	0,0
17	42544,13	220595,0	43850,65	227369,4	95903,16	17837,5	0,0
18	40919,54	212171,3	42544,13	220595,0	106396,2	19768,58	0,0
19	39181,19	203157,9	40919,54	212171,3	113014,0	20986,42	0,0
20	37836,21	196184,0	39181,19	203157,9	112402,9	20873,71	0,0
21	36625,83	189908,1	37836,21	196184,0	111974,7	20794,84	0,0
22	35484,6	183990,7	36625,83	189908,1	111558,3	20718,17	0,0
23	34360,7	178163,2	35484,6	183990,7	110733,4	20566,36	0,0
24	33606,39	174252,0	34360,7	178163,2	108361,1	20129,59	0,0
25	33205,82	172175,0	33606,39	174252,0	106835,3	19848,63	0,0

26	32820,06	170174,8	33205,82	172175,0	105875,0	19671,91	0,0
27	32380,76	167897,1	32820,06	170174,8	105307,7	19567,54	0,0
28	31458,31	163114,0	32380,76	167897,1	103647,3	19262,26	0,0
29	29052,04	150637,3	31458,31	163114,0	98930,9	18395,58	0,0
30	26809,62	139010,2	29052,04	150637,3	94744,62	17625,18	0,0
31	24651,04	127817,8	26809,62	139010,2	91297,5	16990,85	0,0
32	22578,79	117073,0	24651,04	127817,8	90420,67	16829,44	0,0
33	25064,79	129963,1	22578,79	117073,0	124664,9	56902,08	0,0
34	27242,96	141257,1	25064,79	129963,1	107895,5	52315,36	0,0
35	22877,46	118621,6	27242,96	141257,1	61752,64	11561,25	0,0
36	18574,33	96309,52	22877,46	118621,6	61587,58	11530,76	0,0
37	14204,99	73654,09	18574,33	96309,52	61911,51	11590,45	0,0
38	10782,24	55906,83	14204,99	73654,09	55368,22	10385,9	0,0
39	8009,86	41531,82	10782,24	55906,83	49876,84	9375,32	0,0
40	5293,53	27447,39	8009,86	41531,82	39091,79	7396,61	0,0
41	3661,45	18984,95	5293,53	27447,39	22750,94	4394,86	0,0
42	2918,66	15133,51	3661,45	18984,95	20915,75	7106,08	0,0
43	2327,26	12067,06	2918,66	15133,51	20930,07	7082,76	0,0
44	1900,15	9852,46	2327,26	12067,06	19502,7	6722,51	0,0
45	1495,45	7754,05	1900,15	9852,46	26242,18	8299,39	0,0
46	959,7	4976,12	1495,45	7754,05	34003,24	10151,35	0,0
47	644,72	3342,95	959,7	4976,12	31793,14	9605,99	0,0
48	510,16	2645,24	644,72	3342,95	27930,28	8669,66	0,0
49	211,98	1099,11	510,16	2645,24	23383,13	7610,8	0,0
50	-0,04	-0,19	211,98	1099,11	10333,61	4589,35	0,0



## Sezione 2

### Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	30,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Residuo
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,04
Coefficiente azione sismica verticale	0,02

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	296,54
2	31,29	296,71
3	33,81	296,73
4	51,48	297,84
5	59,55	298,35
6	61,46	298,33
7	68,48	298,95
8	75,38	298,72
9	83,19	300,0
10	98,76	304,5
11	100,33	305,0
12	103,7	305,41
13	107,99	305,88
14	129,73	308,36
15	146,34	310,0
16	160,55	312,25
17	180,94	315,0
18	199,59	318,4
19	208,07	320,0
20	215,21	321,62
21	227,76	325,0
22	234,08	326,79
23	245,73	330,0
24	245,78	330,0
25	282,76	334,4
26	284,54	334,2
27	288,16	335,0
28	302,45	336,94
29	312,18	338,09
30	321,41	339,47
31	323,23	339,66
32	324,19	339,74
33	325,62	340,0
34	334,75	341,41
35	355,02	344,08
36	361,91	345,0
37	368,19	346,13
38	383,92	347,97
39	398,43	350,0
40	411,77	351,93

---

41	425,27	355,0
42	430,69	356,48
43	438,47	357,77
44	450,52	359,91
45	450,99	360,0
46	456,09	362,38
47	461,57	365,0
48	466,64	366,36
49	476,3	370,0
50	488,97	373,98
51	495,32	375,0
52	495,82	375,17
53	506,9	380,0
54	509,67	380,66
55	516,27	382,14
56	523,05	383,62
57	528,64	385,0
58	531,77	386,45
59	539,73	390,0
60	551,07	394,17
61	552,9	395,0
62	554,22	395,39
63	571,89	400,0
64	574,31	400,61
65	581,15	401,5
66	585,44	401,76
67	606,59	405,0
68	607,37	405,17
69	607,59	405,18
70	607,95	405,24
71	608,48	405,34
72	612,66	405,52
73	614,11	405,75
74	620,09	407,02
75	621,85	407,35
76	627,89	410,0
77	630,45	410,0
78	633,91	411,43
79	642,0	415,0
80	644,12	416,56
81	649,15	420,0
82	649,35	420,2
83	649,75	420,29
84	658,93	425,0
85	659,82	425,0
86	664,71	429,58
87	665,05	430,0
88	671,83	434,12
89	673,4	435,0
90	675,11	435,65
91	682,66	440,0
92	685,42	442,43
93	688,4	445,0
94	693,27	449,63
95	693,68	450,0
96	694,08	450,17
97	705,69	455,0
98	709,9	457,32
99	712,86	458,5
100	713,22	458,78
101	714,5	460,0

102	720,67	461,67
103	736,78	465,0
104	737,88	465,97
105	742,53	470,0
106	748,34	470,9
107	775,72	475,0
108	789,53	477,59
109	801,14	480,0
110	801,3	480,06
111	819,47	485,0
112	824,92	485,67
113	849,7	490,0
114	855,7	491,03
115	878,45	495,0
116	887,36	499,04
117	889,69	499,6
118	890,25	499,65
119	890,75	499,72
120	896,02	498,81

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	292,53
2	31,29	292,7
3	33,81	292,72
4	51,48	293,83
5	59,55	294,34
6	83,19	295,99
7	98,76	300,49
8	100,33	300,99
9	103,7	301,4
10	107,99	301,87
11	129,73	304,35
12	146,34	305,99
13	160,55	308,24
14	180,94	310,99
15	199,59	314,39
16	208,07	315,99
17	215,21	317,61
18	282,76	330,39
19	302,45	332,93
20	312,18	334,08
21	321,41	335,46
22	323,23	335,65
23	324,19	335,73
24	325,62	335,99
25	334,75	337,4
26	355,02	340,07
27	361,91	340,99
28	368,19	342,12
29	383,92	343,96
30	398,43	345,99
31	411,77	347,92
32	425,27	350,99
33	430,69	352,47
34	438,47	353,76
35	456,09	358,37
36	461,57	360,99
37	466,64	362,35

38	476,3	365,99
39	488,97	369,97
40	495,32	370,99
41	495,82	371,16
42	509,67	376,65
43	516,27	378,13
44	523,05	379,61
45	528,64	380,99
46	531,77	382,44
47	539,73	385,99
48	581,15	397,49
49	585,44	397,75
50	606,59	400,99
51	607,37	401,16
52	607,59	401,17
53	607,95	401,23
54	608,48	401,33
55	612,66	401,51
56	614,11	401,74
57	620,09	403,01
58	621,85	403,34
59	627,89	405,99
60	630,45	405,99
61	633,91	407,42
62	642,0	410,99
63	644,12	412,55
64	649,15	415,99
65	649,35	416,19
66	649,75	416,28
67	658,93	420,99
68	659,82	420,99
69	682,66	435,99
70	742,78	462,05
71	775,72	470,99
72	789,53	473,58
73	801,14	475,99
74	801,3	476,05
75	849,7	485,99
76	855,7	487,02
77	878,45	490,99
78	896,02	494,8

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	296,54
2	28,62	296,69
3	31,29	296,71
4	33,81	296,73
5	51,48	297,84
6	59,55	298,35
7	61,46	298,33
8	68,48	298,95
9	75,38	298,72
10	115,62	304,45
11	146,84	307,31
12	176,06	310,6
13	189,0	312,37
14	220,78	316,67
15	252,47	322,5
16	290,85	329,93
17	331,07	336,32

18	397,15	346,14
19	421,11	350,43
20	441,68	355,52
21	461,6	361,82
22	501,45	373,91
23	542,06	386,76
24	579,52	396,89
25	613,07	403,44
26	633,47	409,05
27	659,76	421,83
28	698,61	442,59
29	743,39	461,97
30	774,98	470,67
31	824,92	485,67
32	824,92	485,67
33	849,7	490,0
34	855,7	491,03
35	878,45	495,0
36	887,36	499,04
37	889,69	499,6
38	890,25	499,65
39	890,75	499,72
40	896,02	498,8 1

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	296,54
2	28,62	296,69
3	31,29	296,71
4	33,81	296,73
5	51,48	297,84
6	59,55	298,35
7	61,46	298,33
8	68,48	298,95
9	75,38	298,72
10	108,72	300,37
11	133,01	302,42
12	153,23	303,86
13	179,06	305,69
14	189,0	306,47
15	214,93	309,78
16	247,39	315,65
17	282,54	322,31
18	311,03	328,22
19	351,82	334,89
20	407,33	343,76
21	430,39	349,36
22	455,56	357,49
23	489,97	367,1
24	533,32	380,08
25	578,84	393,02
26	611,55	400,33
27	635,52	407,74
28	659,52	418,41
29	695,71	436,49
30	735,11	452,23
31	797,44	470,91
32	845,55	485,41
33	893,19	499,3
34	896,02	498,8 1

**Vertici strato .....3**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	290,0
2	51,23	290,56
3	121,15	292,02
4	153,1	293,55
5	189,0	295,27
6	247,48	305,84
7	294,28	316,49
8	367,68	330,98
9	429,96	343,7
10	467,0	355,5
11	510,03	366,26
12	610,77	394,9
13	683,6	419,67
14	739,4	441,34
15	803,71	462,24
16	845,55	476,95
17	896,02	491,6 8

#### Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	104,9	305,63
2	118,94	302,59
3	144,09	304,07
4	166,78	305,06
5	188,48	307,03
6	209,69	309,99
7	235,82	313,44
8	263,44	318,87
9	289,09	323,8
10	321,14	329,23
11	368,14	338,17
12	395,32	342,42
13	419,67	347,23
14	445,43	355,16
15	483,43	365,43
16	505,94	371,53
17	530,58	378,94
18	556,0	386,09
19	597,64	397,26
20	621,86	404,4
21	642,35	410,61
22	668,75	423,65
23	712,91	458,54

#### Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	638,42	413,53
2	645,75	413,66
3	666,71	422,7
4	682,73	429,28
5	711,97	444,07
6	727,8	451,06
7	755,28	459,44
8	782,77	467,83
9	810,25	476,68
10	826,39	485,96

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (t/m <sup>2</sup> )	cu (t/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0,385		18	2000	2100,00	Unità A1	
2	0,038		14	2000	2100	Unità A2	
3	4,2		21	2000	2200	Unità B	
4	6		25	2100	2250	Unità C	

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,28  
Lambda = 0,308

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	20,25	-7,3	20,42	98913,39
2	20,25	3,3	20,29	220713,5
3	20,25	2,49	20,27	286236,8
4	20,25	5,09	20,34	350042,3
5	20,25	7,65	20,44	401252,5
6	20,25	7,59	20,43	463810,1
7	20,25	9,51	20,54	567249,8
8	20,25	11,05	20,64	572353,3
9	20,25	10,89	20,63	510811,3
10	20,25	9,7	20,55	462905,5
11	20,25	10,03	20,57	426715,9
12	20,25	10,76	20,62	391740,7
13	20,25	10,74	20,62	341582,2
14	20,25	8,86	20,5	312746,3
15	20,25	10,45	20,6	281449,3
16	20,25	14,03	20,88	244935,8
17	20,25	16,69	21,15	192335,9
18	20,25	15,15	20,98	207982,9
19	20,25	15,13	20,98	274688,3
20	20,25	15,48	21,02	291268,2
21	20,25	16,77	21,15	297065,4
22	20,25	15,7	21,04	356825,5
23	20,25	15,2	20,99	405570,3
24	20,25	14,99	20,97	361392,0
25	20,25	16,01	21,07	236343,1
26	20,25	16,65	21,14	118405,5
27	20,25	21,55	21,78	143999,9
28	20,25	28,65	23,08	257645,6
29	20,25	38,3	25,81	221518,9
30	20,25	38,32	25,82	132552,1

### Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)

1	10287,14	33450,84	0,0	0,0	86123,27	17356,97	0,0
2	15713,84	51096,91	10287,14	33450,84	192146,0	37975,27	0,0
3	22630,29	73587,23	15713,84	51096,91	226231,1	44604,64	0,0
4	24669,22	80217,25	22630,29	73587,23	263335,0	51823,43	0,0
5	20474,58	66577,49	24669,22	80217,25	291011,9	57209,81	0,0
6	15159,47	49294,27	20474,58	66577,49	326936,5	64197,32	0,0
7	3548,51	11538,73	15159,47	49294,27	412568,3	80856,41	0,0
8	-13036,51	-42391,0	3548,51	11538,73	411074,9	80568,9	0,0
9	-28313,01	-92065,82	-13036,51	-42391,0	351844,6	69047,86	0,0
10	4972,46	16169,02	-28313,01	-92065,82	447721,2	201404,9	0,0
11	36426,48	118448,5	4972,46	16169,02	412465,2	190913,5	0,0
12	65247,57	212166,5	36426,48	118448,5	378807,5	180993,1	0,0
13	56610,32	184080,6	65247,57	212166,5	256145,1	50433,27	0,0
14	52310,26	170098,0	56610,32	184080,6	242910,0	47855,51	0,0
15	46489,11	151169,3	52310,26	170098,0	225041,4	44382,8	0,0
16	37363,27	121494,7	46489,11	151169,3	201085,7	39731,58	0,0
17	28478,71	92604,64	37363,27	121494,7	169416,1	33579,57	0,0
18	20251,83	65853,17	28478,71	92604,64	181195,7	35865,98	0,0
19	7864,62	25573,51	20251,83	65853,17	213700,7	42188,38	0,0
20	26594,89	86478,98	7864,62	25573,51	281412,1	153136,0	0,0
21	43191,92	140447,8	26594,89	86478,98	286372,5	155071,4	0,0
22	61105,63	198698,0	43191,92	140447,8	345038,3	172263,8	0,0
23	79797,0	259477,0	61105,63	198698,0	392853,8	186417,0	0,0
24	99098,95	322241,5	79797,0	259477,0	349925,0	173493,7	0,0
25	88027,54	286240,4	99098,95	322241,5	193140,3	38191,9	0,0
26	83239,48	270671,0	88027,54	286240,4	114483,5	22894,6	0,0
27	73799,81	239975,9	83239,48	270671,0	132002,0	26320,95	0,0
28	45610,72	148313,0	73799,81	239975,9	169379,1	33629,74	0,0
29	15553,76	50576,4	45610,72	148313,0	99284,77	32918,78	0,0
30	0,01	0,04	15553,76	50576,4	83634,78	28953,5	0,0

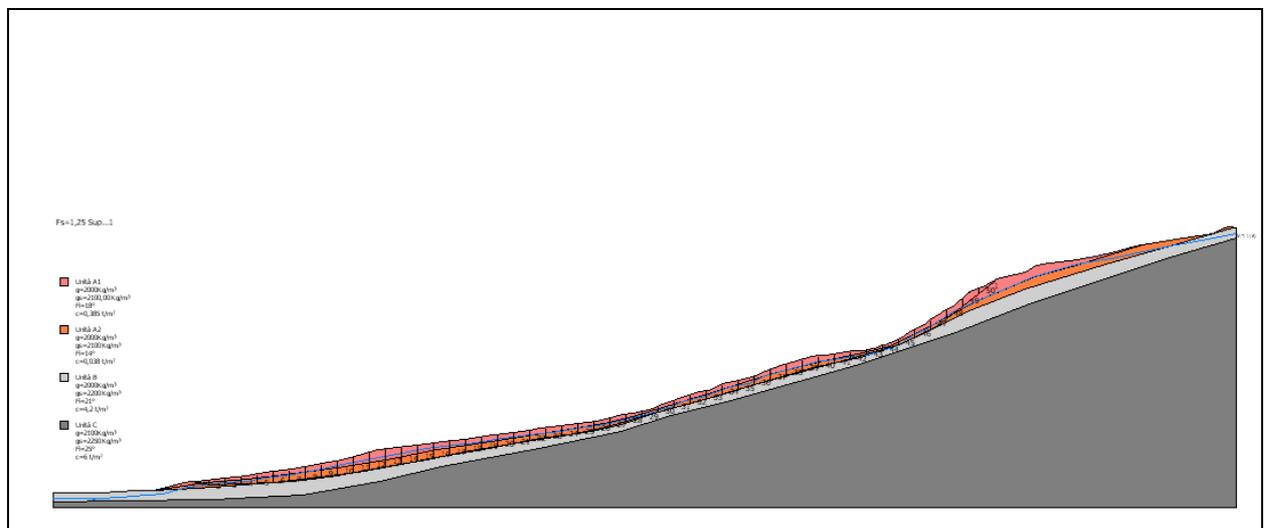
Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=0,61  
Lambda = 0,498

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	6,25	0,96	6,26	16588,51
2	6,25	20,72	6,69	55681,69
3	6,25	23,3	6,81	66842,38
4	6,25	23,4	6,81	71566,38
5	6,25	22,74	6,78	106395,2
6	6,25	22,38	6,76	121659,8
7	6,25	22,28	6,76	131584,6
8	6,25	26,64	7,0	152651,8
9	6,25	26,88	7,01	184109,9
10	6,25	26,8	7,01	188796,3
11	6,25	26,88	7,01	181200,6
12	6,25	25,94	6,96	181536,3
13	6,25	23,85	6,84	183140,0
14	6,25	23,76	6,83	167789,9
15	6,25	18,73	6,6	153655,8
16	6,25	16,96	6,54	145071,9
17	6,25	16,96	6,54	180209,1
18	6,25	17,06	6,54	174191,9
19	6,25	16,88	6,54	161902,1
20	6,25	16,96	6,54	149675,7
21	6,25	17,06	6,54	137315,9
22	6,25	16,96	6,54	124948,8
23	6,25	16,96	6,54	114221,4

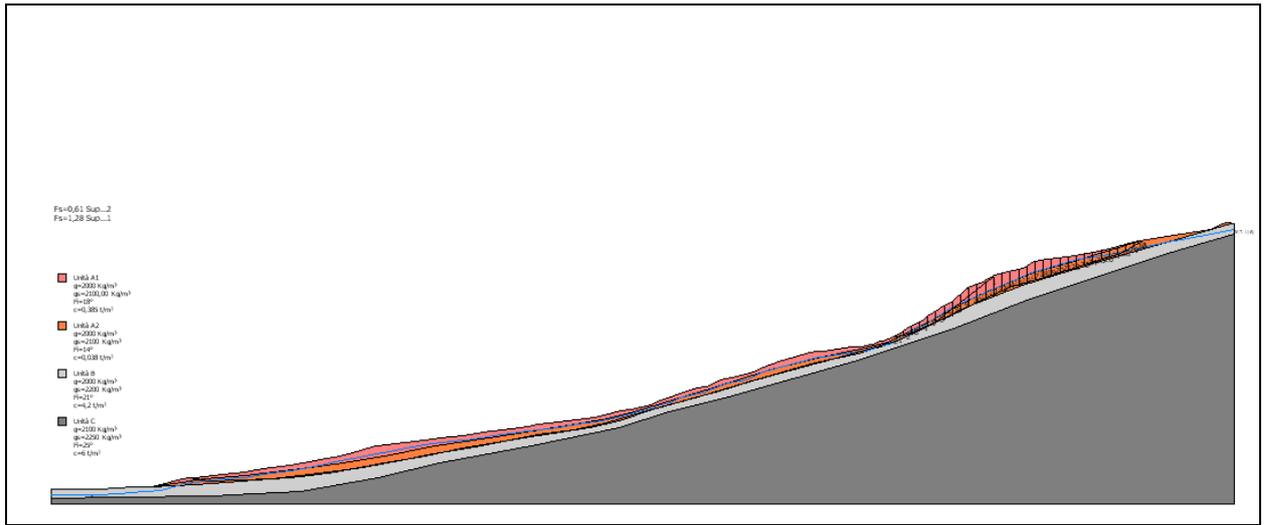
24	6,25	17,74	6,57	103958,3
25	6,25	17,85	6,57	93621,33
26	6,25	17,85	6,57	84206,48
27	6,25	17,85	6,57	77605,7
28	6,25	25,02	6,9	67292,96
29	6,25	29,92	7,22	47369,24
30	6,25	29,89	7,21	16756,1

### Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	7984,61	16039,27	0,0	0,0	9192,52	8873,59	0,0
2	7307,02	14678,15	7984,61	16039,27	49680,8	20790,65	0,0
3	3976,48	7987,84	7307,02	14678,15	53350,19	22303,04	0,0
4	246,69	495,53	3976,48	7987,84	56568,23	23622,96	0,0
5	-5757,59	-11565,69	246,69	495,53	79799,29	33147,3	0,0
6	-13661,45	-27442,76	-5757,59	-11565,69	84530,83	35086,45	0,0
7	18231,89	36623,73	-13661,45	-27442,76	116978,7	120546,8	0,0
8	44570,8	89532,64	18231,89	36623,73	136619,3	134589,8	0,0
9	71454,95	143536,8	44570,8	89532,64	164607,7	152365,5	0,0
10	98638,5	198142,4	71454,95	143536,8	168840,8	155001,0	0,0
11	81646,08	164008,5	98638,5	198142,4	124962,0	51681,68	0,0
12	66545,69	133675,2	81646,08	164008,5	130392,5	53905,0	0,0
13	54791,92	110064,6	66545,69	133675,2	137668,9	56881,57	0,0
14	43746,93	87877,68	54791,92	110064,6	124073,6	51306,2	0,0
15	39588,32	79523,98	43746,93	87877,68	115872,5	47928,8	0,0
16	36803,62	73930,14	39588,32	79523,98	104827,9	43395,65	0,0
17	33994,5	68287,25	36803,62	73930,14	133485,6	55147,38	0,0
18	30929,22	62129,79	33994,5	68287,25	128051,0	52919,02	0,0
19	28074,46	56395,24	30929,22	62129,79	117774,1	48704,33	0,0
20	25018,26	50256,01	28074,46	56395,24	107333,5	44423,15	0,0
21	21748,56	43687,93	25018,26	50256,01	96749,76	40083,25	0,0
22	18536,6	37235,82	21748,56	43687,93	86361,3	35823,02	0,0
23	15685,91	31509,43	18536,6	37235,82	79259,33	32910,7	0,0
24	12805,18	25722,7	15685,91	31509,43	73829,2	30685,7	0,0
25	10616,82	21326,8	12805,18	25722,7	68717,27	28589,71	0,0
26	9163,47	18407,34	10616,82	21326,8	64145,25	26714,85	0,0
27	8485,06	17044,57	9163,47	18407,34	62171,44	25905,45	0,0
28	4886,99	9816,86	8485,06	17044,57	56408,92	23563,1	0,0
29	1179,71	2369,76	4886,99	9816,86	40428,34	17029,56	0,0
30	-0,07	-0,14	1179,71	2369,76	14326,01	6325,57	0,0



Superficie 1



Superficie 2