



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Poviglio



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	Dott. Stefano Castagnetti	NOVEMBRE 2016

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	Inquadramento geologico e tettonico	4
2.2	Caratteristiche sismotettoniche	7
2.3	Storia sismica	8
2.4	Classificazione sismica	14
3.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	18
4.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	19
5.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	20
6.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	22
7.	ELABORATI CARTOGRAFICI	24
7.1	Carta delle indagini	24
7.2	Carta geologico-tecnica	25
7.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	33
7.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	35
7.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S.....	39
7.6	Microzonazione Sismica – Livello 2	40
8.	APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO	42
8.1	Area considerata.....	42
8.2	Risposta sismica locale.....	42
8.3	Verifica del rischio di liquefazione	59
8.4	Magnitudo di riferimento	63
8.5	Carta di microzonazione sismica di Livello 3.....	68
9.	COMMENTI FINALI E CRITICITÀ.....	70
10.	ELABORATI	71

Allegato 1: Prove di laboratorio

Allegato 2: Verifiche alla liquefazione

1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello studio di Microzonazione Sismica (MS) del Comune di Poviglio (Provincia di Reggio Emilia), assegnato allo scrivente professionista dalla Regione Emilia-Romagna, con Determinazione dirigenziale n. 8423 del 26.05.2016 (CIG: ZC6186CA8D).


L'incarico è stato svolto in continuità con il precedente studio di MS dei Comuni di Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla e Luzzara svolto nel 2015 dal Raggruppamento Temporaneo costituito da Castagnetti Stefano (Mandatario), ENGEO srl (Mandante) e ELLETIPI srl (Mandante), a seguito di procedura di gara per l'aggiudicazione congiunta di n. 5 Lotti per indagini e studi di Microzonazione Sismica e Analisi della Condizione Limite per l'emergenza esperita dall'Unione Bassa Reggiana.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma.

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

Tutte le attività svolte ed in particolare l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (di seguito “SRAI”);
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (di seguito “ICMS”);

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	1 di 71

- Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all'OCDPC n. 171/2014 e decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 4 agosto 2014;
- Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all'OCDPC n. 171/2014 e Decreto del 4 agosto 2014 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile;
- Deliberazione della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193 del 21 dicembre 2015: Art. 16 della L.R. n. 20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'Atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

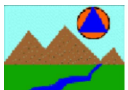
Il presente studio di Microzonazione Sismica, attuato in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati e dal capitolato tecnico è articolato nei seguenti tre livelli di approfondimento:

➤ PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

- definizione del modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici);
- individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definizione del tipo di effetti attesi;
- indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.

➤ SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal 1° livello ed eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
- suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree con maggiore o minore pericolosità sismica;
- conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal 1° livello, in cui si ritengono necessari approfondimenti di 3° livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	2 di 71

➤ TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:


- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dai precedenti livelli di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- valutazione più approfondita della risposta sismica locale, in termini di amplificazione e/o stima degli indici di rischio, nelle aree soggette a liquefazione e densificazione.

Le aree oggetto di MS presentano una superficie complessiva di circa 1.119 Ha, corrispondente a circa il 26% dell'intero territorio in studio.

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato A della Delibera regionale e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.0.1.

I dati cartografici sono stati allestiti in formato vettoriale (shapefile) e gli elaborati sono stati prodotti in versione cartacea e in versione digitale (pdf con risoluzione di 300 dpi).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	3 di 71

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Inquadramento geologico e tettonico

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Perisuturale Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPPI, 1982).


Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Questo riempimento del bacino non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Sulla base dei moderni concetti di stratigrafia sequenziale, ossia del metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali, nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura sono state riconosciute due sequenze principali, in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- **Supersistema del Quaternario Marino** (affiorante nella fascia collinare)
- **Supersistema Emiliano-Romagnolo**

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	4 di 71

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

In particolare il settore di territorio in studio ricade nella fascia di bassa pianura, costituita da una successione di sedimenti quaternari continentali riferibili alla deposizione operata nel tempo dai corsi d'acqua appenninici e dal F. Po (Supersistema Emiliano-Romagnolo).

Lo spessore dei depositi continentali nella zona in studio è superiore a 200 metri.

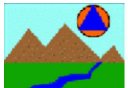
La conformazione attuale del territorio è il risultato di processi che hanno operato in epoca antecedente all'arginatura e canalizzazione dei corsi d'acqua, nel corso di un mutevole divagare degli stessi indotto da fattori tettonici e climatici.

Con riferimento alla cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG, elaborata secondo i concetti di stratigrafia sequenziale, i depositi affioranti nell'areale di studio possono essere attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo Sup. – Subsistema di Ravenna, di età Pleistocene sup.-Olocene.

I depositi sono costituiti da sabbie e limi stratificati con copertura di limi argillosi o limi sabbiosi. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m e il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche.

Tali depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di argine-canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo (piana inondabile).

Sotto il profilo tettonico le recenti ricerche avviate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sintetizzate nella *“Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna”* (2004), hanno messo in evidenza gli elementi strutturali del territorio, riconosciuti sulla base di dati morfologici e geologici (Fig. 1).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	5 di 71

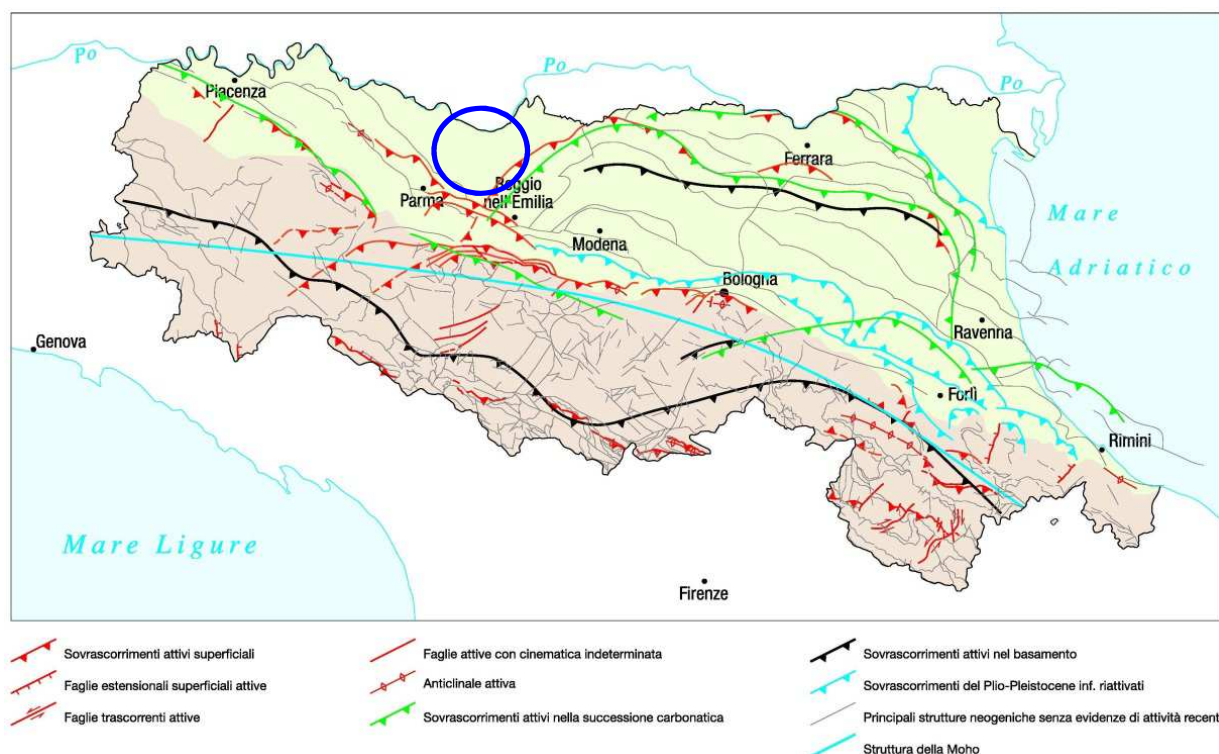


Fig. 1 - Attività neotettonica in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative – Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna - 2004). Il cerchio blu indica la zona in studio.

La fascia di bassa pianura si inserisce in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo, che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell'edificio padano.

Tale raccorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasci paralleli di strutture di embricazione sepolte aventi complessivamente direzione NW-SE e vergenza verso NE, le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria (Boccaletti et al., 1985).

Il fascio più settentrionale, denominato *Fronte di accavallamento esterno* (External Thrust Front = ETF), appartiene all'arco delle "Pieghe Emiliane e Ferraresi" che costituiscono il fronte della catena appenninica, sepolto dai sedimenti quaternari padani, che circa all'altezza del Po sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta. È costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente.

Il fascio meridionale (Pedeappenninic Thrust Front = PTF), coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani. Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi

d'acqua appenninici, tra i quali il T. Enza, che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario.

Poco ad est dell'area in studio i sovrascorrimenti dell'ETF assumono una direzione perpendicolare al margine appenninico e danno luogo ad importanti strutture sepolte note come "Dorsale Ferrarese", che in prossimità di Novi-Camurana presenta la massima culminazione assiale, determinando un sensibile innalzamento del substrato pre-pliocenico, che nella zona si colloca a circa -200÷220 m dal piano campagna.

2.2 Caratteristiche sismotettoniche

Ai fini della valutazione del rischio sismico di un'area, è fondamentale identificare le faglie attive.

Infatti, sebbene esistano strutture a scorrimento lento asismico (*fault creep o tectonic creep*), molte delle faglie attive sono considerate sorgenti sismiche, in quanto lo scorrimento istantaneo dei due lati delle stesse, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. A tali faglie sismogenetiche è associato il maggior rischio.

Per la definizione di faglia attiva si fa normalmente riferimento alla possibilità che una faglia possa attivarsi in un intervallo di tempo futuro che interessa la nostra società.


D'altra parte le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono mosse nelle fasi più recenti della storia geologica.

Una delle definizioni più comunemente accettata è quella della *U.S Nuclear Regulatory Commission* (1982), che definisce attive le faglie che presentano un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due negli ultimi 500.000 anni.

Un elenco delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie potenzialmente attive e capaci è contenuto nel DISS 3.2, il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana¹.

Con riferimento all'immagine di Fig. 2, le sorgenti sismogenetiche più significative al contorno dell'area in studio sono:

¹ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, [doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.04.014)

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	7 di 71

- **ITCS009 – Busseto-Cavriago**, con magnitudo massima attesa $M_w=5.6$;
- **ITCS049 – Campegine-Correggio**, con una magnitudo massima attesa $M_w=5.5$;
- **ITCS051 – Carpi-Poggio Renatico**, con una magnitudo massima attesa $M_w=6.0$, a cui è associata la faglia ITIS107 “Mirandola”.

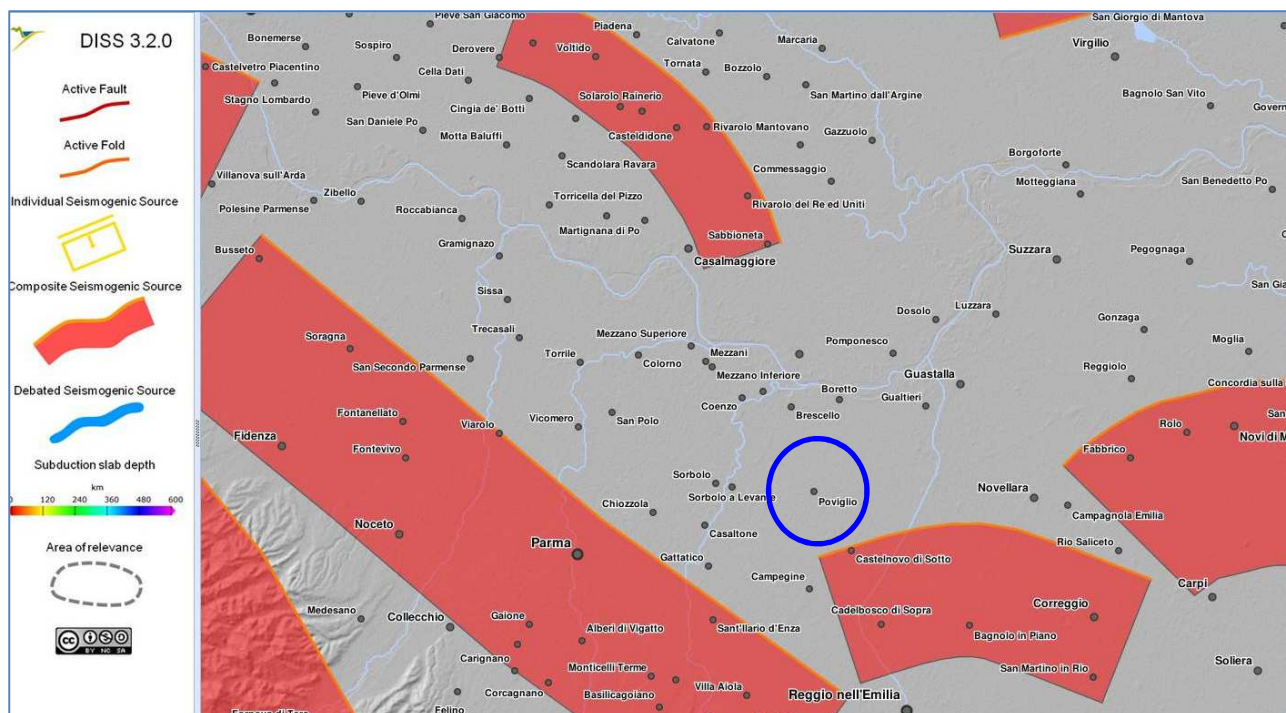



Fig. 2 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS 3.2. Il cerchio di colore blu individua approssimativamente il territorio in studio.

2.3 Storia sismica

La storia sismica dei comuni in studio è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15², che contiene informazioni relative a 122.701 osservazioni macrosismiche relative a 4584 terremoti avvenuti tra l'anno 1000 ed il 2014.

Secondo quanto riportato in DBMI15, la storia sismica del Comune di Poviglio viene riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 3, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità, indicando per ciascuno di esse, oltre agli effetti provocati al sito, espressi

² Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Contre S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroscopic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	8 di 71

come I(MCS), la data e l'ora in cui si è verificato, il numero di località in cui è stato registrato l'evento (Np), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

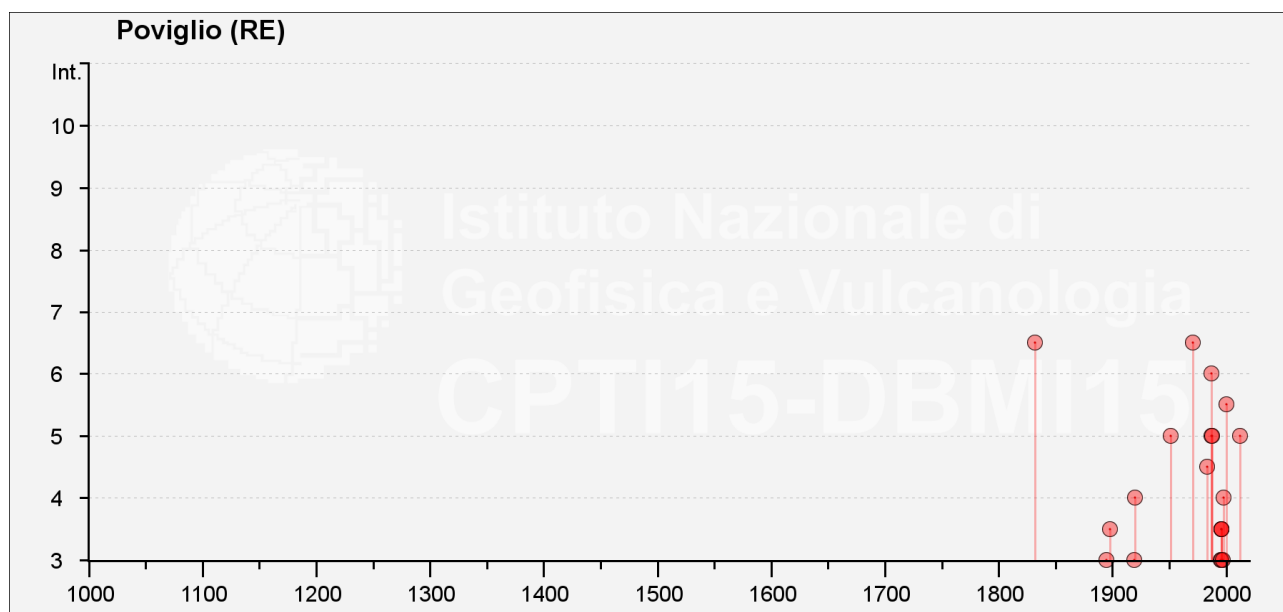


Fig. 3 – storia sismica di Poviglio

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
6-7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5,51
3	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3,98
3-4	1898 03 04 21 05	Parmense	7-8	5,37
NF	1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	6	4,59
NF	1907 04 25 04 52	Veronese	6	4,79
3	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	10	6,38
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	6-7	5,17
6-7	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	8	5,51
4-5	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	6	4,43
5	1987 04 24 02 30 27.04	Reggiano	6	4,64
6	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	6	4,71
5	1988 03 15 12 03 16.17	Reggiano	6	4,57
NF	1989 10 03 09 41 32.85	Appennino parmense	4	4,04
3	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	7	4,82
3-4	1996 10 26 04 56 54.10	Pianura emiliana	5-6	3,94
3-4	1996 10 26 06 50 26.94	Pianura emiliana	5-6	3,63
3-4	1996 11 25 19 47 53.85	Pianura emiliana	5-6	4,29
3	1996 12 16 09 09 53.08	Pianura emiliana	5-6	4,06
3	1997 05 12 22 13 52.50	Pianura emiliana	4-5	3,68
4	1998 02 21 02 21 13.30	Pianura emiliana	5	3,93
NF	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano		5,26
5-6	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	5-6	4,4
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	4	4,3
5	2012 01 25 08 06 37.09	Pianura emiliana	5-6	4,98

Tab. 1 - Massimi eventi sismici i cui effetti si sono fatti risentire a Poviglio

Nel DBM15 sono riportati gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, con epicentro nella Bassa modenese, in occasione del quale è stata registrata una magnitudo massima pari a 6.09. Tale sisma è stato seguito da numerosissime altre scosse, di cui 6 di magnitudo > 5.

Tuttavia tali eventi non compaiono nell'elenco riferito a Poviglio e di conseguenza di seguito vengono riportati alcuni elementi di particolare importanza.

In Fig. 4 è rappresentata la distribuzione temporale delle scosse sismiche nel periodo compreso tra il 20 maggio ed il 4 giugno 2012 e la relativa intensità.

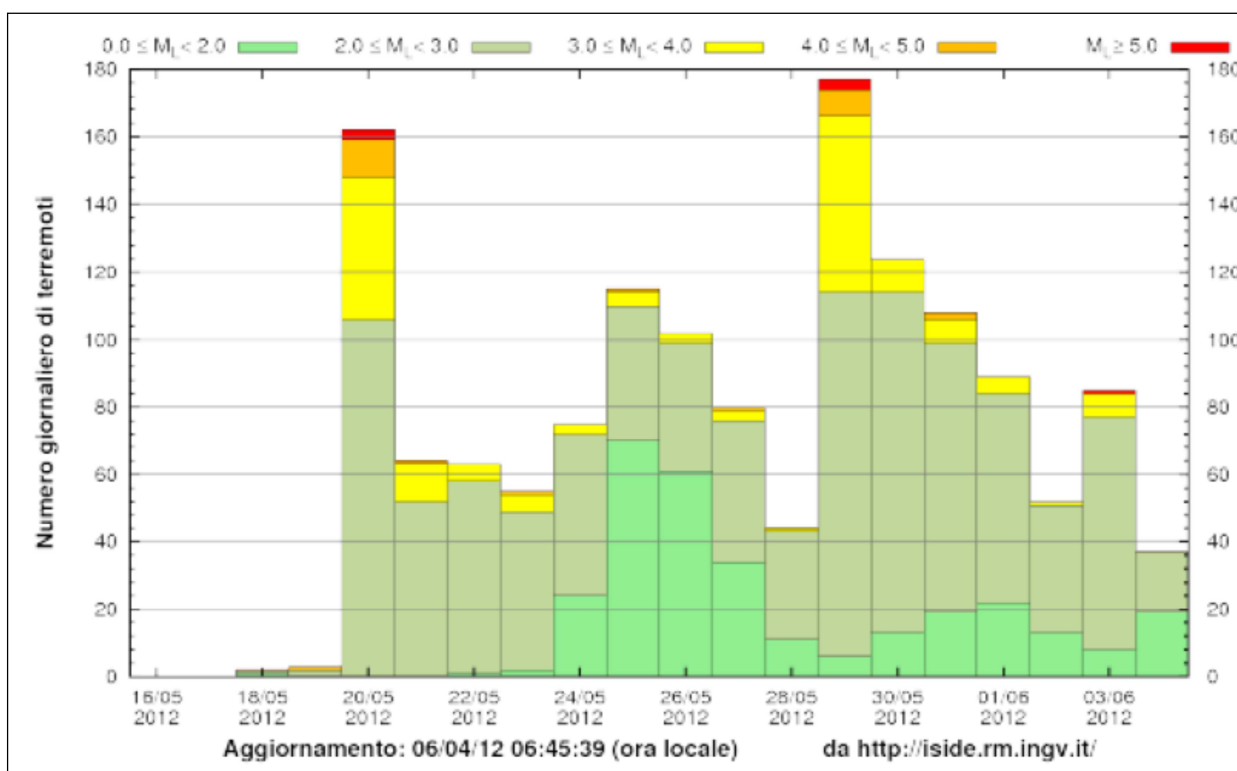


Fig. 4 – Sequenza sismica dal 20 maggio al 4 giugno 2012

In Fig. 5 è rappresentata la distribuzione spaziale dei sismi con magnitudo > 4. Come si può notare dalla figura la profondità degli ipocentri è quasi sempre superficiale (5÷10 Km).

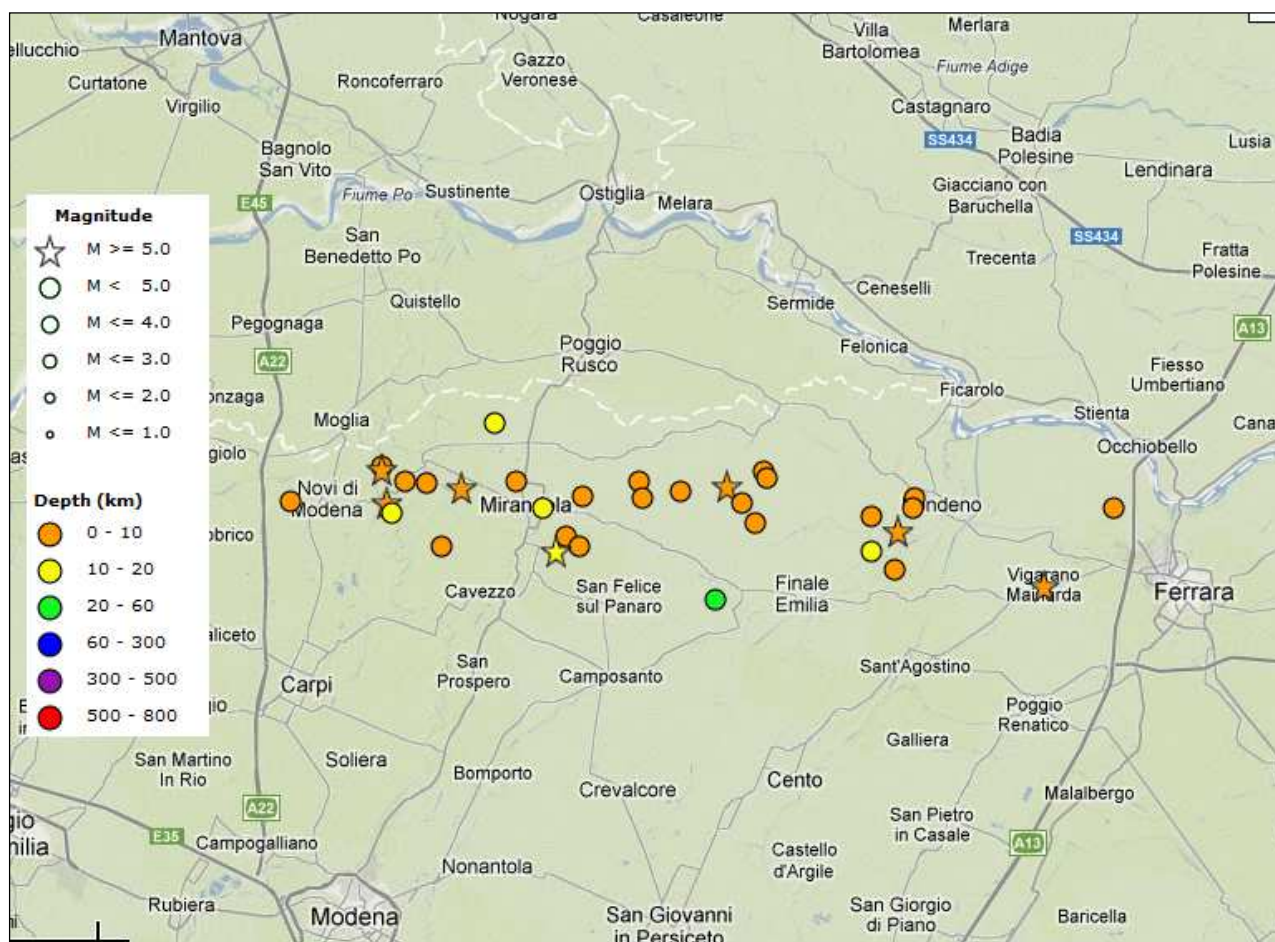


Fig. 5 – Distribuzione degli epicentri dei sismi con magnitudo > 4 (da <http://iside.rm.ingv.it>)

L'elaborazione dei dati della rete sismica nazionale ha consentito ad INGV di verificare che il sisma è legato ad un meccanismo di tipo compressivo, con direzione di massima compressione nord-sud. Tale meccanismo è compatibile con la "struttura di Mirandola", faglia già valutata come potenziale sorgente sismogenetica, con magnitudo massima attesa pari a 5.9 della scala Richter.

In effetti il sisma, secondo le interpretazioni di INGV, è imputabile proprio al movimento della faglia di Mirandola, associata al sistema delle Pieghe Ferraresi, di cui si è già accennato nel capitolo 2.1.

In Fig. 6 è rappresentata una sezione schematica delle strutture sismogenetiche che hanno generato il terremoto.

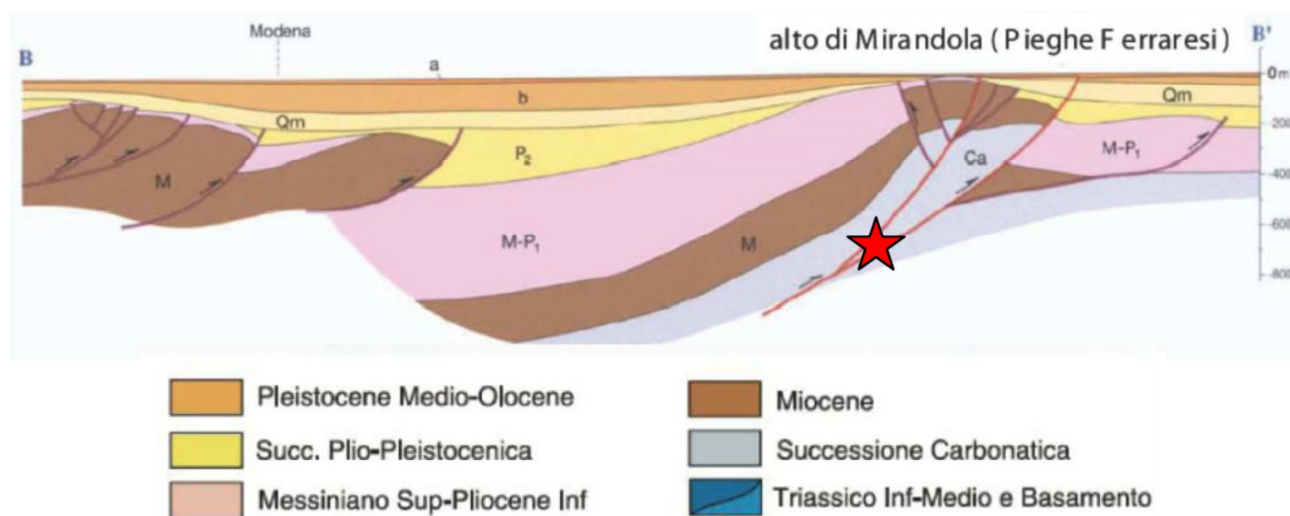


Fig. 6 - Schema delle strutture sismogenetiche (la stella indica la probabile ubicazione dell'ipocentro).

Da INGV: Relazione sul terremoto del 20 maggio 2012

L'evento di magnitudo $M_w=5.9$ del 20/5/2012 è stato risentito in tutto il Nord Italia e le *shakemap* calcolate subito dopo l'evento confermano queste osservazioni. In particolare, nella zona epicentrale le accelerazioni massime (PGA) sono state stimate fino a 0.3 g, ossia il 30% dell'accelerazione di gravità. Analoga accelerazione è stata calcolata per il sisma del 29/05/2012, che ha presentato una magnitudo pari a 5.8 della scala Richter.

La stazione di registrazione più vicina (appartenente alla Rete Accelerometrica Nazionale), ubicata a Mirandola (MRN), si trova ad una distanza di 13.3 km dall'epicentro dell'evento più significativo (20 maggio).

Il picco massimo d'accelerazione registrato, in occasione dell'evento più forte (IA) è di 0.309 g, e corrisponde alla componente verticale (UP-DOWN). I picchi corrispondenti alle due componenti orizzontali (0.264 in direzione SUD-NORD e 0.261 in direzione OVEST-EST) risultano inferiori.

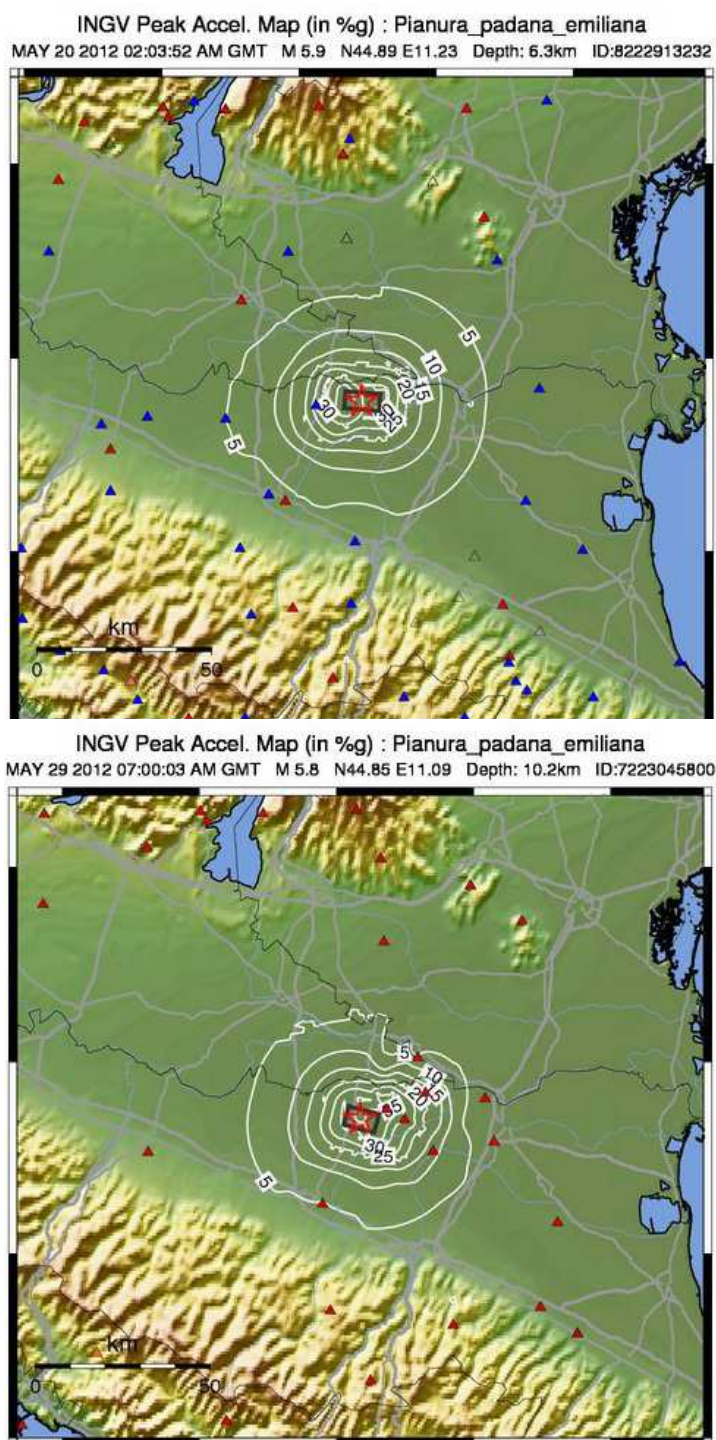


Fig. 7 – Mappe di accelerazione massima stimata al suolo (in % g) per i sismi del 20 e 29 maggio 2012

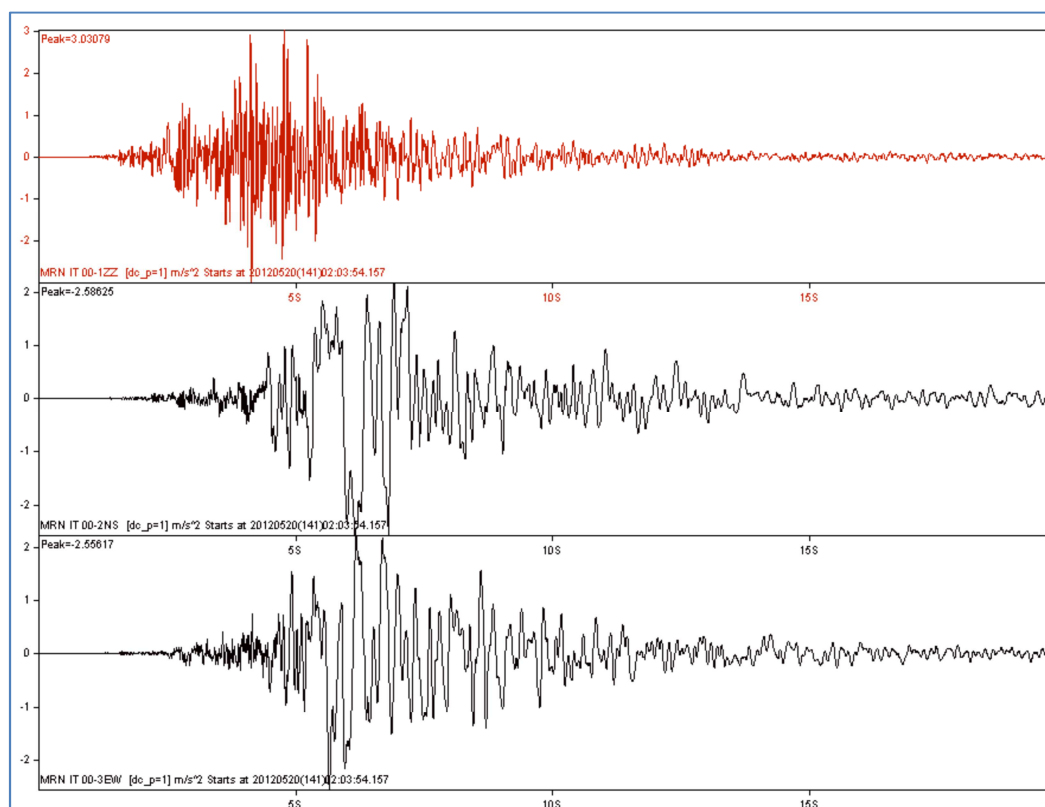


Fig. 8 - Sisma del 20/5/2012. Accelerogramma delle componenti (dall'alto in basso) Verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest (acc. m/s/s, tempo s) registrate dalla stazione di Mirandola della Rete Accelerometrica Nazionale (www.protezionecivile.gov.it)

La sequenza sismica ha prodotto gravi danni in una vasta area delle province di Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Mantova e Bologna. In particolare appaiono gravemente danneggiate, in prossimità delle aree epicentrali, le strutture storiche in laterizio pieno ed i capannoni industriali prefabbricati in c.a..

In occasione della sequenza sismica avviatasi il 20.5.2012 non sono stati registrati danni significativi sul territorio povigliese.

2.4 Classificazione sismica

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 2), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di ag
1	>0,25
2	0,15 ÷ 0,25
3	0,05 ÷ 0,15
4	<0,05

Tab. 2 – Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

La classificazione vigente identifica il Comune di Poviglio in zona 3 (Fig. 9), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0,05*g e 0,15*g (dove g è l'accelerazione di gravità).

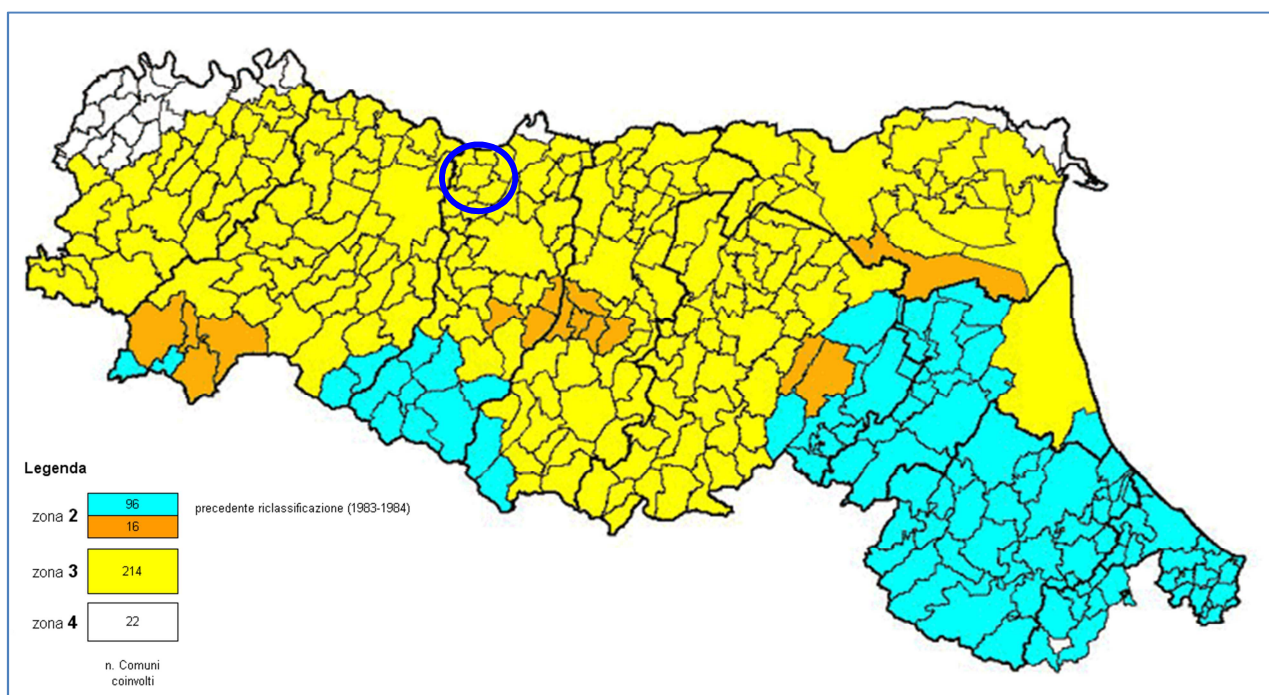


Fig. 9 – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna. Il cerchio blu individua il Comune di Poviglio.

Successivamente, con l'Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nell'allegato 1b dell'Ordinanza stessa e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, ovvero, il D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G. U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente D.M. 14.9.2005.

Alle NTC 2008 è allegato un documento sulla pericolosità sismica (All. A), in quanto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.


In base a quanto disposto nel sopraccitato Allegato A, l'accelerazione sismica massima del terreno (a_g) è definita in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del parametro a_g può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". L'atto di indirizzo è stato recentemente aggiornata con DGR n° 2193/2015.

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base") sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	16 di 71

predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come “pericolosità sismica locale”).

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:


- ♦ l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- ♦ la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (Analisi della Risposta Sismica Locale, RSL);
- ♦ la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MZ).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento a seconda della sismicità locale e delle finalità delle realizzazioni previste.

La **prima fase** è volta a definire gli *scenari di pericolosità sismica locale*, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). Questa individuazione si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, nonché su raccolte di informazioni in merito agli effetti indotti dai terremoti che in passato hanno colpito la zona. Spesso, quanto definito in questa fase, fa ampio riferimento ed elabora i dati predisposti e resi disponibili dalle indagini eseguite in sede di redazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e dei Piani Strutturali Comunali (P.S.C.) e, a sua volta, concorre alla definizione delle scelte urbanistiche, fornendo indicazioni sui limiti e sulle condizioni di cui tenere conto nella pianificazione.

La **seconda fase** ha come obiettivo la *Microzonazione sismica del territorio indagato* ossia l'approfondimento delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento, la suddivisione dettagliata del territorio, in aree con maggiore o minore pericolosità sismica, l'indicazione delle aree ove si ritengono necessari approfondimenti con la precisazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

La **terza fase** concerne appunto l'attuazione degli approfondimenti nei luoghi e con le modalità indicate di massima nella seconda fase.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	17 di 71

3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati elaborati in questa sede derivano:

- dalla raccolta ed elaborazione di quanto disponibile presso gli Uffici Tecnici Comunali, la Provincia di Reggio Emilia, il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPo);
- da un'apposita campagna d'indagini, attuata allo scopo di completare ed arricchire adeguatamente la conoscenza della specifica situazione locale.


Dei 277 dati geotecnici e geofisici acquisiti (sondaggi, pozzi per acqua ed idrocarburi, penetrometrie e prove geofisiche), 148 provengono dall'archivio del Comune di Poviglio e 89 dalla Regione Emilia-Romagna. I restanti 40 derivano da prove in sito effettuate nell'ambito della presente indagine.

Particolarmente fruttuosa si è rivelata la ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ove è stato possibile esaminare numerosissime relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche, e trarre copia, con l'autorizzazione comunale, delle indagini geognostiche eseguite.

L'insieme degli elementi geologici e geofisici così acquisiti, unitamente alle informazioni presenti nella letteratura ed ai risultati dei numerosi sopralluoghi effettuati nel territorio in studio, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

Tutti i dati acquisiti, esclusi quelli già presenti del DB geognostico della Regione Emilia-Romagna, sono stati inoltre trasformati in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS.

Sia i dati di base, sia quelli elaborati sono stati inoltre organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto delle specifiche tecniche di riferimento.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	18 di 71

4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO


La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato rigido.

A tale scopo, per il territorio in questione, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti, oltre a differenti cartografie tematiche, con scale di diverso grado di dettaglio.

Rimandando al paragrafo 7.4 la descrizione specifica delle caratteristiche delle porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito ci si limita a proporre alcune considerazioni su come l'assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

Nel complesso la fascia di bassa pianura in cui ricade il territorio in esame, è caratterizzata dalla presenza di una coltre superficiale di depositi prevalentemente fini (limi e argille), con presenza di intercalazioni lenticolari sabbioso-limose e limo-sabbiose nei primi 10 metri profondità lungo l'allineamento S. Sisto – Poviglio (dosso di Poviglio), attribuibili al dominio deposizionale dei fiumi appenninici. Il primo livello sabbioso significativo, riconducibile invece al dominio deposizionale della piana a meandri del F. Po, si rinviene a profondità di circa 15 metri nelle zone prossime al limite settentrionale del comune e tende ad approfondirsi spostandosi verso sud, arrivando a raggiungere quote di circa -25 metri all'altezza della periferia settentrionale del capoluogo. Contemporaneamente all'aumento della soggiacenza, si registra un progressivo assottigliamento del livello sabbioso, che porta alla scomparsa dello stesso nel settore meridionale del territorio comunale.

Tuttavia a fronte di tale assetto litostratimetrico, le indagini tomografiche effettuate non hanno evidenziato nelle curve H/V picchi di ampiezza elevata, associabili a netti contrasti di impedenza al passaggio tra argille e primo livello di sabbie. Infatti nei profili di velocità delle onde di taglio delle indagini eseguite non sono presenti netti aumenti di velocità.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	19 di 71

5. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come già indicato, il presente studio, oltre ad utilizzare una grande quantità di dati pregressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Per ciascuna prova è stato riportato il grafico del rapporto spettrale H/V naturale, in cui si possono osservare gli eventuali picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze (Fig. 10).

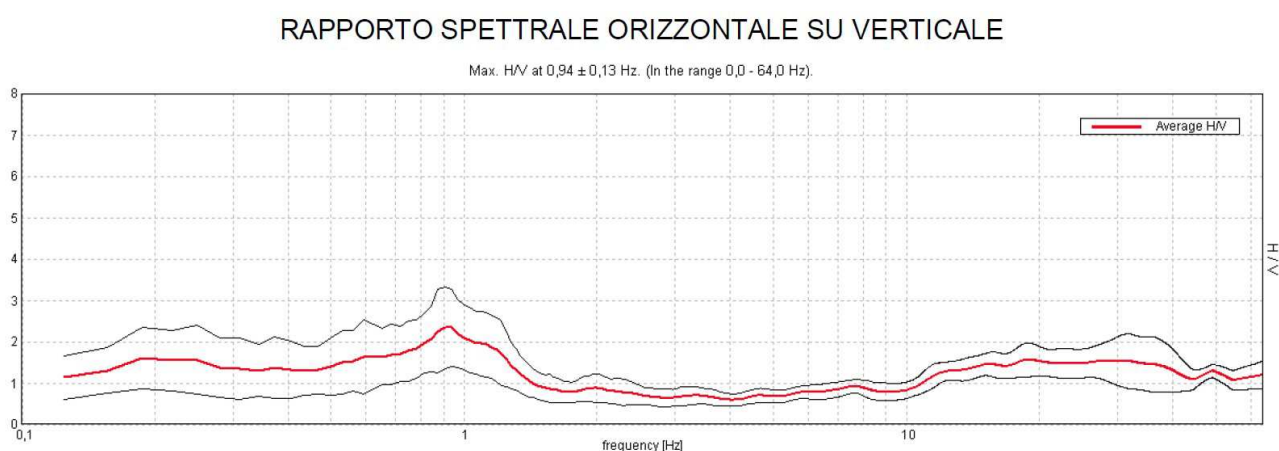



Fig. 10 – Esempio di curva H/V naturale della prova 035029P153HVSR153 eseguita nel settore NW dell'abitato di Poviglio

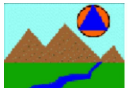
Al fine di determinare la qualità delle singole misure HVSR effettuate e la loro relativa affidabilità, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	20 di 71

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (GRILLA® – Micromed), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla “chiarezza” del picco di possibile risonanza, in alcuni casi non risultano soddisfatti, in quanto le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che spesso, nelle curve H/V, non siano presenti picchi ben pronunciati.

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	21 di 71

6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, relativamente agli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero l'intero territorio urbanizzato ed urbanizzabile, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.


Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini geofisica, ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase – per ciascun Comune – sono costituiti da:

- **Carta delle indagini (scala 1:10.00):** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia;
- **Carta geologico-tecnica (scala 1:10.00):** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.00):** tale carta riporta i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1). In entrambi i casi sono stati presi in considerazione solo i picchi ricadenti nell'intervallo di frequenza 0,1÷20Hz;
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.00):** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, se presenti ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle vengono operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratimetriche.

La seconda fase del presente lavoro, la cui esecuzione ha seguito in continuità l'esecuzione della prima, ha portato alla Microzonazione Sismica del territorio comunale.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	22 di 71


- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10.000):** carte in sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di Vs₃₀.
- **Carte di microzonazione sismica – Livello 2 (scala 1.10.000):** si tratta di carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. L'amplificazione è stata quantificata sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀), sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI₀), per prefissati intervalli di periodi (0,1-0,5s; 0,5 – 1s e 0,5-1,5 s). Per la definizione dell'amplificazione è previsto l'utilizzo delle tabelle e delle formule indicate nell'All. A2 degli Indirizzi regionali.

Si precisa che, in accordo con la Regione Emilia-Romagna, le carte di Livello 2 non sono state fisicamente prodotte, in quanto i contenuti di quelle di Livello 3 risultano di maggior dettaglio.

La terza fase del lavoro è stata sviluppata sulle Zone di attenzione per liquefazione, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

In questa fase è stata sviluppata l'analisi approfondita che ha portato alla determinazione dello spettro di risposta in superficie e dei fattori di amplificazione che hanno permesso di realizzare la verifica alla liquefazione. In questa sede sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta di microzonazione sismica Livello 3 (scala 1:10.000)** - In questa carta sono riportate le zone suscettibili di instabilità per liquefazione ove sono stati effettuati gli approfondimenti e il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione, ottenuto dall'analisi della liquefazione effettuata nelle verticali delle indagini realizzate nell'ambito di questo studio. Sono stati, in particolare, predisposti i seguenti elaborati cartografici:
 - Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{PGA} (scala 1:10.000);
 - Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{IS 0,1 - 0,5 s} (scala 1:10.000);
 - Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{IS 0,5 - 1,0 s} (scala 1:10.000);
 - Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{IS 0,5 - 1,5 s} (scala 1:10.000).
- **Verifiche del potenziale di liquefazione** - In questo elaborato (Allegato 1) sono raccolte le verifiche del potenziale di liquefazione realizzate.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	23 di 71

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini, alla scala 1:10.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale, oltre a quelle contenute nel database fornito dal Servizio Geologico Regionale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia (Fig. 11).

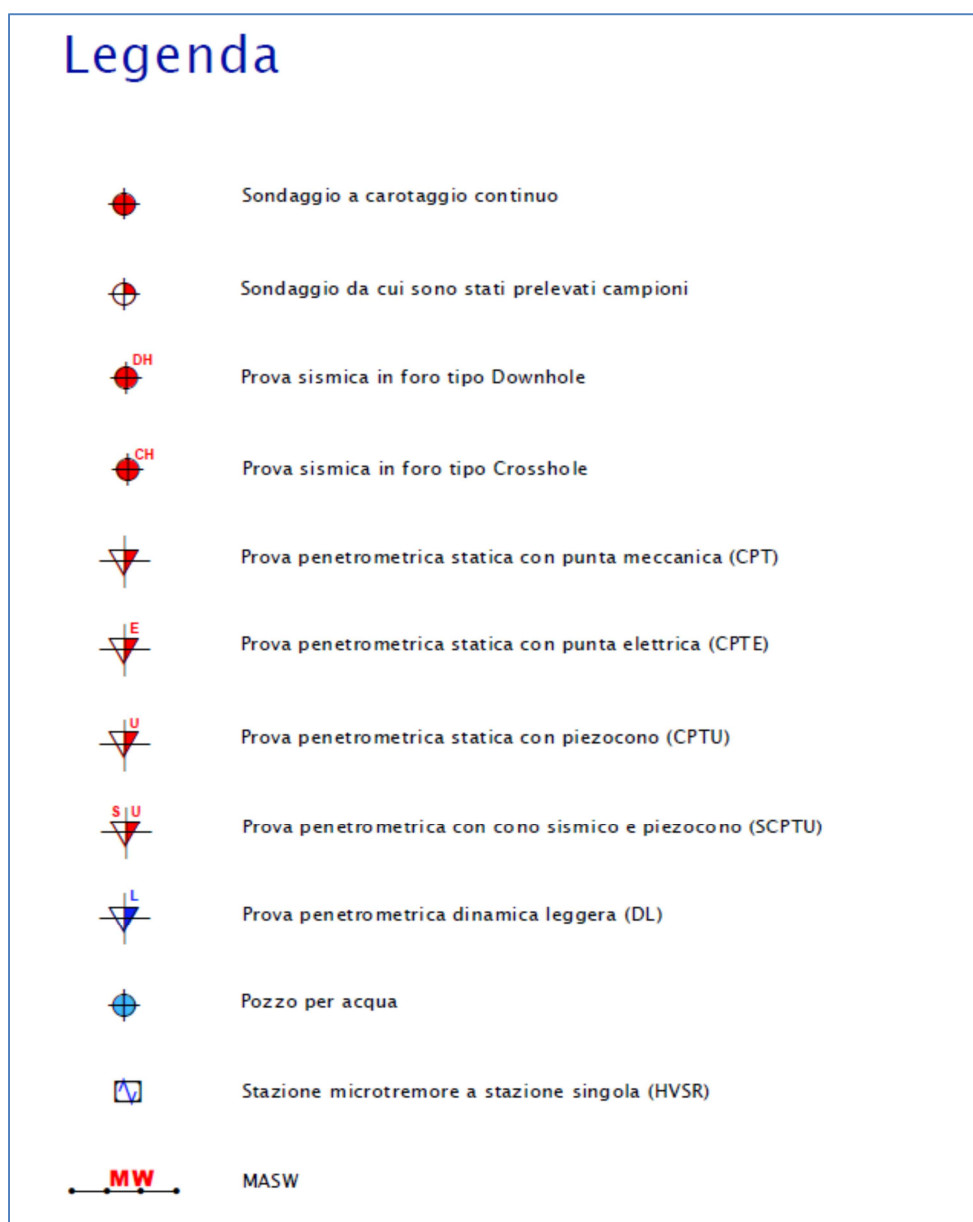
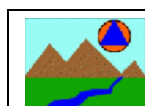


Fig. 11 – Legenda della Carta delle indagini



Nella carta sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definire le sue caratteristiche litostratigrafiche.

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini (Tab. 3):

TIPOLOGIA INDAGINI	numero
Prove penetrometriche statiche (CPT)	130
Prove penetrometriche dinamiche medie	2
MASW	7
Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)	9

Tab. 3 – indagini acquisite presso l'Ufficio Tecnico Comunale

Come ricordato in precedenza, ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita dalle seguenti prove (Tab. 4):

TIPOLOGIA INDAGINI	numero
Sondaggi a carotaggio continuo	1
Prove penetrometriche con piezocono (CPTU)	6
Prove pen. con piezocono e cono sismico (SCPTU)	3
Prove Down-Hole (DH)	1
Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)	30

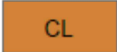
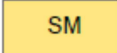
Tab. 4 – indagini di nuova esecuzione (campagna 2016)

7.2 Carta geologico-tecnica





Nella Carta geologico-tecnica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse (Fig. 12).

Legenda

Terreni di copertura

 CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
 SM	Sabbie limose, miscele di sabbie e limo

Elementi geologici e idrogeologici

 10	Profondità (m) substrato geologico raggiunto da pozzo o sondaggio
 50	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico
 7	Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura


es	Argini / barre / canali
pi	Piana inondabile

Fig. 12 – Legenda della Carta delle indagini

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 7.4.

Nel presente studio, per la stesura della Carta geologico tecnica, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- elaborati del Quadro Conoscitivo dei vigenti strumenti urbanistici comunali (PSC e PRG);
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 182 “*Guastalla*” realizzato secondo le normative del Progetto CARG;

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	26 di 71

- Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (7.1).

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale nelle Figg. 14 – 17, sono proposte delle sezioni geologiche orientate trasversalmente ai principali elementi strutturali (cfr. rappresentazione planimetrica delle tracce riportata in Fig. 13 scaricate dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e dal sito ISPRA).

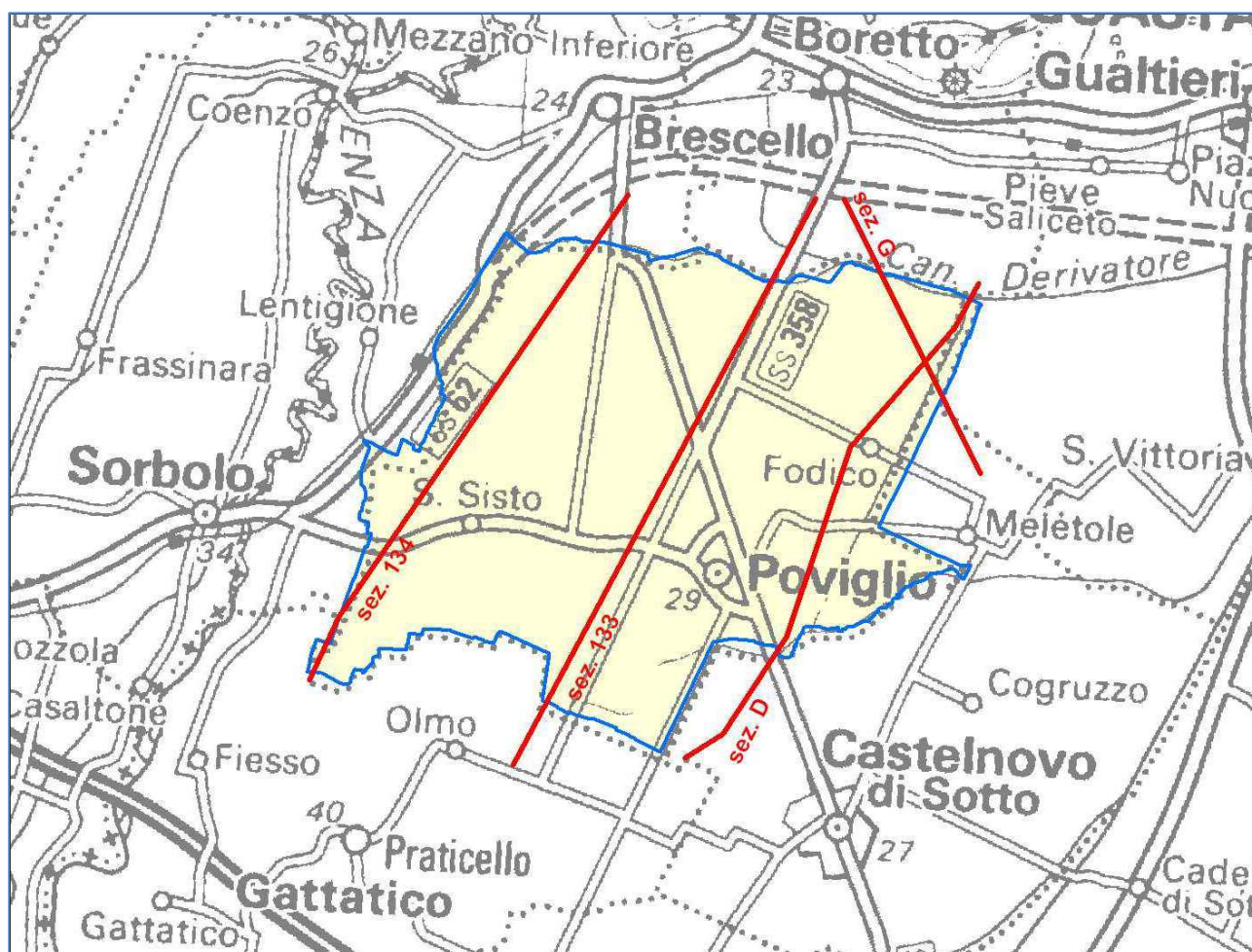
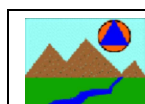


Fig. 13 – Rappresentazione planimetrica delle tracce delle sezioni



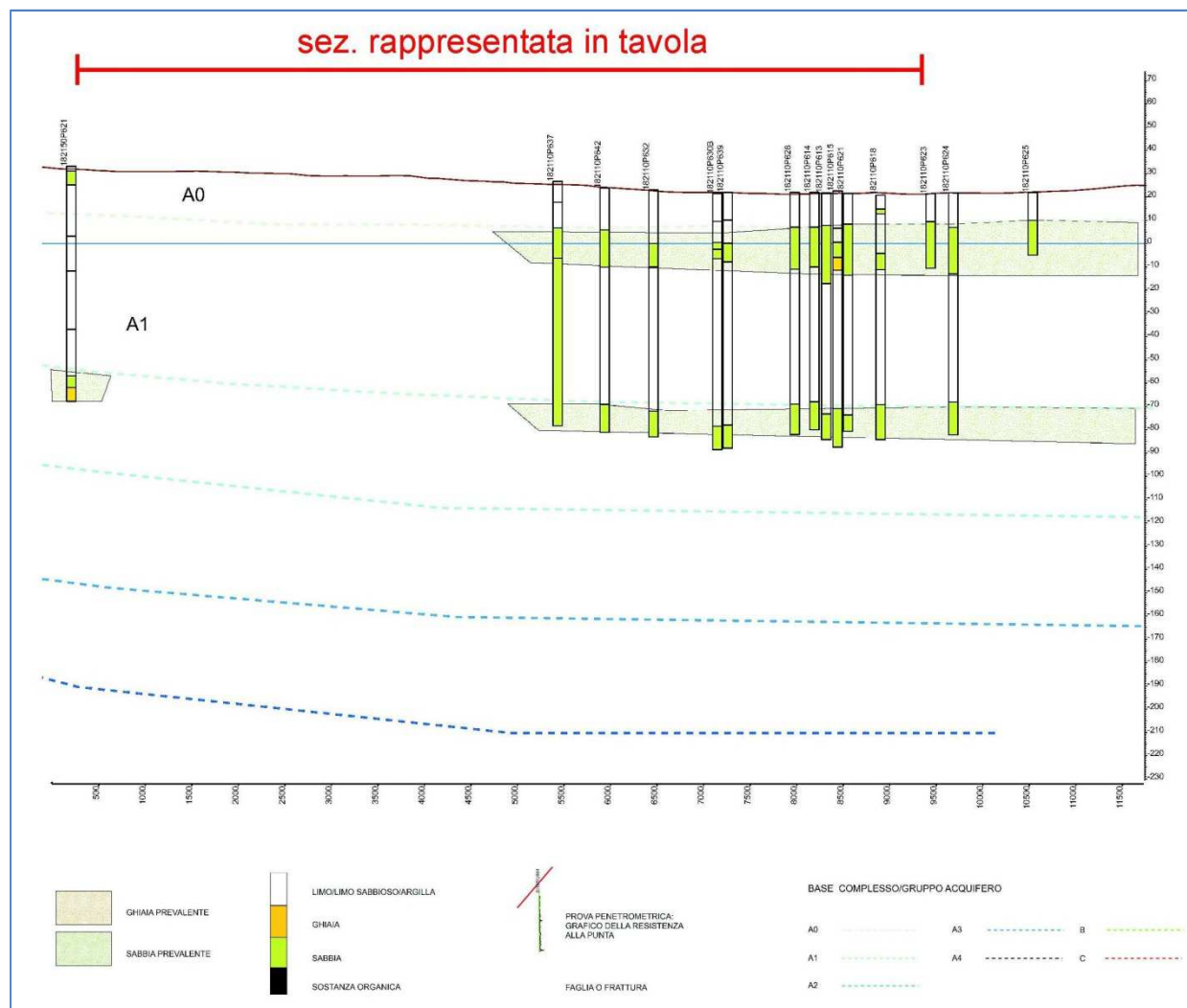


Fig. 14 – Stralcio Sezione n. 133 (Fonte: “Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”). Traccia identificata nella carta geologico-technica con ID n. 1.

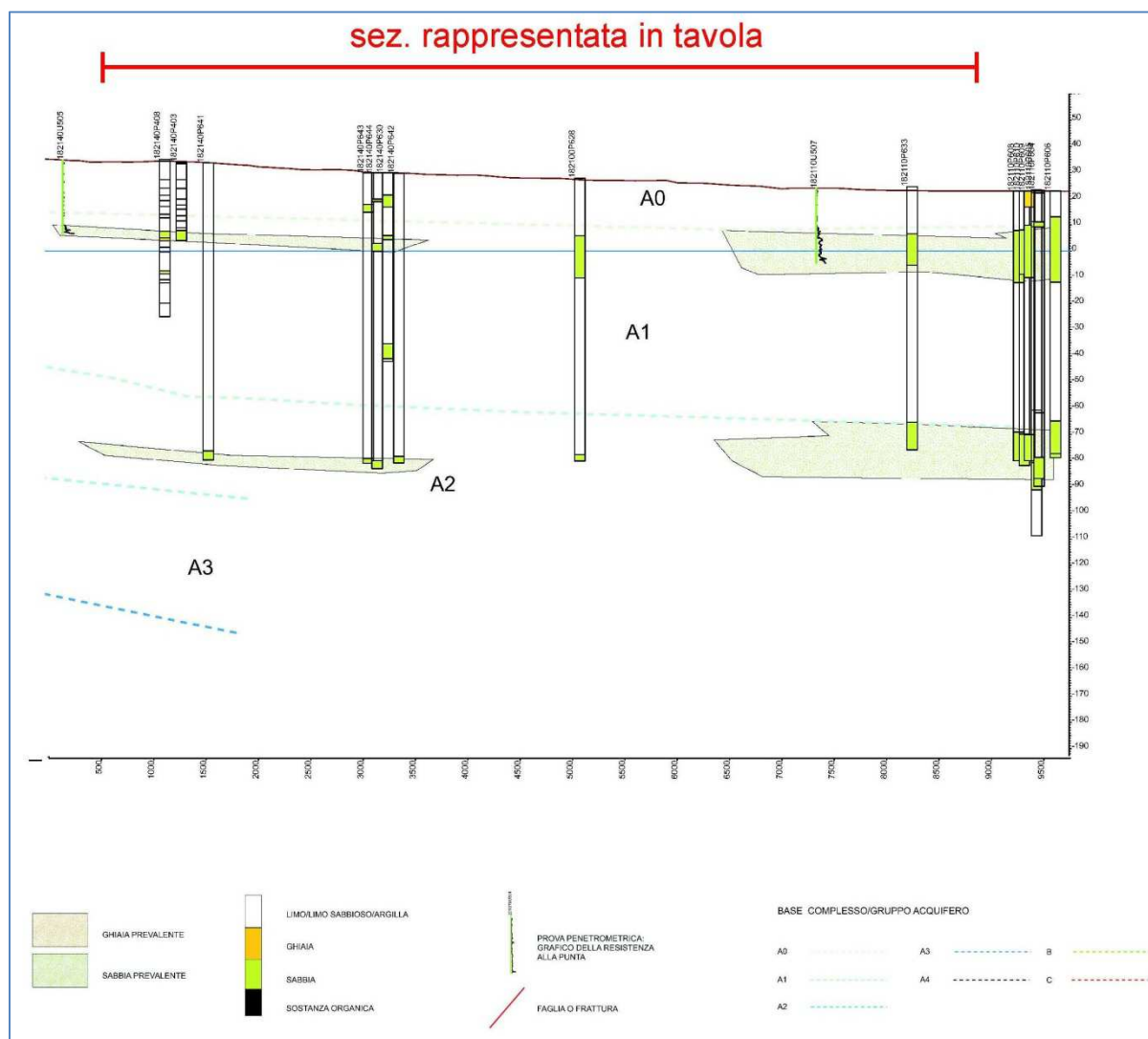


Fig. 15 – Stralcio Sezione n. 134 (Fonte: “Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna”). Traccia identificata nella carta geologico-tecnica con ID n. 2.

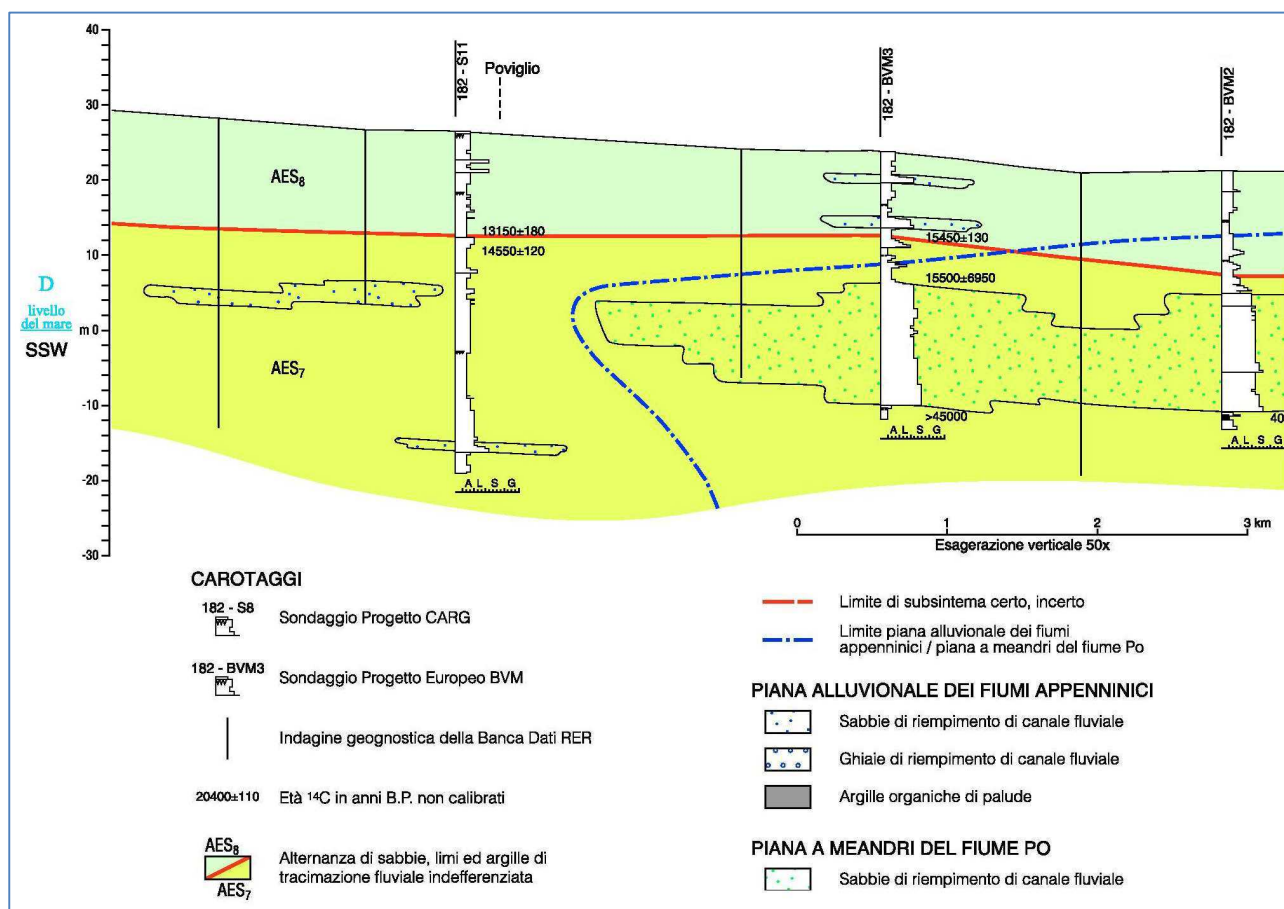


Fig. 16 – Stralcio Sezione “D” Foglio 182 Guastalla – geologia di sottosuolo (Fonte: “Carta Geologica d’Italia – Servizio Geologico d’Italia - ISPRA”). Traccia identificata nella carta geologico-tecnica con ID n. 3.

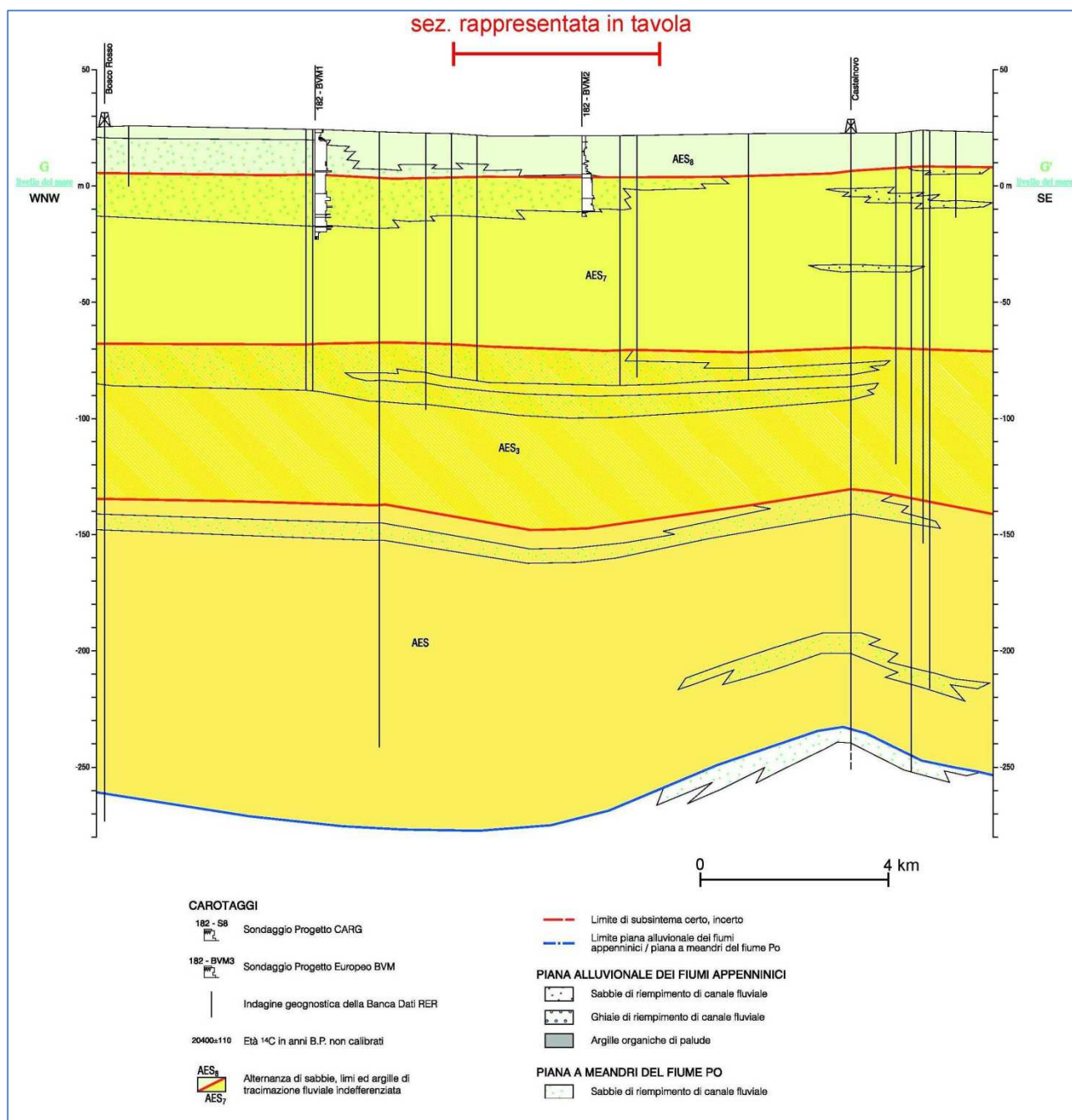



Fig. 17 – Stralcio Sezione “G” Foglio 182 Guastalla – geologia di sottosuolo (Fonte: “Carta Geologica d’Italia – Servizio Geologico d’Italia - ISPRA”). Traccia identificata nella carta geologico-tecnica con ID n. 4.

Dall’esame di tali sezioni si osserva che il sottosuolo del territorio della bassa pianura, in estrema sintesi, presenta le seguenti caratteristiche:

- il Sintema Emiliano-Romagnolo Sup. è costituito dalla sovrapposizione di cicli deposizionali di spessore pluridecamentrico, composti da una porzione fine (limi, argille e localmente sabbie) ed una grossolana costituita da sabbie prevalenti. Questa ciclicità riflette una variazione dell'energia deposizionale fluviale, che aumenta con la sedimentazione grossolana e diminuisce con la fine.
- La disattivazione dei sistemi fluviali avviene bruscamente proprio al tetto dei depositi sabbiosi più continui arealmente e, spesso, si manifesta con la presenza di argille ricche di sostanza organica, che costituiscono la base del ciclo con trend trasgressivo-regressivo. Al di sopra di esse seguono depositi fini di trascinamento fluviale, in cui le sabbie di canale sono presenti come corpi lenticolari. Superiormente la sedimentazione sabbiosa aumenta e la parte terminale del ciclo è data dalla massima espansione della sedimentazione sabbiosa;
- La base del primo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - AES) si colloca alla profondità di circa 250 m dal p.c. ed è caratterizzato dall'alternanza di livelli fini e livelli sabbiosi, quest'ultimi aventi potenza decamentrica. I sedimenti sabbiosi, riconducibili alla deposizione operata dal F. Po, sono presenti nel sottosuolo entro una fascia di circa 2÷3 km a sud dall'attuale corso del fiume, mentre a distanze superiori prevalgono sedimenti argillosi di piana inondabile;
- Approfondimento ancora più elevato si ha per la base del secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore - AEI) che raggiunge profondità di oltre 500 m di dal p.c.;
- Al di sotto del potente pacco di depositi alluvionali, il substrato marino pleistocenico è costituito da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di ambiente costiero, che ricopre a sua volta la formazione delle Argille Azzurre;
- La sezione D (Fig. 16) evidenzia che il sistema deposizionale alluvionale che caratterizza l'intero areale, è costituito in superficie da depositi riconducibili al dominio della piana alluvionale dei fiumi appenninici, mentre il dominio della piana a meandri del F. Po risulta sepolto e limitato al settore centro-settentrionale del territorio comunale.

Nelle Carta geologico tecnica sono rappresentate le caratteristiche litologiche dei terreni presenti nei primi 5 metri di profondità dal p.c., classificati sulla base della tessitura prevalente. Dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti unità di terreni di copertura:

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	32 di 71

- **SM** – *Sabbie limose, miscela di sabbia e limo*: sono state cartografate in corrispondenza del “dosso di Poviglio” tra l’abitato di S. Sisto ed il Capoluogo. Sono riconducibili ad un sistema deposizionale di canale fluviale.
- **CL** – *Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre*: occupano i restanti settori del territorio comunale, in cui la sedimentazione è avvenuta in zone distali dai principali corsi d’acqua (piana inondabile).

Sono stati altresì indicati gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

- **pi** - piana inondabile;
- **es** – argini, barre, canali.


Infine nella Carta geologico-tecnica sono stati indicati i pozzi e i sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato rigido e la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dal pozzo/sondaggio. Nelle aree con presenza di sabbie sono stati riportati i valori di soggiacenza della falda freatica, necessari alla successiva definizione delle zone potenzialmente instabili per fenomeni liquefazione.

7.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni






















Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti negli archivi comunali, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni a scala 1:10.000.

Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di F_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza) (Fig. 18).

Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ($F_0 \leq 0,6$ Hz; $0,6 < F_0 \leq 1$ Hz; $1 < F_0 \leq 2$ Hz; $2 < F_0 \leq 8$ Hz; $F_0 > 8$ Hz) e dell’ampiezza del picco che individua contrasti di impedenza elevati (picco HVSR > 3), alti (picco $2 \leq$ HVSR < 3) o modesti (picco $1,5 \leq$ HVSR < 2). L’intervallo di frequenze considerato è compreso tra 0,2 – 20 Hz.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	33 di 71

Legenda

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			
	$1,5 \leq \text{HVSR} < 2$	$2 \leq \text{HVSR} < 3$	$\text{HVSR} \geq 3$	
$F_0 \leq 0,6$				
$0,6 < F_0 \leq 1$				
$1 < F_0 \leq 2$				
$2 < F_0 \leq 8$				
$F_0 > 8$				
Assenza di picchi significativi				

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 18 – Legenda della carta delle frequenze naturali dei terreni

Nel complesso le misure hanno evidenziato la presenza di frequenze naturali dei terreni generalmente comprese tra 0,8 e 0,95 Hz, con ampiezza dei picchi H/V quasi sempre compresi tra 2 e 3 (alto contrasto di impedenza).

Ulteriori picchi H/V di minor ampiezza sono stati riscontrati a frequenze inferiori, comprese quasi sempre tra 0,5 e 0,7 Hz.

7.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica


La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti 3 categorie:

1. **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio indagato.
2. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. All'interno di queste aree si è operata una ulteriore distinzione sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, identificando profili stratigrafici tipo ai quali possono essere ricondotti gli areali esaminati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
3. **zone di attenzione per l'instabilità.** Si tratta di zone nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità per liquefazioni e densificazione. E' bene precisare che in questo primo livello di approfondimento non possono essere ancora classificate come zone effettivamente instabili, fintanto che non vengano esperiti i necessari approfondimenti di tipo quantitativo. In queste zone pertanto sono richiesti approfondimenti di terzo livello. In particolare sono state considerate come zone di attenzione per instabilità da liquefazione, le aree caratterizzate dalla presenza di quattro condizioni predisponenti:
 - a) terreni sabbiosi presenti nei primi 15 m di profondità
 - b) falda a profondità inferiore a 15 m
 - c) Mw attesa al sito >5
 - d) Accelerazioni massime in superficie (pga) >0.1g.

Le sole zone di attenzione per instabilità per liquefazione sono state successivamente sottoposte ad analisi di Livello 3, al fine di verificare l'effettiva occorrenza del fenomeno.

Di seguito vengono descritte le microzone omogenee individuate.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	35 di 71

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001** ZONA 1: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi argilloso-limosi con subordinate intercalazioni limo-sabbiose, presenti sino a quote variabili da -15,00 a -18,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso dello spessore di 13-16 metri.
- 2002** ZONA 2: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi argilloso-limosi, con locali intercalazioni lenticolari limo-sabbiose e sabbiose di modesto spessore.

Zone di attenzione per instabilità



- ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni - Zona 3**
 Successione stratigrafica costituita da alternanze di depositi limo-sabbiosi e limo-argillosi presenti generalmente sino alla quota di -10,00 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente argilloso-limoso. A quote variabili da -20,00 a -23,00 m da p.c. è presente un banco sabbioso dello spessore 4-10 metri.

Punti di misura di rumore ambientale

3,3




Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f0

Fig. 19 – Legenda della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Queste zone caratterizzano i settori settentrionale e meridionale del territorio comunale, in cui non si rinvencono depositi sabbiosi di spessore significativo nei primi 15 metri di profondità.

In particolare il settore compreso tra l'area produttiva a sud del Canale Derivatore e gli abitati di Fodico e Sant'Anna è caratterizzata da una successione stratigrafica (Zona 1 - cod. 2001) costituita da prevalenti depositi argilloso-limosi con subordinate intercalazioni limo-sabbiose,

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	36 di 71

presenti sino a quote variabili da -15,00 a -18,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso di spessore compreso tra 15 e 20 metri (Fig. 20).

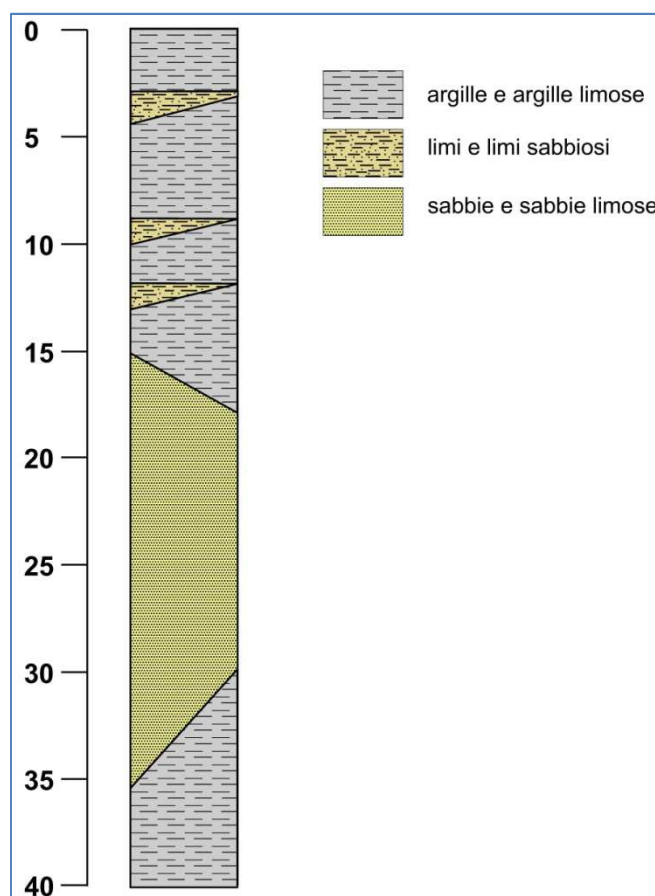


Fig. 20 – Successione stratigrafica cod. 2001

Viceversa il settore a sud del Capoluogo e l'estremo spicchio sud-occidentale sono caratterizzati da una successione stratigrafica (Zona 2 - cod. 2002) costituita da depositi argillosi e argilloso-limosi con sporadiche intercalazioni lentiformi limo-sabbiose di modesto spessore, presenti entro i primi 10 m di profondità e locali intercalazioni lentiformi sabbioso e sabbioso-limose di modesto spessore, presenti a profondità comprese tra 25 e 30 m dal p.c. (Fig. 21).

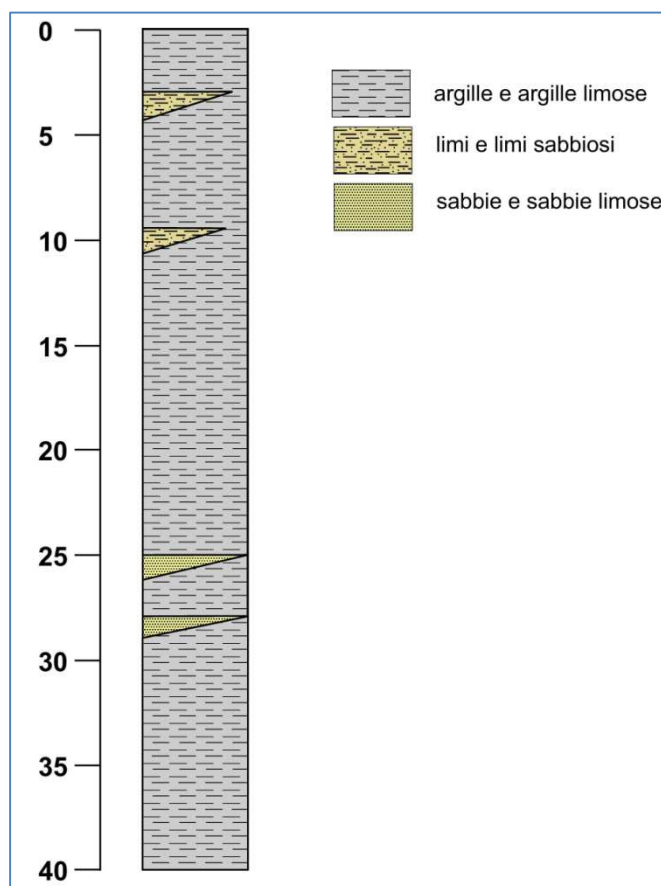


Fig. 21 – Successione stratigrafica cod. 2002

ZONE DI ATTENZIONE PER L'INSTABILITA'

Le aree potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione corrispondono al “dosso” di Poviglio e sono state associate ad profilo stratigrafico (Zona 3 - cod. 2003) caratterizzato da alternanze di depositi limo-sabbiosi e limo-argillosi presenti sino a quote comprese tra -10,00 e -12,00 m da p.c. (Fig. 22).

Il primo banco sabbioso di spessore significativo si rinviene a profondità di 20÷23 m da p.c. e tende a rastremarsi spostandosi verso l'estremo settore meridionale del territorio comunale, dove si realizza il passaggio alla Zona 2.

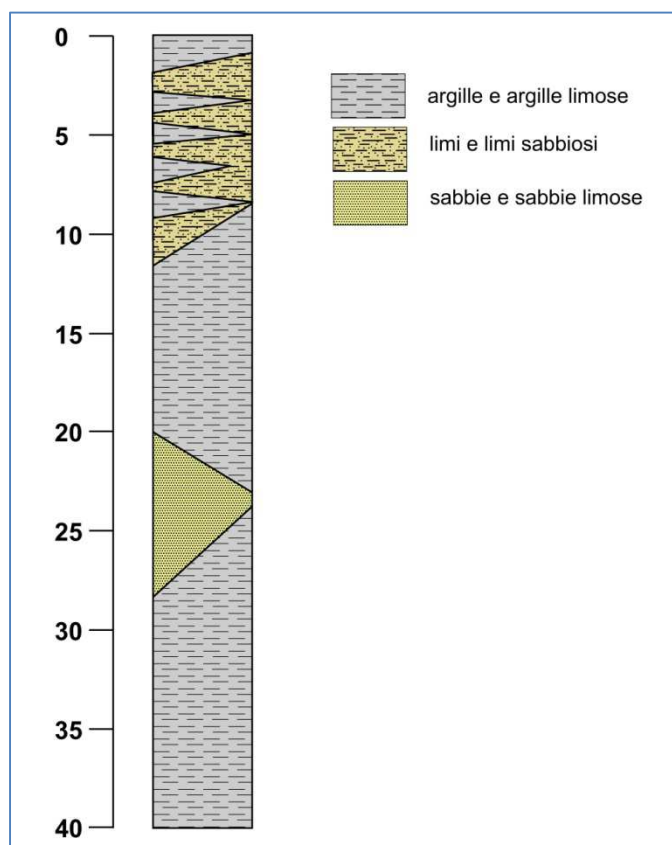


Fig. 22 – Successione stratigrafica cod. 2003

7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

Nella Carta delle velocità delle onde di taglio S sono stati riportati i punti di misura di V_s con indicazione del valore in m/s di V_{s30} .

Non sono stati indicati valori di V_{sH} in quanto si è ipotizzato che il substrato rigido sia localizzato a profondità maggiori di 50 metri, in quanto nelle misure HVSR non sono stati riscontrati picchi H/V significativi nel range delle medie frequenze.

Sono state altresì distinte le misure di V_s sulla base della tecnica impiegata: MASW, cono sismico (SCPTU), interpretazione di misure di microtremori a stazione singola e prove Down-Hole eseguite in foro di sondaggio (Fig. 23).

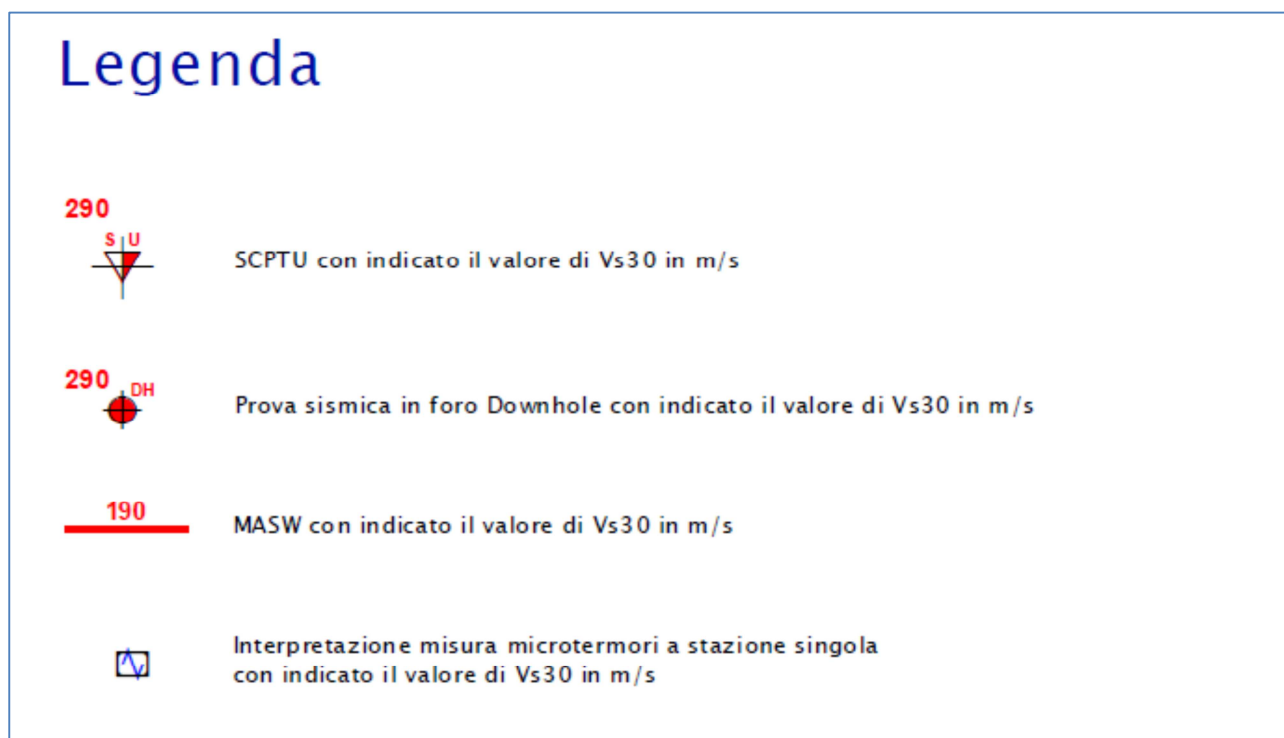


Fig. 23 – Legenda della carta delle velocità delle onde di taglio S


Per la stesura di questa carta sono state utilizzate le indagini reperite nell'archivio comunale (MASW), allegate a pratiche edilizie e le indagini geofisiche di nuova esecuzione realizzate a supporto del presente studio di microzonazione sismica.

Facendo riferimento in particolare ai risultati delle indagini di nuova esecuzione, dalle cartografie è possibile osservare valori di Vs30 che risultano ricompresi nel range 194÷260 m/s.

7.6 Microzonazione Sismica – Livello 2

Attraverso la microzonazione sismica di Livello 2 è stata effettuata la stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e di rapporto di Intensità spettrale o di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi ($0.1s < T_0 < 0.5s$, $0.5s < T_0 < 1.0s$ e $0.5s < T_0 < 1.5s$), dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze calcolate alla superficie dei siti esaminati.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	40 di 71

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali (DGR 2193/2015).

Più in particolare per le aree in oggetto è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali denominata "Pianura 2", definita come settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c..

Pertanto i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono stati ottenuti impiegando la Tab. 5:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Tab. 5 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) e Intensità di Housner (SI/SI₀), nel caso di profilo stratigrafico tipo PIANURA 2 (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

Dal momento che il territorio in studio ricade in un contesto di pianura non sono stati considerati fattori di amplificazione per motivi topografici.

A tutte le zone individuate nelle carte delle MOPS, è stato associato un valore di riferimento V_{s30} ricadente nella classe di 200 m/s.

Utilizzando la tabella "Pianura 2" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per gli areali oggetto di microzonazione sono riportati nella Tab. 6:

F.A. P.G.A.	1,7
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	2,0
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	3,0
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.5s)	3,3

Tab. 6 – valori dei Fattori di Amplificazione sismica

Si precisa che, in accordo con la Regione Emilia-Romagna, le carte di Livello 2 non sono state fisicamente prodotte, in quanto l'approfondimento ottenuto con il successivo Livello 3 ha consentito di ottenere mappe di microzonazione di maggior dettaglio.

8. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO

8.1 Area considerata

Gli approfondimenti di terzo livello sono stati eseguiti su tutte le aree indagate per quanto riguarda il rischio di liquefazione, mentre le valutazioni di risposta sismica locale sono state effettuate esclusivamente in corrispondenza del sondaggio, laddove, cioè, era disponibile un'adeguata conoscenza di tutti i parametri necessari a definire il modello geofisico del sottosuolo.

8.2 Risposta sismica locale

Di seguito vengono fornite alcune informazioni di carattere generale sulle procedure di valutazione di risposta sismica locale. Nei successivi paragrafi, saranno, poi, illustrati i risultati di dettaglio della RSL.

8.2.1 Pericolosità sismica di base


Nel caso della valutazione della risposta sismica locale di 3° livello nell'ambito della microzonazione sismica i parametri di riferimento (PGA su suolo di categoria A, spettri di risposta rappresentativi e segnali di riferimento) sono definiti dall'Allegato A4 della DGR 2193/2015 della Regione Emilia Romagna.

In particolare l'Allegato A4 contiene:

- la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia-Romagna;
- l'indicazione per la definizione dei valori di a_{refg} (10% di probabilità di superamento in 50 anni);
- le indicazioni per il reperimento e l'utilizzo dei segnali di riferimento selezionati.

Per il punto di indagine considerato (Sondaggio 1 presso il centro abitato di Poviglio) il parametro a_{refg} , ricavato per interpolazione dai valori dei nodi più vicini, risulta 0.108.

Di conseguenza, lo spettro elastico di risposta in accelerazione (Fig. 24) di riferimento per la valutazione della risposta sismica locale, ed il conseguente spettro di risposta in velocità, per il calcolo dell'intensità di Housner, (Fig. 25), sono i seguenti:

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	42 di 71

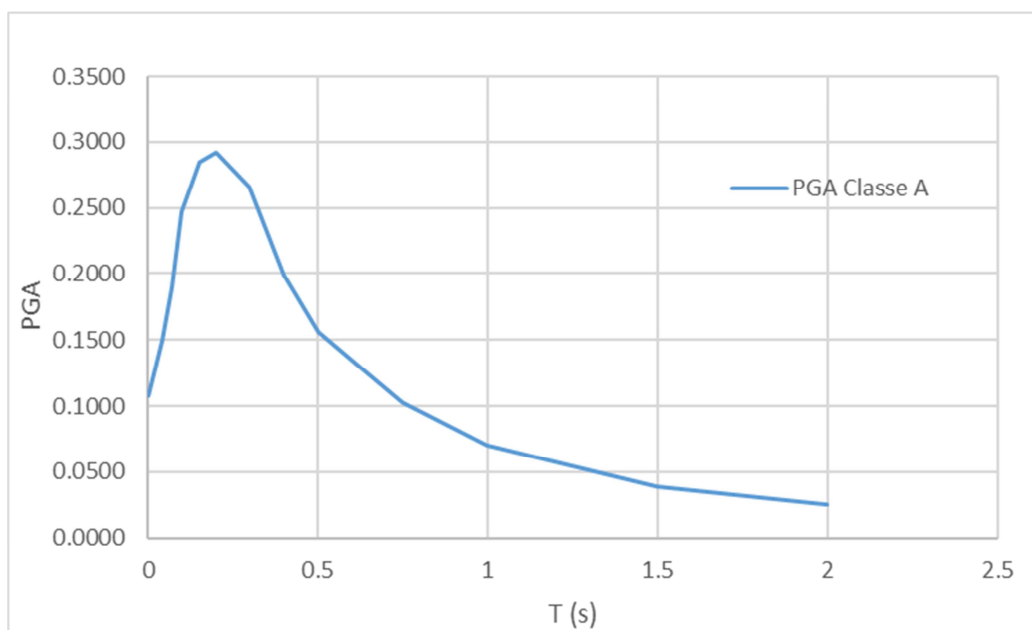


Fig. 24 – Spettro di risposta elastico in accelerazione su suolo A (475Y)

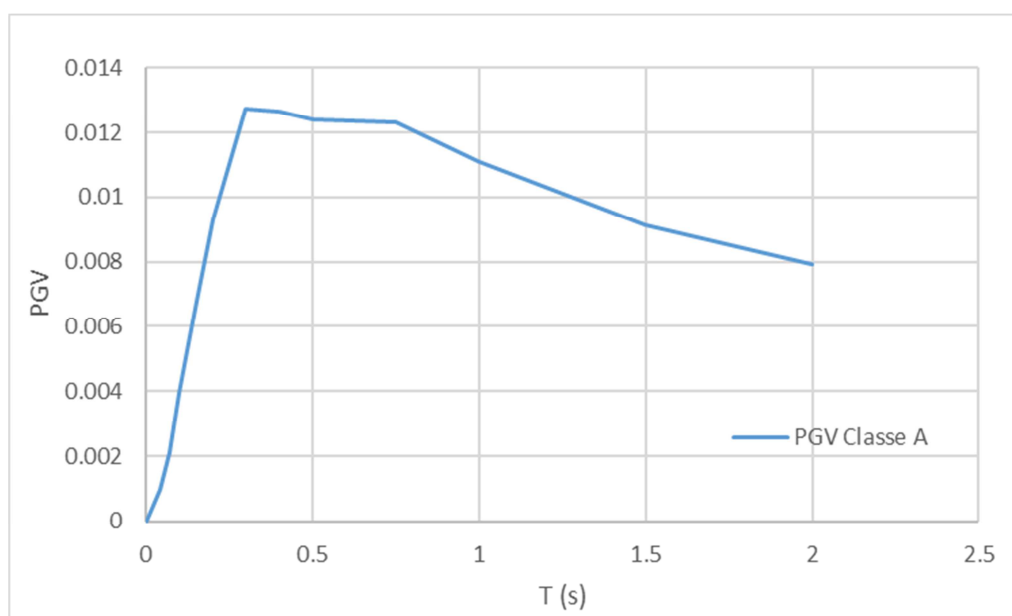
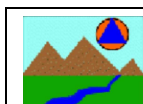


Fig. 15 – Spettro di risposta elastico in velocità su suolo rigido (475Y)



8.2.2 Segnali in input

Quali dati di input sismico sono stati utilizzati, oltre a quelli forniti dalla Regione Emilia-Romagna secondo le indicazioni della DGR 2193/2015³, anche quelli forniti dal software SEISM-HOME⁴ di Eucentre.

Tutti i segnali sono stati selezionati attraverso una procedura che valuta la similarità tra le forme spettrali di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banche dati.

Nel caso dei sismogrammi RER, il confronto è avvenuto con la forma dello spettro di risposta isoprobabile, con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, così come rappresentato in Fig. 23, mentre, nel caso di SEISM_HOME, il confronto viene effettuato con lo spettro di risposta indicato dalla NTC 2008, sempre con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni.

Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale fornisce 3 segnali per ciascun comune; SEISM-HOME, invece, fornisce 7 accelerogrammi per ciascun nodo del reticolo di riferimento della pericolosità sismica locale dell'Allegato A delle NTC 2008.

Nel complesso, quindi sono stati utilizzati 10 diversi accelerogrammi per le verifiche di risposta sismica locale. Ovviamente, tutti i sismi sono stati scalati in accelerazione per ottenere un valore massimo di input compatibile con quello previsto dalla RER e indicato in Fig. 23.

Segnali RER	Segnali Seism-Home
000046xa_035029Poviglio.xy 000126xa_035029Poviglio.xy 000354xa_035029Poviglio.xy	TR475_ID15165_1 – 7 – tratti dai segnali: 000764xa.cor 000182xa.cor 000234ya.cor 0788x.txt 01033y.txt SAG0010503201053.NS 20090406_013239ITDPC_MTR__NSC.DAT

Tab. 7 – Segnali in input utilizzati nelle analisi di RSL

³ Disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica

⁴ Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375.

8.2.3 Modello geofisico del sottosuolo

La valutazione della risposta sismica locale richiede un'accurata modellazione delle caratteristiche geofisiche del sottosuolo, principalmente basata sui seguenti parametri:

- litologia;
- velocità delle onde sismiche di taglio (V_s);
- curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G_0) in funzione della deformazione e densità in situ,

Tale modellazione andrebbe spinta in profondità fino a raggiungere il bedrock sismico, che teoricamente dovrebbe essere uno strato con velocità $V_s > 800$ m/s, difficilmente raggiungibile nelle zone in questione⁵.

8.2.3.1 Litologia


Per la determinazione delle caratteristiche litologiche sono stati utilizzati, principalmente, i dati della stratigrafia del sondaggio. L'integrazione della stratigrafia fino al bedrock sismico (Il sondaggio raggiunge la profondità di 30 m) è stata effettuata mediante l'utilizzo di dati al contorno, tipicamente stratigrafie di pozzi.

8.2.3.2 Determinazione della V_s e del *bedrock* sismico

La determinazione della V_s in funzione della profondità è stata effettuata mediante prove Down-hole in foro di sondaggio fino a 30 m e mediante prove con sismocono.

Nel complesso sono state analizzate 4 verticali (1 DH e 3 SCPTU). Tutte le prove hanno fornito valori di V_s uniformemente crescenti con la profondità e poco correlati con la litologia. I valori di V_s calcolati sono sempre compresi tra 180 e 270 m/s, identificando i terreni nella categoria C (da 180 a 360 m/s secondo le NTC 2008).

⁵ A tale proposito vedi § 0

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	45 di 71

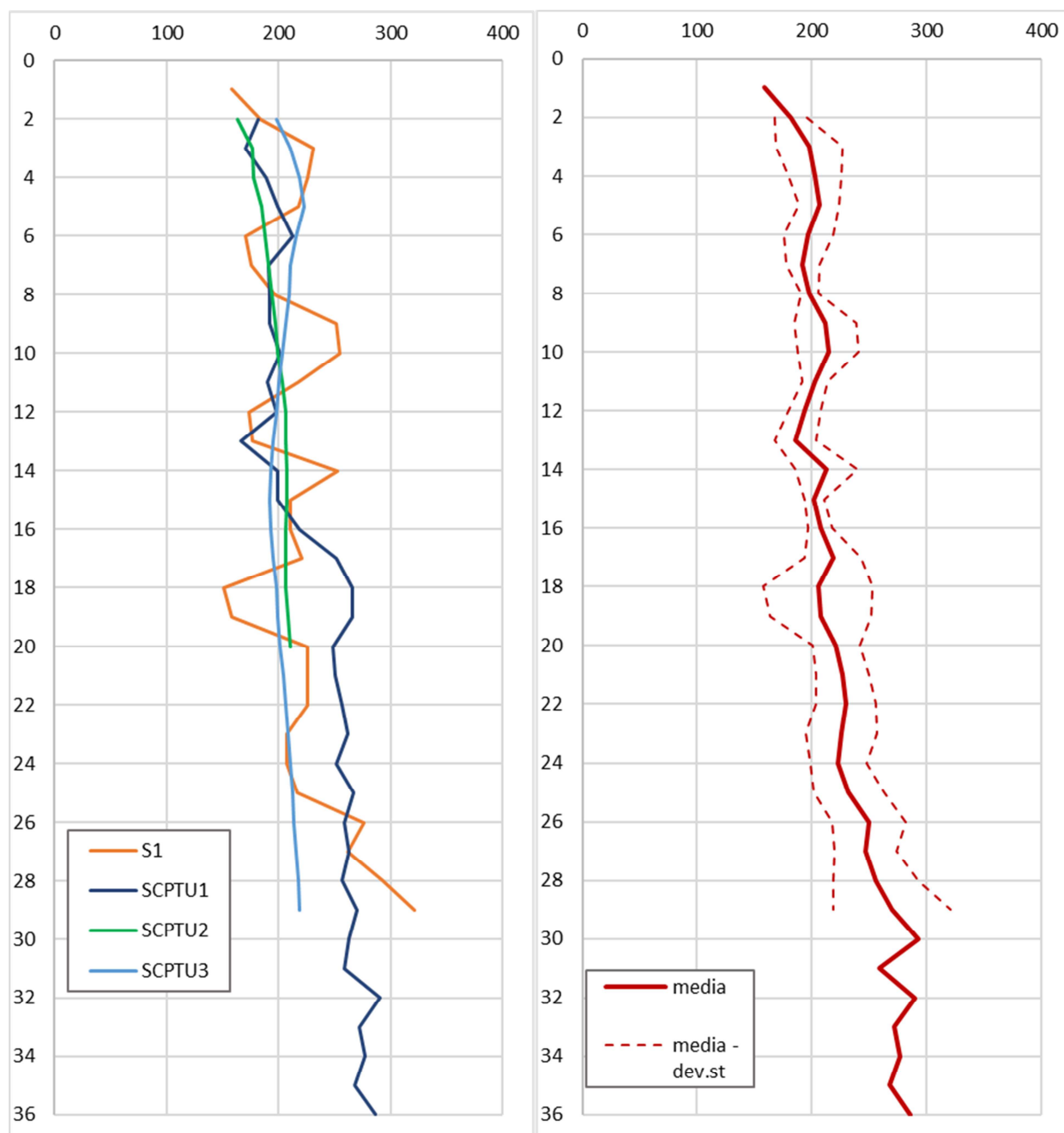


Fig. 26 – Valori di Vs misurati nelle prove DH e SCPTU (a sx tutti i valori, a dx media e deviazione standard)

Per poter valutare la velocità Vs tra la massima profondità raggiunta dalle indagini ed il *bedrock* sismico, è stata utilizzata una interpolazione del tratto misurato, mediante una funzione potenza del tipo $y=ax^b$.

Sulla base della funzione ricavata per il tratto misurato si sono poi calcolati i valori di Vs fino alle profondità richieste.

La definizione della profondità del *bedrock* sismico è stata effettuata mediante un processo iterativo che ha tenuto conto della frequenza principale dei terreni registrata nel corso delle prove HVSR e delle velocità media delle onde S.

Considerata, infatti, la relazione tra la frequenza, la profondità e la velocità delle onde S:

$$f = \frac{V_s}{4H}$$

dove:

f = frequenza del terreno

H = profondità

V_s = velocità delle onde S

è possibile ricostruire il grafico di Fig. 27, per velocità V_s crescenti. Nota la frequenza caratteristica del terreno (rappresentata con linee verticali in Fig. 27) e valutata la velocità media in funzione della profondità, mediante la Fig. 26, è possibile una prima stima della profondità della superficie risonante individuata dalle prove HVSR.

Va chiarito che tale superficie, in genere, come meglio illustrato in seguito, non costituisce il vero e proprio *bedrock*, in quanto non raggiunge mai la velocità di 800 m/s.

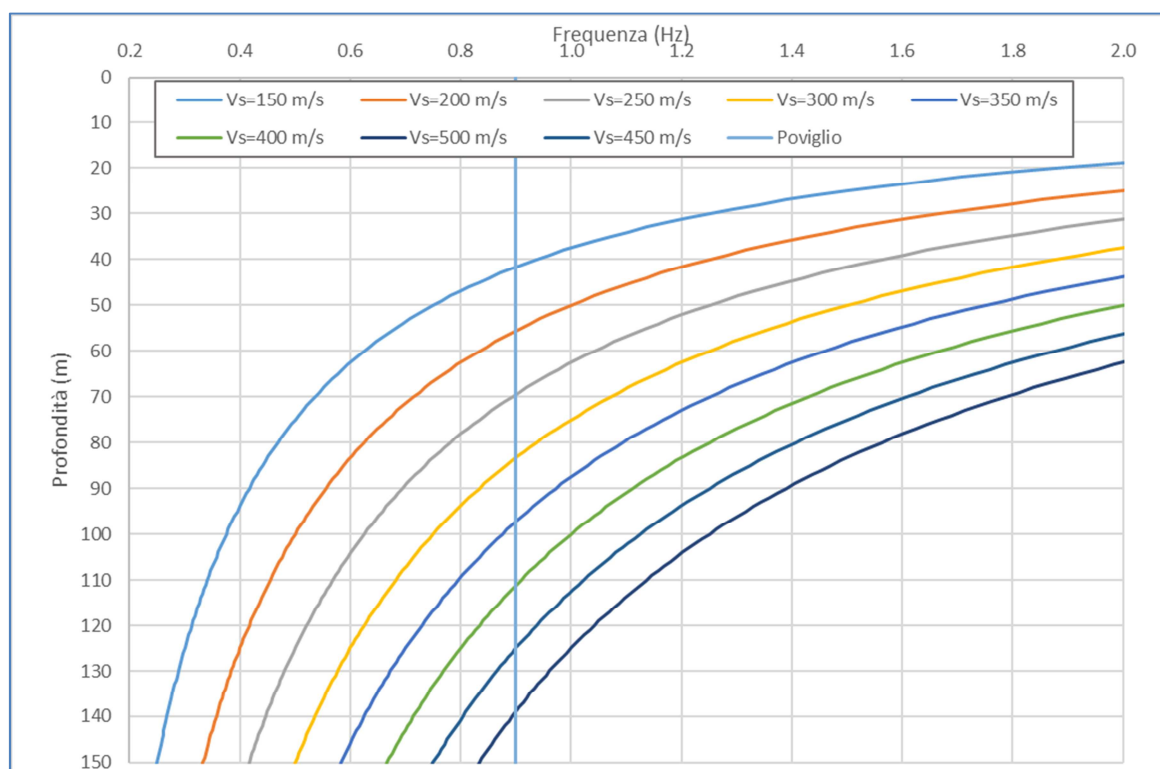


Fig. 27 – Curve frequenza-profondità tracciate per diverse velocità delle onde S

Mediante il processo sopra descritto si giunge alla discretizzazione della Vs in funzione della profondità, illustrata in Fig. 28.

Va chiarito che, una volta definito il modello da inserire nel programma di valutazione della RSL (cfr. § 8.2.4), la profondità del *bedrock* viene fatta variare, rispetto a quella calcolata con il metodo sopra descritto, in modo che la funzione di trasferimento dal *bedrock* alla superficie sia compatibile, almeno nella frequenza fondamentale, con la curva H/V registrata nelle prove HVSR.

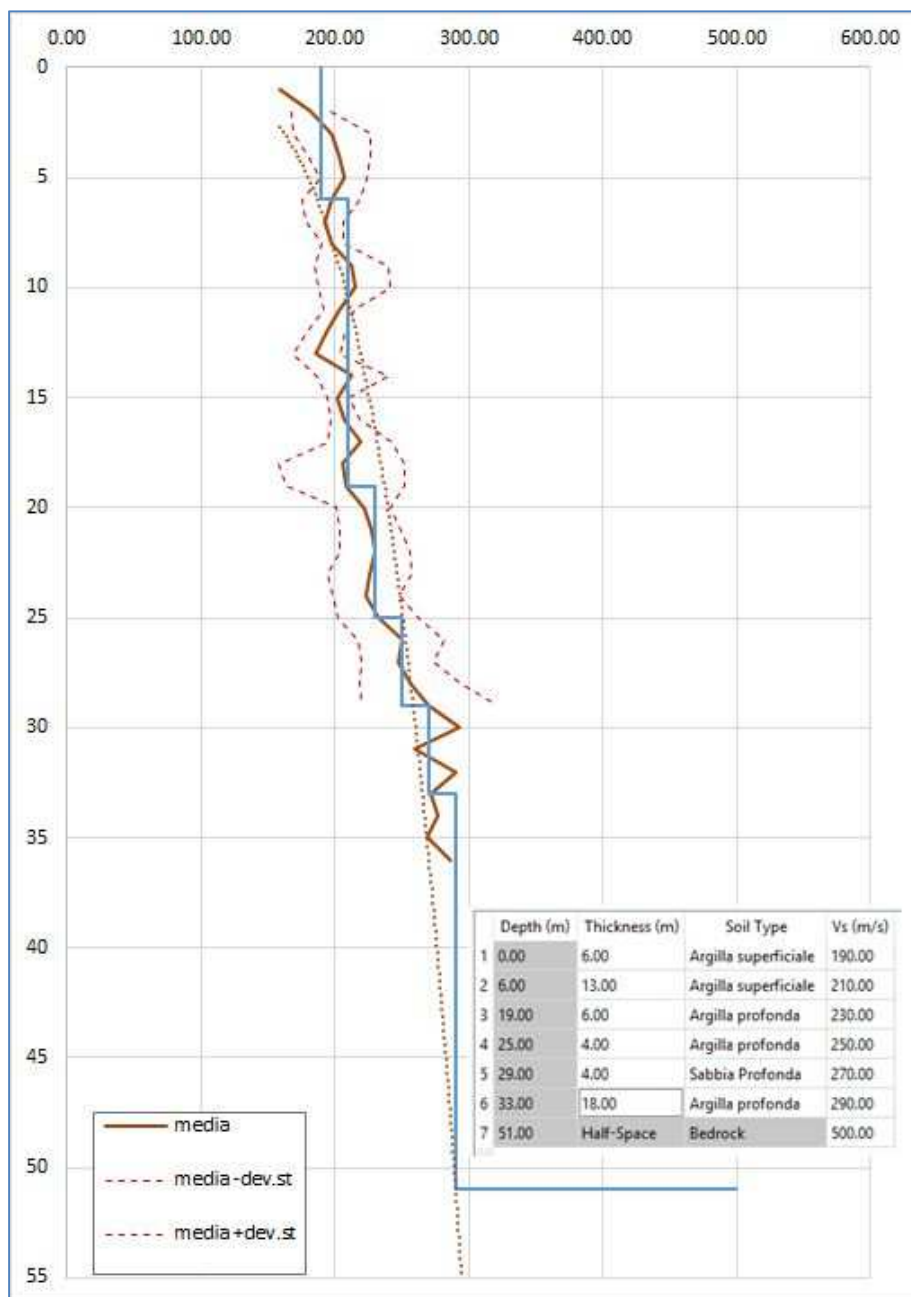
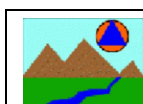


Fig. 28 - Discretizzazione della Vs



8.2.3.2.1 Considerazioni sul bedrock sismico

La definizione del *bedrock* sismico, cioè del sismostrato che presenta velocità delle onde di taglio $V_s \geq 800$ m/s, costituisce un elemento di notevole importanza nell'ambito delle valutazioni di risposta sismica locale.

In realtà oggi si tende ad individuare il *bedrock* sismico, soprattutto in pianura, in corrispondenza di un elevato contrasto di impedenza sismica, cioè laddove il rapporto tra le velocità dello strato superficiale e quello più profondo supera il valore di 2÷2.5.

A riguardo, va evidenziato che i contrasti d'impedenza significativi, registrati nel corso delle prove HVSR effettuate per il presente studio, contrariamente a quanto rilevato in varie zone della pianura emiliano romagnola, non possono essere associati a discontinuità stratigrafiche note.

Infatti, mentre in letteratura (Martelli et alii⁶, 2013 e Martelli et alii⁷, 2014) è indicato che “*il maggiore contrasto di impedenza si ha in genere tra la base del sistema emiliano-romagnolo superiore (AES), datata tra 350.000 e 450.000 anni, e la base del subsistema AES6, datata circa 230.000-250.000 anni (RER e ENI-Agip, 1998)*”; nella zona in esame, come evidenziato nello studio “*Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*”⁸, tali discontinuità si rinvennero oltre i 200 m da p.c.; profondità decisamente superiori a quelle del *bedrock* definito nel presente studio.

Ciò lascia presumere che, a maggiori profondità, si possa avere almeno un altro contrasto d'impedenza, non evidenziato dalle indagini effettuate.


8.2.3.3 Curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G_0) in funzione della deformazione

Per la valutazione delle curve di variazione del rapporto di smorzamento (D) e del decadimento del modulo di taglio normalizzato (rigidità, G/G_0) in funzione della deformazione di

⁶ L. Martelli, L. Calabrese, G. Ercolessi, P. Severi, G. Tarabusi, D. Pileggi, S. Rosselli, L. Minarelli, F. Pergalani, M. Compagnoni, G. Vannucchi, C. Madiati, J. Facciorusso, V. Fioravante, D. Giretti, M. Mucciarelli, E. Priolo, G. Laurenzano – (2014) Cartografia speditiva dell'amplificazione e del rischio di liquefazione nelle aree epicentrali del terremoto dell'Emilia 2012 (ML=5.9). Atti del 32 convegno GNGTS 2013

⁷ L. Martelli, P. Severi, G. Biavati, S. Rosselli, R. Camassi, E. Ercolani, A. Marcellini, A. Tento, D. Gerosa, D. Albarello, F. Guerrini, E. Lunedei, D. Pileggi, F. Pergalani, M. Compagnoni, V. Fioravante e D. Giretti (2014) *Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po River (northern Italy)*, Boll. Geof. Teor. Appl., 55, 119-134

⁸ “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	49 di 71

taglio γ , sono state realizzate 2 prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso del sondaggio (cfr. Allegato 1).

In particolare sono state realizzate n° 2 prove in colonna risonante (RC). Tali prove hanno fornito dati sperimentali (Fig. 29) che hanno consentito di definire le leggi di variazione dei parametri D e G/G_0 mediante il modello iperbolico di Yokota (1981).

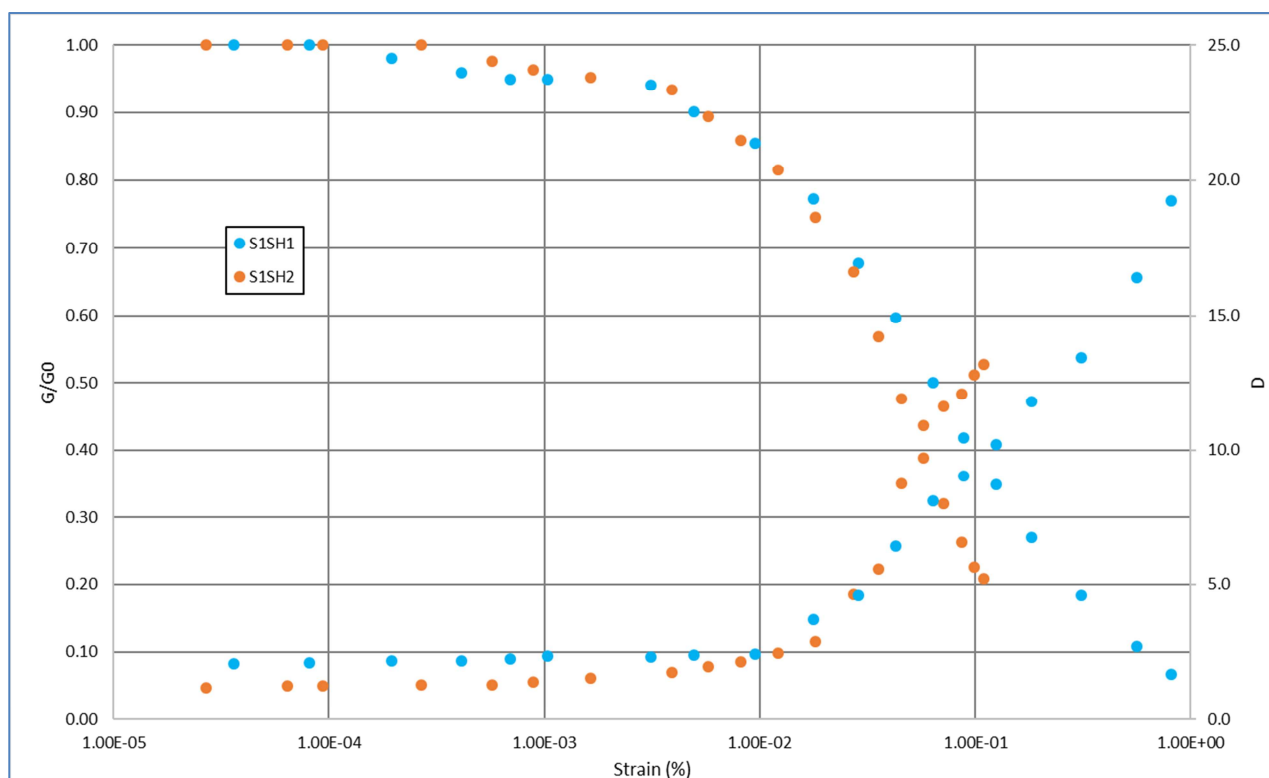


Fig. 29 – Dati sperimentali delle prove RC

Le leggi di variazione proposte da Yokota sono le seguenti:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha\gamma^\beta}$$

$$D = \eta e^{\left[-\lambda \frac{G}{G_0}\right]}$$

Dove:

G/G_0 = modulo di taglio normalizzato

D = rapporto di smorzamento

γ = deformazione di taglio

$\alpha, \beta, \eta, \lambda$ = parametri sperimentali del modello

Il fit dei dati sperimentali alle funzioni sopra descritte è stato effettuato con il metodo dei minimi quadrati (X^2).

In Fig. 30 è riportato un grafico esemplificativo della procedura di normalizzazione utilizzata per il campione S1SH1.

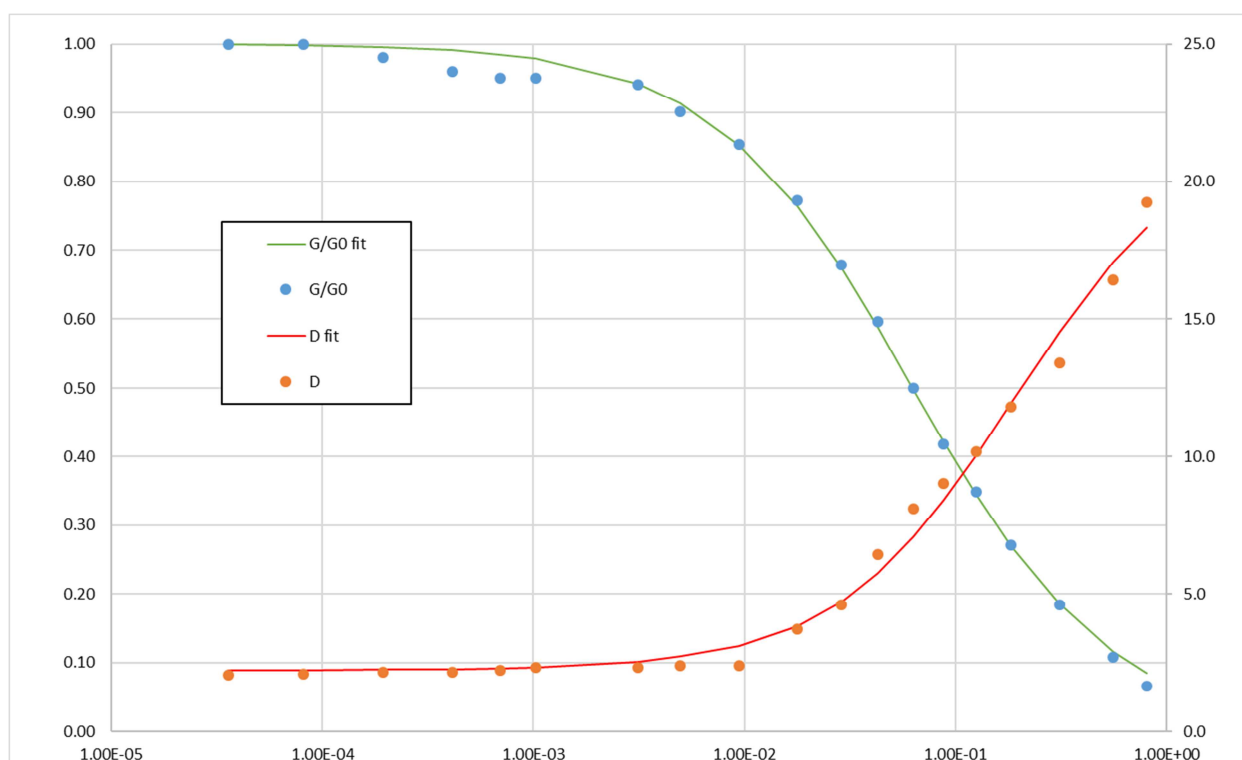


Fig. 30 – Grafico dei dati sperimentali e delle curve di interpolazione per il campione S1SH1

Per i depositi sabbiosi presenti oltre la profondità indagata da sondaggio, sono stati utilizzati i parametri relativi a sabbie di Po analizzate dagli scriventi in zone limitrofe in occasione di precedenti studi di microzonazione.

Il riepilogo dei risultati delle analisi effettuate, o comunque dei parametri utilizzati, è riportato in Tab. 8, mentre in Tab. 9 sono riportati i valori delle proprietà indice dei terreni analizzati. I campioni indicati con asterisco (*), a granulometria sabbiosa, non campionabili con i normali

metodi di campagna, sono stati ricostituiti in laboratorio. In Fig. 31 sono riportati i grafici delle curve sintetiche relative a tutti i tipi di depositi utilizzati nel modello geofisico.

Camp.	Prof. (m)	litologia (AGI)	Parametri curve G/G ₀ e D					
			prova	G ₀ (MPa)	α	β	η	λ
S1SH1	4.00-4.60	Limo argilloso sabbioso	RC	28.60	13.05	0.93	22.28	2.30
S1SH2	21.50-22.10	Argilla con limo	RC	79.04	58.90	1.27	26.44	2.76

Tab. 8 – Riepilogo dei risultati della ricostruzione delle curve sperimentali

Camp.	Prof. (m)	Litologia (AGI)	Valori indice						Granulometria (AGI)			
			W	γ_{nat}	γ_{sec}	LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
			%	Mg/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
S1SH1	4.00-4.60	Limo argilloso sabbioso	27.9	1.96	1.53	42	20	22	0.2	13.6	65.1	21.1
S1SH2	21.50-22.10	Argilla con limo	30.3	1.93	1.48	63	29	35	0.0	0.2	45.4	54.5

Tab. 9 – Riepilogo delle proprietà indice dei terreni analizzati

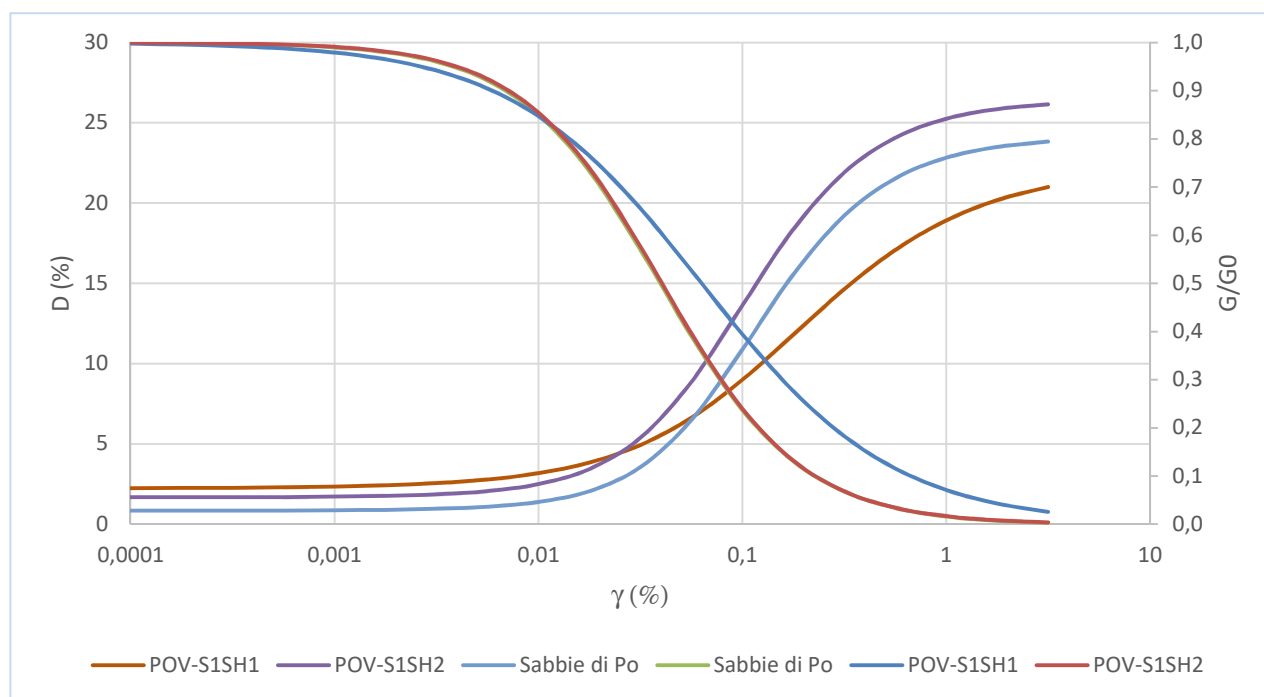


Fig. 31 – Grafico delle curve di interpolazione G/G₀ e D per tutti i tipi di terreno del modello geofisico utilizzato

8.2.4 Codice di calcolo per la valutazione della RSL

Per la valutazione della risposta sismica locale è stato utilizzato il codice di calcolo Strata⁹ sviluppato da A. Kottke e E. Rathje¹⁰. Validazioni indipendenti di Strata sono riportate in letteratura (Graizer¹¹, 2001), con esito soddisfacente.

Strata calcola la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno (proprietà elastiche e smorzamento) variabili in funzione del livello deformativo.

Il programma adotta le seguenti convenzioni:

- La risposta del deposito è causata da onde di taglio polarizzate orizzontalmente che si propagano verticalmente nel *bedrock* verso la superficie lungo una colonna verticale monodimensionale di terreno;
- Le superfici di stratificazione sono orizzontali;
- Le superfici del *bedrock* e delle stratificazioni si estendono lateralmente all'infinito;
- La stratificazione è lateralmente omogenea;
- La superficie topografica è priva di irregolarità.

La valutazione della RSL è stata effettuata utilizzando il modello "lineare equivalente" (EQL), che considera la variazione dei parametri di rigidità e smorzamento dei terreni in funzione della deformazione indotta dal sisma.

8.2.5 Risultati della modellazione numerica


I risultati della analisi condotte con il codice STRATA, elaborati nel dominio del tempo e delle frequenze, hanno consentito di definire:

- La funzione di trasferimento del segnale sismico dal *bedrock* alla superficie;
- Lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione (PSA), da cui è stato derivato, mediante la formula $PSV(Ti)=Ti*PSA(Ti)/2\pi$, lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità (PSV); gli spettri rappresentati sono ottenuti come mediana dei valori degli spettri di tutti i segnali sismici in output.

⁹ Ellen M. Rathje; Albert Kottke (2010), "Strata," <https://nees.org/resources/strata>.

¹⁰ Kottke, Albert R., and Rathje, Ellen M. (2008) Technical Manual for Strata. PEER Report 2008/10. University of California, Berkeley, California

¹¹ Treasure island geotechnical array – case study for site response analysis. 4th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion August 23–26, 2011 - University of California Santa Barbara

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	53 di 71

- Il fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (FA_{PGA}), definito come il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie ed il valore di riferimento per il sito su suolo rigido;
- Il fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità (FA_{IS}) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido (cfr. Fig. 24). In sostanza viene calcolato il rapporto degli indici di Housner negli intervalli 0.1-0.5 s, 0.5-1.0 s e 0.5-1.5 s per i due spettri indicati (superficie e suolo rigido). I rapporti risultano pertanto:

$$FA_{IS\ 0.1-0.5} = \frac{\int_{0.1}^{0.5} PSV_{superficie}(T) dt}{\int_{0.1}^{0.5} PSV_{suolo\ rigido}(T) dt}$$

$$FA_{IS\ 0.5-1.0} = \frac{\int_{0.5}^{1.0} PSV_{superficie}(T) dt}{\int_{0.5}^{1.0} PSV_{suolo\ rigido}(T) dt}$$

$$FA_{IS\ 0.5-1.5} = \frac{\int_{0.5}^{1.5} PSV_{superficie}(T) dt}{\int_{0.5}^{1.5} PSV_{suolo\ rigido}(T) dt}$$

- Lo sforzo ciclico di taglio (CSR) in funzione della profondità da utilizzare per le verifiche a liquefazione

8.2.6 *Cyclic stress ratio*


Il programma Strata fornisce un ulteriore elemento di notevole interesse per le verifiche sismiche, ed in particolare per le verifiche a liquefazione e cioè lo sforzo ciclico di taglio (*cyclic stress ratio* CSR).

Lo sforzo ciclico di taglio viene utilizzato nei programmi di verifica a liquefazione ed in genere, in assenza della RSL, viene valutato mediante l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove:

- **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito in Tab. 10,
- **MSF** è il fattore correttivo per la magnitudo definito in Tab. 11.
- **r_d** è il fattore correttivo per la profondità calcolato con la formula $r_d = 1 - 0,015z$.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	54 di 71

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 S (M ≤ 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Tab. 10 – Coefficiente del profilo stratigrafico

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.2	1.75
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

Tab. 11 - Fattore correttivo MSF

Viceversa il programma Strata fornisce direttamente il valore di CSR in funzione della profondità. Come verrà illustrato nel Cap. 8.3, il valore di CSR da RSL fornisce una valutazione del rischio di liquefazione sicuramente più cautelativo e affidabile, per i siti in analisi.

Dalla Fig. 32 risulta, infatti evidente come il valore di CSR nei primi metri sia decisamente diverso a quello calcolato in automatico.

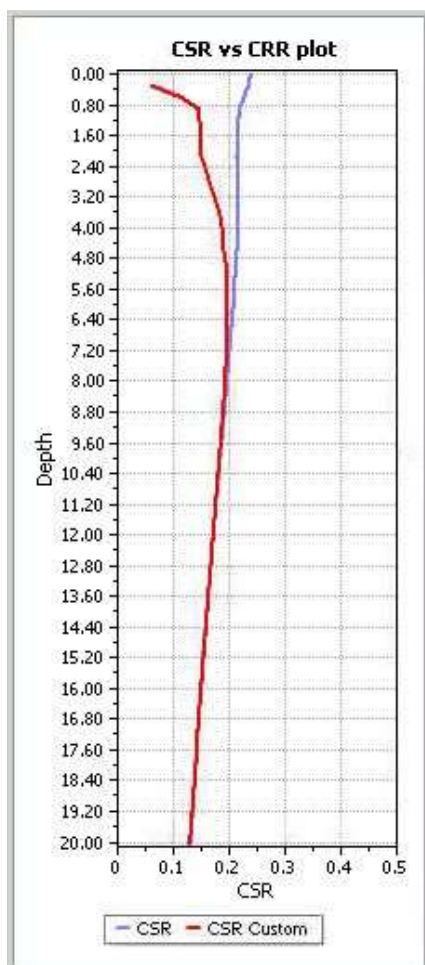


Fig. 32 – Confronto tra il valore di CSR calcolato in automatico (Cliq) e quello calcolato mediante RSL

8.2.7 RSL per il sito del sondaggio S1

I parametri del modello geofisico adottato sono i seguenti:

Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1 Argilla superficiale	18.00	(P)Limo argilloso sabbioso (4.0-4.6 m)	(P)Limo argilloso sabbioso (4.0-4.6 m)
2 Argilla profonda	19.00	(P)Argilla con limo (21.5-22.1 m)	(P)Argilla con limo (21.5-22.1 m)
3 Sabbia Profonda	21.00	Bassa Reggiana Sabbie profonde	Bassa Reggiana Sabbie profonde

Fig. 33 – Tipi di suolo del modello geofisico

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	6.00	Argilla superficiale	190.00
2	6.00	13.00	Argilla superficiale	210.00
3	19.00	6.00	Argilla profonda	230.00
4	25.00	4.00	Argilla profonda	250.00
5	29.00	4.00	Sabbia Profonda	270.00
6	33.00	18.00	Argilla profonda	290.00
7	51.00	Half-Space	Bedrock	500.00

Fig. 34 – Modello geofisico



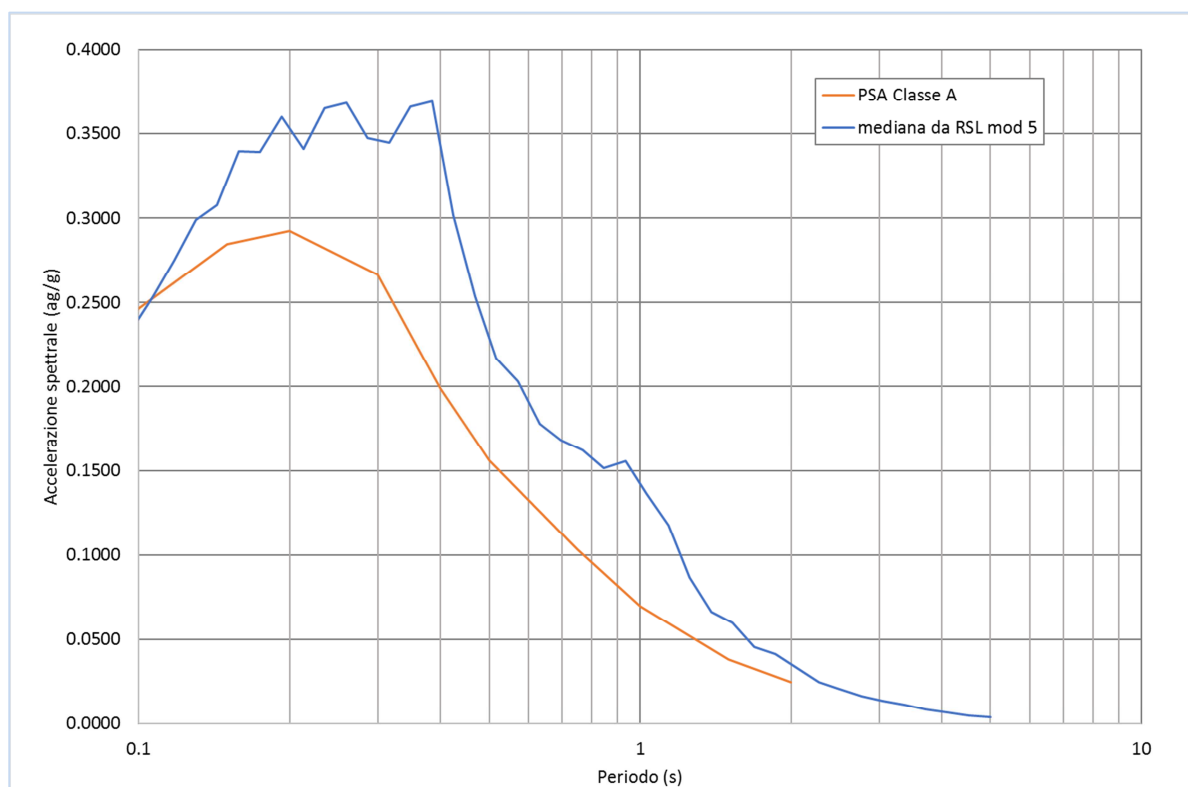


Fig. 35 – Confronto tra gli spettri elastici in accelerazione

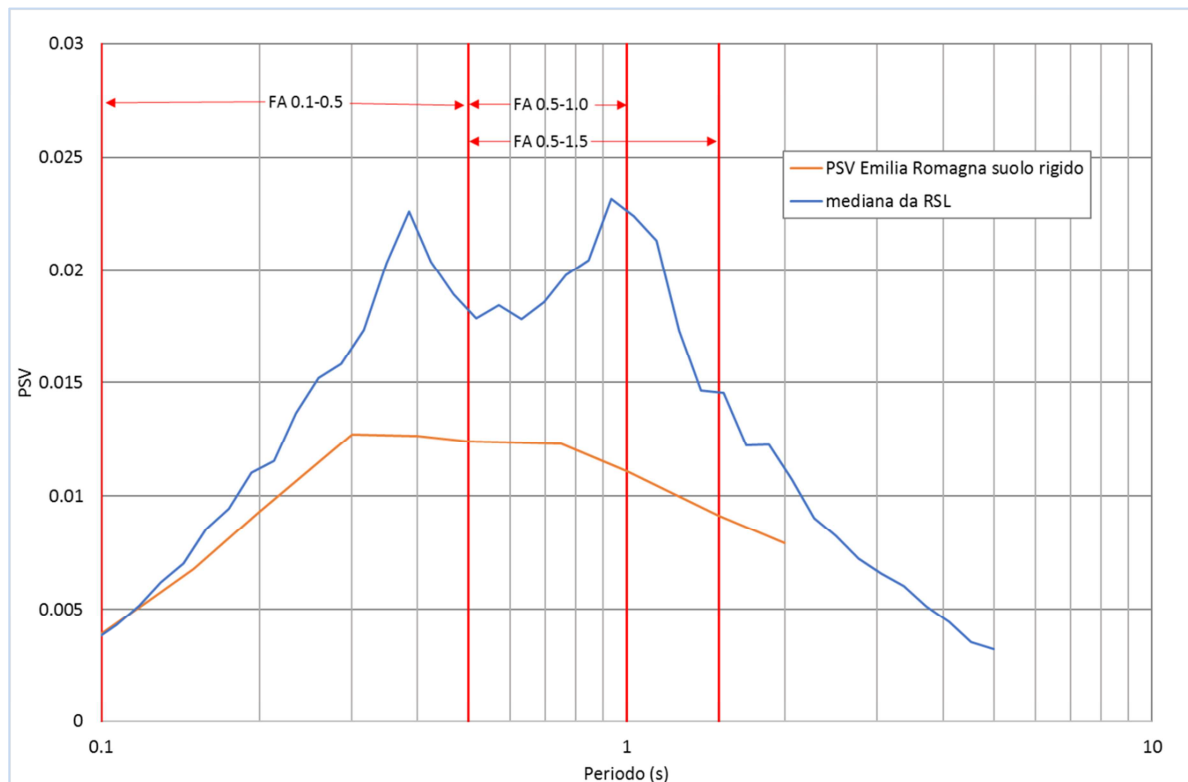
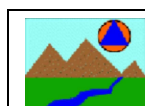


Fig. 36 – Confronto tra gli spettri elastici in velocità



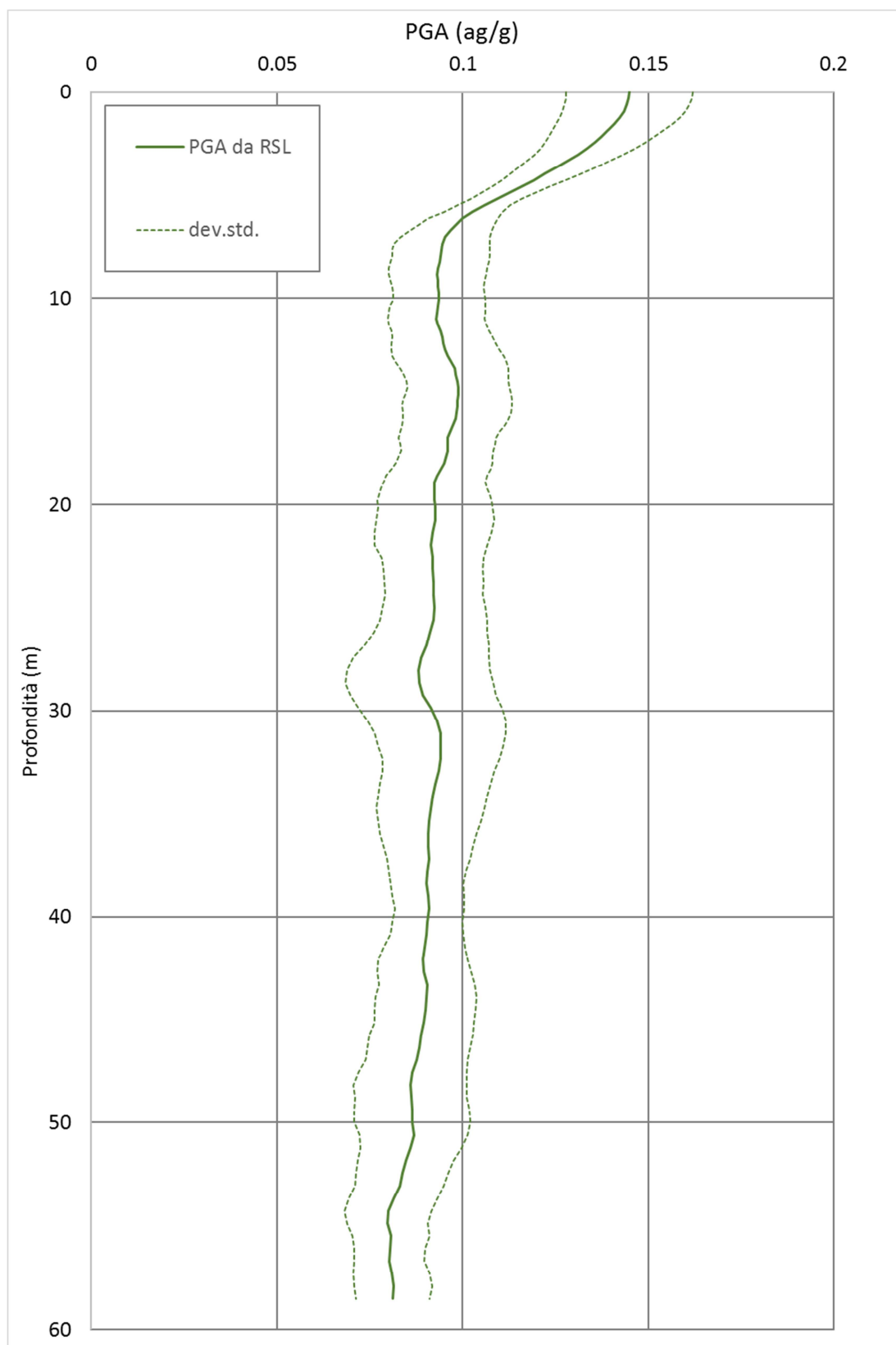


Fig. 37 – Variazione dell'accelerazione con la profondità

	RSL
FA_{PGA}	1.35
$FA_{IS\ 0.1-0.5}$	1.40
$FA_{IS\ 0.5-1.0}$	1.74
$FA_{IS\ 0.5-1.0}$	1.75

Tab. 12 – Fattori di amplificazione

8.3 Verifica del rischio di liquefazione

Il rischio di liquefazione è stato valutato prendendo in considerazione le nove verticali indagate mediante prove CPTU e SCPTU, oltre ad una prova CPTU del DB geognostico RER.

Per liquefazione s'intende un processo d'incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, dando luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Il rischio di liquefazione può essere stimato con metodi semplificati da prove CPT mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI di *Iwasaki et al.* (1982). Le prove CPTU sono preferibili per la migliore ripetibilità delle misure e per la continuità dei profili penetrometrici. L'indice LPI è un parametro di sintesi che, mediante un valore numerico compreso tra 0 e 100, quantifica i possibili effetti della liquefazione in superficie, tenendo conto di severità dell'azione sismica, e di profondità, spessore e valore del fattore di sicurezza degli strati liquefacibili.

Per poter valutare la severità degli effetti *Iwasaki* ha proposta la scala riportata in Tab. 12:

Valori di LLI	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Tab. 13 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo *Iwasaki*

Valutazioni più recenti riportate da *Sonmez* (2003), basate su sismi di magnitudo inferiore a quelli utilizzati da *Iwasaki* consigliano tuttavia di rimodulare le classi di pericolosità come riportato in Tab. 14:

LPI
LPI = 0.00 - Liquefaction risk nul
LPI between 0.00 and 2.00 - Liquefaction risk low
LPI between 2.00 and 5.00 - Liquefaction risk moderate
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high


Tab. 14 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo *Sonmez*

L'indice LPI è calcolato con riferimento ad una verticale di prova. Gli effetti bi- e tri-dimensionali sono trascurati. Tale semplificazione può condurre talora a stime errate. In particolare se la liquefazione in un sito è limitata a lenti isolate, la liquefazione in superficie può non manifestarsi anche per valori significativi di LPI. Viceversa uno strato liquefatto sottile, profondo, molto diffuso ed esteso può determinare rottura del terreno e "*lateral spreading*" anche per bassi valori di LPI. La variabilità ed eterogeneità naturale delle condizioni stratigrafiche e geotecniche può spiegare la non sempre buona correlazione tra i valori dell'indice LPI e le evidenze di liquefazione.

L'indice LPI è definito nel modo seguente:

$$LPI = \int_0^{20} F W(LPIz) dz$$

dove:

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	60 di 71

- $F(z)$ è una variabile con valori compresi tra 0 e 1, definita ad ogni profondità $0 \leq z \leq 20$ in funzione del valore che, a quella profondità, assume il fattore di sicurezza alla liquefazione FSL
- $w(z)$ è un fattore di peso della profondità.

In sostanza il rischio di liquefazione tiene conto del fattore di sicurezza calcolato strato per strato, ma ne valuta la significatività su tutto lo spessore del deposito.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF \cdot k_{\sigma}$$

dove:

$CRR_{7.5}$ = Rapporto di resistenza ciclica per $M=7.5$ (*Cyclic Resistance Ratio*)

MSF = fattore di scala della magnitudo (*Magnitude Scale Factor*)

k_{σ} = Fattore di correzione per la pressione di confinamento


CSR^{12} = rapporto di tensione ciclica (*Cyclic Stress Ratio*) = $CSR = 0.65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$

Nelle verifiche effettuate nel presente studio, per il calcolo del CRR è stato utilizzato il metodo NCEER (modificato da *Roberson* 2010) implementato dal programma CLIQ della *Geologimiki*.

In Fig. 38 viene presentata, in forma di *flow-chart*, le procedura di calcolo di CRR utilizzata dal programma.

In tali verifiche, come valori di CSR, sono stati utilizzati quelli calcolati mediante la RSL, come descritto nel paragrafo 8.2.6.

¹² Come illustrato in precedenza (cap. 0) per il presente studio il valore di CSR è stato ottenuto direttamente dalla RSL

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	61 di 71

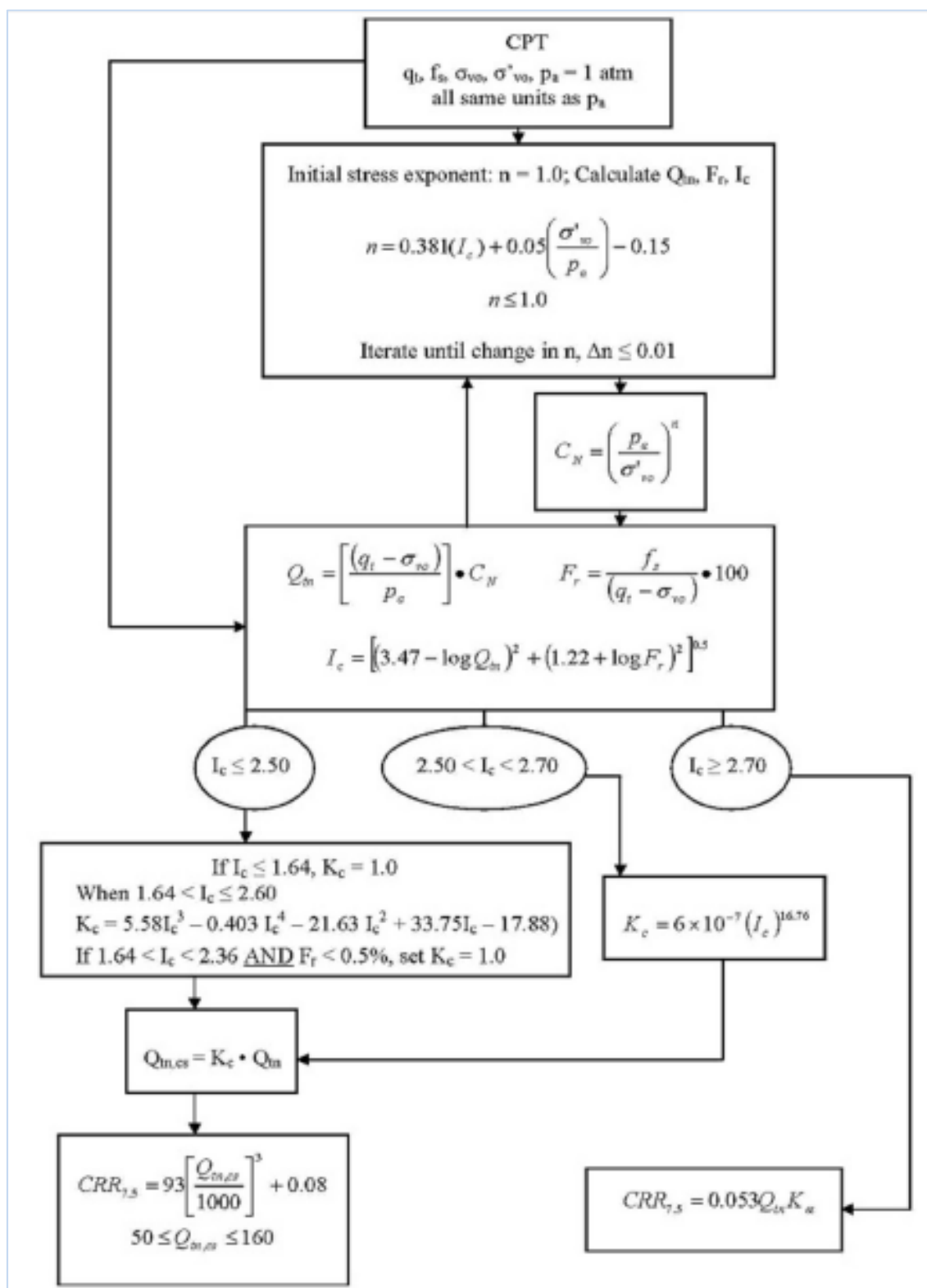


Fig. 38 – Flow chart della procedura di verifica NCEER modificata da Roberson (2010)



8.4 Magnitudo di riferimento

Per la valutazione del rischio di liquefazione è necessario valutare anche la magnitudo attesa, sempre in relazione al “periodo di riferimento per l’azione sismica”, definito nel § 8.2.

A tale scopo, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) fornisce i valori disaggregati magnitudo-distanza con riferimento ai nodi del reticolo, individuato dall’Allegato A delle NTC 2008.

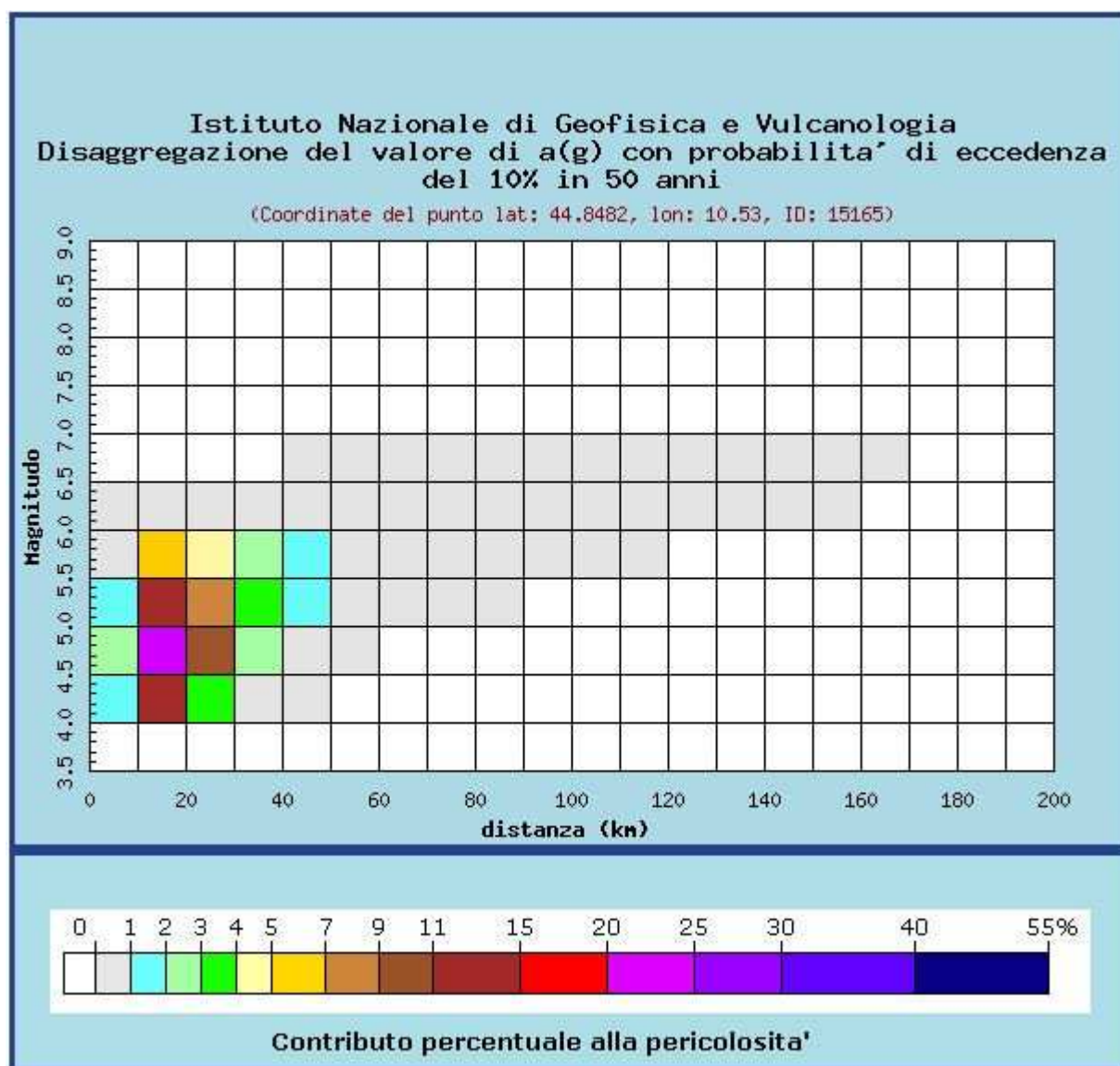


Fig. 39 – Disaggregazione magnitudo-distanza per il nodo 15165

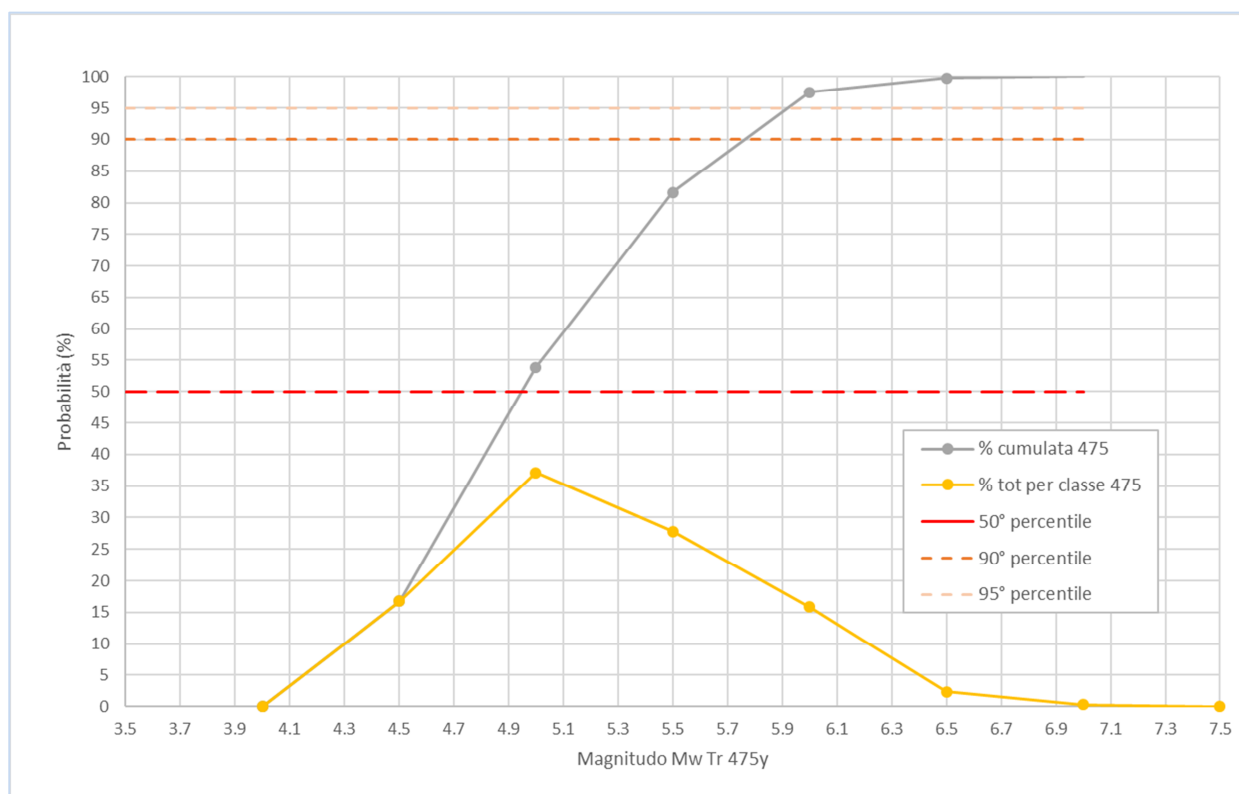


Fig. 40 – Calcolo della magnitudo di riferimento sulla base dei dati di Fig. 39

Per il nodo più prossimo all'intervento in progetto, mediante la costruzione della curva cumulata della disaggregazione magnitudo-distanza, si ricava la magnitudo $M_w = 5.92$, corrispondente al 95% percentile della curva.

Tale valore risulta inferiore al valore massimo della zona di riferimento (Zona 912 – Fig. 41) della classificazione ZS9 dell'INGV, che è pari a $M_w=6.14$.

Tuttavia il territorio comunale di Poviglio risulta esterno alla zona stessa, di conseguenza si ritiene giustificato l'adozione di tale valore.

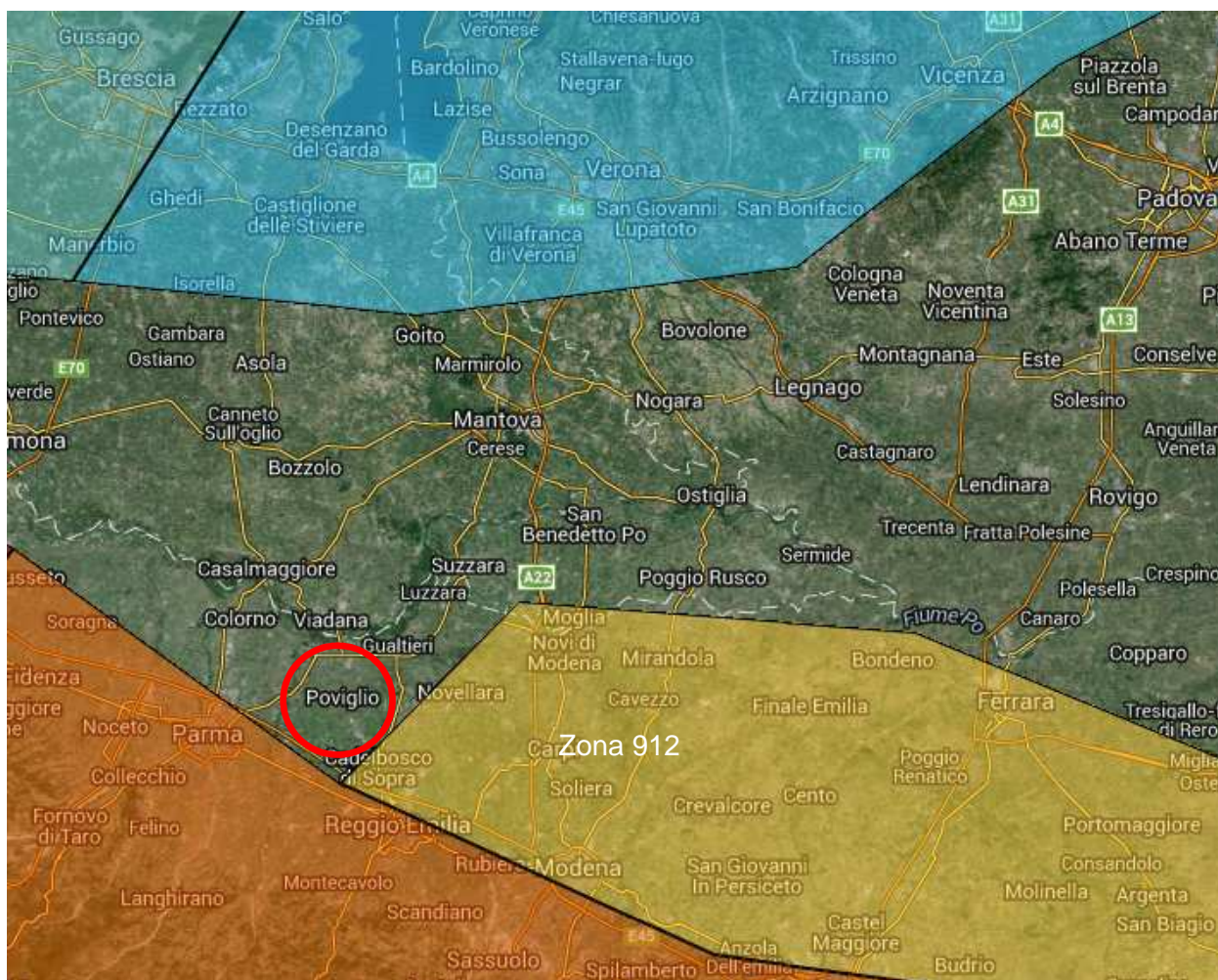



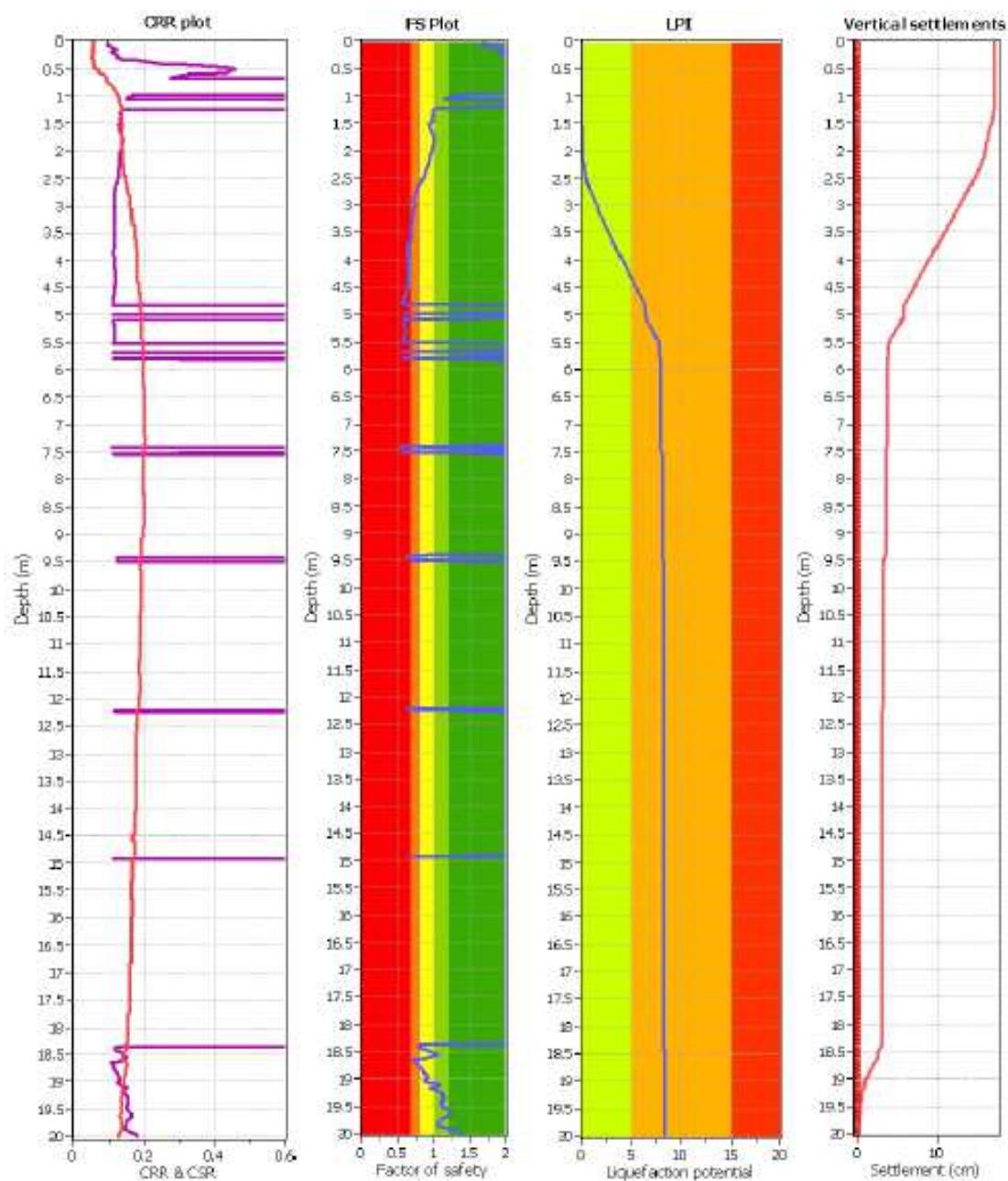
Fig. 41 – Classificazione ZS9

8.4.1 Analisi dei risultati

Per ciascuna prova è stato prodotto un report (cfr. Allegato 2) che contiene sia i grafici interpretativi della prova stessa (resistenze penetrometriche, litologia, ecc.), sia i grafici relativi alla liquefazione ed in particolare (Fig. 42):

- Il confronto tra CSR e CCR
- La variazione del fattore di sicurezza
- La cumulata del valore di LPI
- La cumulata del valore del cedimento atteso

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	65 di 71



F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Fig. 42 – Grafici di CSR-CRR, dei fattori di sicurezza FS, dell'indice di liquefazione (LPI), e del cedimento valutati per la prova CPTU_4

Nel complesso, come era da attendersi, viste le caratteristiche litostratigrafiche del territorio, il rischio di liquefazione risulta modesto, con qualche significativa eccezione, laddove i depositi sabbiosi risultano più superficiali ed abbondanti. In Fig. 43 vengono rappresentati i valori di LPI calcolati in tutte le prove, mentre in Fig. 44 sono rappresentati i cedimenti attesi.



Fig. 43 – Riepilogo dei lavori di LPI per tutte le prove

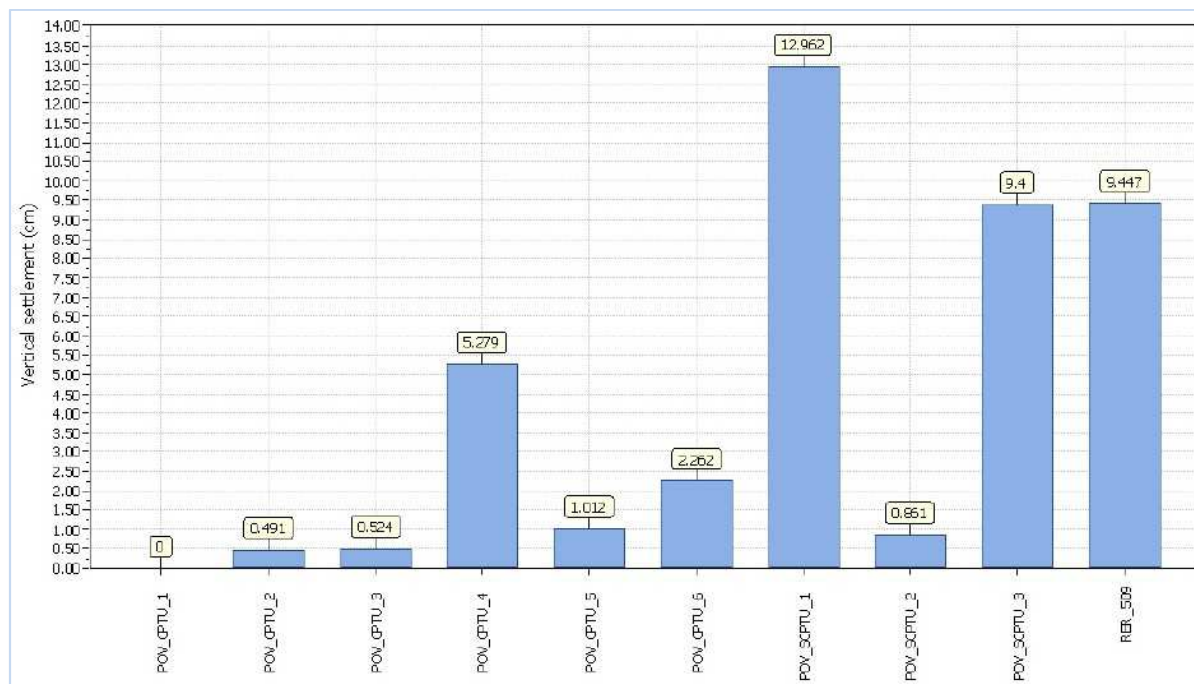
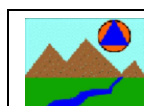


Fig. 44 – Riepilogo dei cedimenti attesi per tutte le prove



8.5 Carta di microzonazione sismica di Livello 3

Le Carte di microzonazione sismica di Livello 3 in scala 1:10.000 fanno parte degli elaborati grafici conclusivi del presente studio. In esse sono evidenti i locali approfondimenti di terzo livello, realizzati nelle Zone di attenzione per l'instabilità per liquefazione individuate dall'analisi di primo livello.

L'amplificazione è stata calcolata sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0), sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi attraverso l'analisi approfondita, descritta nel capitolo 8 (Approfondimenti di terzo livello) della presente relazione.

Mediante quest'ultimo dato, utilizzando i dati delle verticali fornite dalle prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), unitamente ai parametri precisati nel capitolo 8.4.1 (Analisi dei risultati), è stato possibile mappare le zone di suscettibilità per liquefazione secondo la seguente classificazione:


- ZSLQ - Zone di suscettibilità per liquefazione $2 < IL \leq 5$;
- ZSLQ - Zone di suscettibilità per liquefazione $5 < IL \leq 15$;
- ZSLQ - Zone di suscettibilità per liquefazione $IL > 15$.

La cartografia realizzata è costituita dai seguenti elaborati:

- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{PGA} (scala 1:10.000)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$ (scala 1:10.000)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,5 - 1,0\ s}$ (scala 1:10.000)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,5 - 1,5\ s}$ (scala 1:10.000)

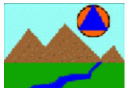
Il confronto tra gli approfondimenti di Livello 1-2 e di Livello 3 permette di effettuare le seguenti considerazioni:

- l'area del capoluogo inizialmente ricompresa nelle *Zone di attenzione per liquefazioni* (Livello 1 e 2), a seguito dell'approfondimento di Livello 3 è risultata non soggetta a tale tipo di instabilità e, pertanto, è stata classificata come *Zona stabili suscettibile di amplificazioni locali*;
- la presenza di un significativo contrasto di impedenza, ipotizzato inizialmente a profondità di circa 100 m da p.c. (Livello 1 e 2), in seguito al maggior approfondimento ottenuto con il Livello 3 è stato supposto a profondità di circa 50 m da p.c.;

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	68 di 71

- tale profondità, sulla base dei dati di sottosuolo (v. sezioni sismiche par. 7.2), non sembra coincidere con variazioni litostratigrafiche note;
- si deve osservare che i fattori di amplificazione, ottenuti tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), sono riferiti ad un profilo stratigrafico di Pianura 2 ai sensi della DGR 2193/2015. Viceversa la RSL di Livello 3 ha fornito valori dei fattori di amplificazione riferiti ad un substrato < 100 m da p.c..

Nelle carte di microzonazione i Fattori di Amplificazione, sia per le Zone suscettibili di instabilità (ZSLQ) che per quelle stabili suscettibili di amplificazione locale, sono stati rappresentati con riferimento a quelli derivanti dall'analisi di risposta sismica locale.

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	69 di 71

9. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ


Innanzitutto, va precisato che il presente studio presenta carattere sperimentale, trattandosi ancora di una delle prime applicazioni, in un contesto territoriale quale quello indagato, di microzonazione sismica mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli ICMS e negli indirizzi regionali.

Del resto, nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di non facile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili, primo fra tutti, la definizione della profondità del *bedrock sismico* (sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio V_s maggiore o uguale a 800 m/s).

Ciononostante, per l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, è stato possibile effettuare, , una microzonazione del territorio con attribuzione dei fattori di amplificazione.

Questi risultano di egual valore sia in termini di PGA ,che di I.S. per tutti gli areali oggetto di microzonazione, in quanto le caratteristiche del sottosuolo non evidenziano differenze tali da modificare la risposta sismica locale in modo significativo.

Bisogna rilevare che i dati utilizzati per gli approfondimenti di Livello 2 tramite procedure semplificate ai sensi della DGR2193/2015, hanno portato alla determinazione di fattori di amplificazione con riferimento alla tabella di Pianura 2, che presuppone una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c., mentre la RSL ottenuta attraverso lo studio di Livello 3 ha indicato un substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) a profondità di circa 50 m da p.c..

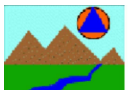
 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	70 di 71

10. ELABORATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici (tutti alla scala 1:10.000):

- Carta delle indagini
- Carta geologico tecnica
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA_{PGA}
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,5 - 1,0\ s}$
- Carta di microzonazione sismica Livello 3 - $FA_{IS\ 0,5 - 1,5\ s}$

Al termine dello studio, come richiesto dalla Regione Emilia-Romagna, è stata prodotta una cartografia di sovrapposizione tra gli elementi schedati nell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) e le risultanze della MS (Livello 3 - $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$).

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Pag.
	Relazione illustrativa	Novembre 2016	71 di 71



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

All. 1 – Prove di laboratorio

Regione Emilia-Romagna

Comune di Poggio



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	Dott. Stefano Castagnetti	NOVEMBRE 2016



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE:	Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR
CANTIERE:	Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).
CAMPIONE:	S1SH1 m 4.00 - 4.60
COMMESSA:	14769/15
VERBALE ACC.:	379/16
DATA CONSEGNA:	24/08/16

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

<p>alto 4.00</p> <p>4.60 basso</p>	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm):	48																
			GRADO DI QUALITA':	AGI Q5 EC 7-3 Q1																
DESCRIZIONE: Da limo sabbioso argilloso grigio marrone (primi 18 cm) a limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica																				
<table border="0"> <tr> <td>W naturale (%)</td> <td>27.9</td> </tr> <tr> <td>γ naturale (Mg/m³)</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td>γ secco (Mg/m³)</td> <td>1.53</td> </tr> <tr> <td>γ immerso (Mg/m³)</td> <td>0.97</td> </tr> <tr> <td>porosità (%)</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>indice dei vuoti</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>grado di saturazione (%)</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>massa specifica (Mg/m³) (STIMATO)</td> <td>2.700</td> </tr> </table>					W naturale (%)	27.9	γ naturale (Mg/m ³)	1.96	γ secco (Mg/m ³)	1.53	γ immerso (Mg/m ³)	0.97	porosità (%)	43	indice dei vuoti	0.76	grado di saturazione (%)	99	massa specifica (Mg/m ³) (STIMATO)	2.700
W naturale (%)	27.9																			
γ naturale (Mg/m ³)	1.96																			
γ secco (Mg/m ³)	1.53																			
γ immerso (Mg/m ³)	0.97																			
porosità (%)	43																			
indice dei vuoti	0.76																			
grado di saturazione (%)	99																			
massa specifica (Mg/m ³) (STIMATO)	2.700																			
PROVE ESEGUITE																				
Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-																	
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																	
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-																	
Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	-																	
Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-																	
Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-																	
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI																	
		Taglio Torsionale Cicl.	-																	
NOTE: -																				

Io Sperimentatore
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

CANTIERE: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

CAMPIONE: **S1SH1 m 4.00 - 4.60**

COMMESSA: 14769/15

DURATA PROVE:

24/08 - 15/09/16

VERBALE ACC.: 379/16

DATA CONSEGNA:

24/08/16

GEO - CERT. n°: 0

rev.00 del:

00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Da limo sabbioso argilloso grigio marrone (primi 18 cm) a limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	12.4	446.01
TERRA UMIDA (g)	173.19	1173.16
TERRA ESSICATA* (g)	137.89	1015.92
UMIDITA' DETERMINATA (%)	28.1	27.6

UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	27.9
------------------------	---	-------------

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

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



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

CANTIERE: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

CAMPIONE: **S1SH1 m 4.00 - 4.60**

COMMESSA: 14769/15

DURATA PROVE:

24/08 - 15/09/16

VERBALE ACC.: 379/16

DATA CONSEGNA:

24/08/16

GEO - CERT. n°: 0

rev.00 del:

00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Da limo sabbioso argilloso grigio marrone (primi 18 cm) a limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	596.84	36.15
ALTEZZA (cm)	14.00	2.00
DIAMETRO (cm)	7.00	5.00
MASSA LORDA (g)	1648.65	113.54
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.95	1.97

MEDIA (Mg/m³)	=	1.96
---------------------------------	----------	-------------

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli

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

COMMITTENTE:	Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR		
CANTIERE:	Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).		
CAMPIONE:	S1SH1	m 4.00 - 4.60	
COMMESSA:	14769/15	DURATA PROVE:	24/08 - 15/09/16
VERBALE ACC.:	379/16	DATA CONSEGNA:	24/08/16
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

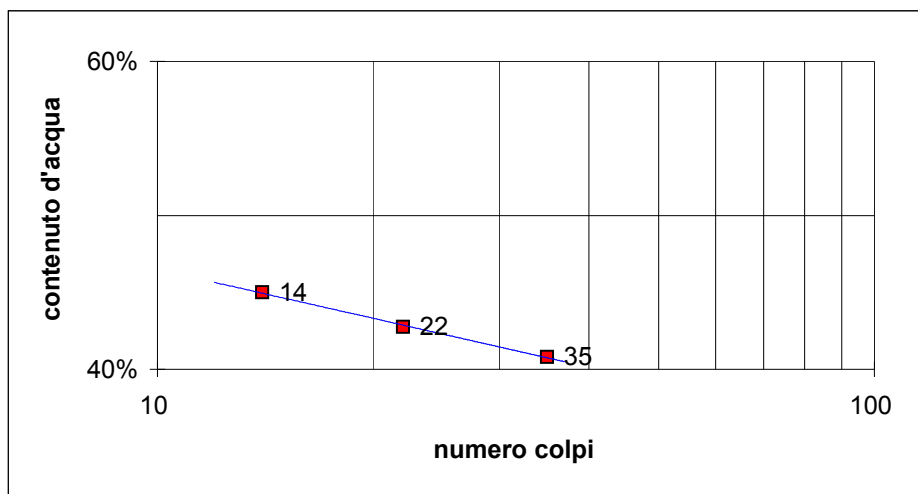
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Da limo sabbioso argilloso grigio marrone (primi 18 cm) a limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	35	22	14			
massa umida+ tara (g)	18.15	33.56	18.48	12.76	16.73	173.19
massa secca+ tara (g)	13.67	24.18	13.48	11.02	14.28	137.89
acqua contenuta (g)	4.48	9.38	5.00	1.74	2.45	35.30
tara (g)	2.69	2.24	2.37	2.32	2.27	12.40
peso secco (g)	10.98	21.94	11.11	8.70	12.01	125.49
contenuto d'acqua	40.8%	42.8%	45.0%	20.0%	20.4%	28.1%

Umidità Naturale	Wn =	28%
Limite Liquido	LL =	42%
Limite Plastico	LP =	20%
Indice Plastico	IP =	22%


 lo Sperimentatore:
 dott.geol. Luciano Rossi

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



elletipi s.r.l.

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® 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: Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR

CANTIERE: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

CAMPIONE: S1SH1 m 4.00 - 4.60

COMMESSA: 14769/15 DURATA PROVE: 24/08 - 15/09/16

VERBALE ACC.: 379/16 DATA CONSEGNA: 24/08/16

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

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

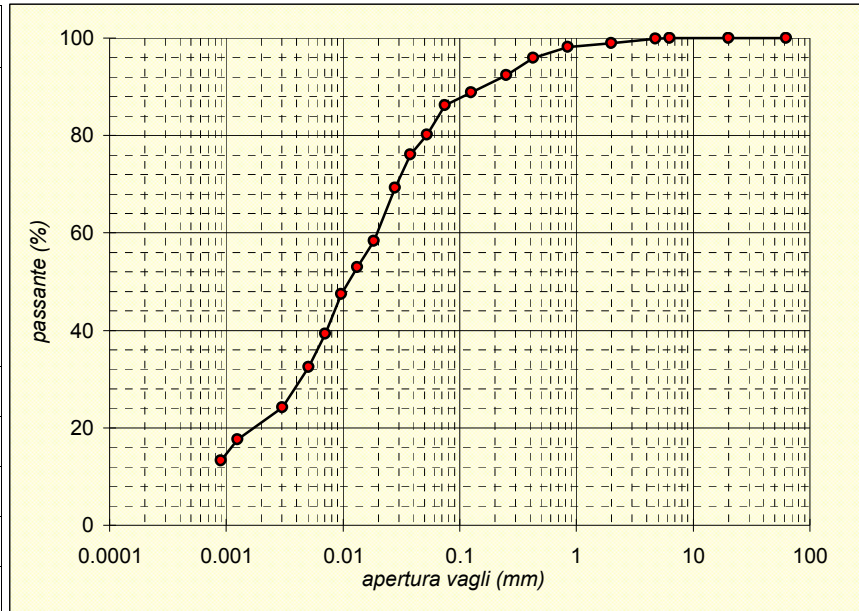
Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Da limo sabbioso argilloso grigio marrone (primi 18 cm) a limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica

codici	vaglio	trattenut	trattenut	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio 63	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 20	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio 6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio 4.75	0.21	0.17	0.17	99.83
291	setaccio 2.0	1.10	0.88	1.04	98.96
292	setaccio 0.850	1.01	0.80	1.85	98.15
293	setaccio 0.425	2.73	2.18	4.02	95.98
282	setaccio 0.250	4.58	3.65	7.67	92.33
283	setaccio 0.125	4.36	3.47	11.15	88.85
286	setaccio 0.075	3.30	2.63	13.78	86.22
-	calcolato 0.0526	7.54	6.01	19.78	80.22
-	calcolato 0.0380	5.14	4.10	23.88	76.12
-	calcolato 0.0278	8.57	6.83	30.71	69.29
-	calcolato 0.0184	13.72	10.93	41.64	58.36
-	calcolato 0.0133	6.86	5.46	47.11	52.89
-	calcolato 0.0096	6.86	5.46	52.57	47.43
-	calcolato 0.0070	10.29	8.20	60.77	39.23
-	calcolato 0.0051	8.57	6.83	67.60	32.40
-	calcolato 0.0030	10.29	8.20	75.80	24.20
-	calcolato 0.0013	8.27	6.59	82.39	17.61
-	calcolato 0.0009	5.45	4.34	86.73	13.27
	fondo	16.66	13.27	100.00	0.00
TOTALE		125.49		φ max (mm) = 5.2	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro	50.01	
1° C	Tempo (s)	Lettura
22	30	32.5
22	60	31.0
22	120	28.5
22	300	24.5
22	600	22.5
22	1200	20.5
22	2400	17.5
22	4800	15.0
22	14400	12.0
22.5	86400	9.5
22	172800	8.0
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.2%	1.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	13.6%	15.7%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	65.1%	62.2%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	21.1%	21.1%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore
dott.geol. Luciano Ross

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagno

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

DATI INIZIALI

Altezza:	140.00	mm
Diametro:	70.00	mm
Raggio eq.:	24.745	mm
Massa:	1051.8	g
W:	28.1	%
γ:	19.15	kN/m ³
γ _s :	14.95	-
e:	0.77	-

DATI DI PROVA

Tipo di campione:	Limo argilloso sabbioso grigio marrone	
Fattore Raggio Eq.:	0,707	-
Coefficiente B:	0.97	%
Pressione cella:	505	kPa
Contropressione:	450	kPa

DATI FINALI

Altezza:	139.07	mm
Diametro:	69.53	mm
Raggio eq.:	24.583	mm
Massa:	1041.1	g
W:	27.7	%
γ:	19.71	kN/m ³
γ _s :	15.44	-
e:	0.75	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V _s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ ³
Test 1*	99.00	0.0001	3.60E-05	122.20	28.60	1.000	2.06	0.000
Test 2	99.00	0.0002	8.10E-05	122.20	28.60	1.000	2.09	0.000
Test 3	98.00	0.0005	1.95E-04	120.97	28.03	0.980	2.17	0.000
Test 4	97.00	0.0010	4.14E-04	119.73	27.46	0.960	2.15	0.000
Test 5	96.50	0.0017	6.94E-04	119.12	27.18	0.950	2.22	0.000
Test 6	96.50	0.0025	1.03E-03	119.12	27.18	0.950	2.34	0.000
Test 7	96.00	0.0075	3.13E-03	118.50	26.90	0.941	2.32	0.000
Test 8	93.95	0.0200	4.96E-03	115.97	25.76	0.901	2.39	0.000
Test 9	91.50	0.0300	9.46E-03	112.95	24.43	0.854	2.41	0.000
Test 10	87.00	0.0500	1.77E-02	107.39	22.09	0.772	3.71	0.001
Test 11	81.50	0.0800	2.87E-02	100.60	19.39	0.678	4.61	0.005
Test 12	76.50	0.1200	4.28E-02	94.43	17.08	0.597	6.44	0.011
Test 13	70.00	0.1749	6.34E-02	86.41	14.30	0.500	8.12	0.019
Test 14	64.00	0.2299	8.79E-02	79.00	11.95	0.418	9.02	0.031
Test 15	58.50	0.3000	1.25E-01	72.21	9.99	0.349	10.20	0.065
Test 16	51.50	0.3998	1.83E-01	63.57	7.74	0.271	11.81	0.105
Test 17	42.50	0.6000	3.10E-01	52.46	5.27	0.184	13.43	0.205
Test 18	32.50	0.8999	5.60E-01	40.12	3.08	0.108	16.41	0.327
Test 19	25.50	0.9996	8.08E-01	31.48	1.90	0.066	19.25	0.510

* Test 1 corrispondente al valore G₀

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

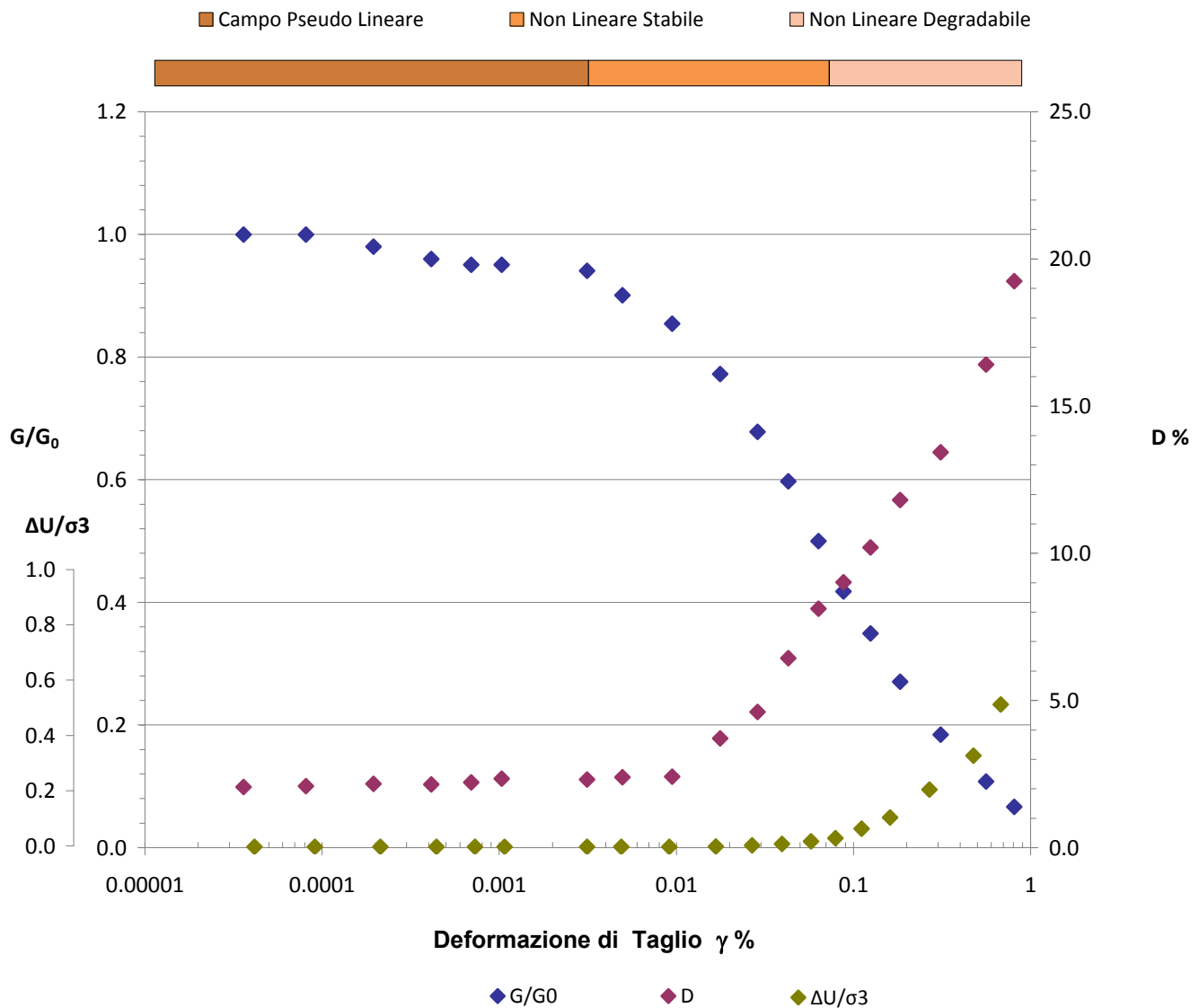
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

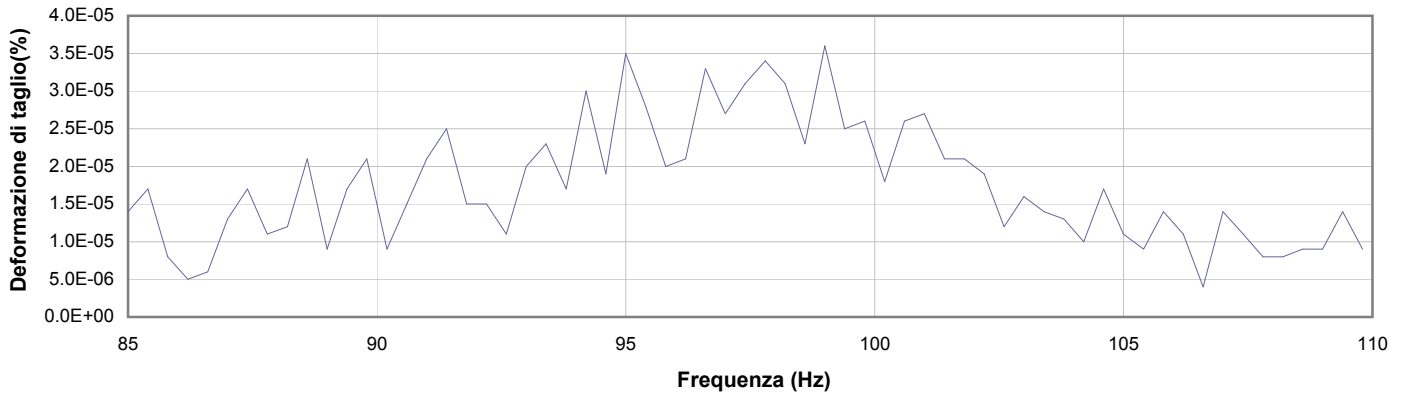
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

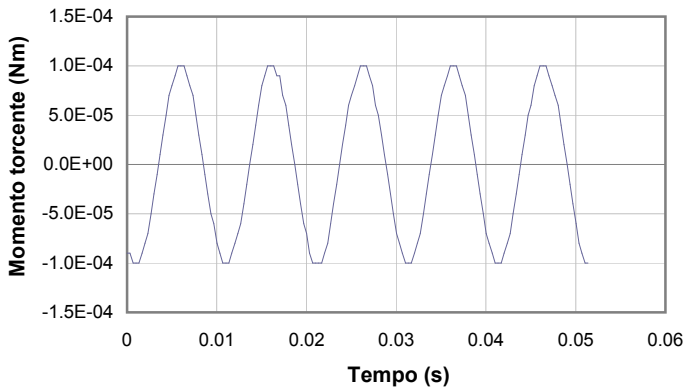
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

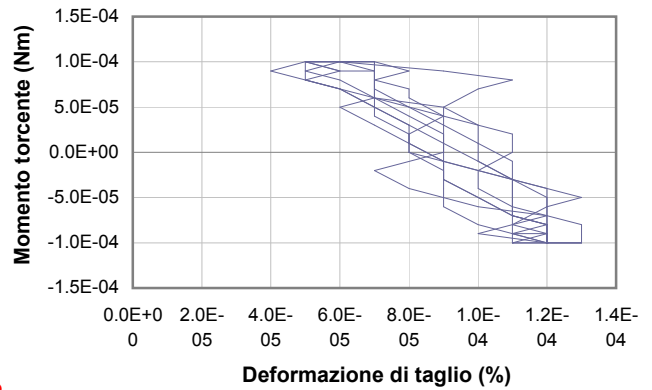
Test 1



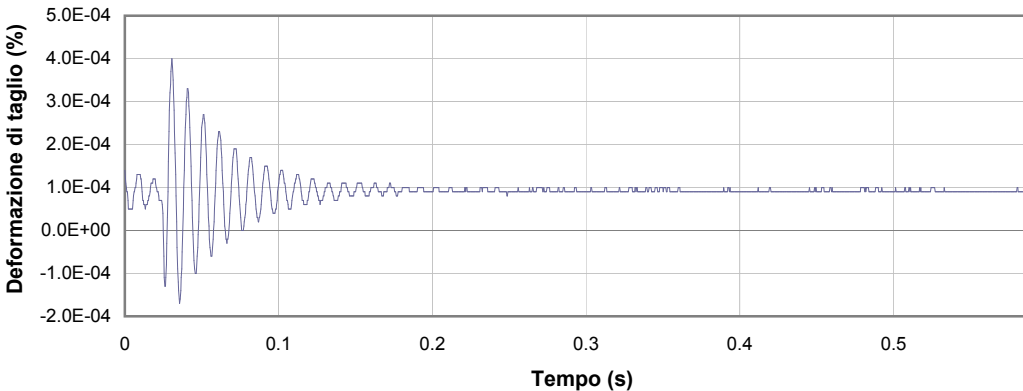
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

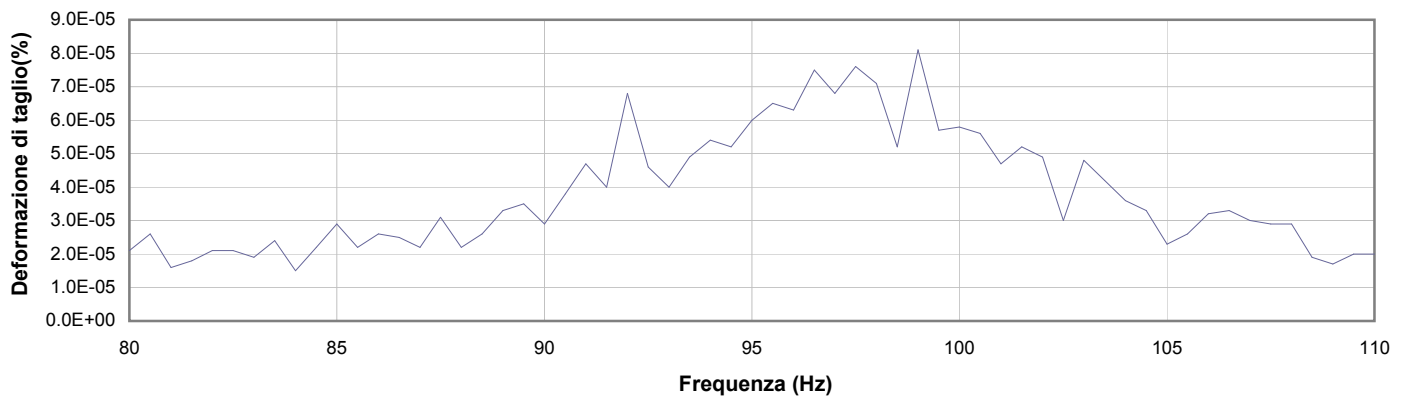
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

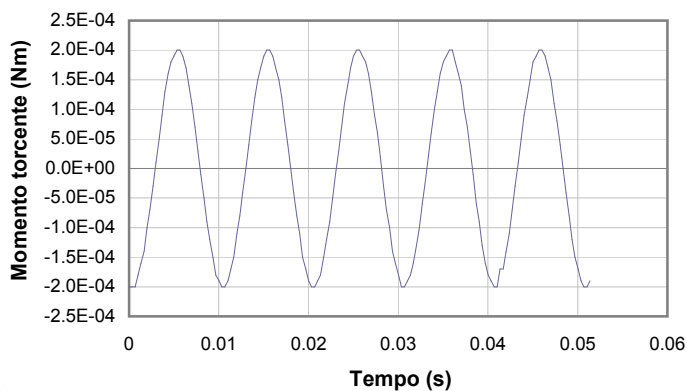
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

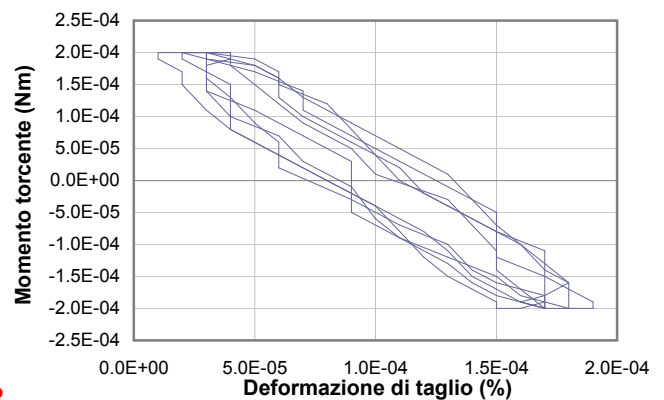
Test 2



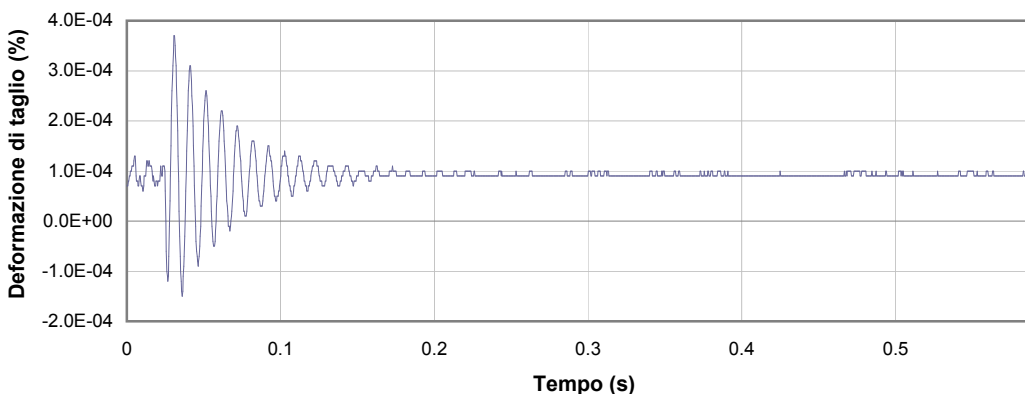
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

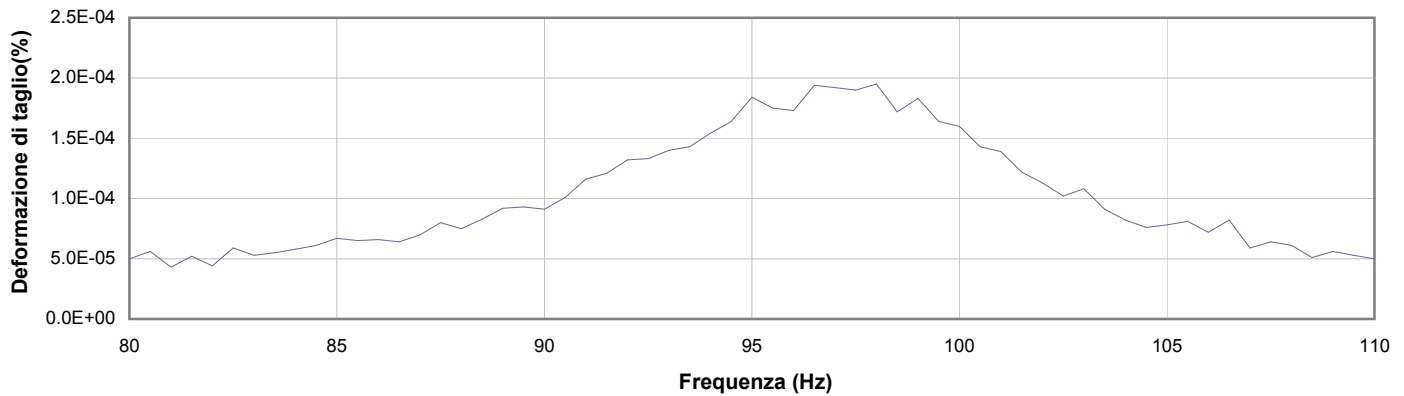
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

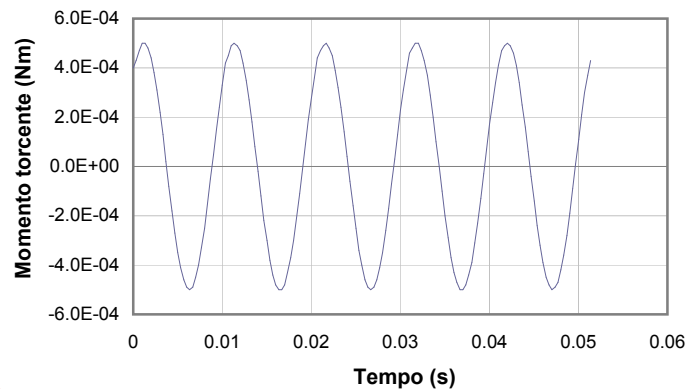
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

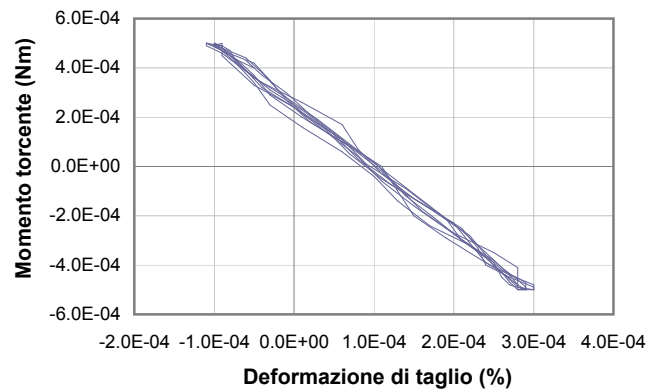
Test 3



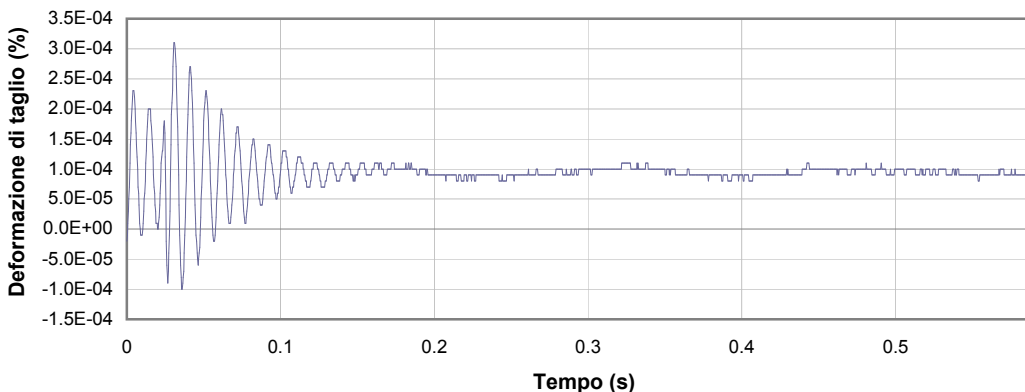
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

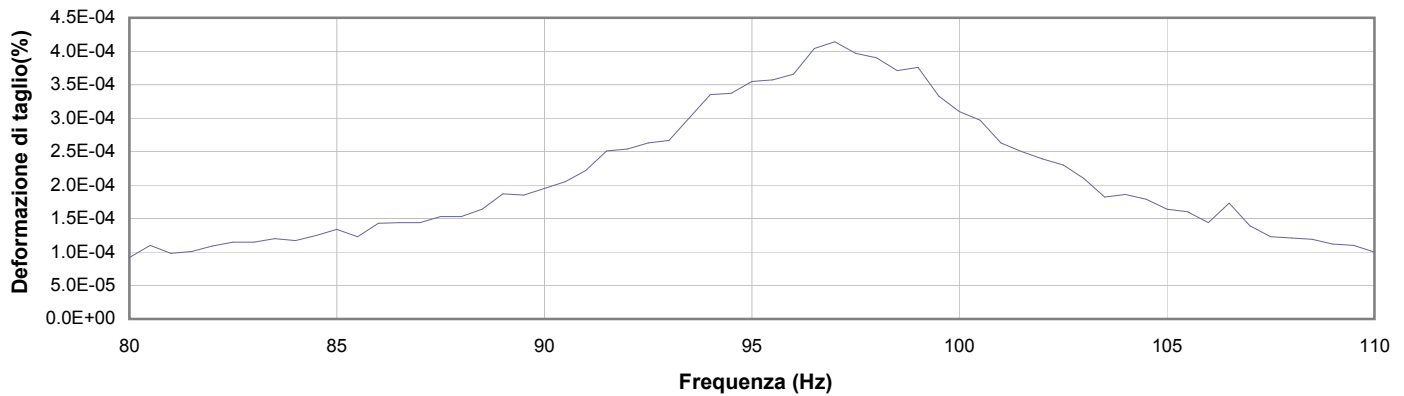
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

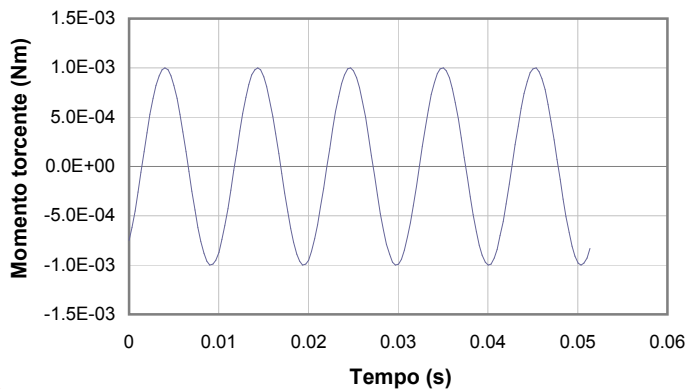
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

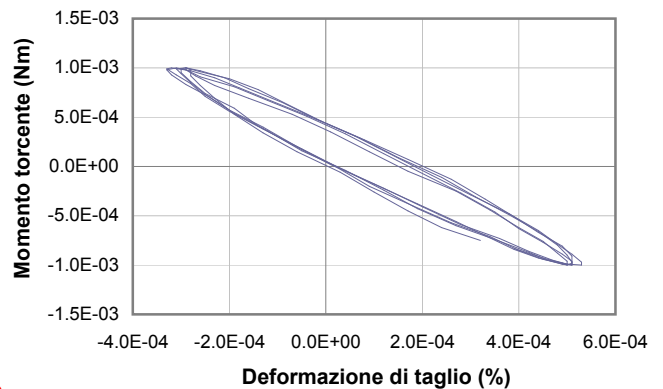
Test 4



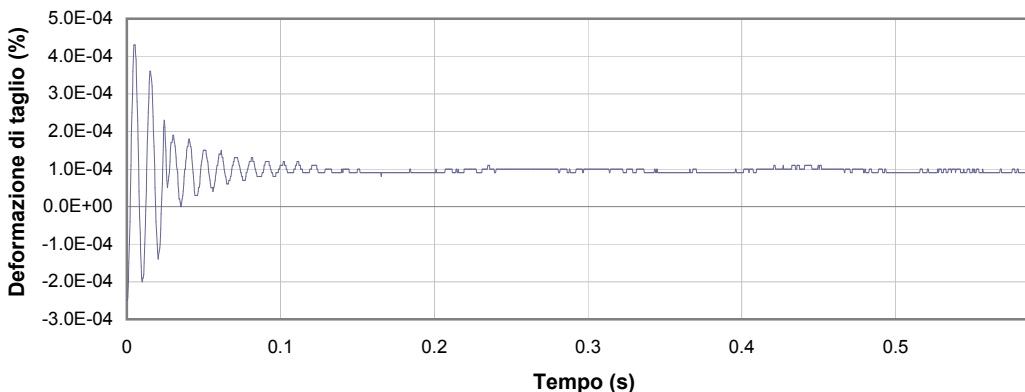
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

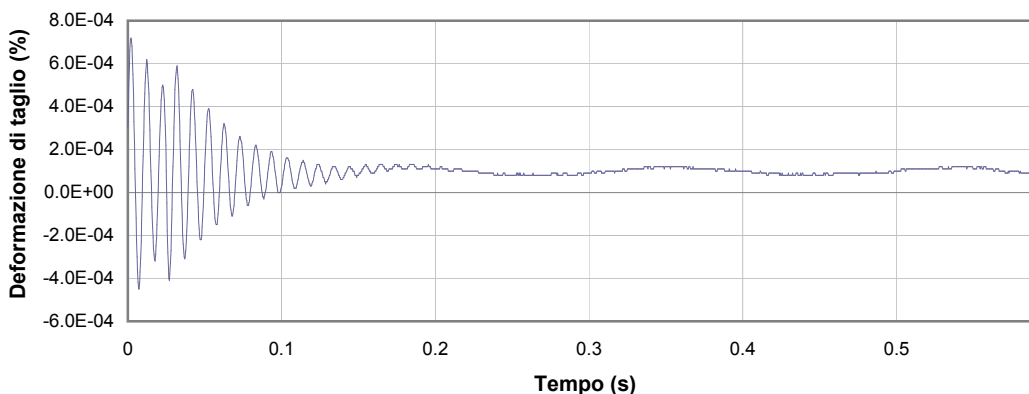
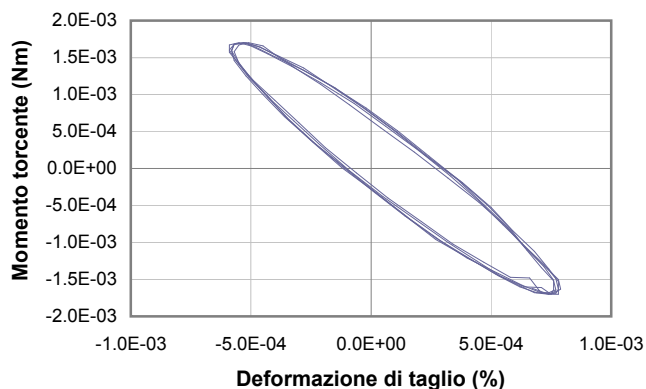
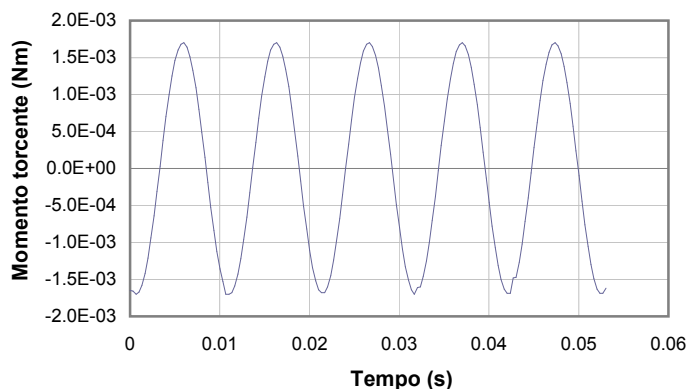
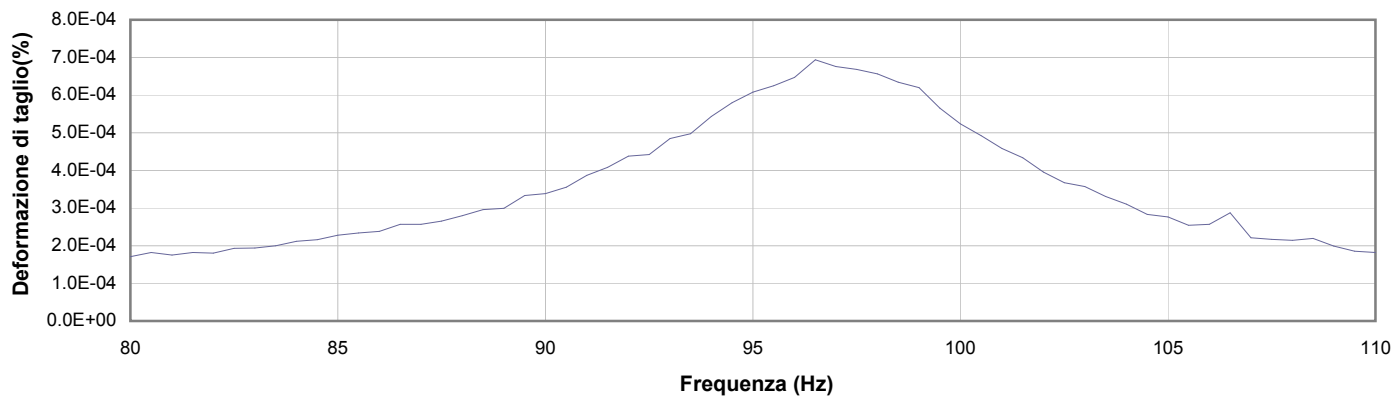
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

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

Io Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

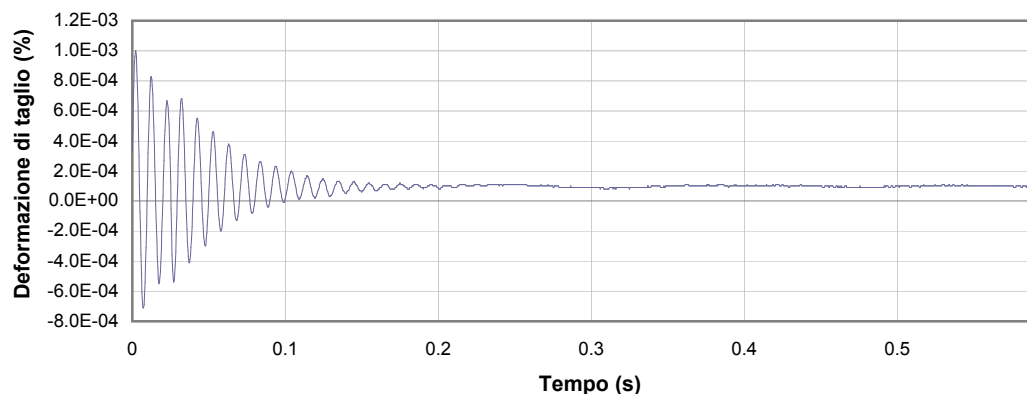
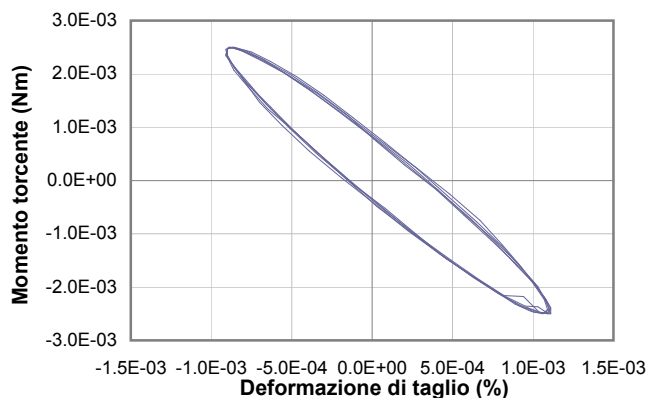
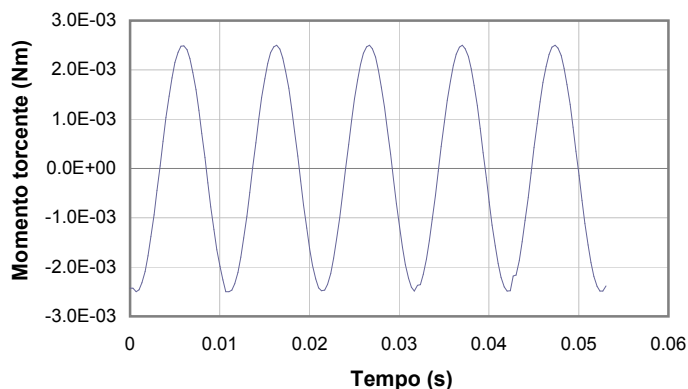
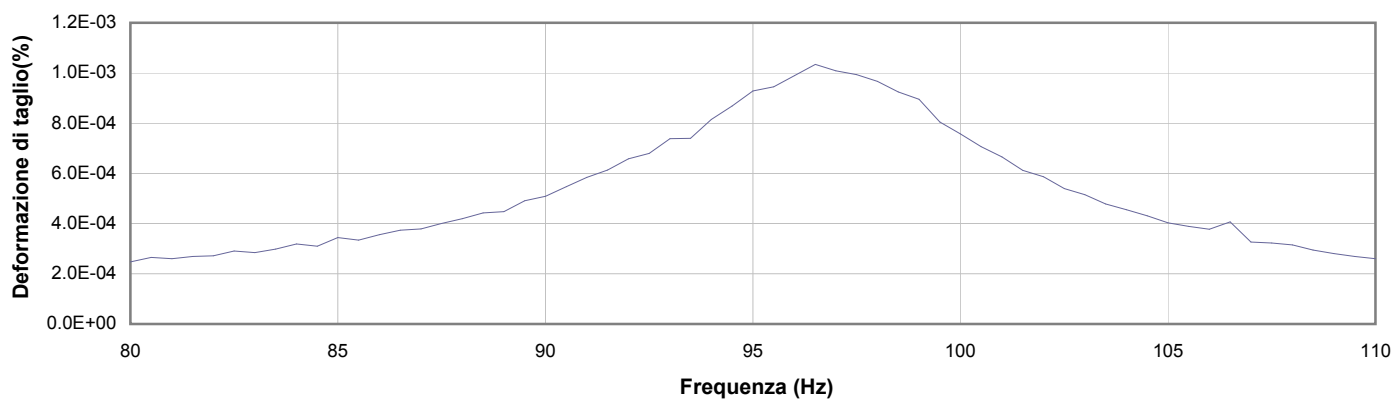
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

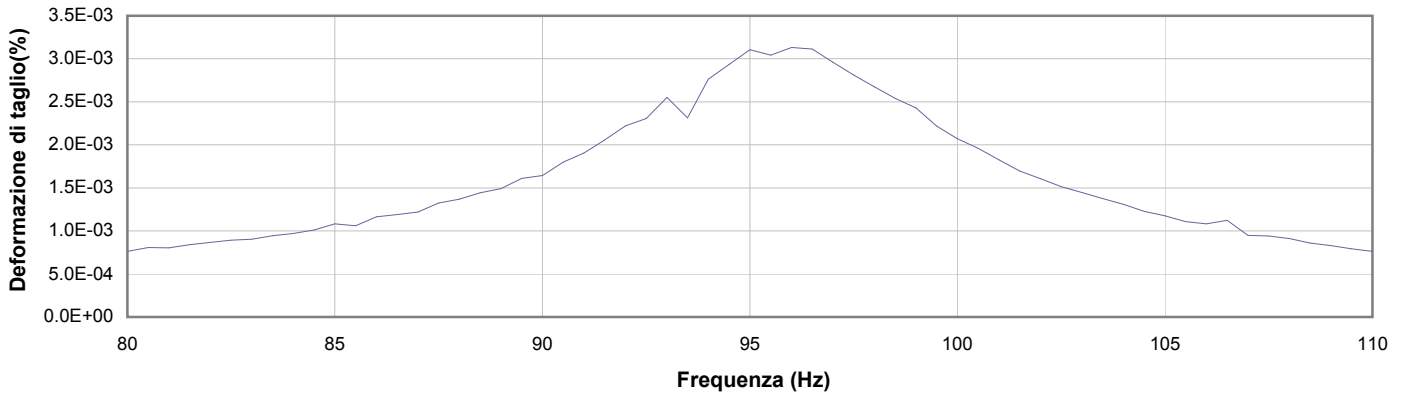
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

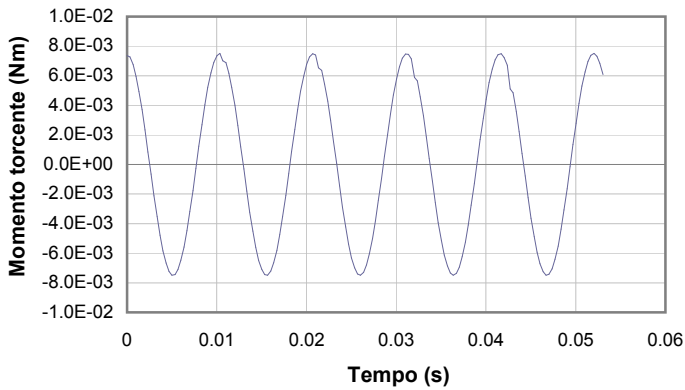
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

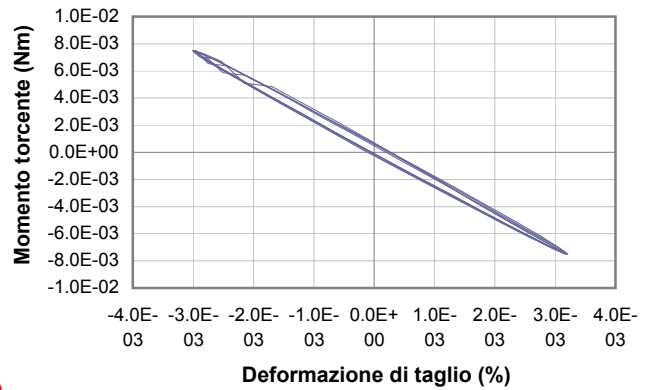
Test 7



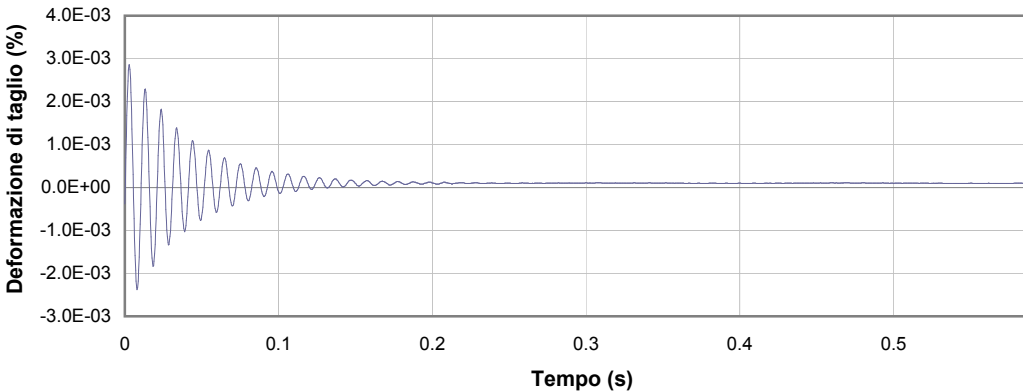
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

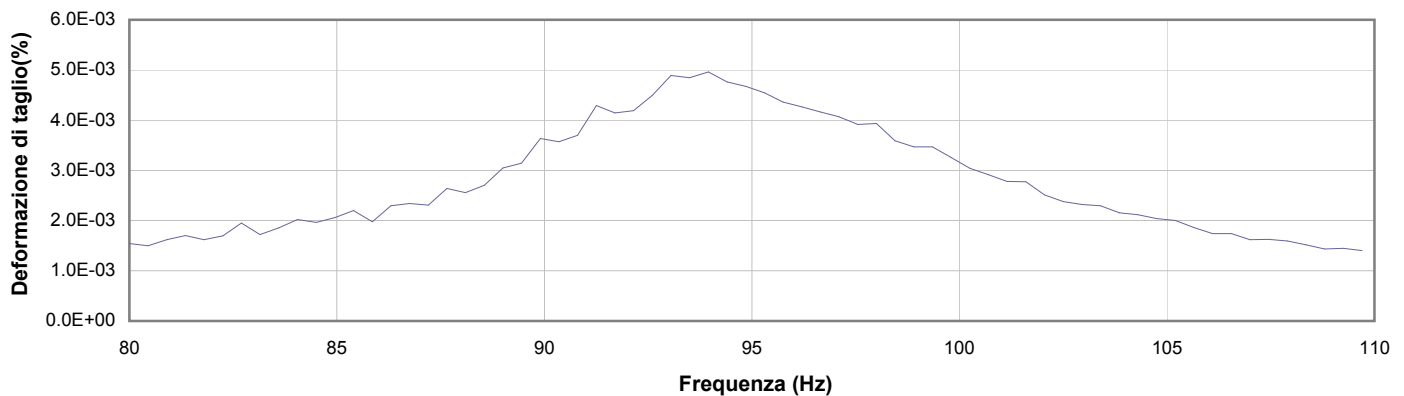
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

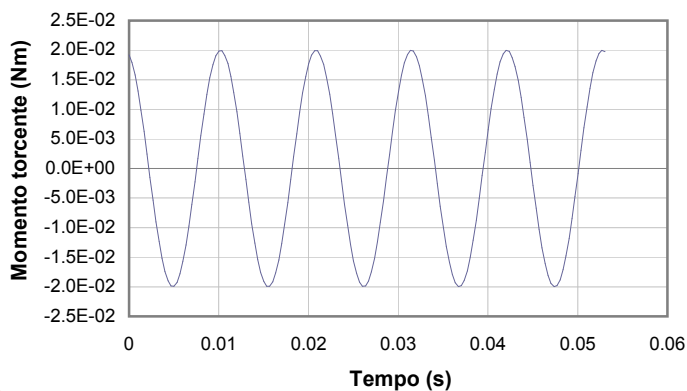
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

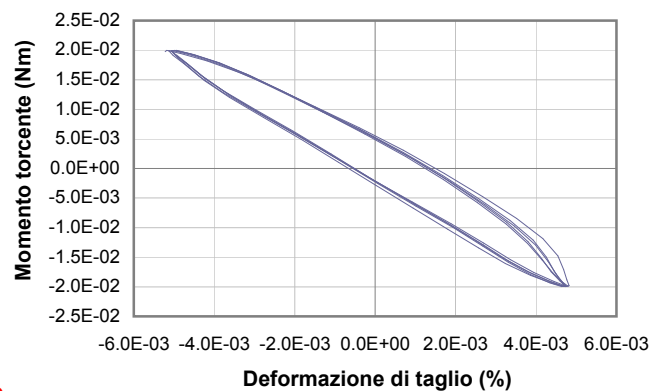
Test 8



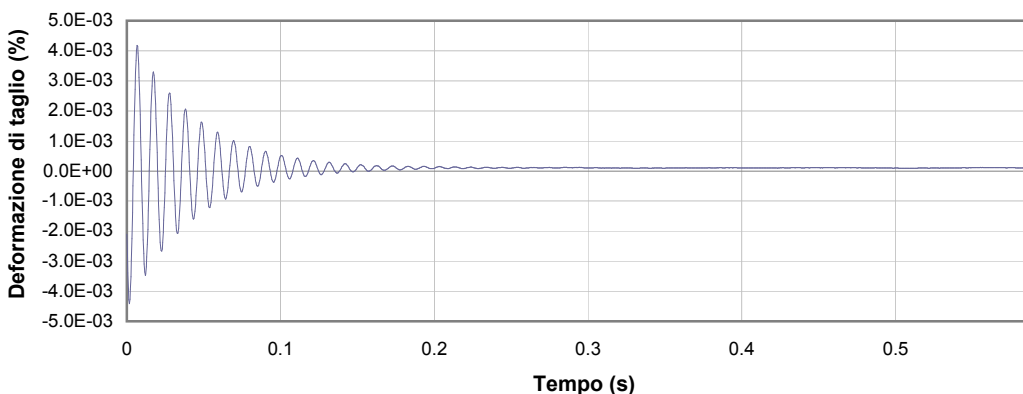
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

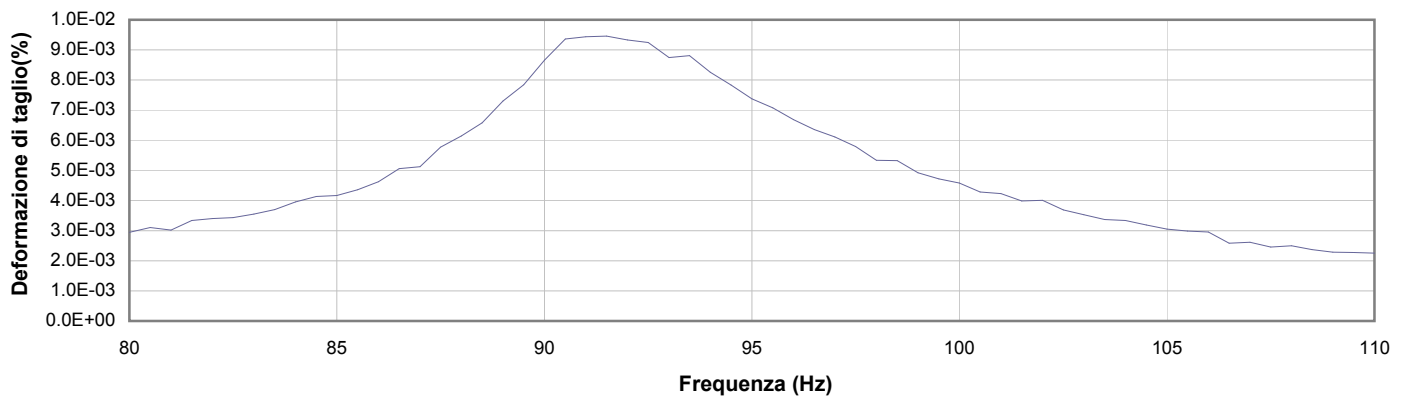
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

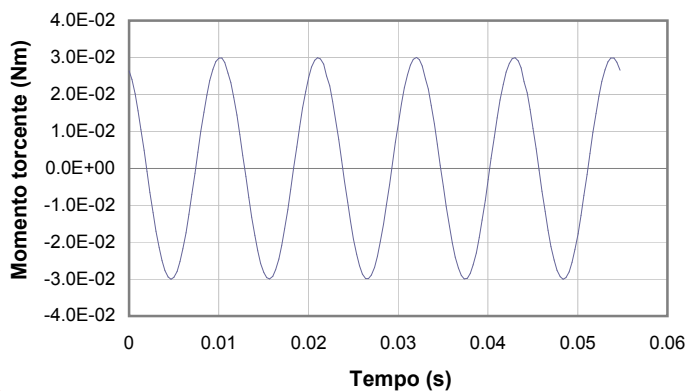
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

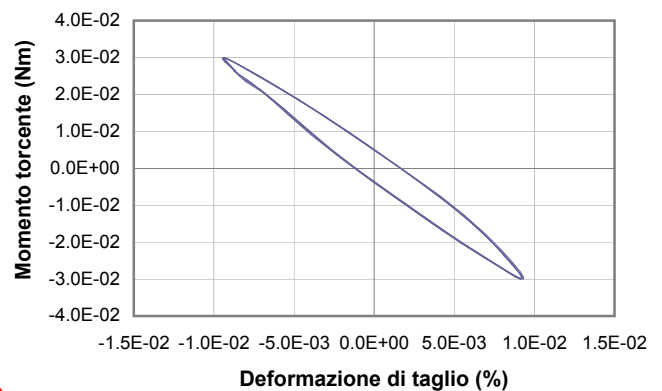
Test 9



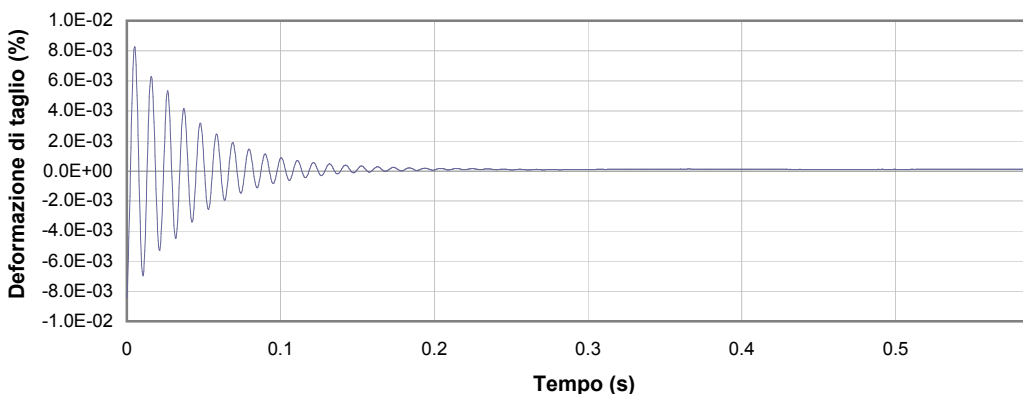
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

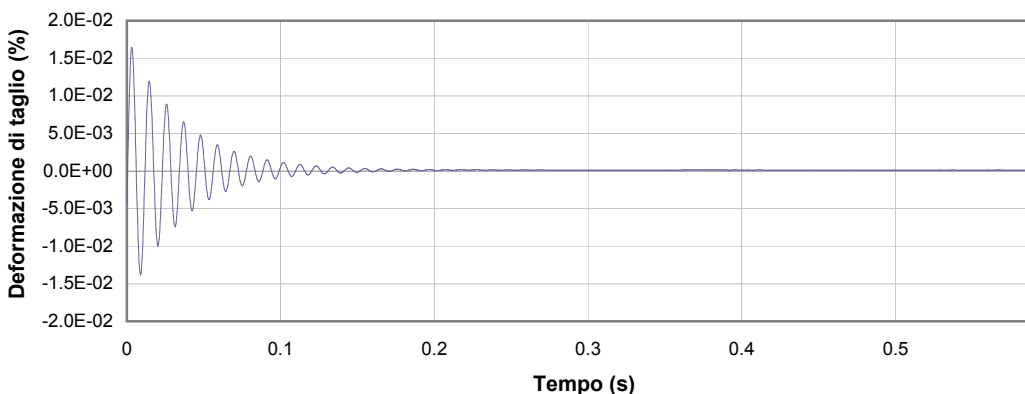
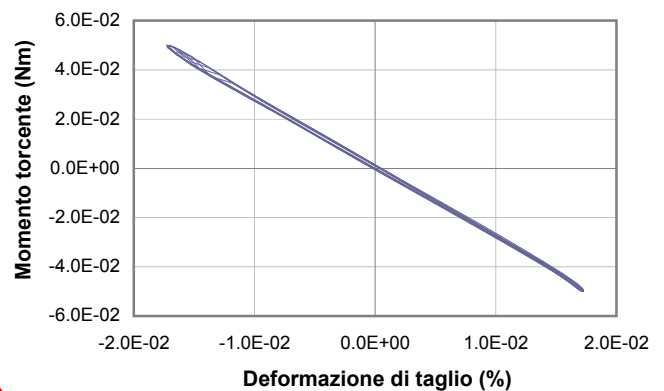
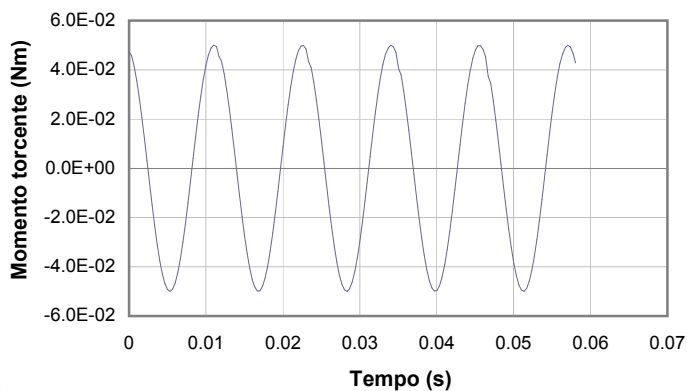
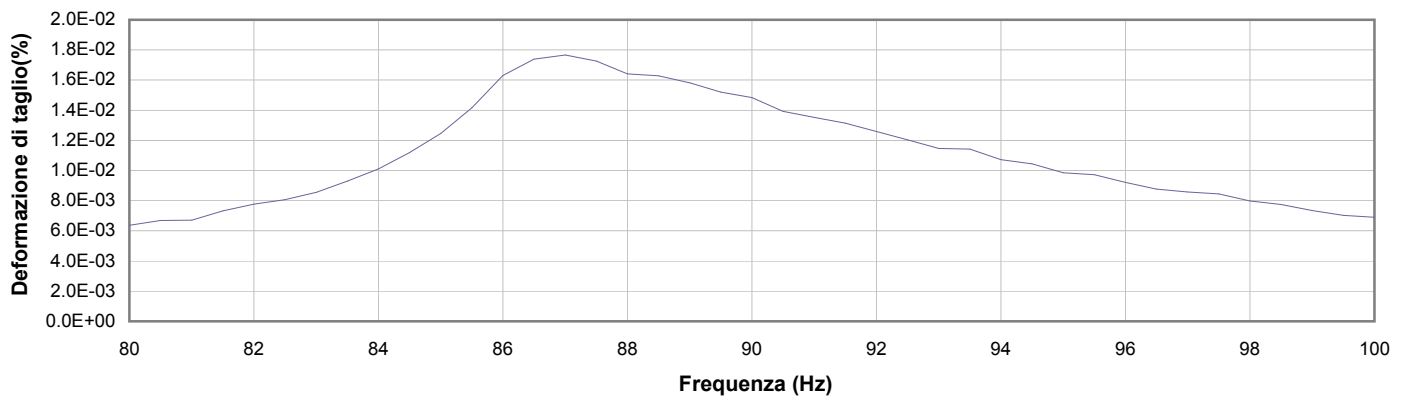
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

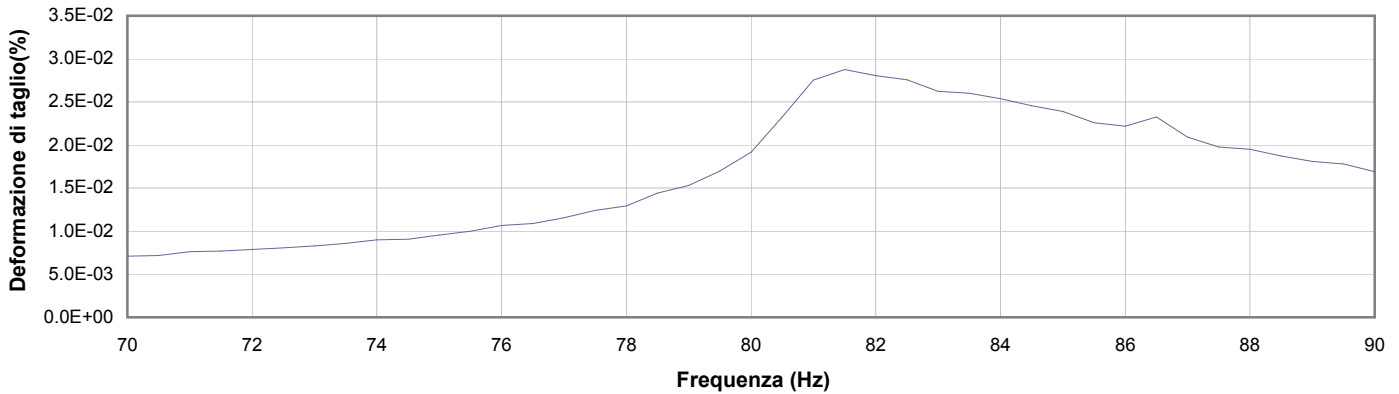
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

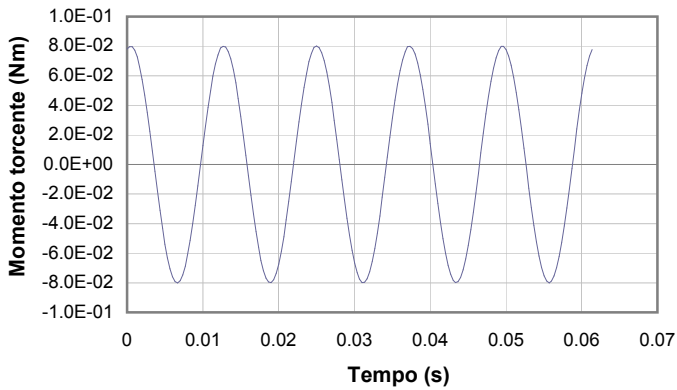
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

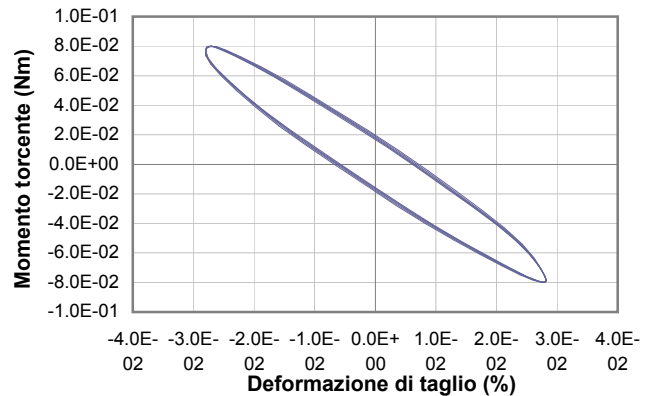
Test 11



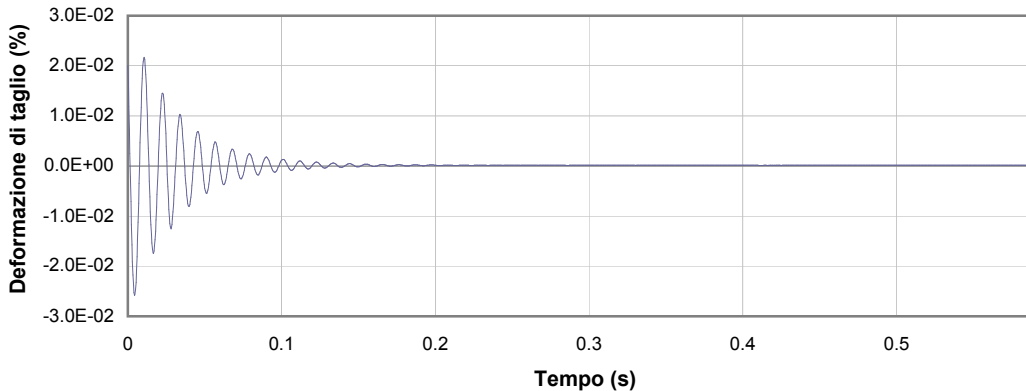
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

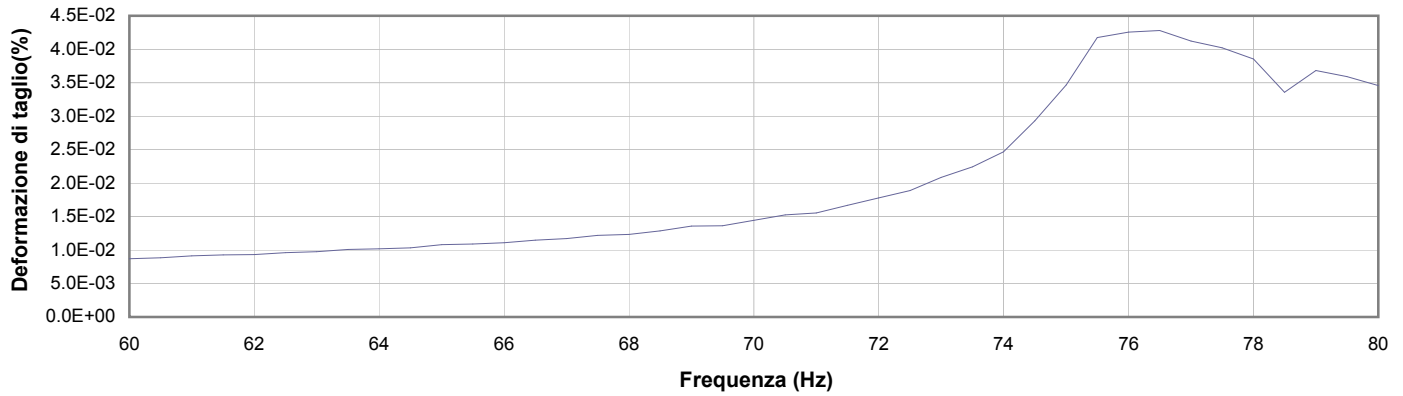
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

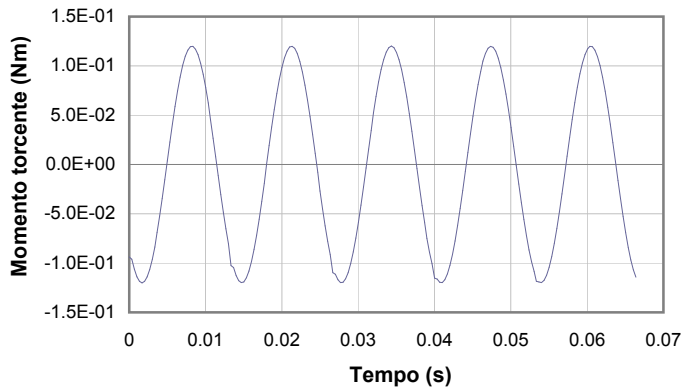
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

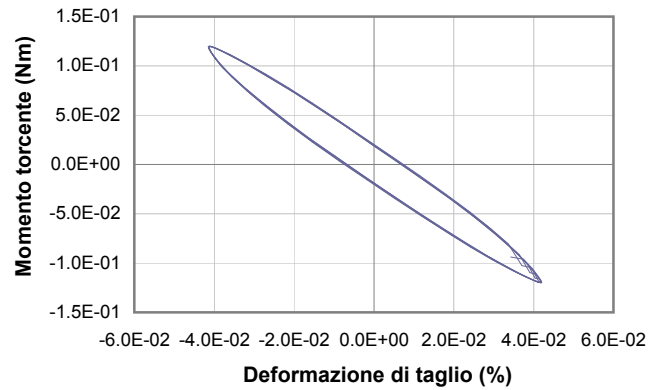
Test 12



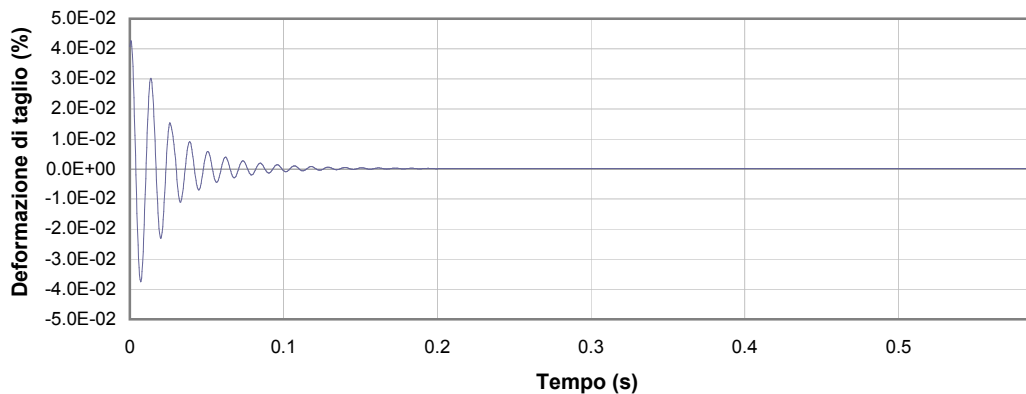
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

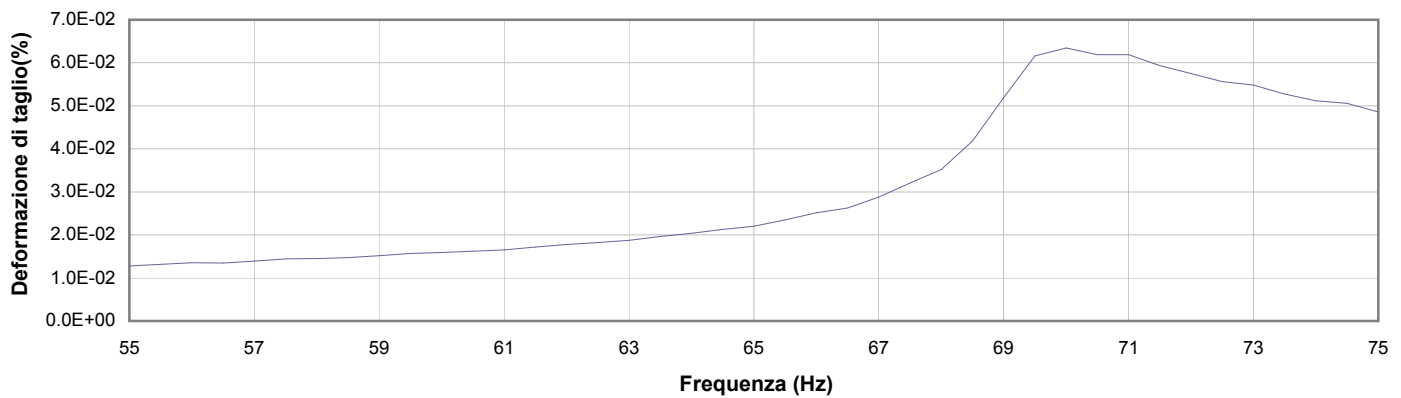
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

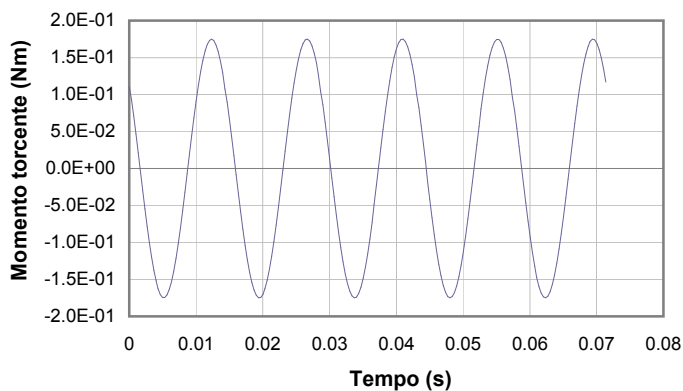
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

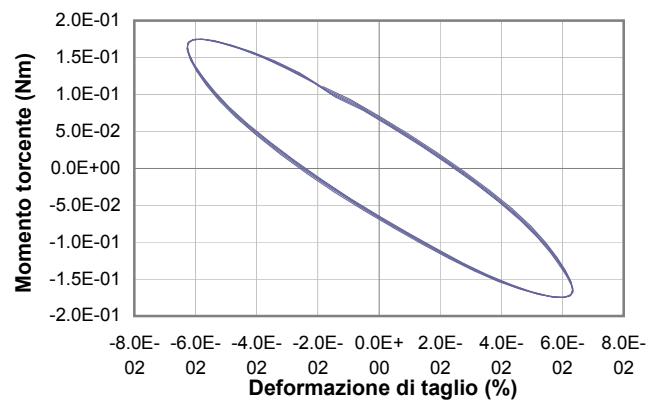
Test 13



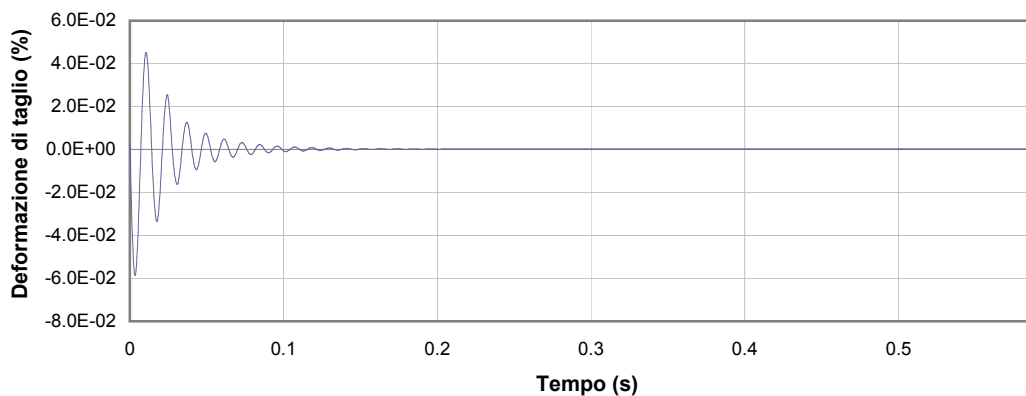
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

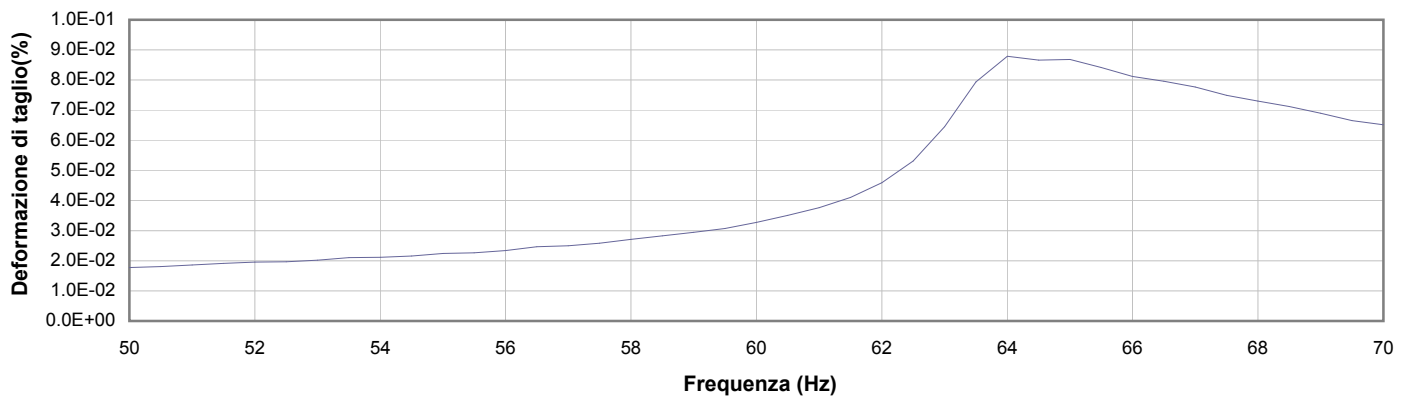
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

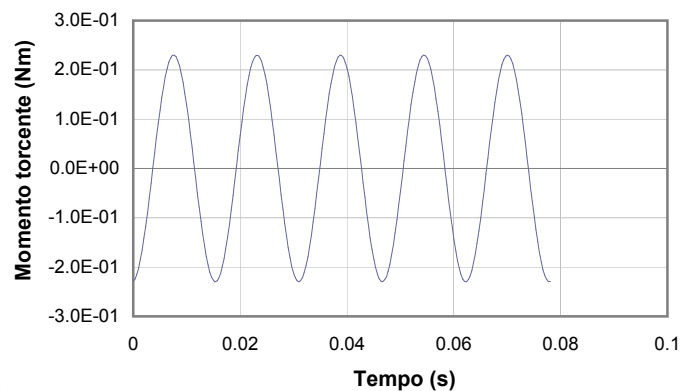
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

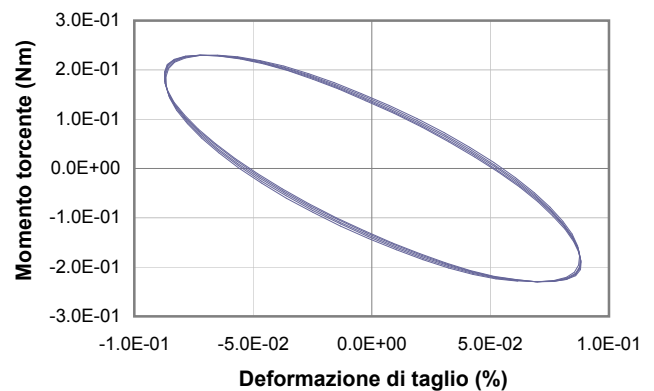
Test 14



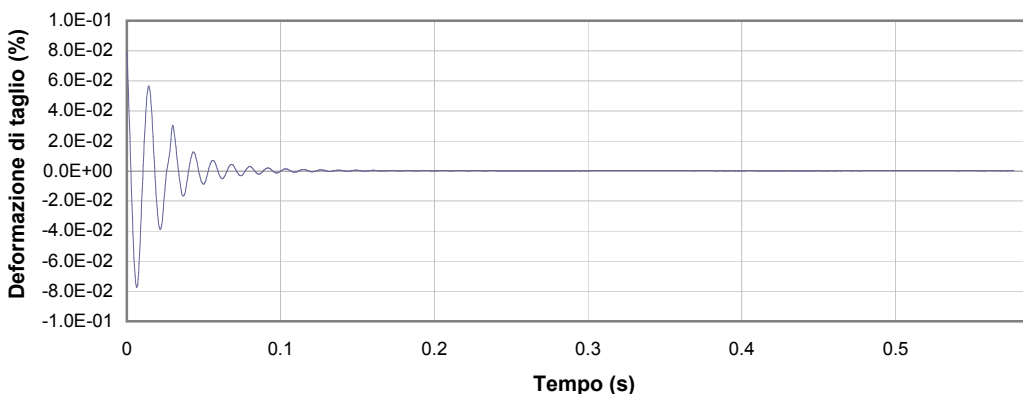
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

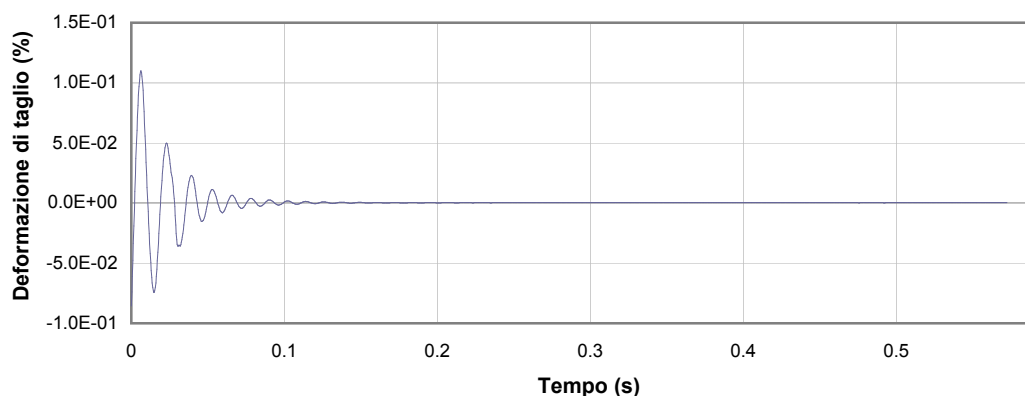
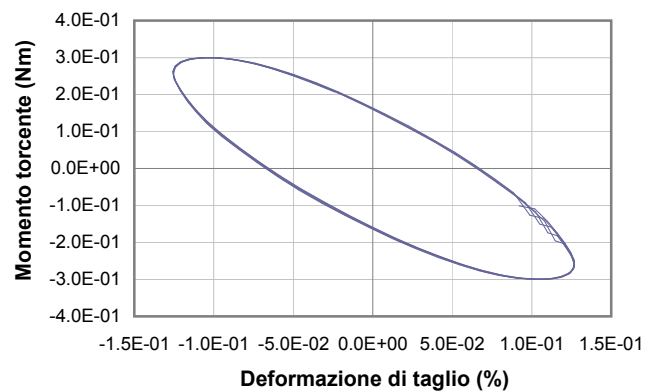
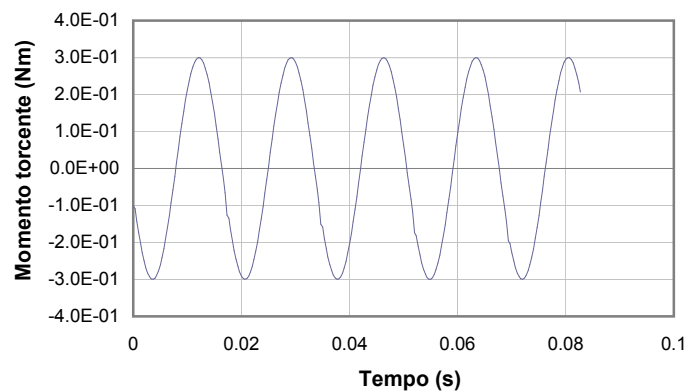
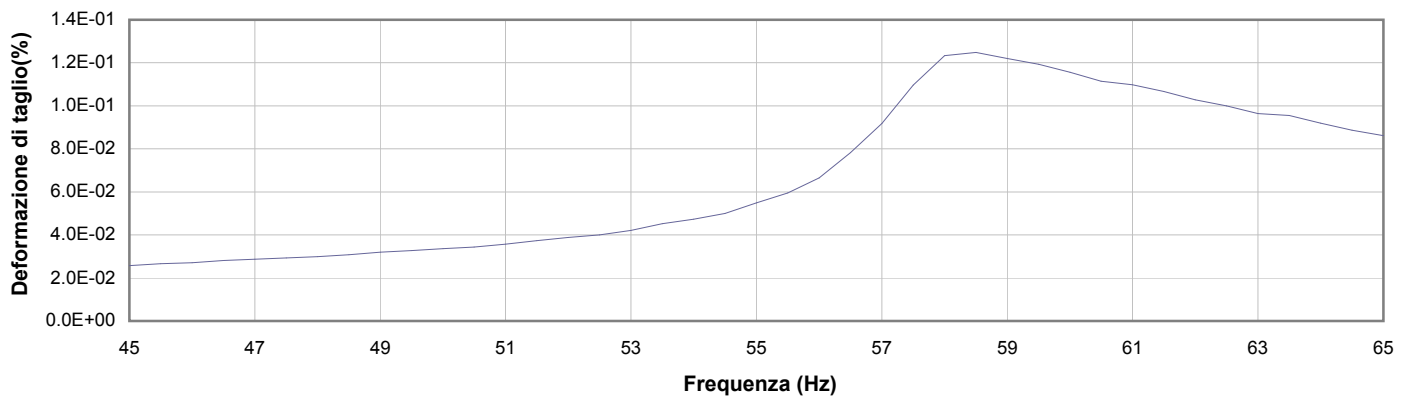
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

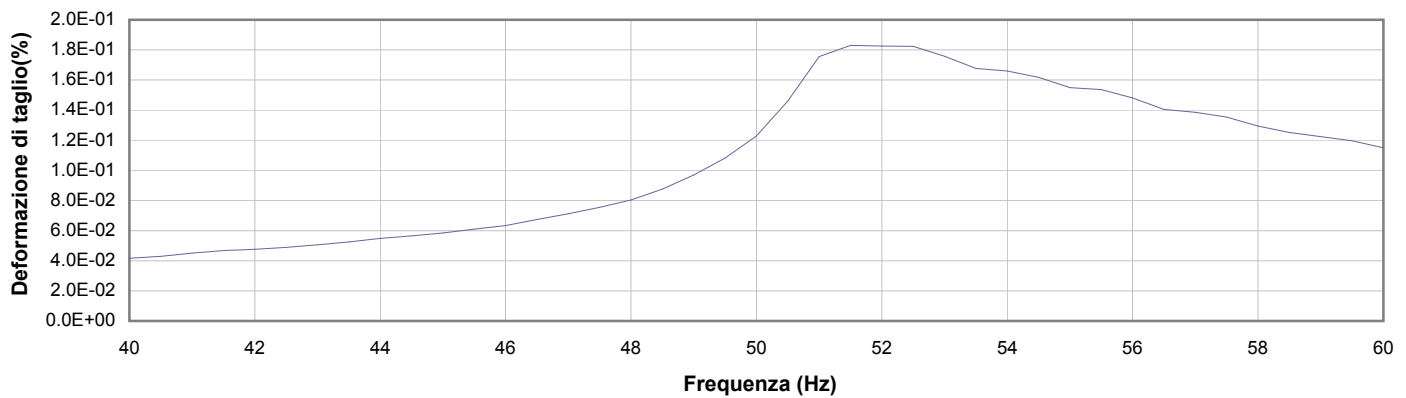
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

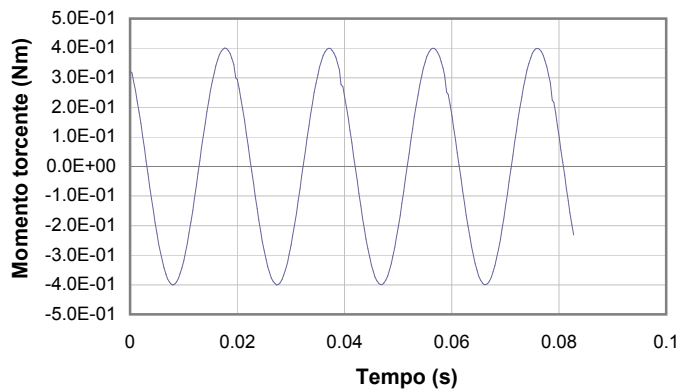
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

Test 16



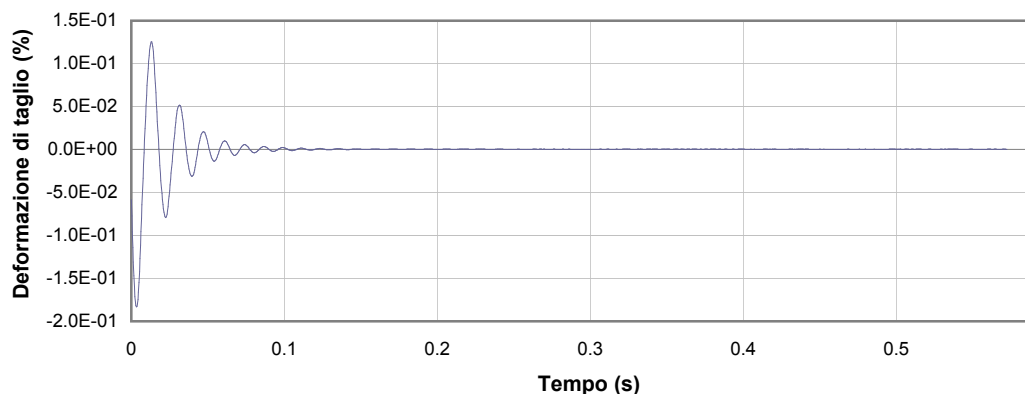
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH1**

Profondità (m): **4.00 - 4.60**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

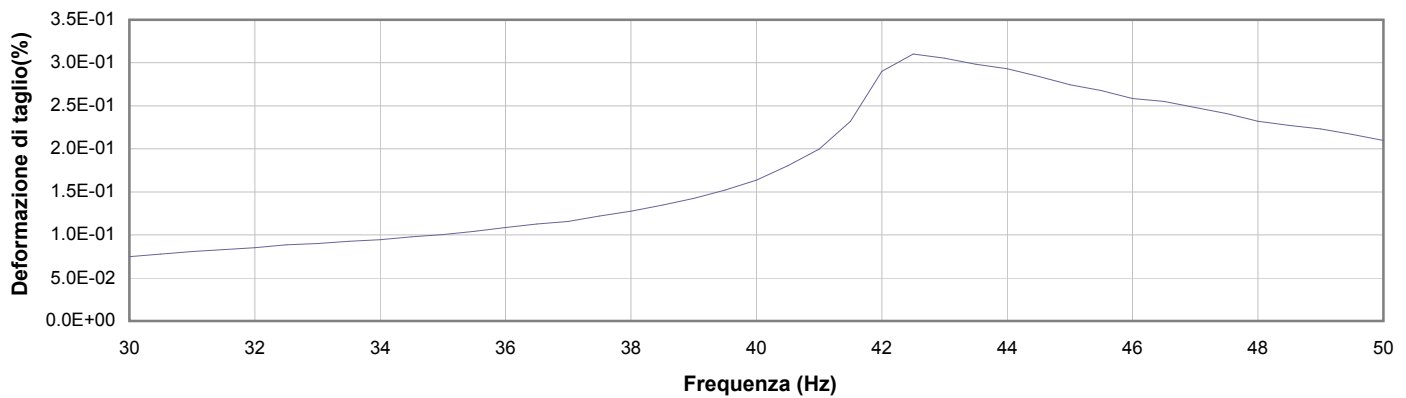
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

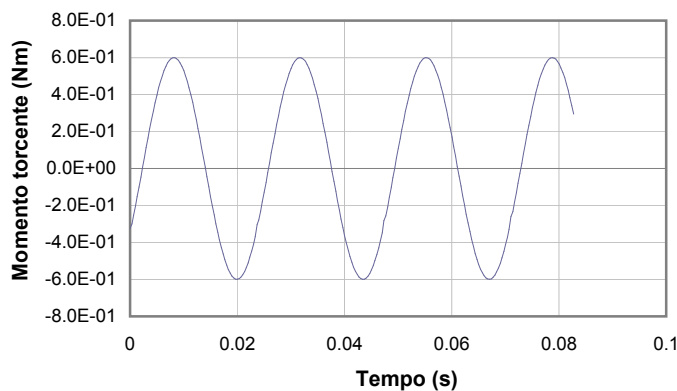
Data prova: **02/09/16**

Data emissione certificato:

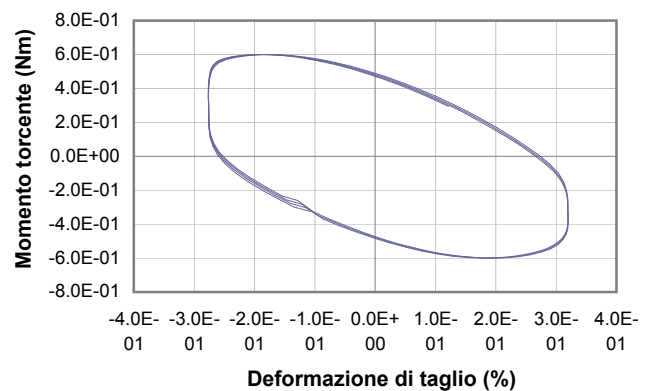
Test 17



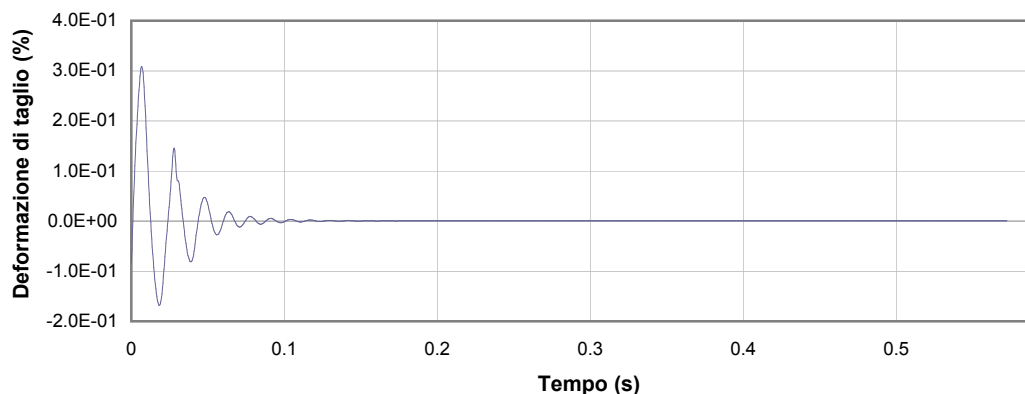
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

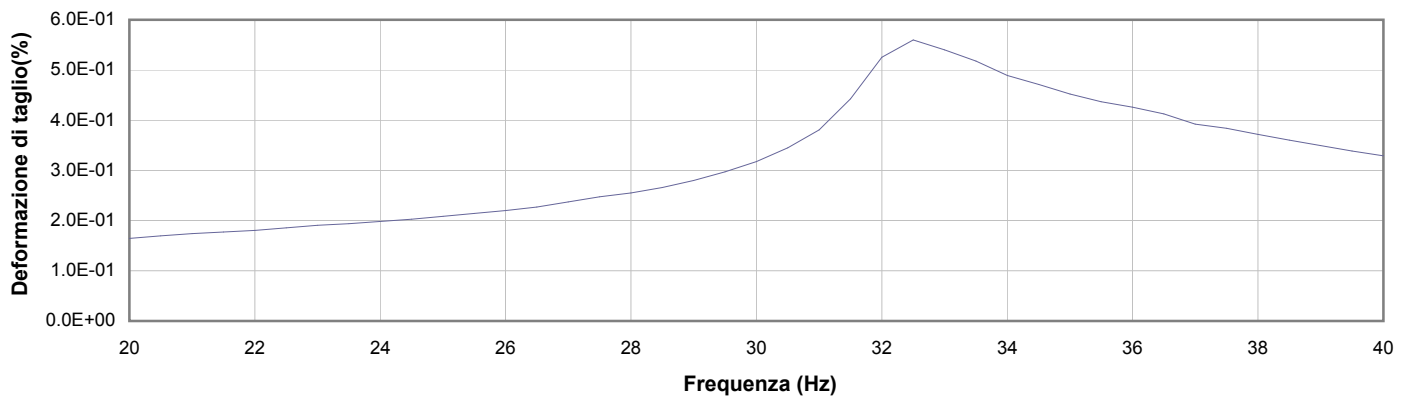
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

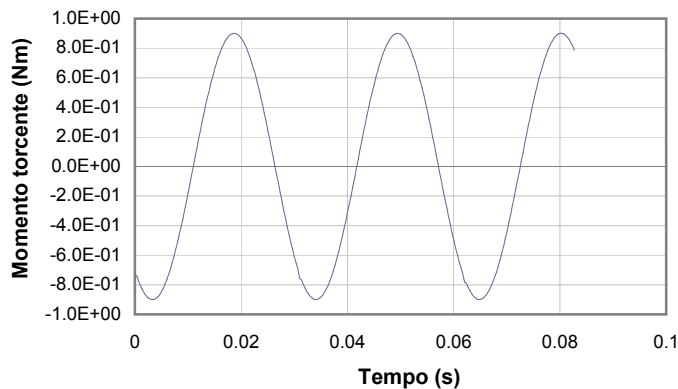
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

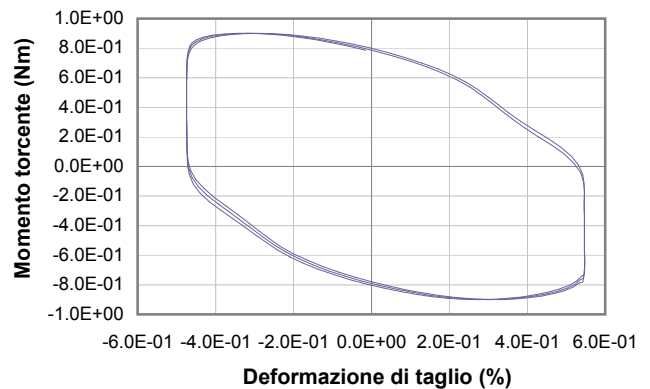
Test 18



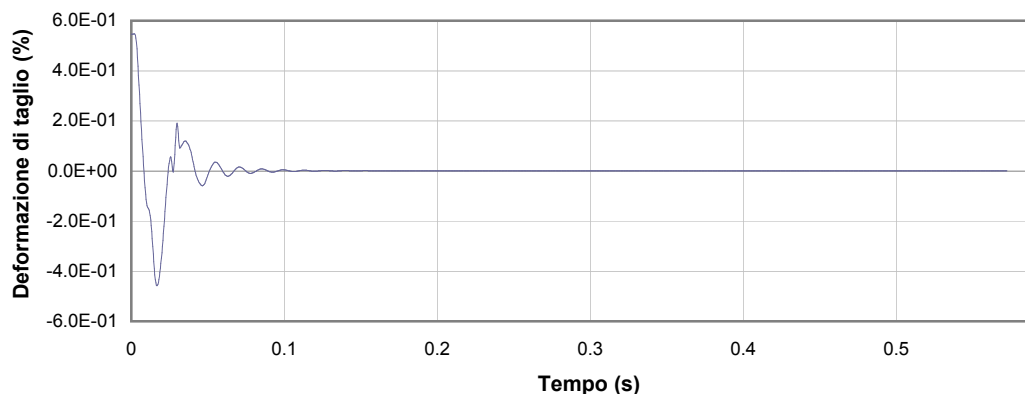
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 4.00 - 4.60

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

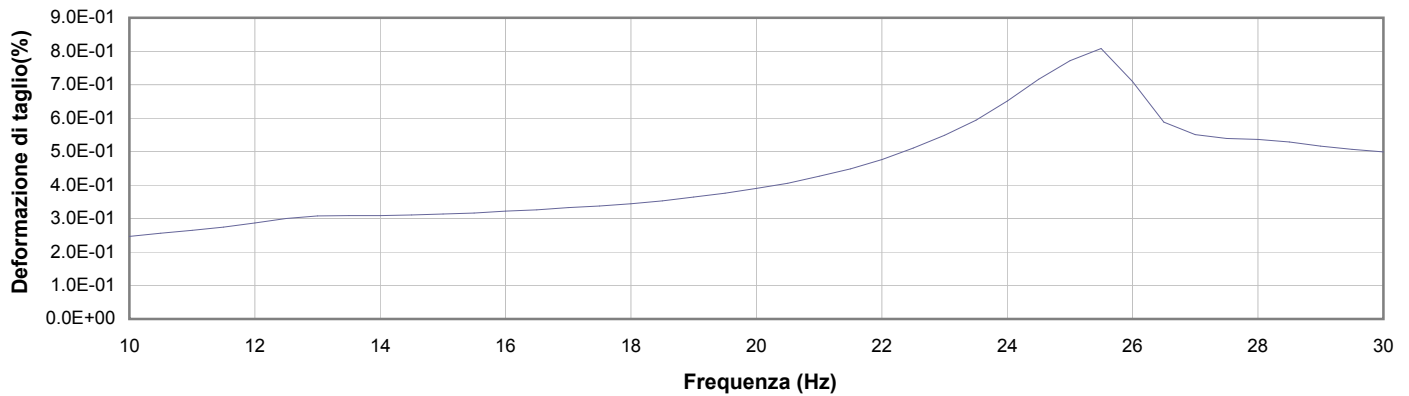
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

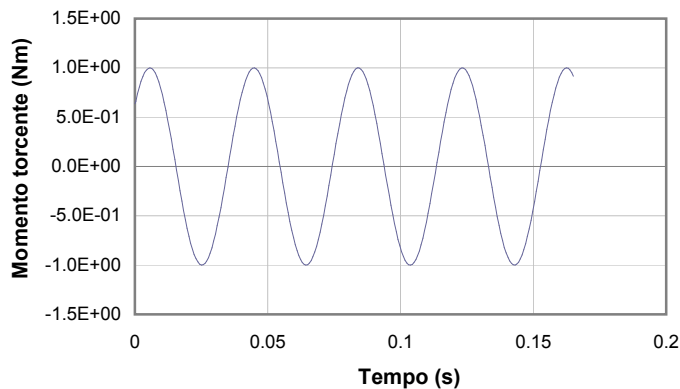
Data prova: 02/09/16

Data emissione certificato:

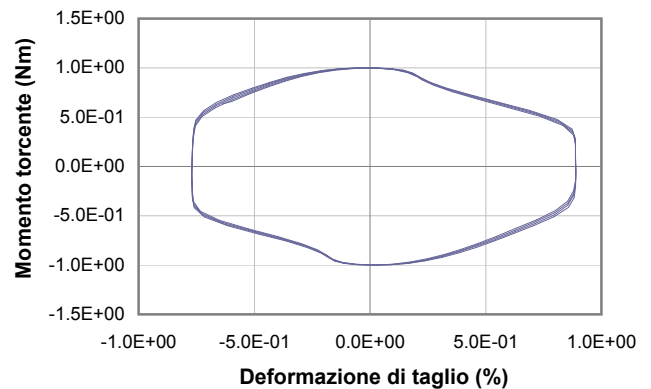
Test 19



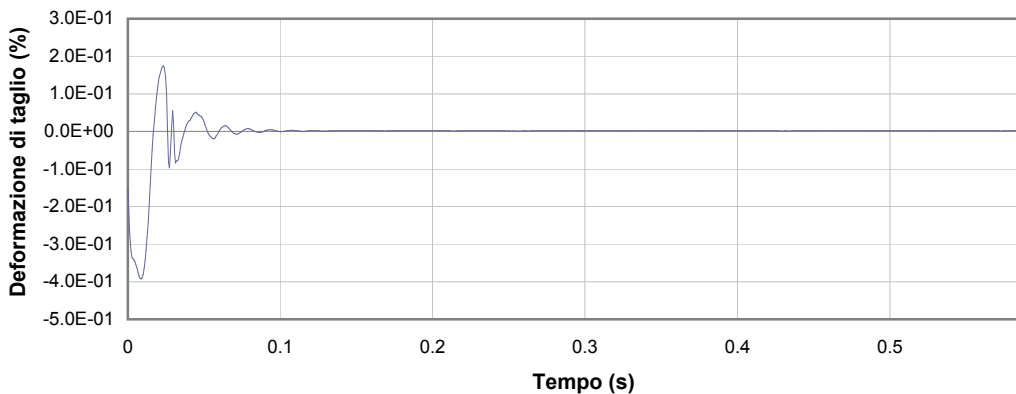
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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




SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE:	Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR
CANTIERE:	Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).
CAMPIONE:	S1SH2 m 21.50 - 22.10
COMMESSA:	14769/15
VERBALE ACC.:	379/16
DATA CONSEGNA:	24/08/16

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 21.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 56	GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1																													
	40	20	DESCRIZIONE: Argilla con limo grigio																														
			<table border="0"> <tr><td>W naturale (%)</td><td>30.3</td></tr> <tr><td>γ naturale (Mg/m³)</td><td>1.93</td></tr> <tr><td>γ secco (Mg/m³)</td><td>1.48</td></tr> <tr><td>γ immerso (Mg/m³)</td><td>0.93</td></tr> <tr><td>porosità (%)</td><td>45</td></tr> <tr><td>indice dei vuoti</td><td>0.82</td></tr> <tr><td>grado di saturazione (%)</td><td>100</td></tr> <tr><td>massa specifica (Mg/m³) (STIMATO)</td><td>2.700</td></tr> </table>		W naturale (%)	30.3	γ naturale (Mg/m ³)	1.93	γ secco (Mg/m ³)	1.48	γ immerso (Mg/m ³)	0.93	porosità (%)	45	indice dei vuoti	0.82	grado di saturazione (%)	100	massa specifica (Mg/m ³) (STIMATO)	2.700													
W naturale (%)	30.3																																
γ naturale (Mg/m ³)	1.93																																
γ secco (Mg/m ³)	1.48																																
γ immerso (Mg/m ³)	0.93																																
porosità (%)	45																																
indice dei vuoti	0.82																																
grado di saturazione (%)	100																																
massa specifica (Mg/m ³) (STIMATO)	2.700																																
22.10 basso	180	60	PROVE ESEGUITE																														
			<table border="0"> <tr><td>Umidità Naturale</td><td>SI</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>-</td></tr> <tr><td>Peso di Volume</td><td>SI</td><td>Espansione L.L.</td><td>-</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	SI	Trassiale UU	-	Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-	Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-	Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	-	Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-	Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-	Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI	
Umidità Naturale	SI	Trassiale UU	-																														
Limiti Atterberg	SI	Trassiale CIU	-																														
Gran. Setacciatura	SI	Edometria	-																														
Gran. Sedimentazione	SI	Taglio Diretto	-																														
Peso di Volume	SI	Espansione L.L.	-																														
Peso Specifico	-	Trassiale Cicl. + C.M.	-																														
Analisi Chimica	-	Colonna Risonante	SI																														
		Taglio Torsionale Cicl.	-																														
NOTE: -																																	

lo Sperimentatore
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

CANTIERE: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

CAMPIONE: **S1SH2 m 21.50 - 22.10**

COMMESSA: 14769/15

DURATA PROVE:

24/08 - 22/11/16

VERBALE ACC.: 379/16

DATA CONSEGNA:

24/08/16

GEO - CERT. n°: 0

rev.00 del:

00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	403.33	446.76
TERRA UMIDA (g)	648.8	1131.12
TERRA ESSICATA* (g)	591.9	971.62
UMIDITA' DETERMINATA (%)	30.2	30.4
UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	30.3

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**
CANTIERE: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**
CAMPIONE: **S1SH2 m 21.50 - 22.10**
COMMESSA: 14769/15 DURATA PROVE: 24/08 - 22/11/16
VERBALE ACC.: 379/16 DATA CONSEGNA: 24/08/16
GEO - CERT. n°: 0 rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo grigio

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	594.60	50.24
ALTEZZA (cm)	14.00	2.00
DIAMETRO (cm)	7.00	5.00
MASSA LORDA (g)	1631.68	126.42
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.92	1.94

MEDIA (Mg/m³)	=	1.93
---------------------------------	----------	-------------

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

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

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

COMMITTENTE:	Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR		
CANTIERE:	Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).		
CAMPIONE:	S1SH2	m 21.50 - 22.10	
COMMESSA:	14769/15	DURATA PROVE:	24/08 - 22/11/16
VERBALE ACC.:	379/16	DATA CONSEGNA:	24/08/16
GEO - CERT. n°:	0	rev.00 del:	00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

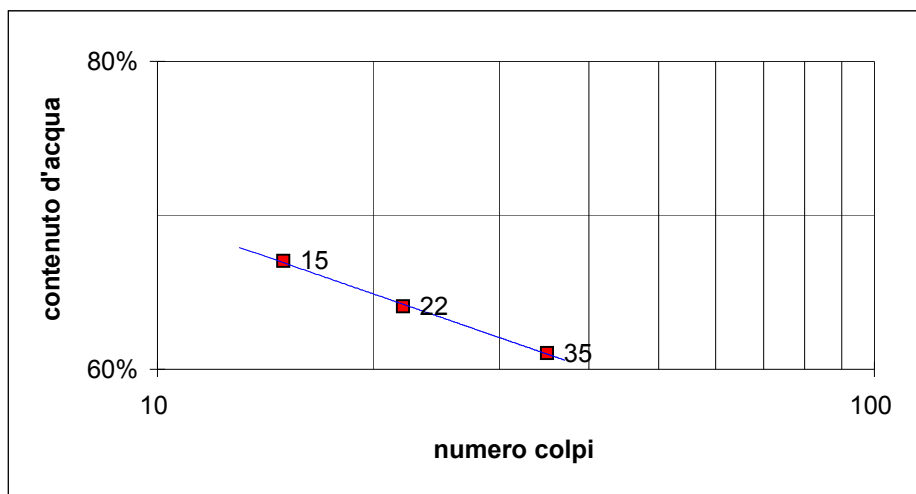
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo grigio

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	35	22	15			
massa umida+ tara (g)	22.05	31.00	20.28	12.40	18.34	648.80
massa secca+ tara (g)	14.76	19.77	13.07	10.16	14.72	591.90
acqua contenuta (g)	7.29	11.23	7.21	2.24	3.62	56.90
tara (g)	2.82	2.24	2.31	2.33	2.23	403.33
peso secco (g)	11.94	17.53	10.76	7.83	12.49	188.57
contenuto d'acqua	61.1%	64.1%	67.0%	28.6%	29.0%	30.2%

Umidità Naturale	Wn =	30%
Limite Liquido	LL =	63%
Limite Plastico	LP =	29%
Indice Plastico	IP =	35%


 lo Sperimentatore:
 dott.geol. Luciano Rossi

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



elletipi s.r.l.

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® 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: Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR

CANTIERE: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

CAMPIONE: S1SH2 m 21.50 - 22.10

COMMESSA: 14769/15

DURATA PROVE: 24/08 - 22/11/16

VERBALE ACC.: 379/16

DATA CONSEGNA: 24/08/16

GEO - CERT. n°: 0

rev.00 del: 00/01/00

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

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

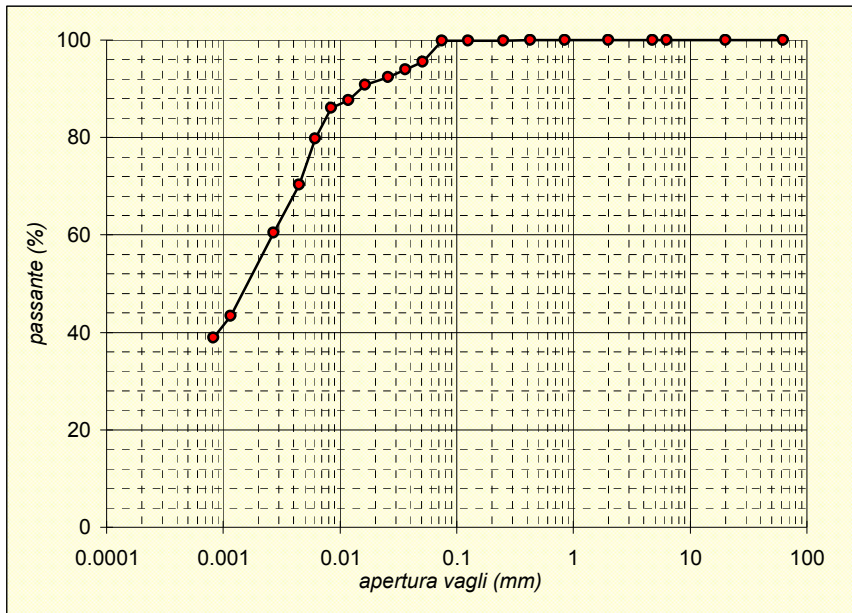
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo grigio

codici	vaglic	trattenut	trattenut	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio	63	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	20	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.00	0.00	100.00
292	setaccio	0.850	0.00	0.00	100.00
293	setaccio	0.425	0.08	0.04	99.96
282	setaccio	0.250	0.05	0.03	99.93
283	setaccio	0.125	0.06	0.03	99.90
286	setaccio	0.075	0.10	0.05	99.85
-	calcolato	0.0511	8.08	4.29	95.56
-	calcolato	0.0364	2.98	1.58	93.98
-	calcolato	0.0259	2.98	1.58	92.40
-	calcolato	0.0165	2.98	1.58	90.82
-	calcolato	0.0118	5.96	3.16	87.65
-	calcolato	0.0084	2.98	1.58	86.07
-	calcolato	0.0061	11.93	6.33	79.75
-	calcolato	0.0045	17.89	9.49	70.26
-	calcolato	0.0027	18.41	9.76	60.50
-	calcolato	0.0012	32.28	17.12	43.38
-	calcolato	0.0008	8.42	4.47	38.91
	fondo	73.38	38.91	100.00	0.00
TOTALE		188.57			

φ max (mm) = 0.5

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro	50.01		
° C	Tempo (s)	Letture	
24	30	33.0	
24	60	32.5	
24	120	32.0	
24	300	31.5	
24	600	30.5	
24	1200	30.0	
24	2400	28.0	
24	4800	25.0	
23.5	14400	22.0	
24	86400	16.5	
24.5	172800	15.0	
Rapporti granulometrici			
USCS			UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm	
	0.0%	0.0%	
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm	
	0.2%	2.1%	
LIMO	> 2 μ	> 2 μ	
	45.4%	43.4%	
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ	
	54.5%	54.5%	



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore
dott.geol. Luciano Ross

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagno

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

DATI INIZIALI

Altezza: **140.00** mm
Diametro: **70.00** mm
Raggio eq.: **24.745** mm
Massa: **1037.1** g
W: **30.2** %
γ: **18.88** kN/m³
γ_s: **14.51** -
e: **0.83** -

DATI DI PROVA

Tipo di campione: **Argilla con limo grigio**
Fattore Raggio Eq.: **0,707** -
Coefficiente B: **0.94** %
Pressione cella: **665** kPa
Contropressione: **450** kPa

DATI FINALI

Altezza: **136.10** mm
Diametro: **67.97** mm
Raggio eq.: **24.030** mm
Massa: **992.1** g
W: **25.4** %
γ: **20.09** kN/m³
γ_s: **16.03** -
e: **0.68** -

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V _s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ ³
Test 1*	164.50	0.0003	2.70E-05	202.65	79.04	1.000	1.18	0.000
Test 2	164.50	0.0007	6.40E-05	202.65	79.04	1.000	1.25	0.000
Test 3	164.50	0.0010	9.40E-05	202.65	79.04	1.000	1.25	0.000
Test 4	164.50	0.0030	2.67E-04	202.65	79.04	1.000	1.29	0.000
Test 5	162.50	0.0060	5.72E-04	200.19	77.13	0.976	1.29	0.000
Test 6	161.50	0.0090	8.83E-04	198.96	76.19	0.964	1.37	0.000
Test 7	160.50	0.0300	1.64E-03	197.73	75.25	0.952	1.53	0.000
Test 8	159.00	0.0500	3.91E-03	195.88	73.85	0.934	1.73	0.000
Test 9	155.50	0.0700	5.75E-03	191.57	70.63	0.894	1.94	0.007
Test 10	152.50	0.1000	8.13E-03	187.87	67.93	0.859	2.13	0.011
Test 11	148.50	0.1499	1.22E-02	182.94	64.42	0.815	2.43	0.018
Test 12	142.00	0.2494	1.81E-02	174.93	58.90	0.745	2.87	0.022
Test 13	134.00	0.4000	2.73E-02	165.08	52.45	0.664	4.63	0.031
Test 14	124.00	0.6000	3.55E-02	152.76	44.91	0.568	5.58	0.043
Test 15	113.50	0.8998	4.52E-02	139.82	37.63	0.476	8.74	0.065
Test 16	102.50	1.2000	5.73E-02	126.27	30.69	0.388	10.92	0.097
Test 17	93.00	1.5000	7.11E-02	114.57	25.26	0.320	11.63	0.131
Test 18	84.50	1.7489	8.63E-02	104.10	20.86	0.264	12.07	0.169
Test 19	78.00	1.8999	9.92E-02	96.09	17.77	0.225	12.80	0.187
Test 20	75.00	1.9959	1.09E-01	92.39	16.43	0.208	13.18	0.208

* Test 1 corrispondente al valore G₀

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

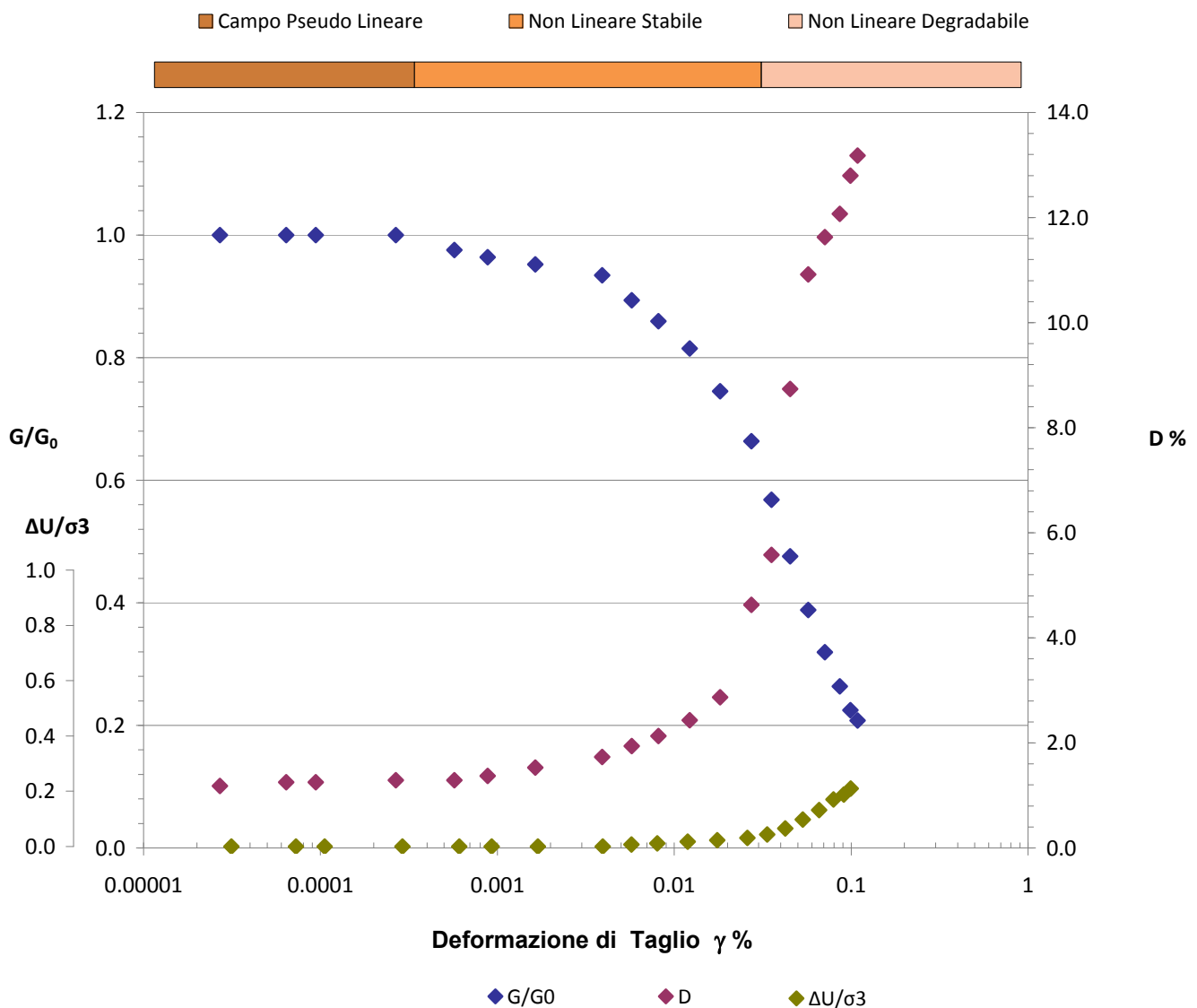
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

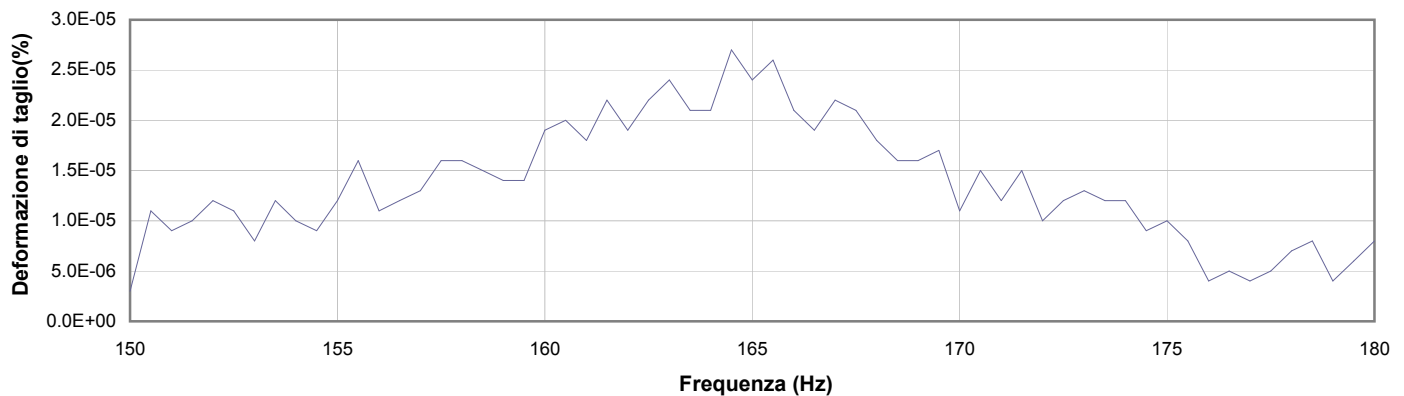
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

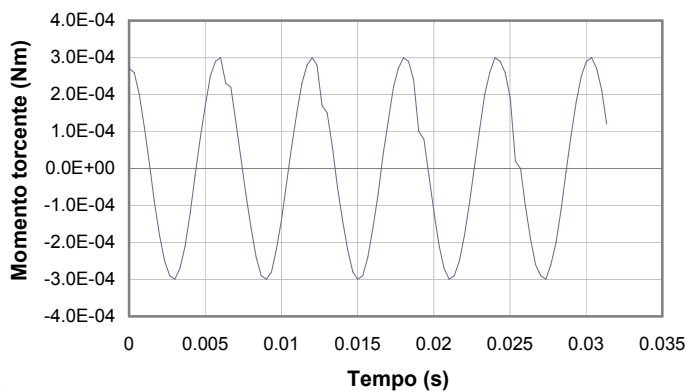
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

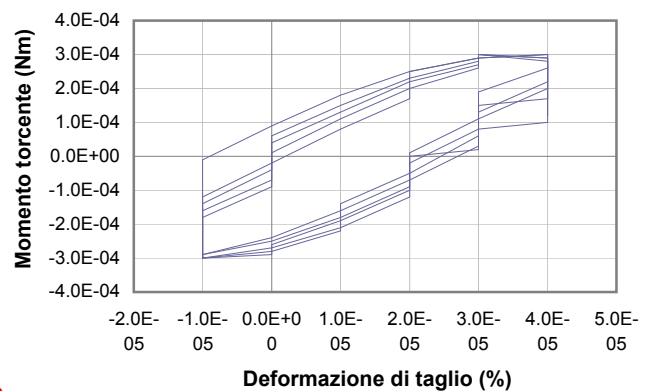
Test 1



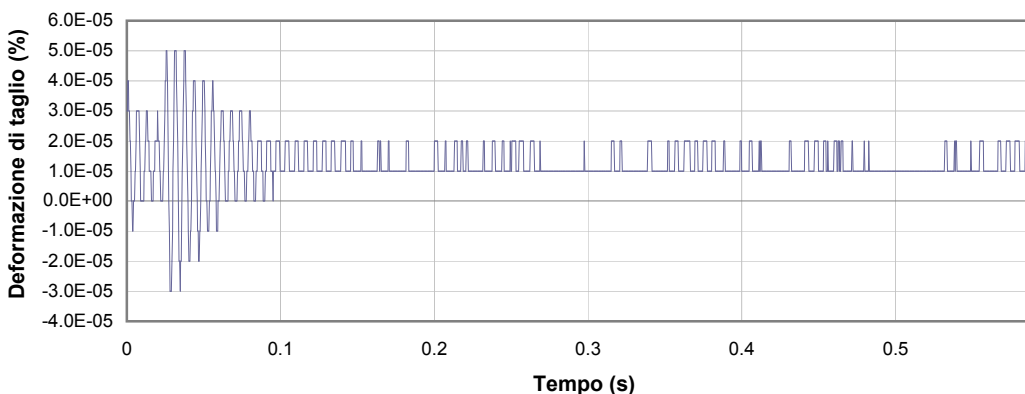
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

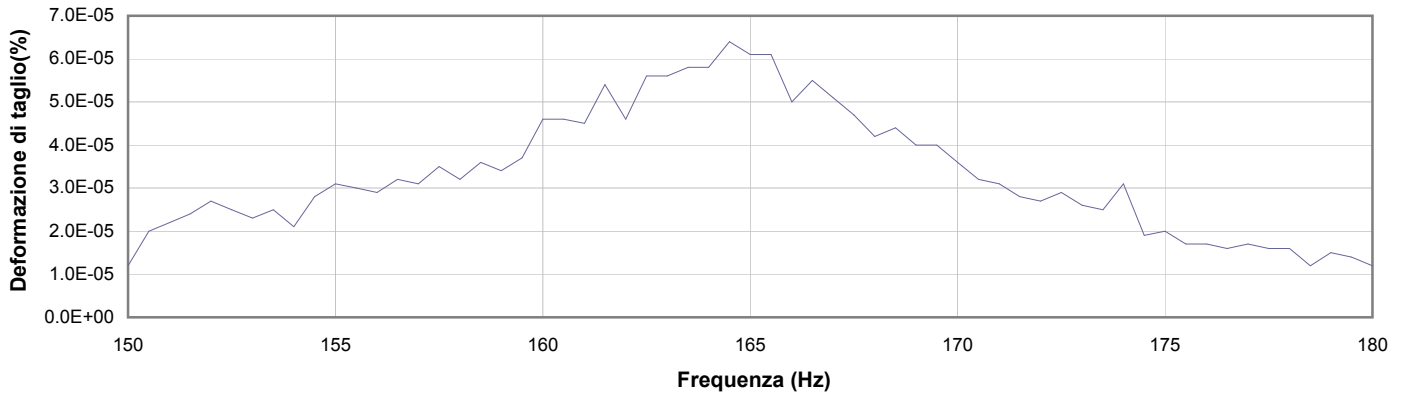
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

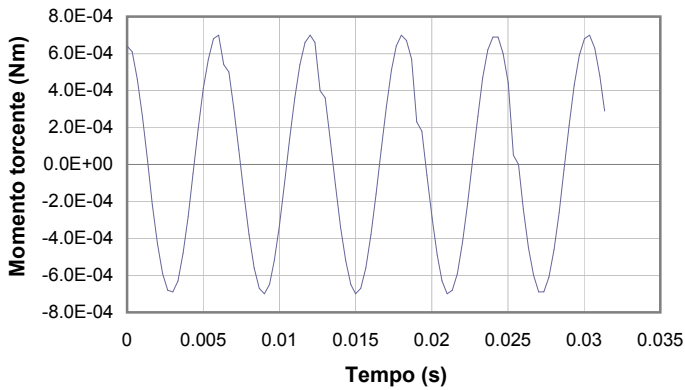
Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

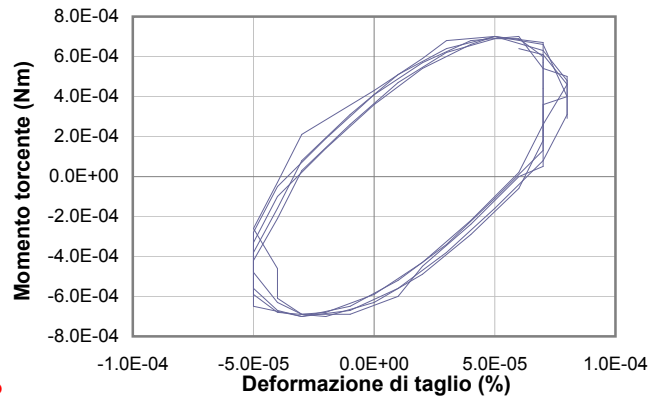
Test 2



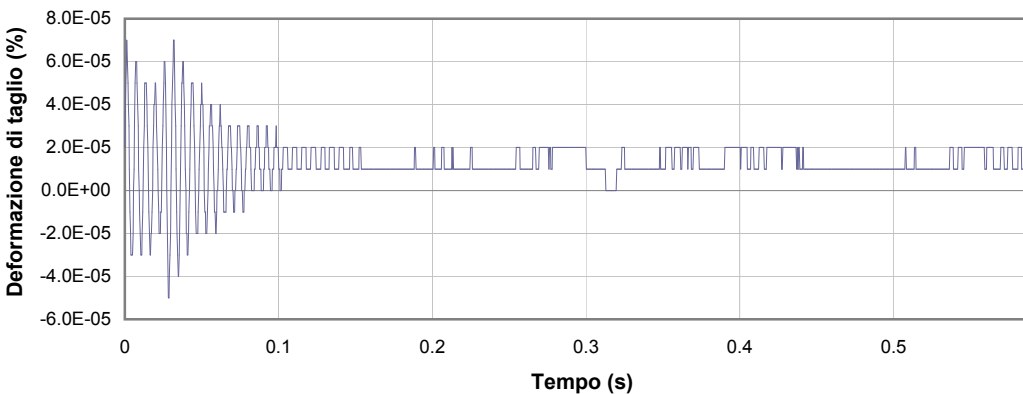
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

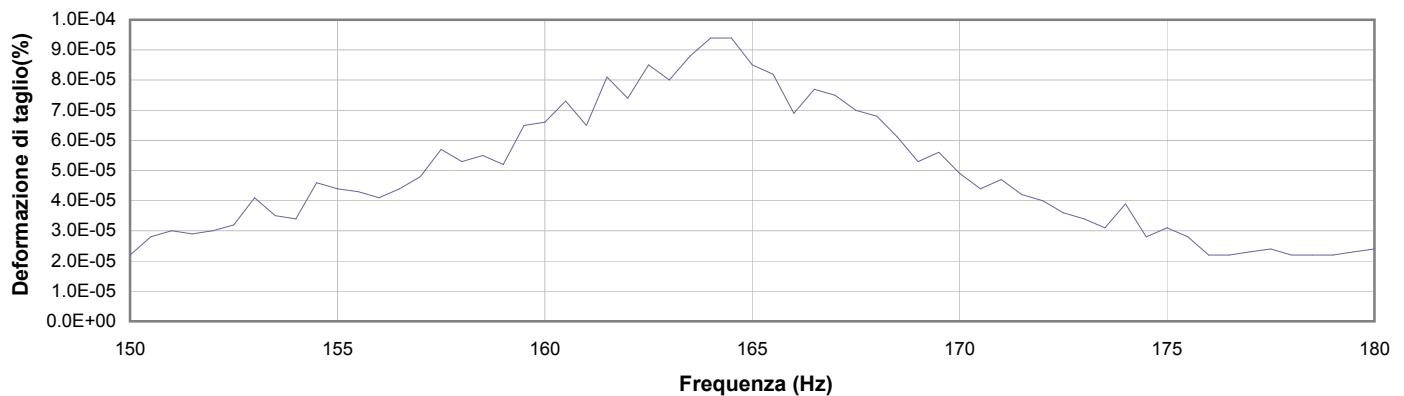
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

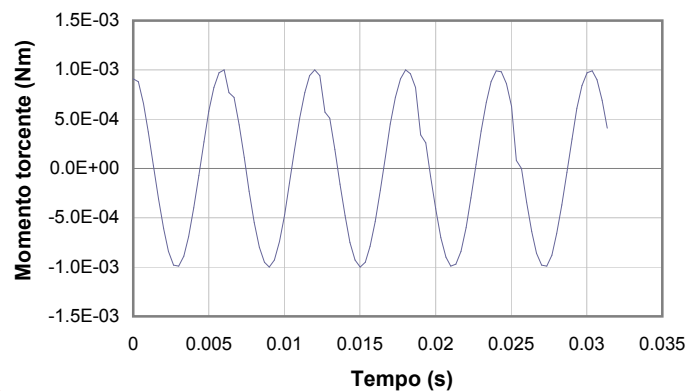
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

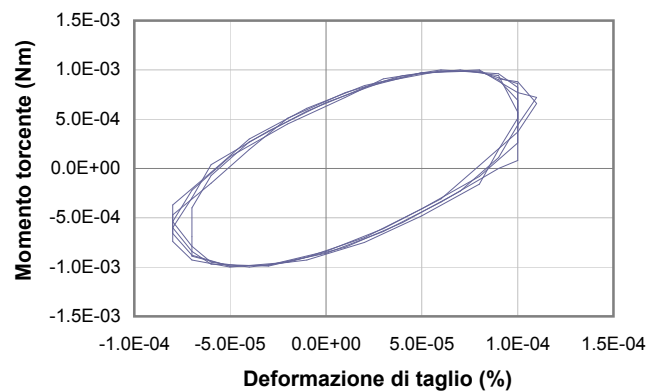
Test 3



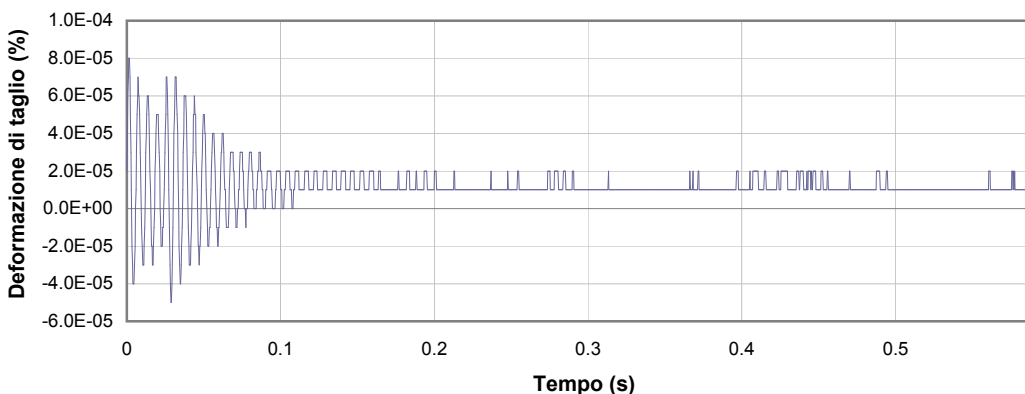
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

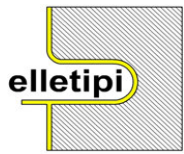
2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

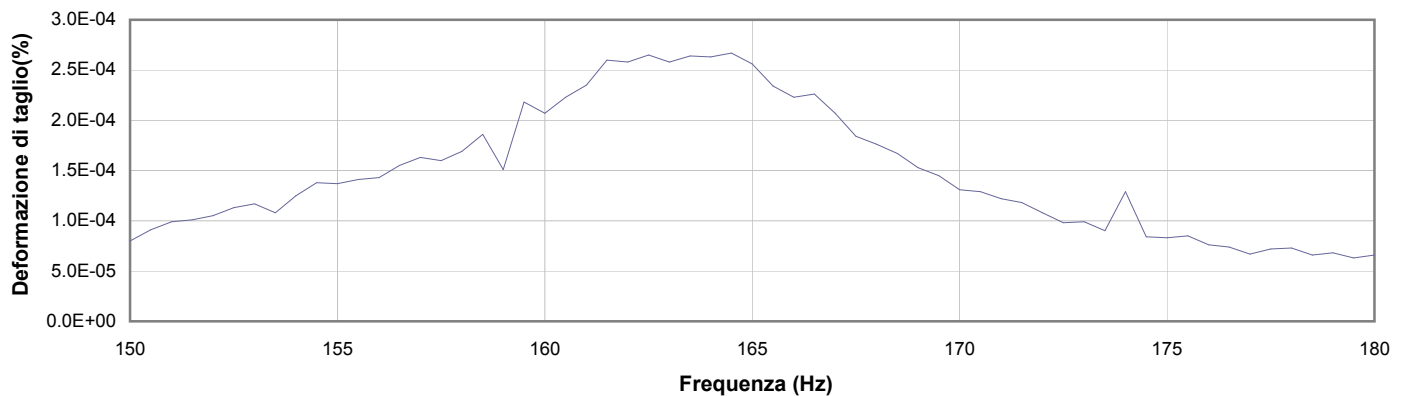


®

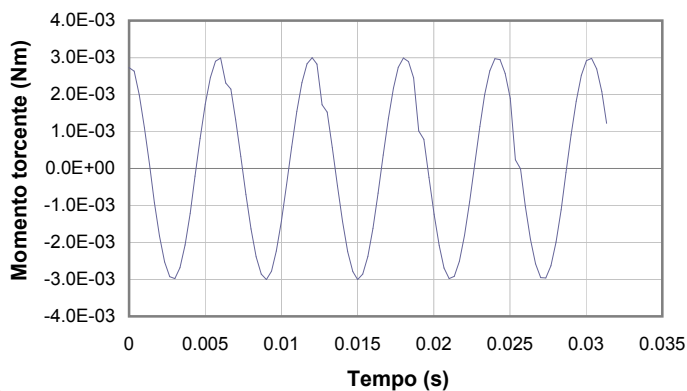
elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

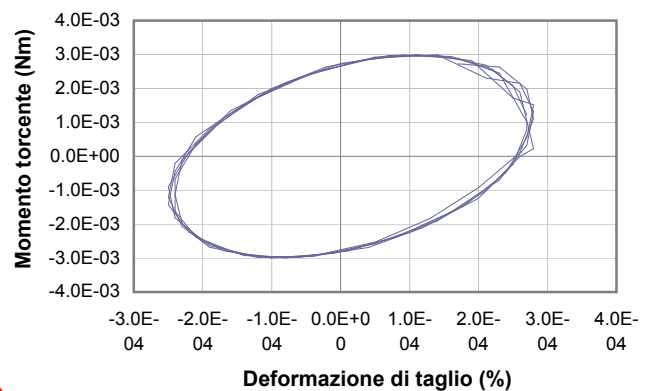
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.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:** Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**Località:** POVIGLIO**Cantiere:** Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**Sondaggio:** S1**Campione:** SH2**Profondità (m):** 21.50 - 22.10**Certificato di prova N°:****Verbale di accettazione N°:** 379/16**Commessa:** 14769/16**Data ricevimento campione:** 24/08/16**Data prova:** 17/11/16**Data emissione certificato:****Test 4**

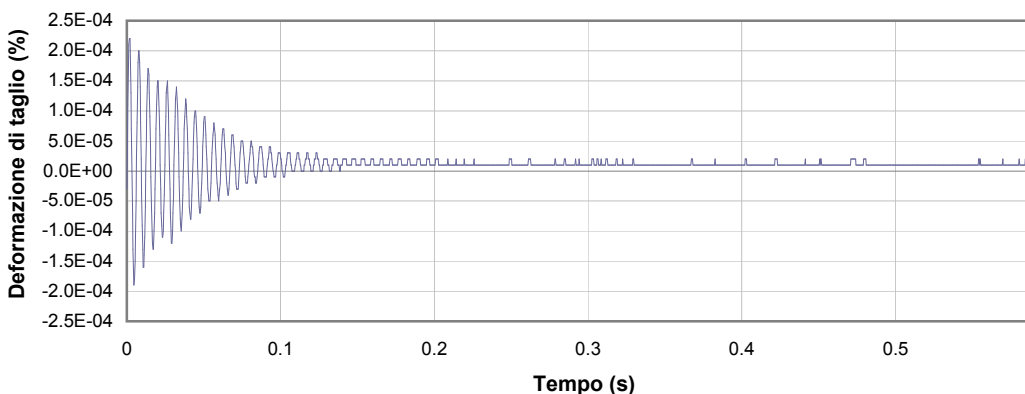
1



2



3



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. Luciano RossiIl Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

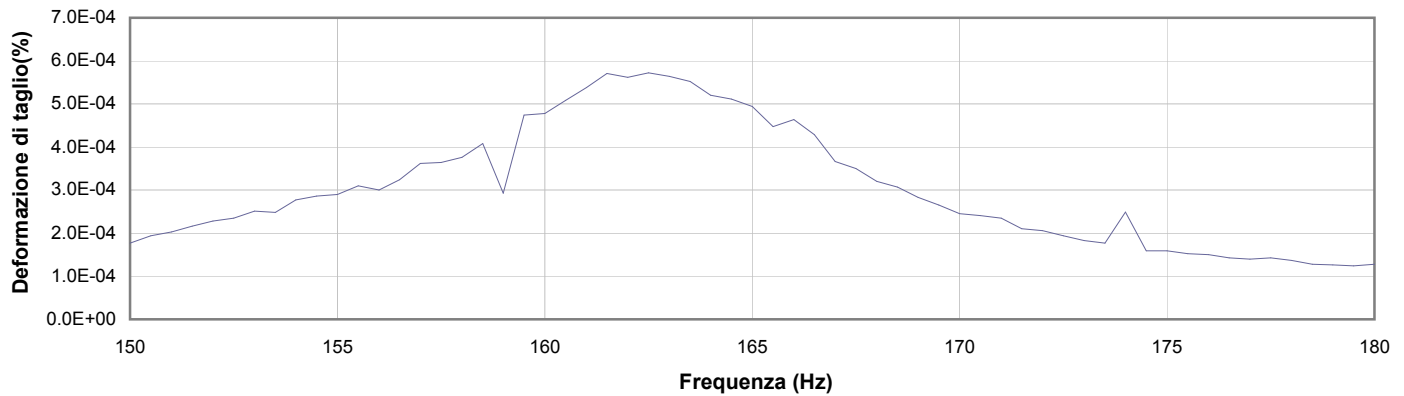
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

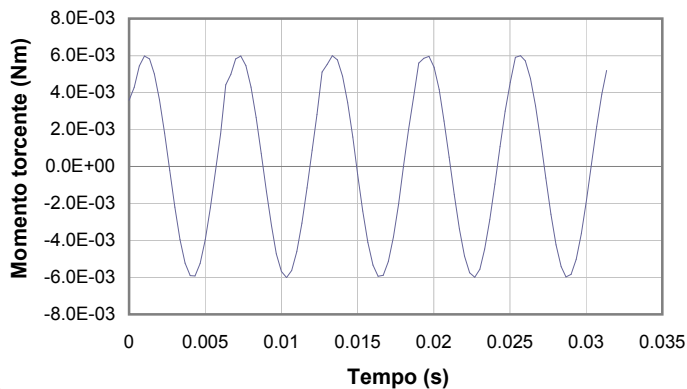
Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

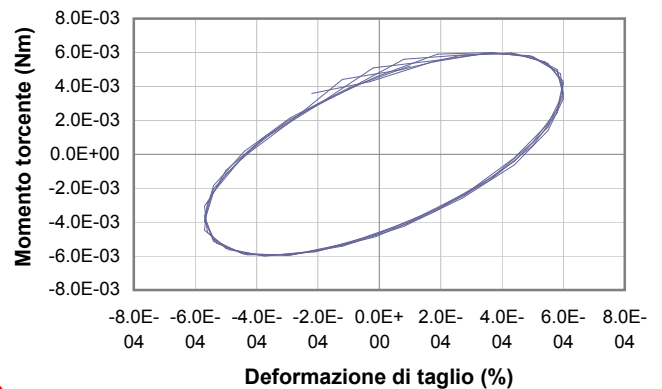
Test 5



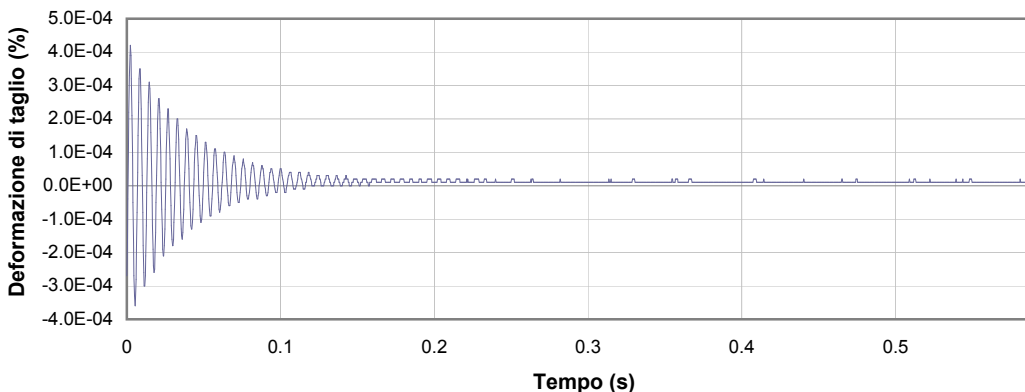
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

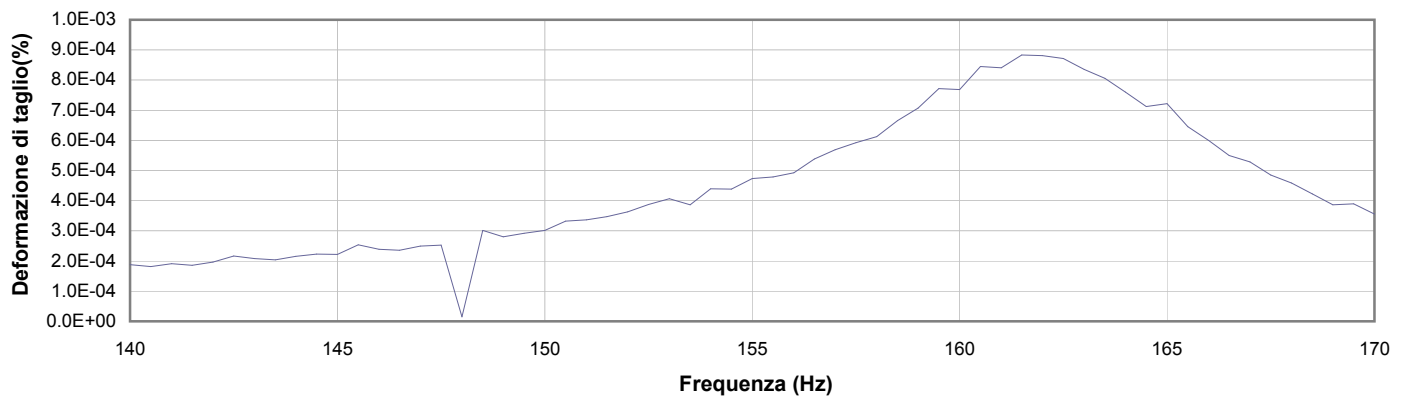
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

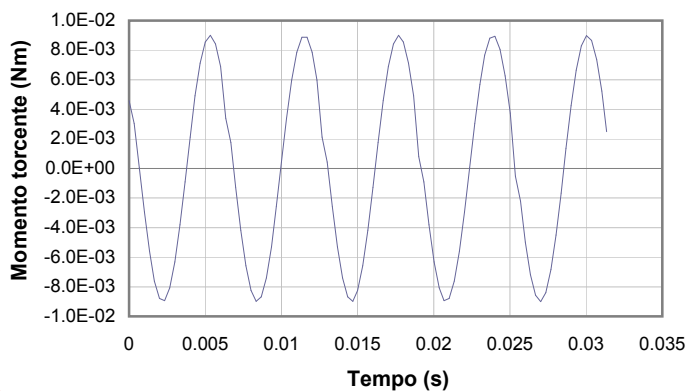
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

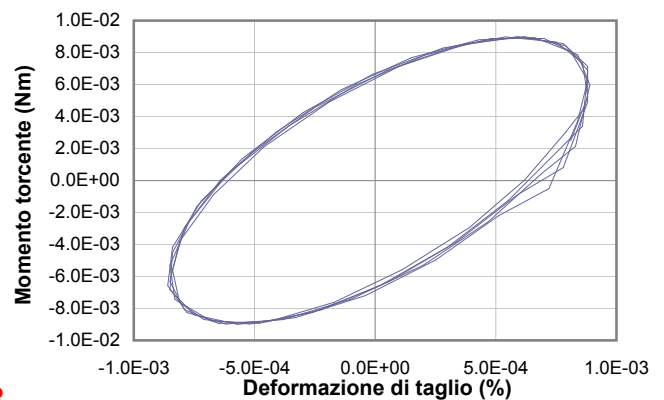
Test 6



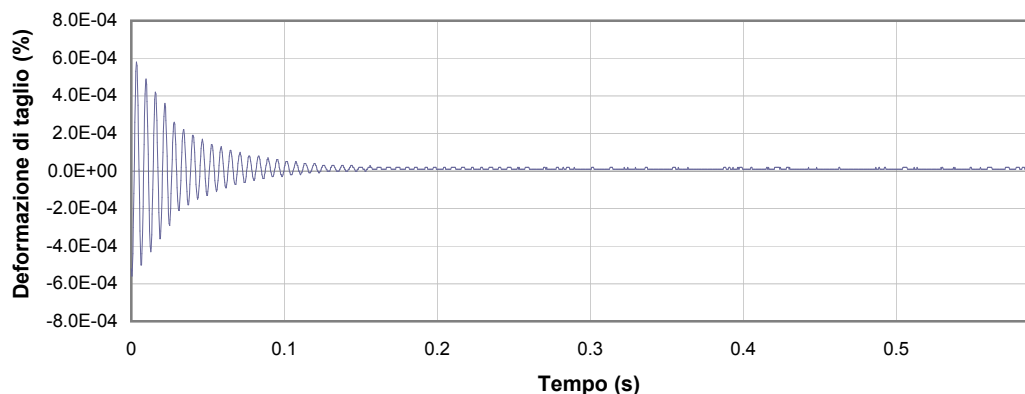
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

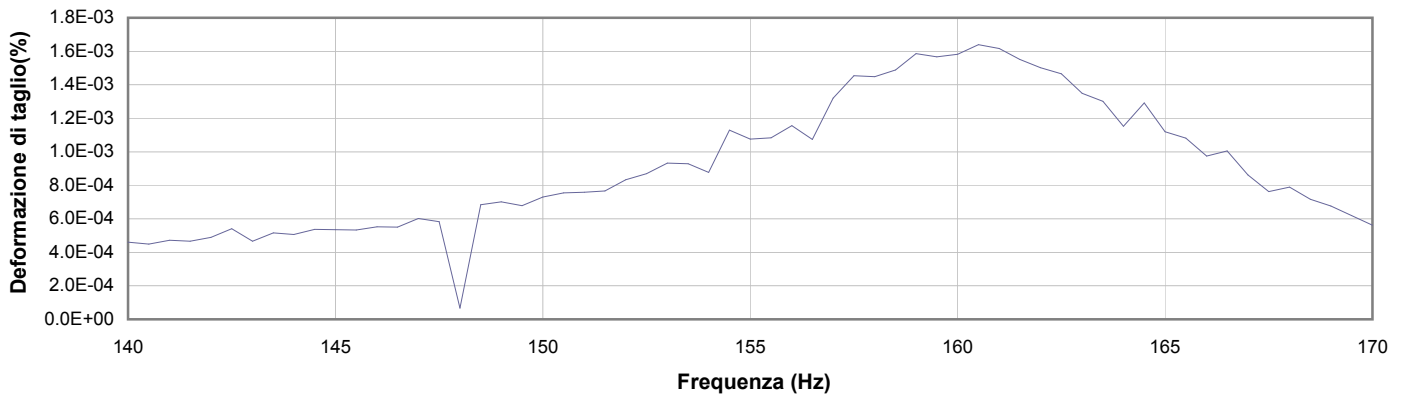
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

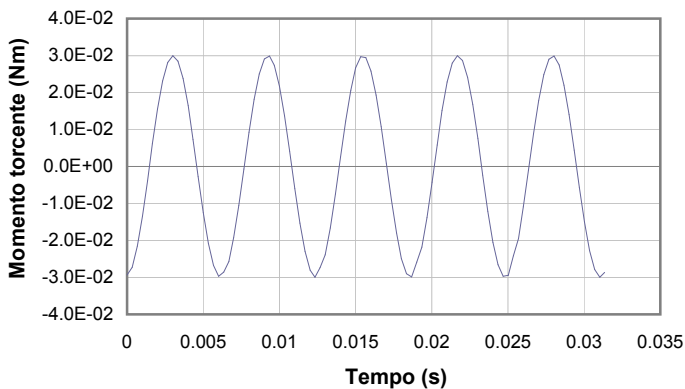
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

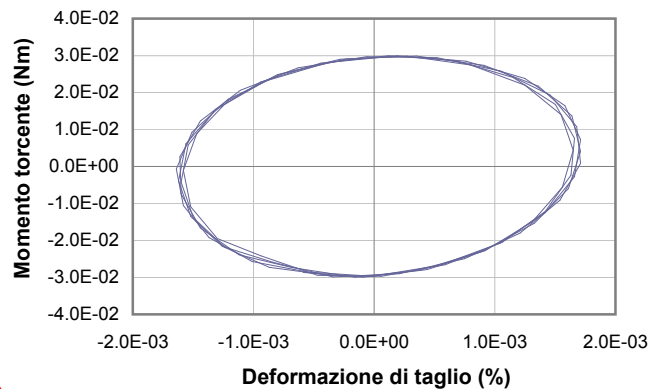
Test 7



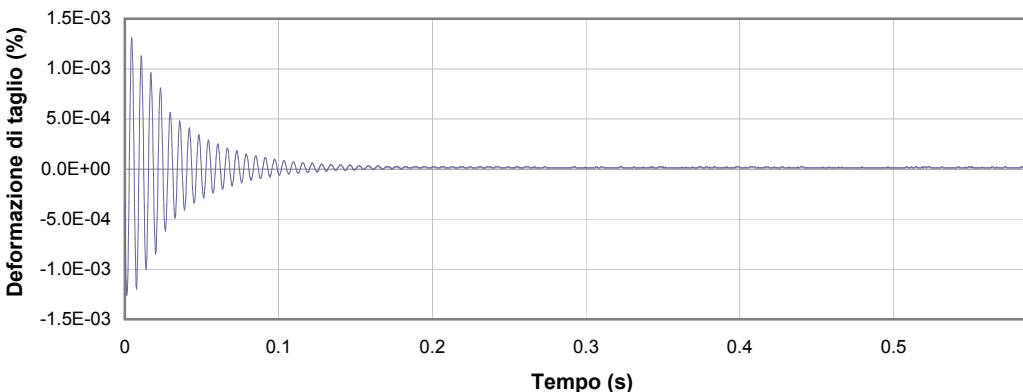
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

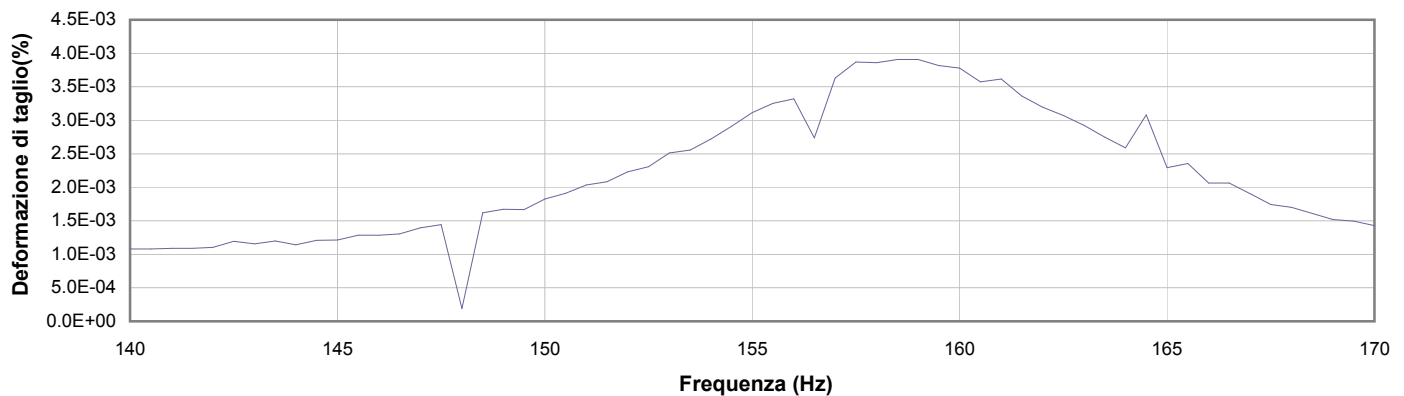
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

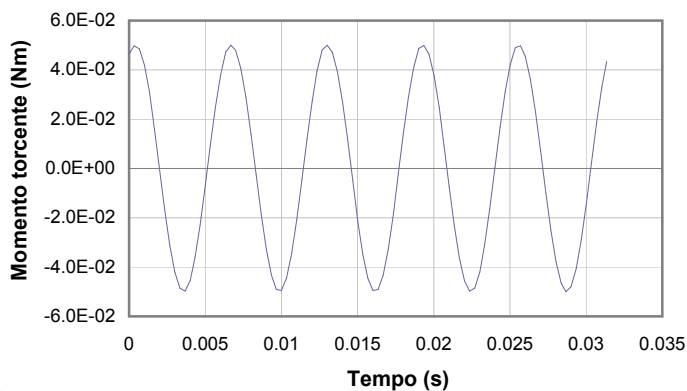
Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

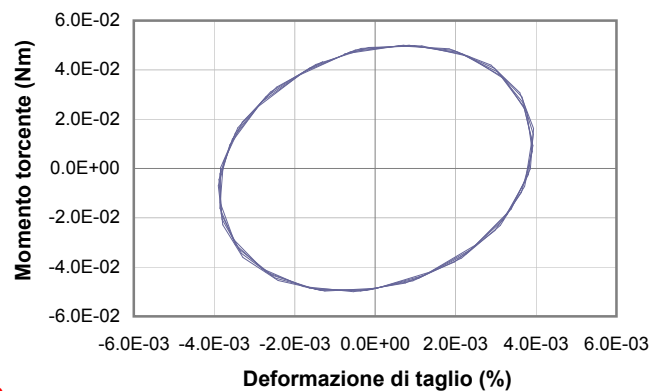
Test 8



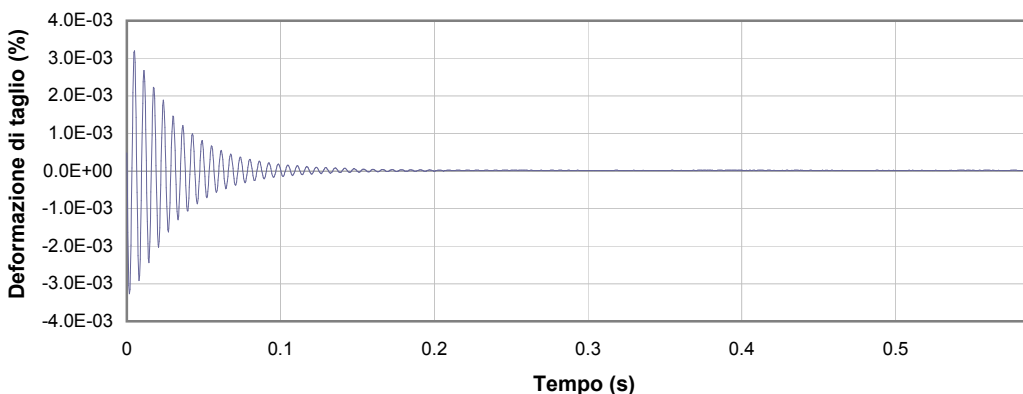
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

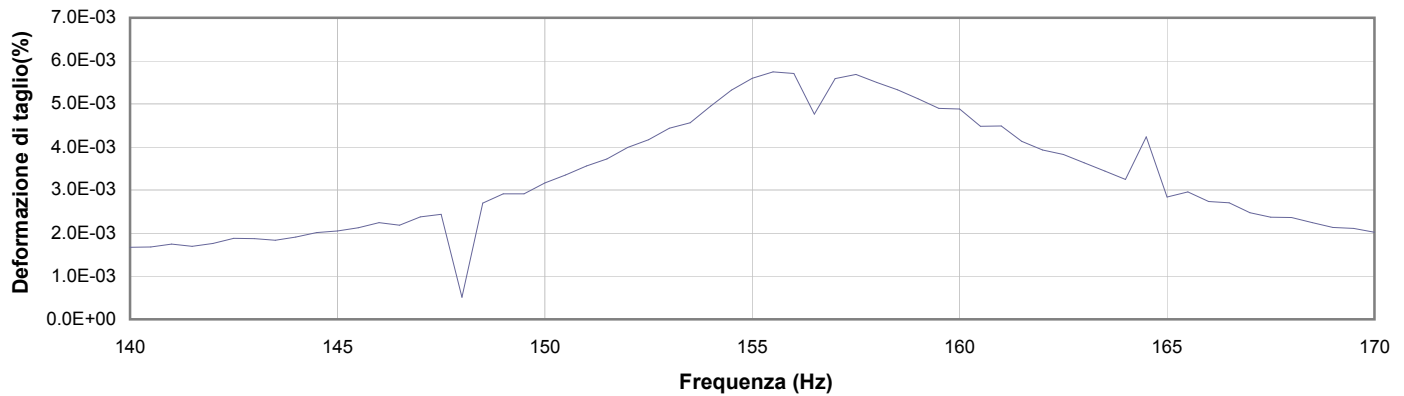
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

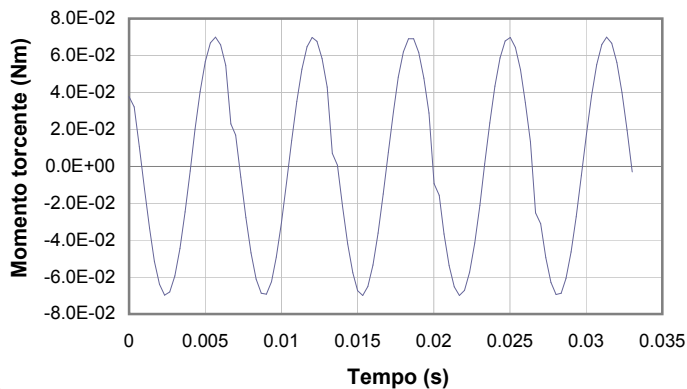
Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

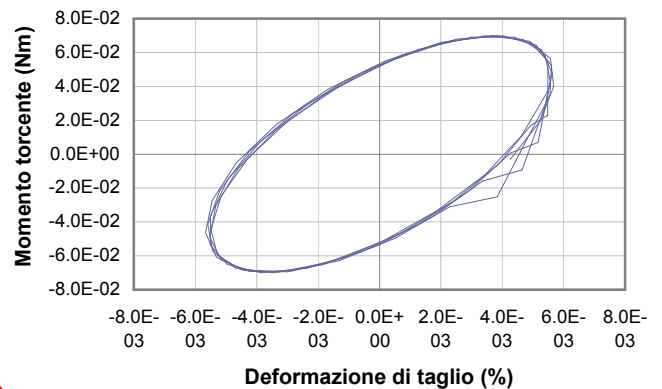
Test 9



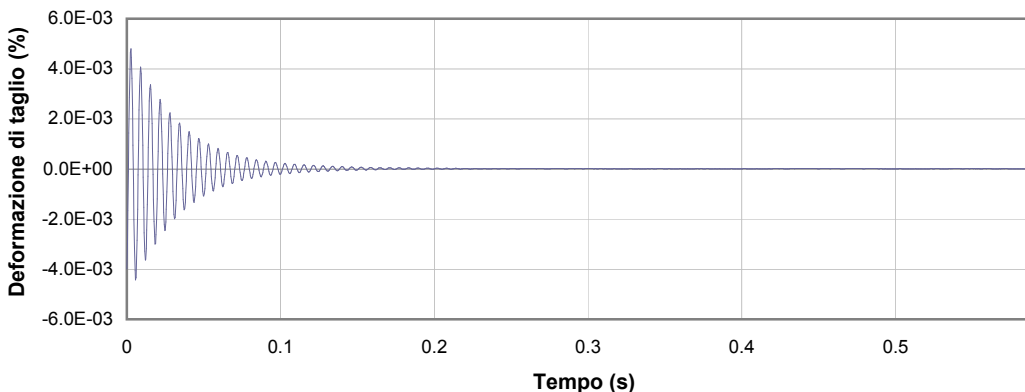
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

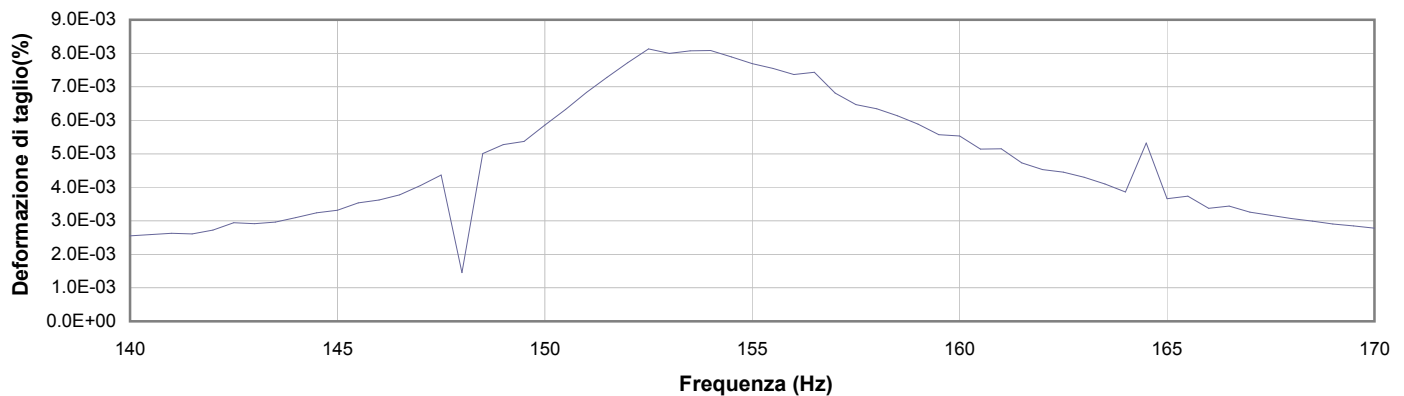
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

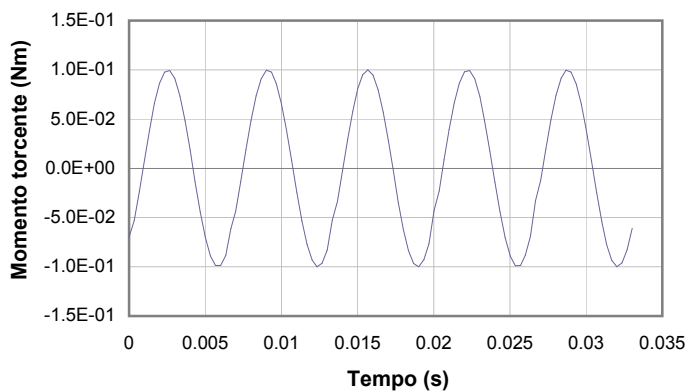
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

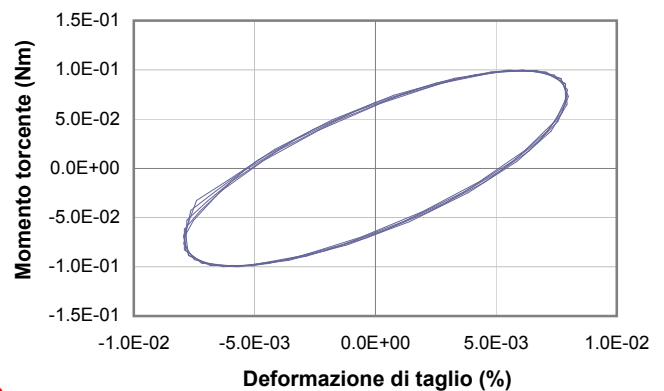
Test 10



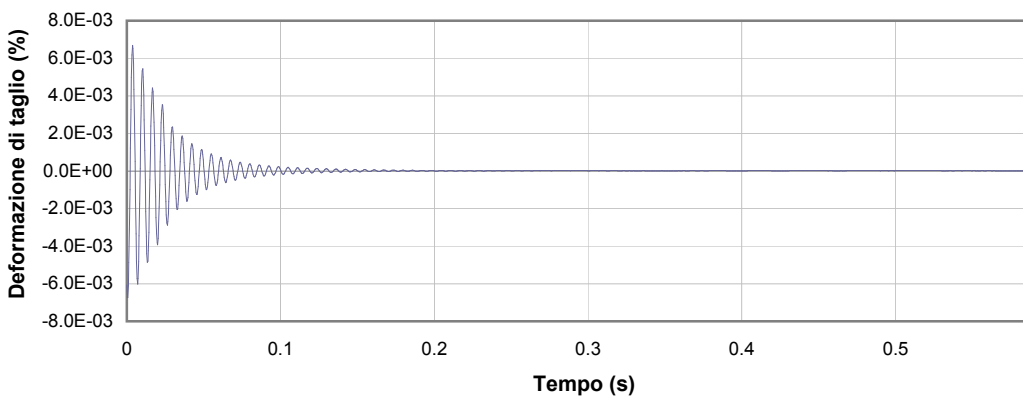
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

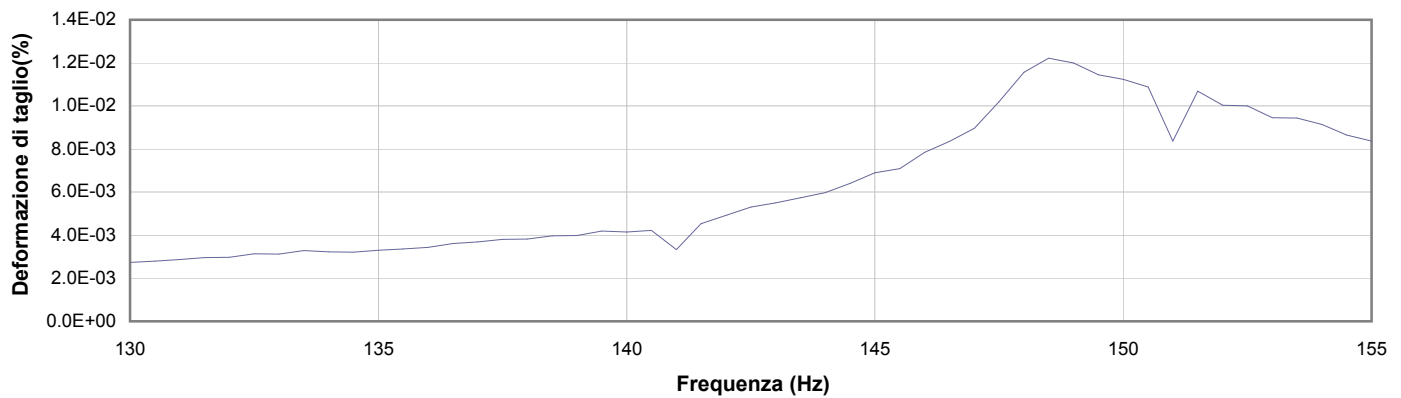
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

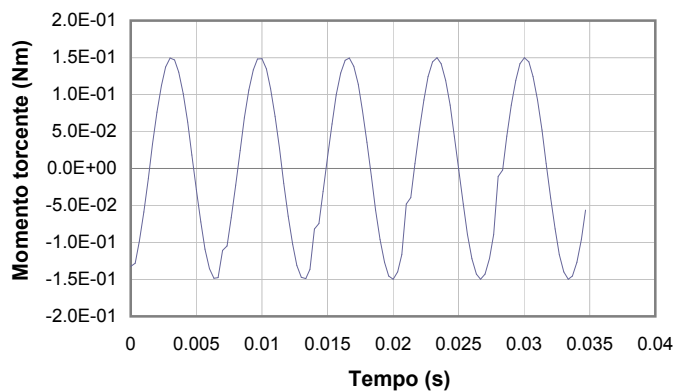
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

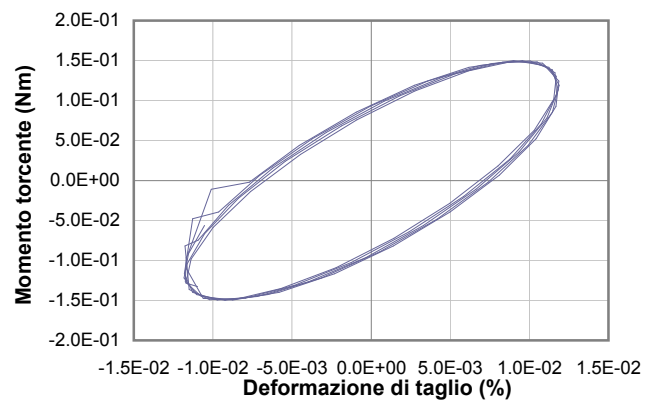
Test 11



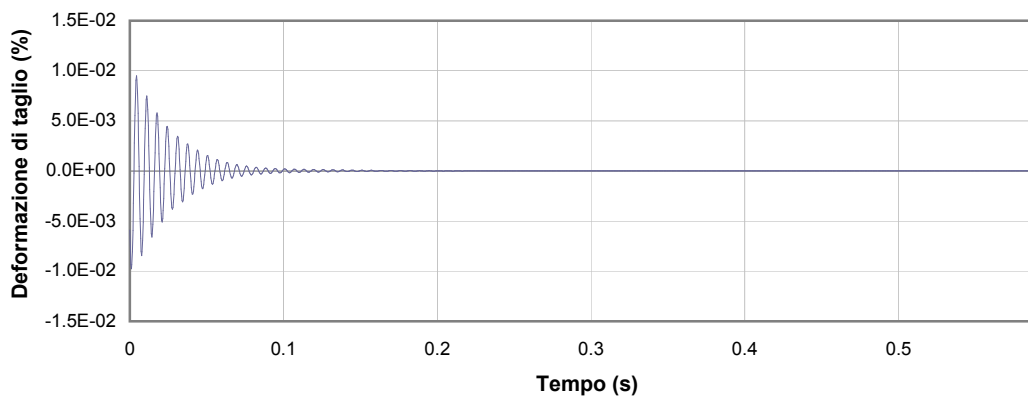
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

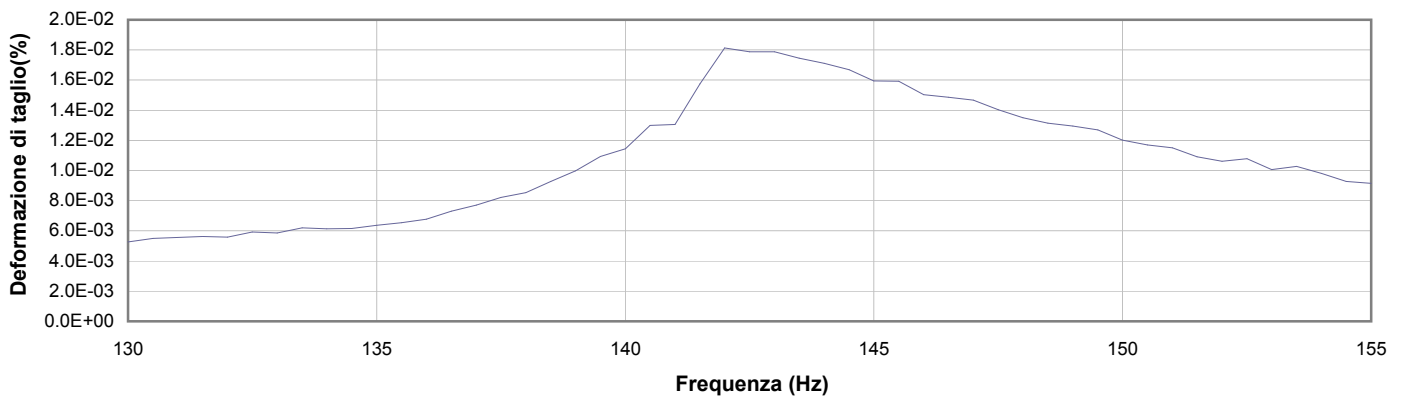
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

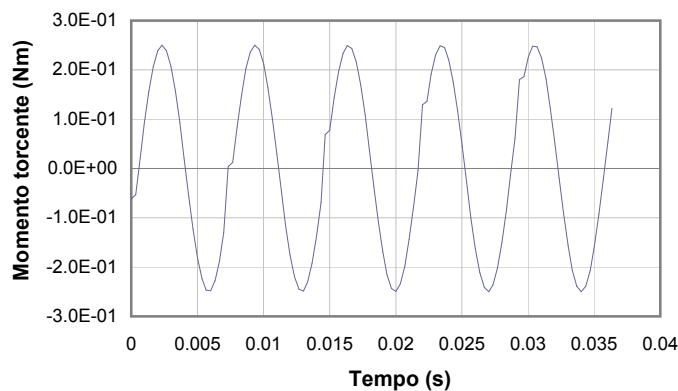
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

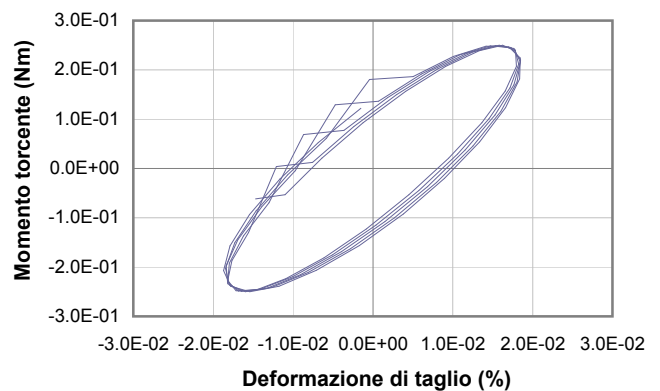
Test 12



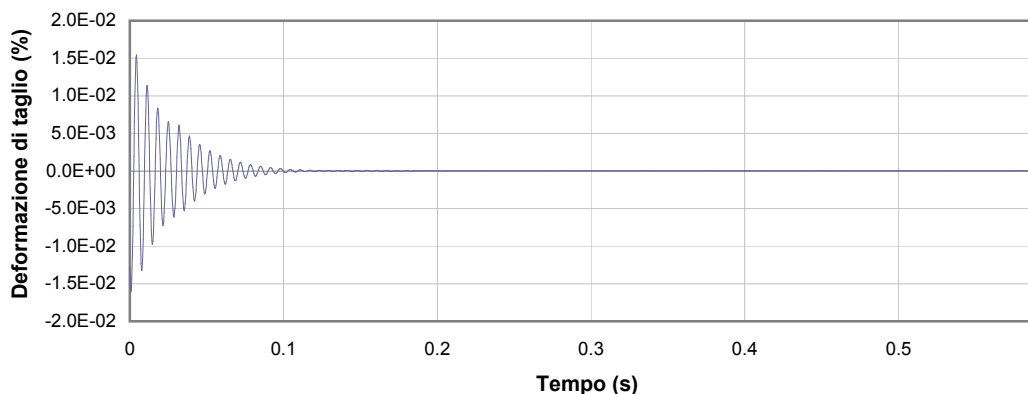
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

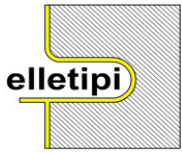
2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

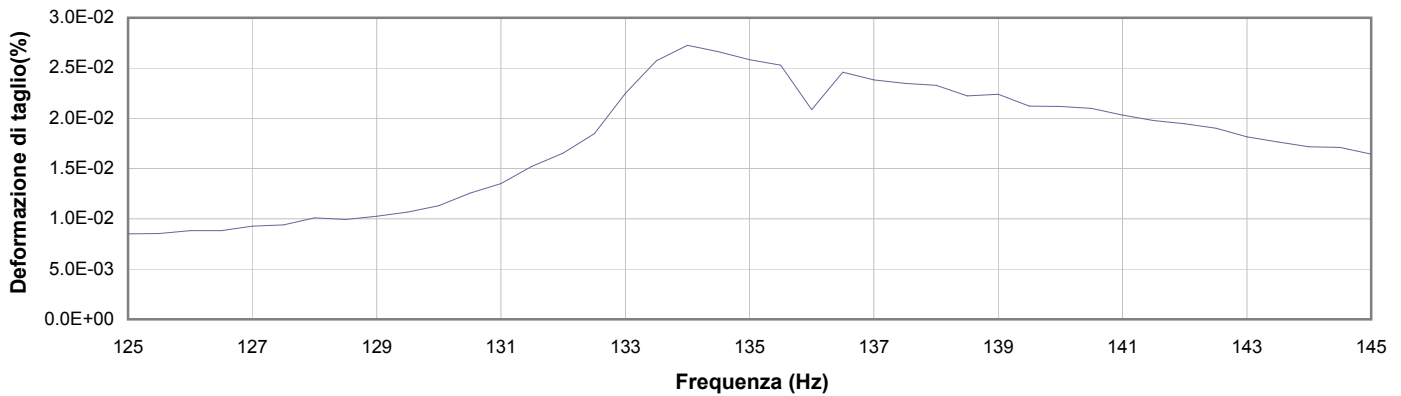


®

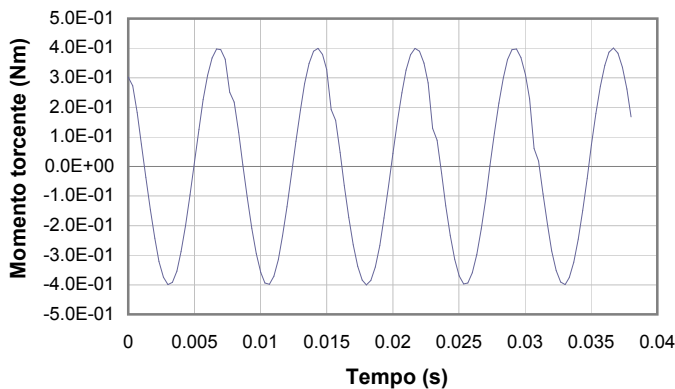
elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

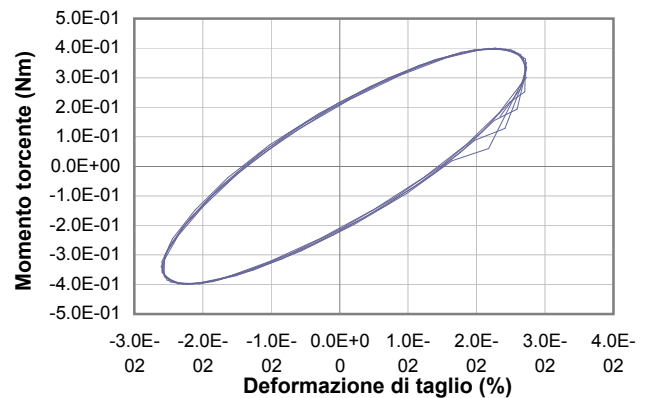
P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.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:** Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR**Località:** POVIGLIO**Cantiere:** Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**Sondaggio:** S1**Campione:** SH2**Profondità (m):** 21.50 - 22.10**Certificato di prova N°:****Verbale di accettazione N°:** 379/16**Commessa:** 14769/16**Data ricevimento campione:** 24/08/16**Data prova:** 17/11/16**Data emissione certificato:****Test 13**

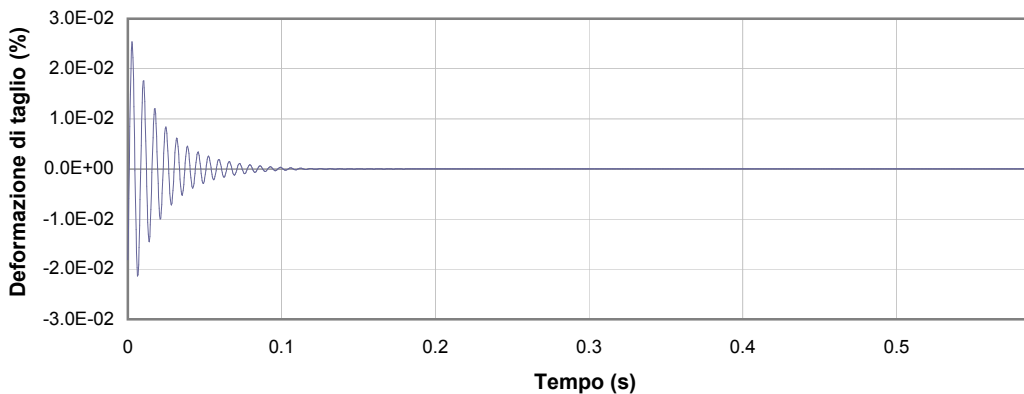
1



2



3



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. Luciano RossiIl Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

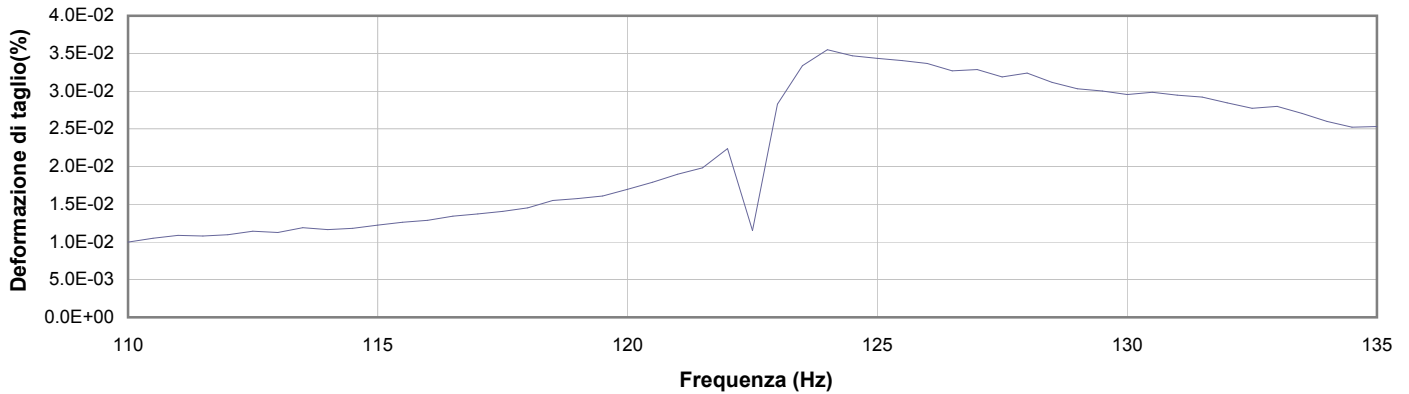
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

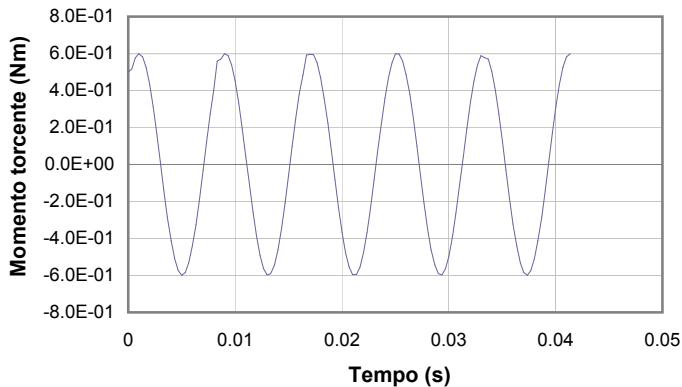
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

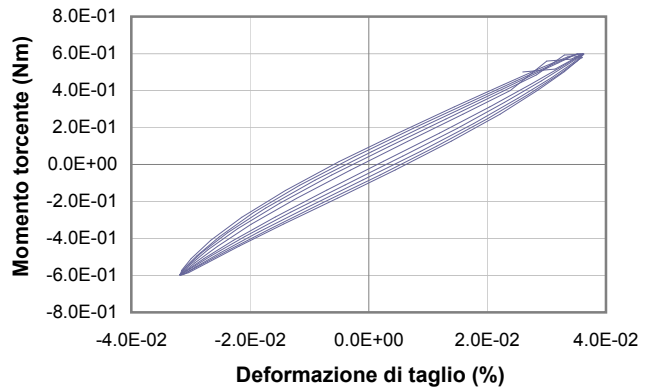
Test 14



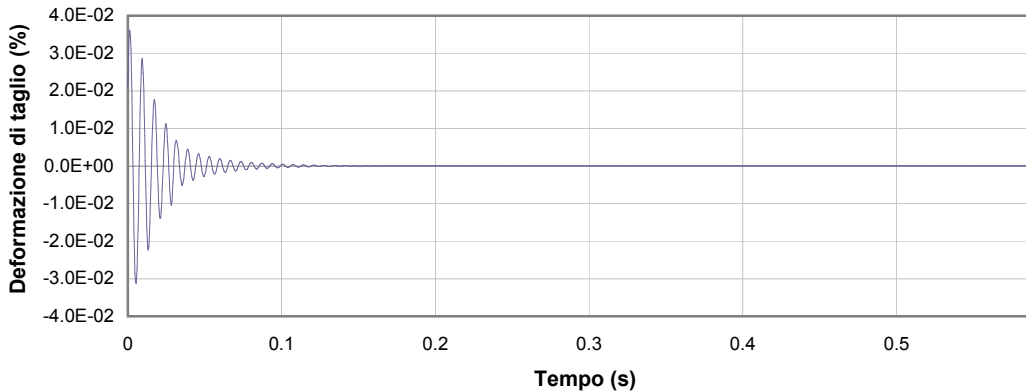
1



2



3



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. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

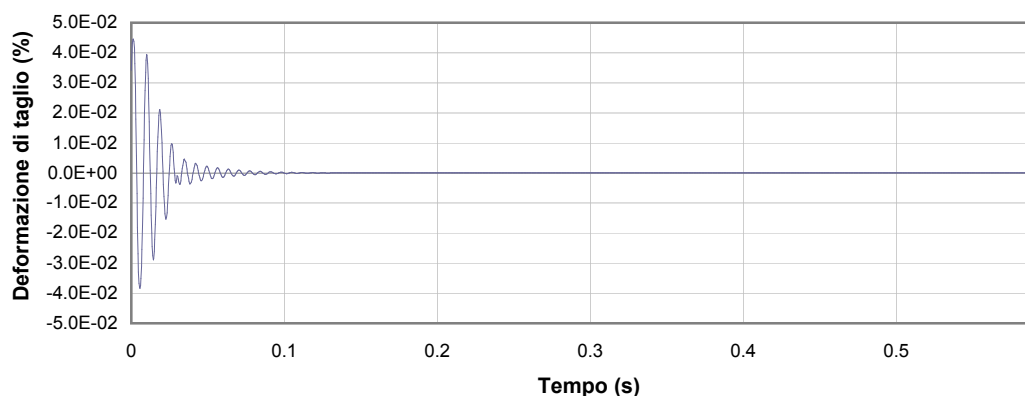
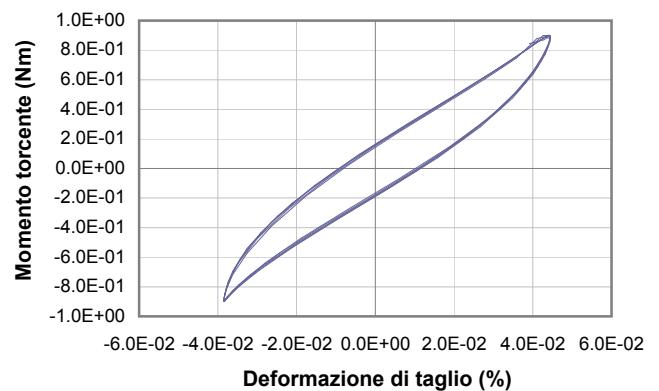
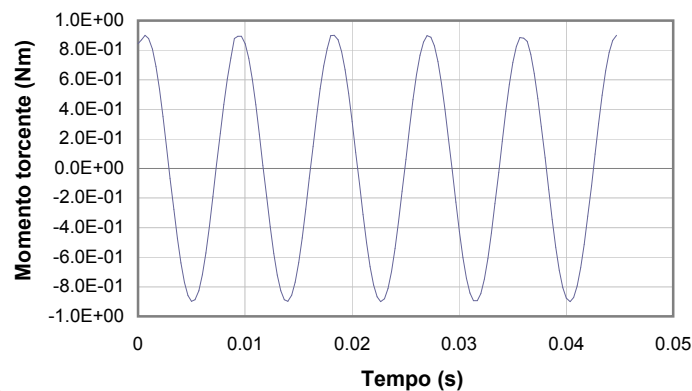
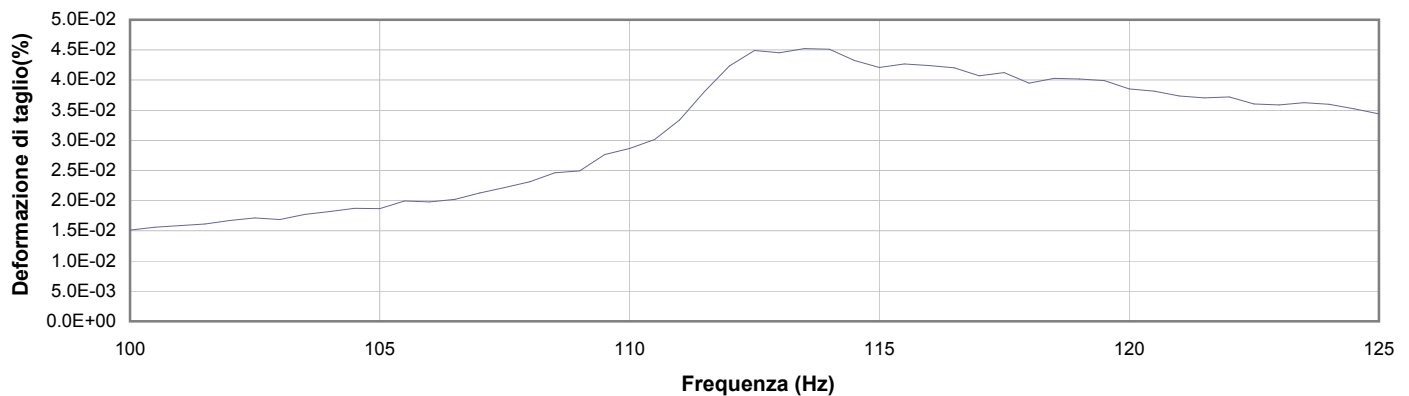
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

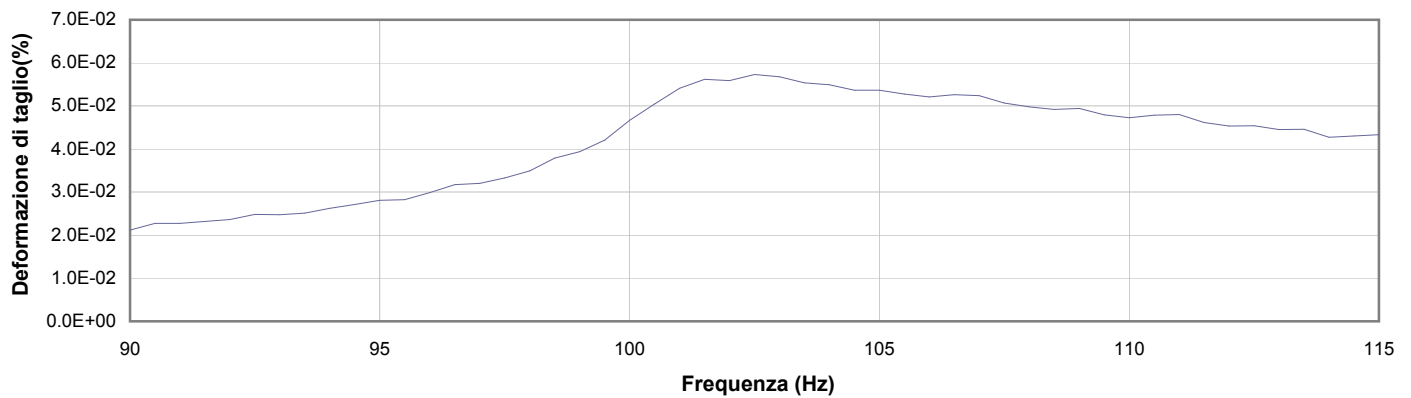
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

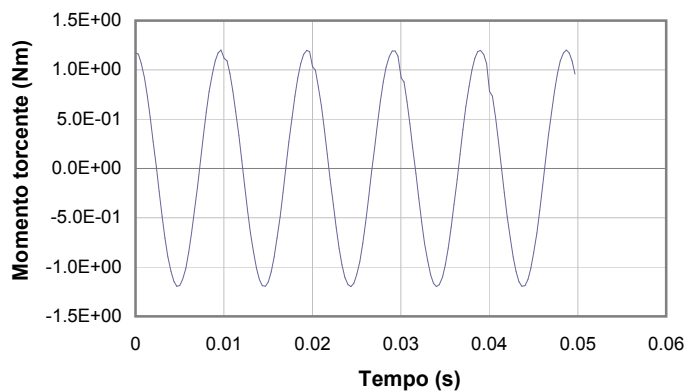
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

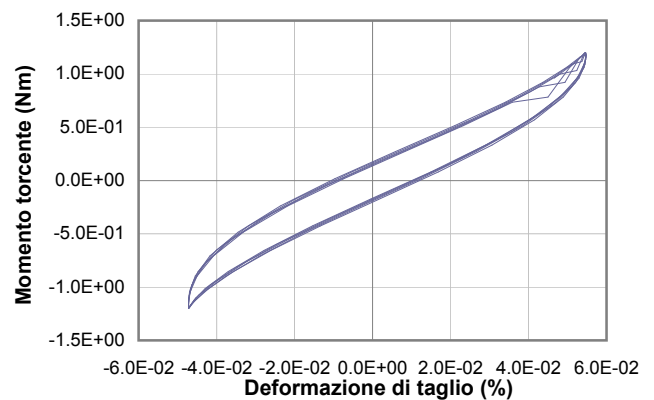
Test 16



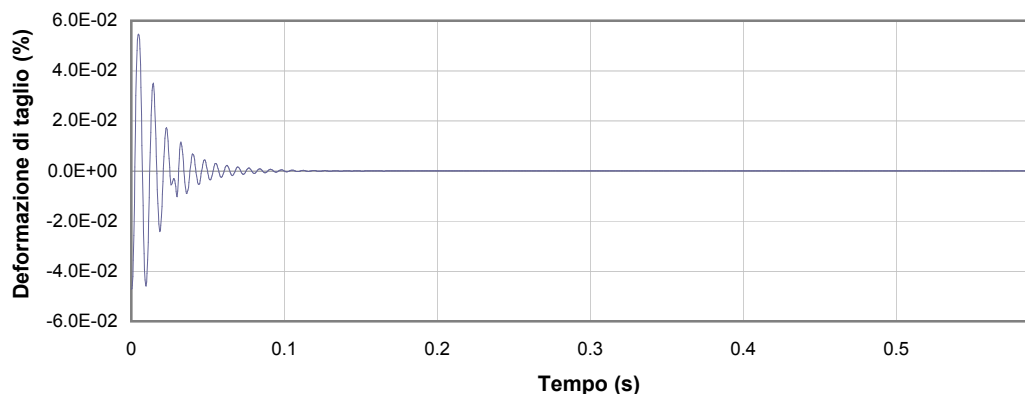
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

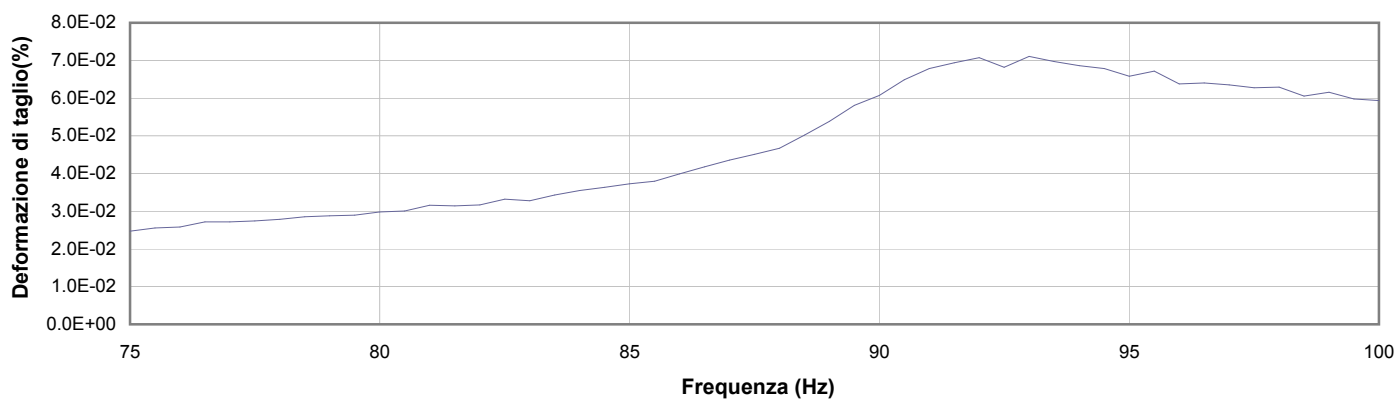
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

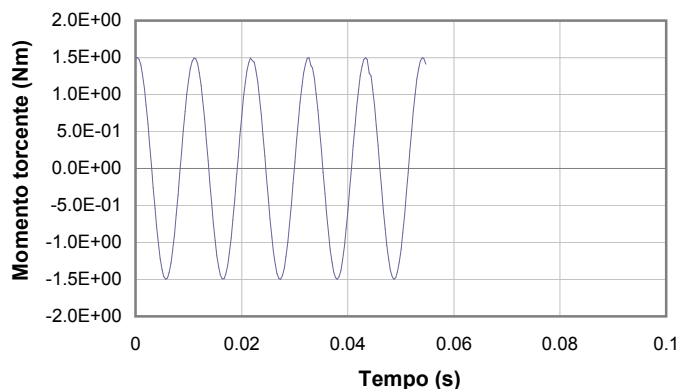
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

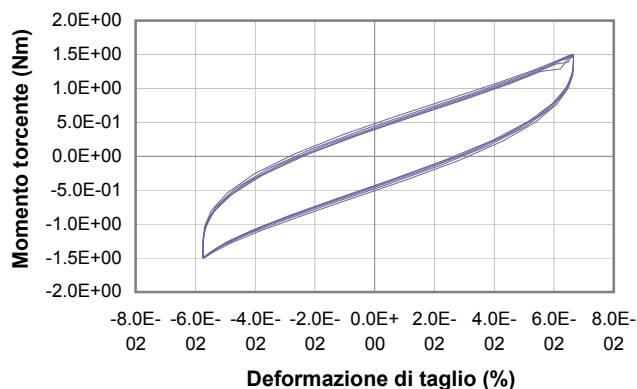
Test 17



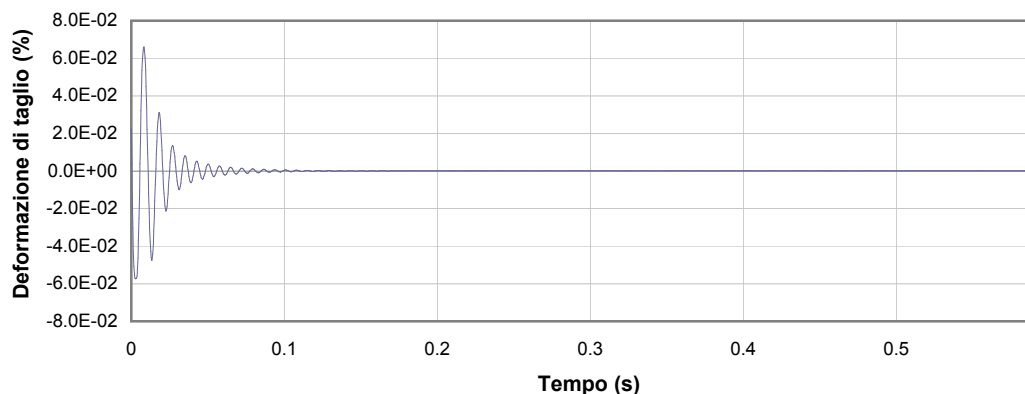
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

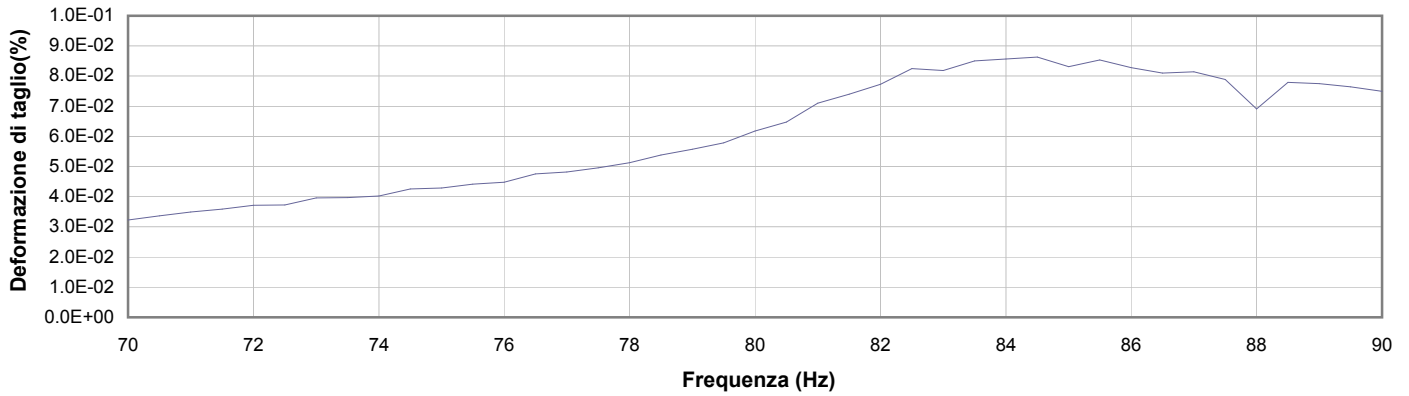
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

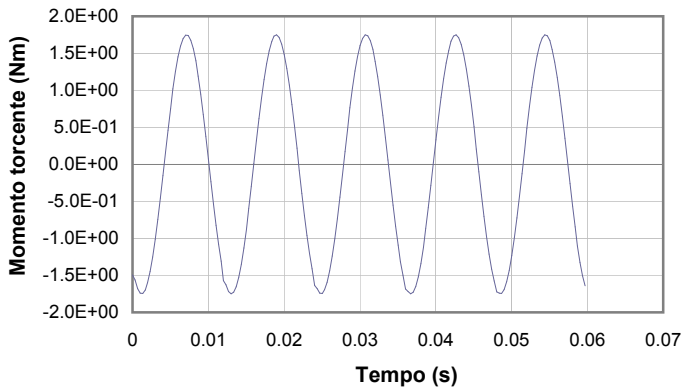
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

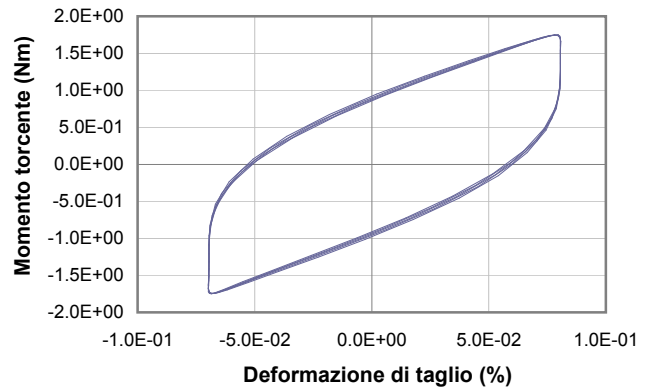
Test 18



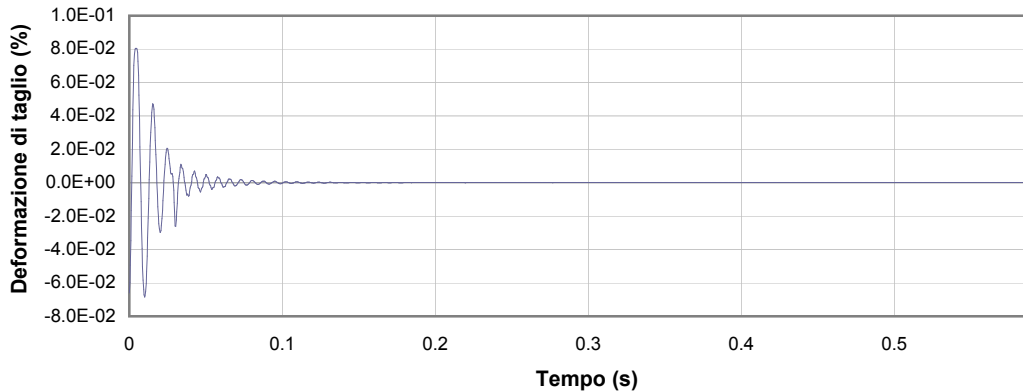
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Engeo s.r.l – Via Adorni n. 2 – 43121– PR

Località: POVIGLIO

Cantiere: Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).

Sondaggio: S1

Campione: SH2

Profondità (m): 21.50 - 22.10

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: 379/16

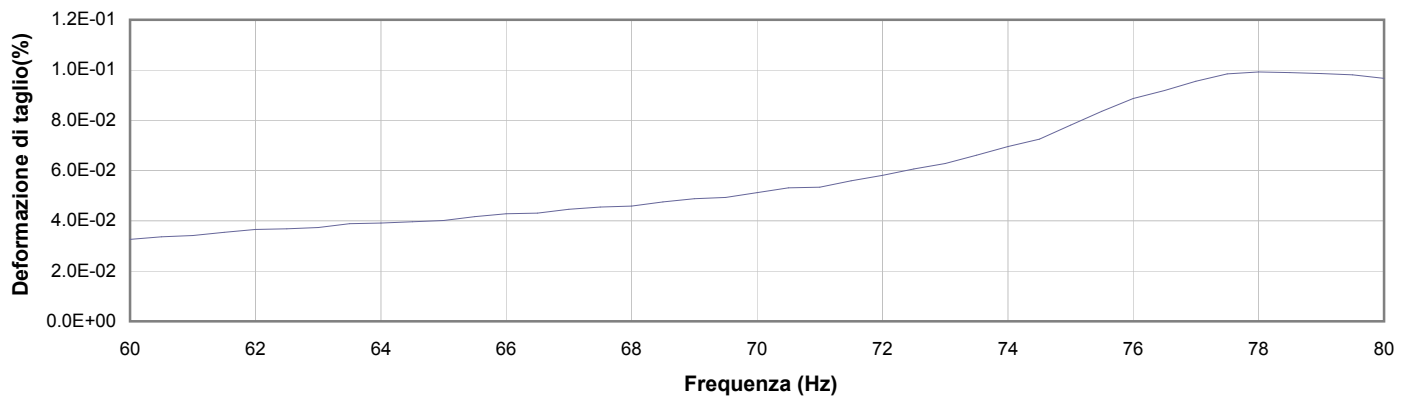
Commessa: 14769/16

Data ricevimento campione: 24/08/16

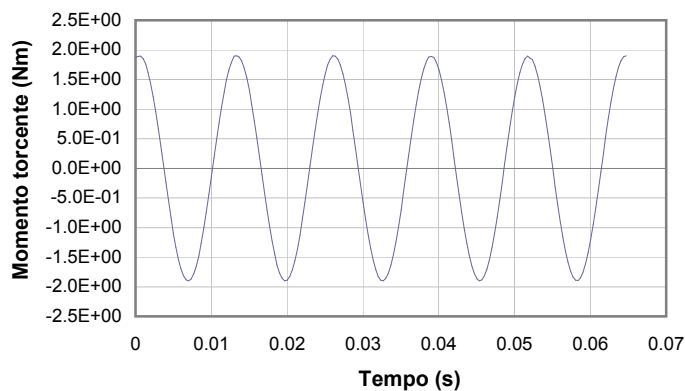
Data prova: 17/11/16

Data emissione certificato:

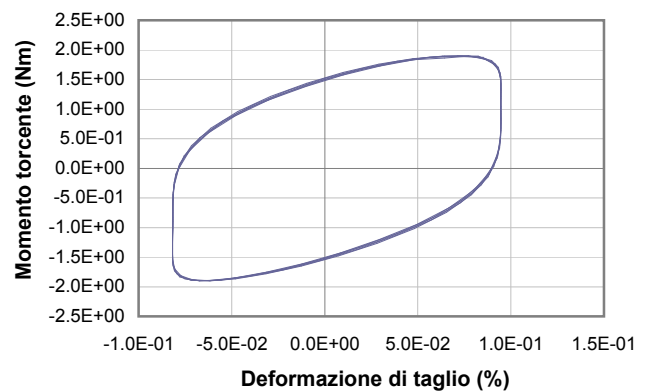
Test 19



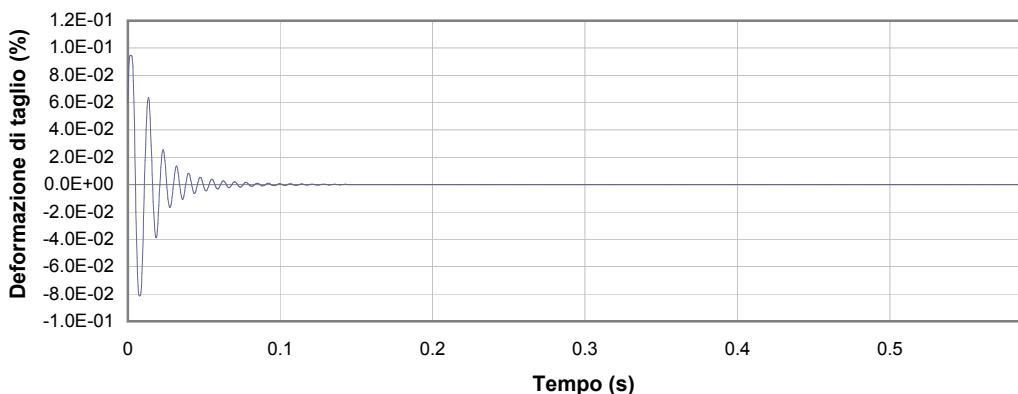
1



2



3



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

lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

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

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **Engeo s.r.l - Via Adorni n. 2 - 43121- PR**

Località: **POVIGLIO**

Cantiere: **Microzonazione Sismica e analisi delle C.L.E. nel comune di Poviglio (RE).**

Sondaggio: **S1**

Campione: **SH2**

Profondità (m): **21.50 - 22.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **379/16**

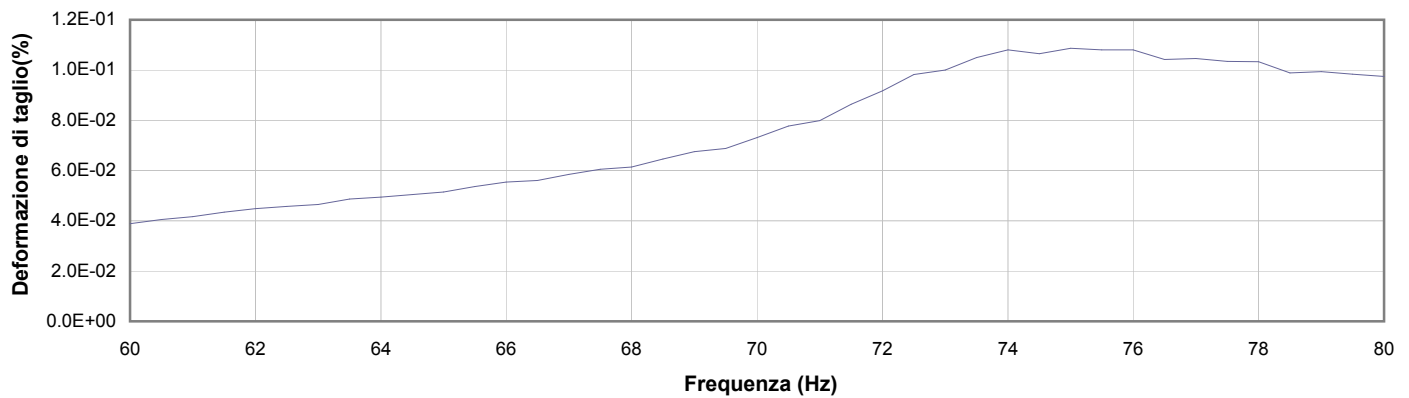
Commessa: **14769/16**

Data ricevimento campione: **24/08/16**

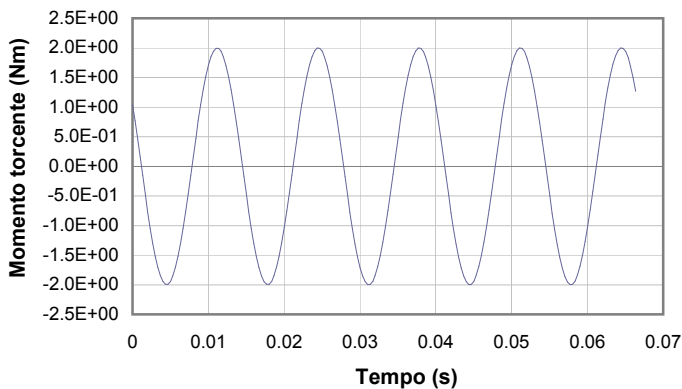
Data prova: **17/11/16**

Data emissione certificato:

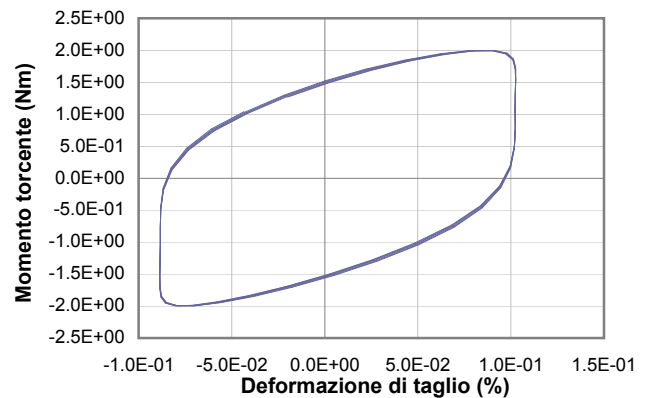
Test 20



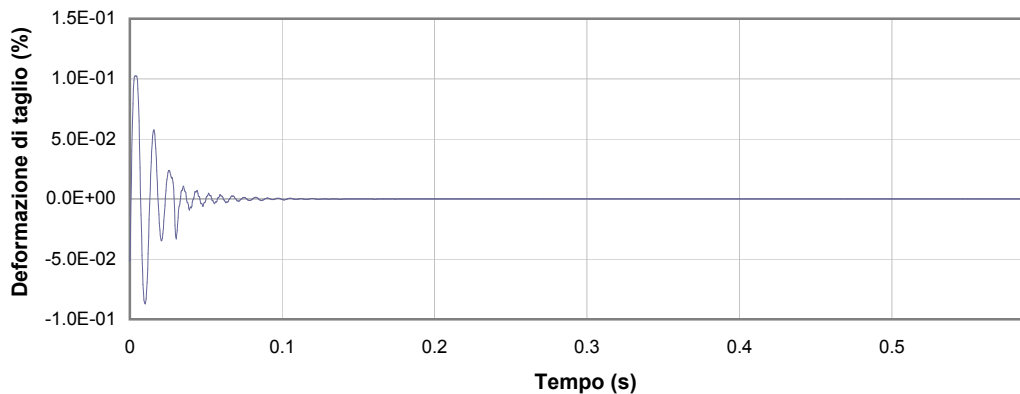
1



2



3



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. Luciano Rossi

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



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

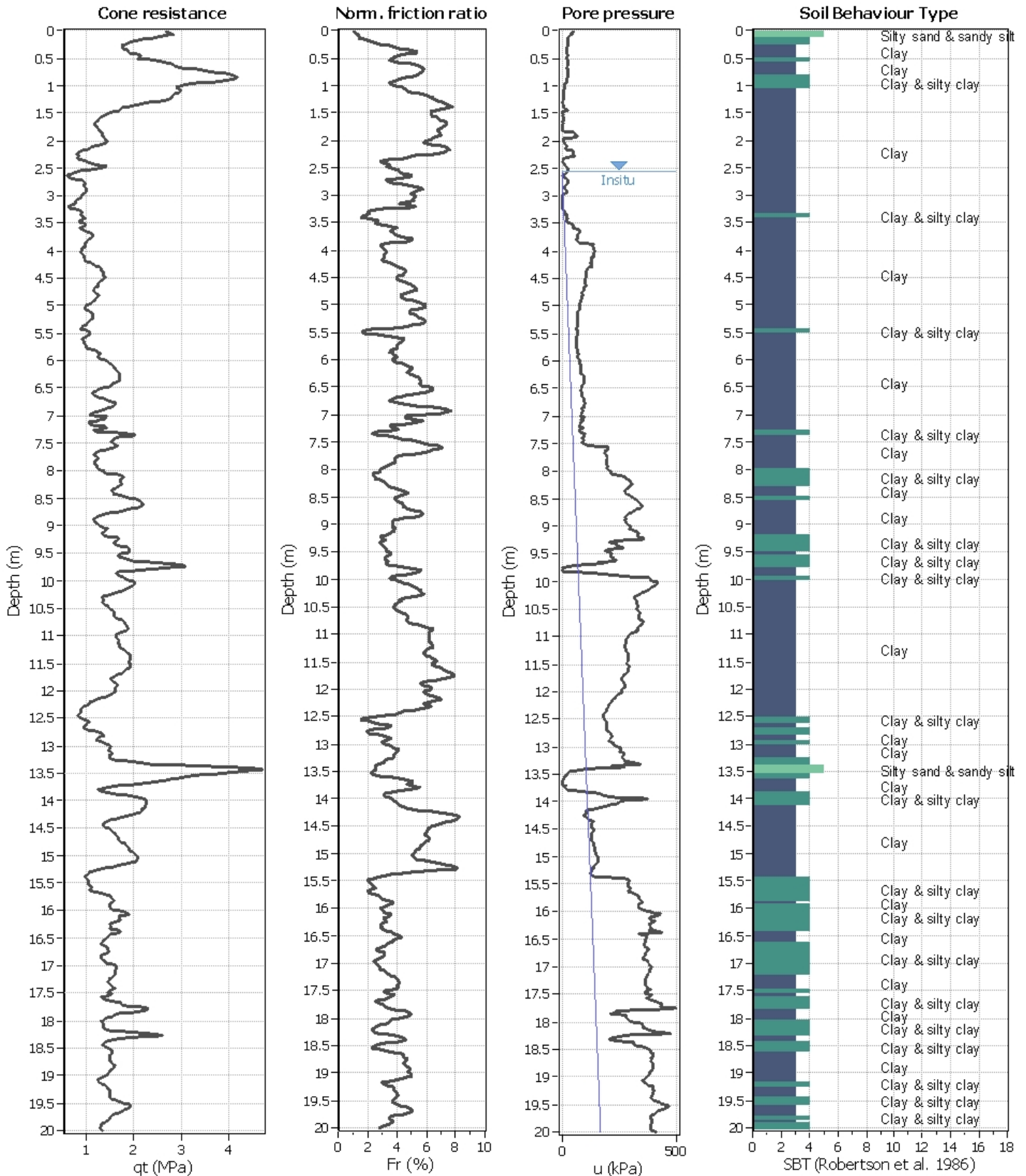
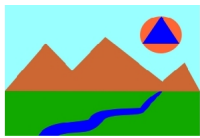
All. 2 – Verifiche del potenziale di liquefazione

Regione Emilia-Romagna

Comune di Poviglio



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	Dott. Stefano Castagnetti	NOVEMBRE 2016



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	.
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.		



Studio Castagnetti Stefano

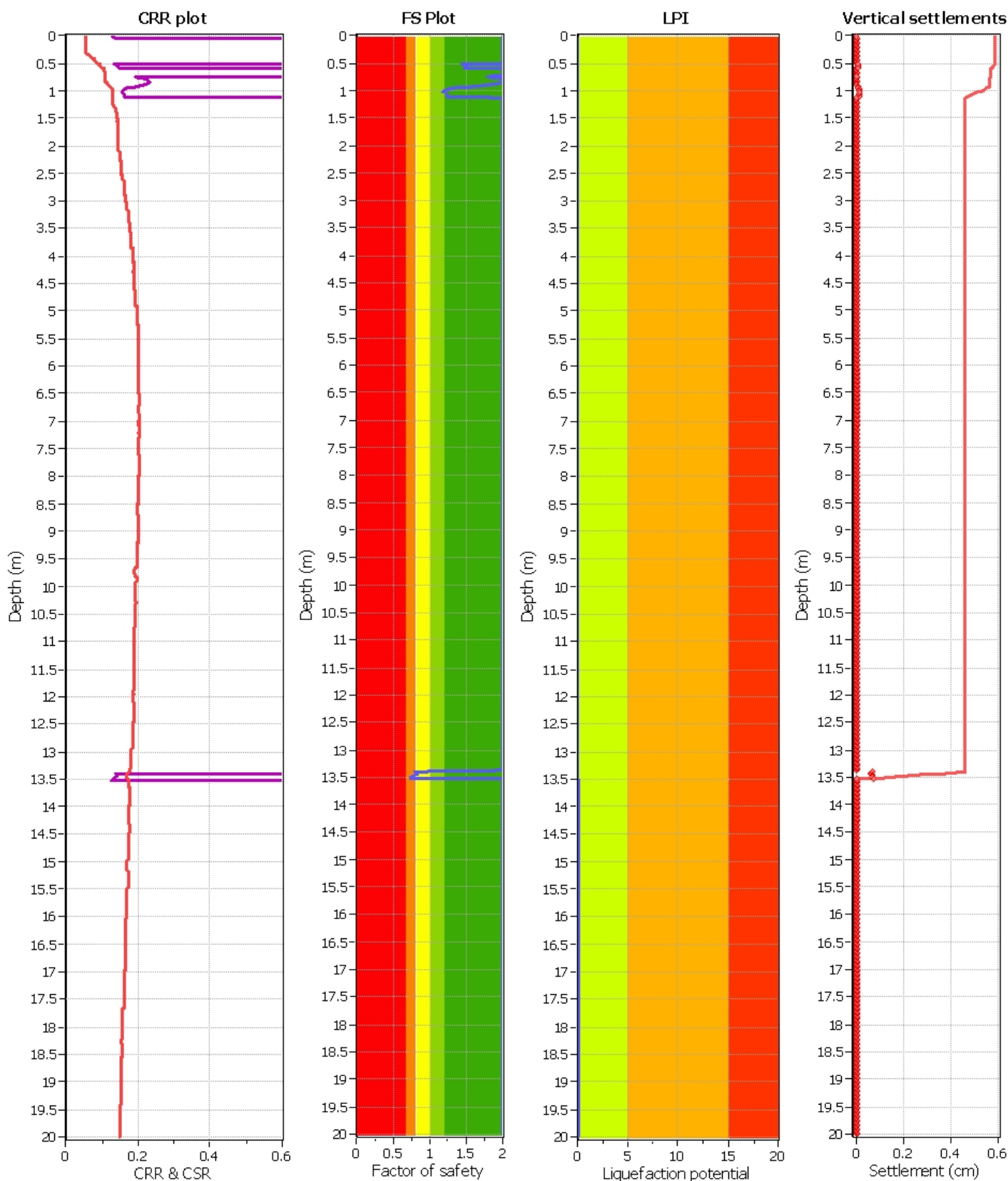
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

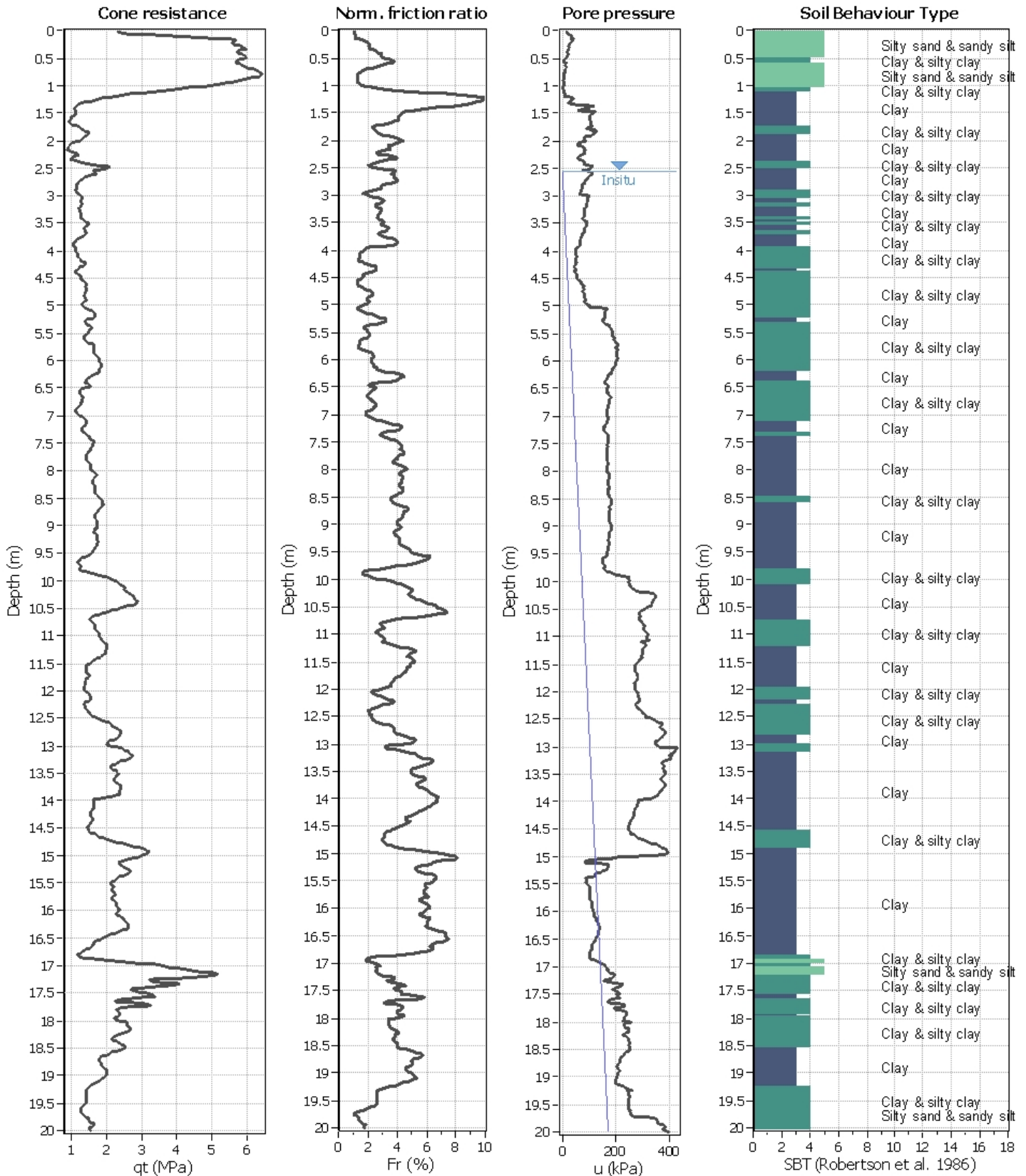
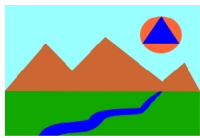
Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_1

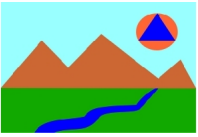
Total depth: 20.00 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	.
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.		



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

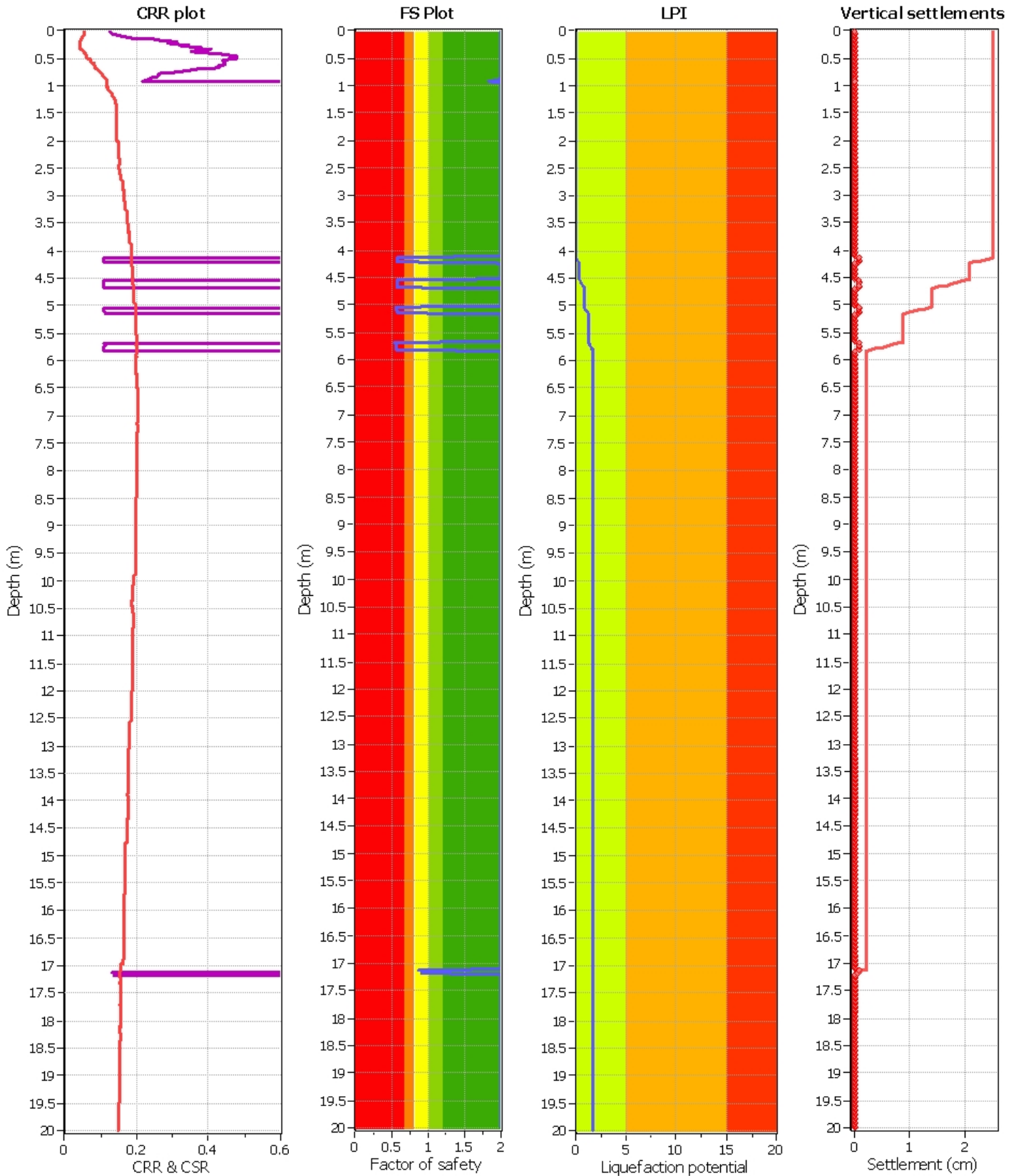
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_2

Total depth: 20.00 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

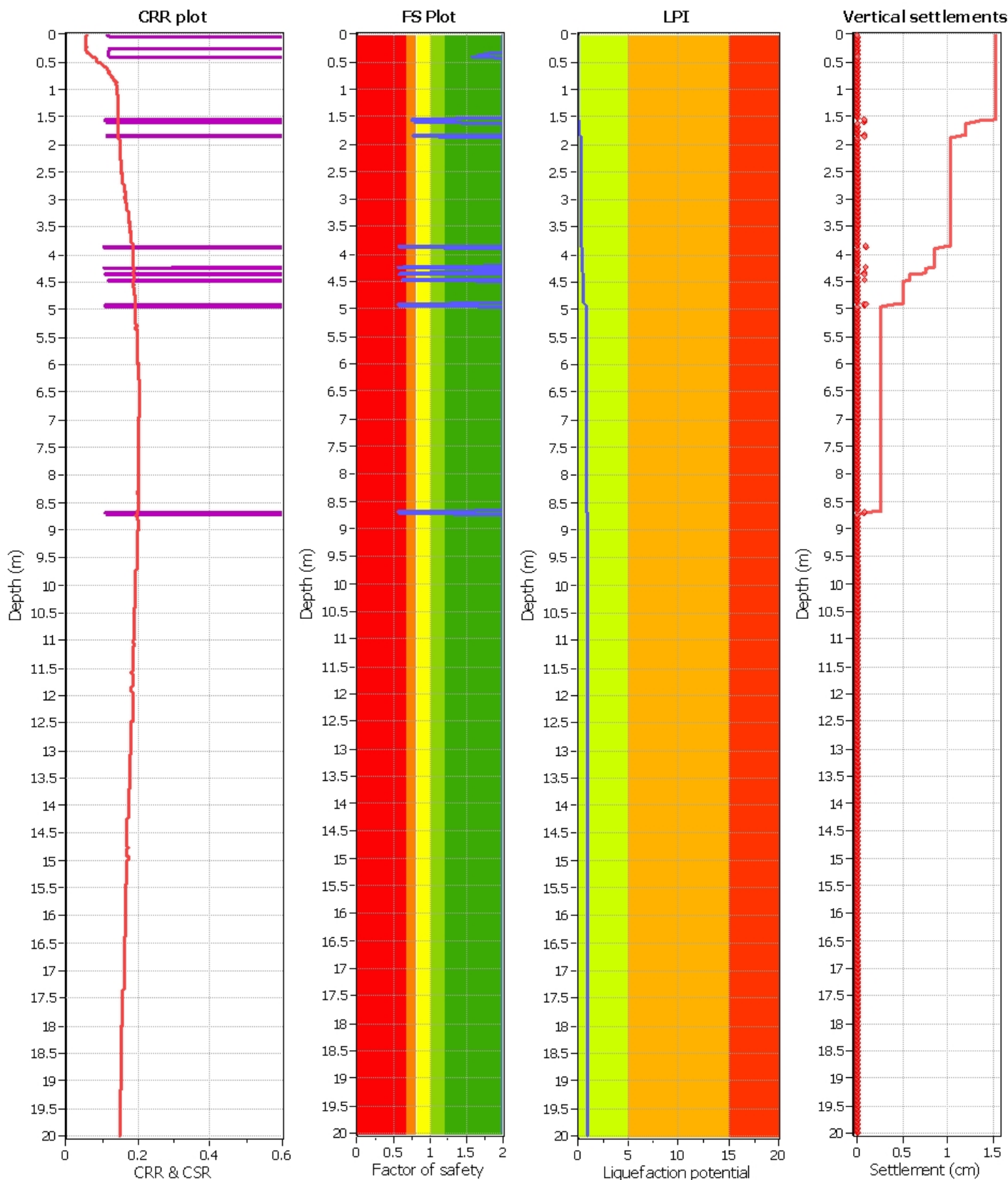
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_3

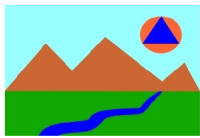
Total depth: 20.00 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

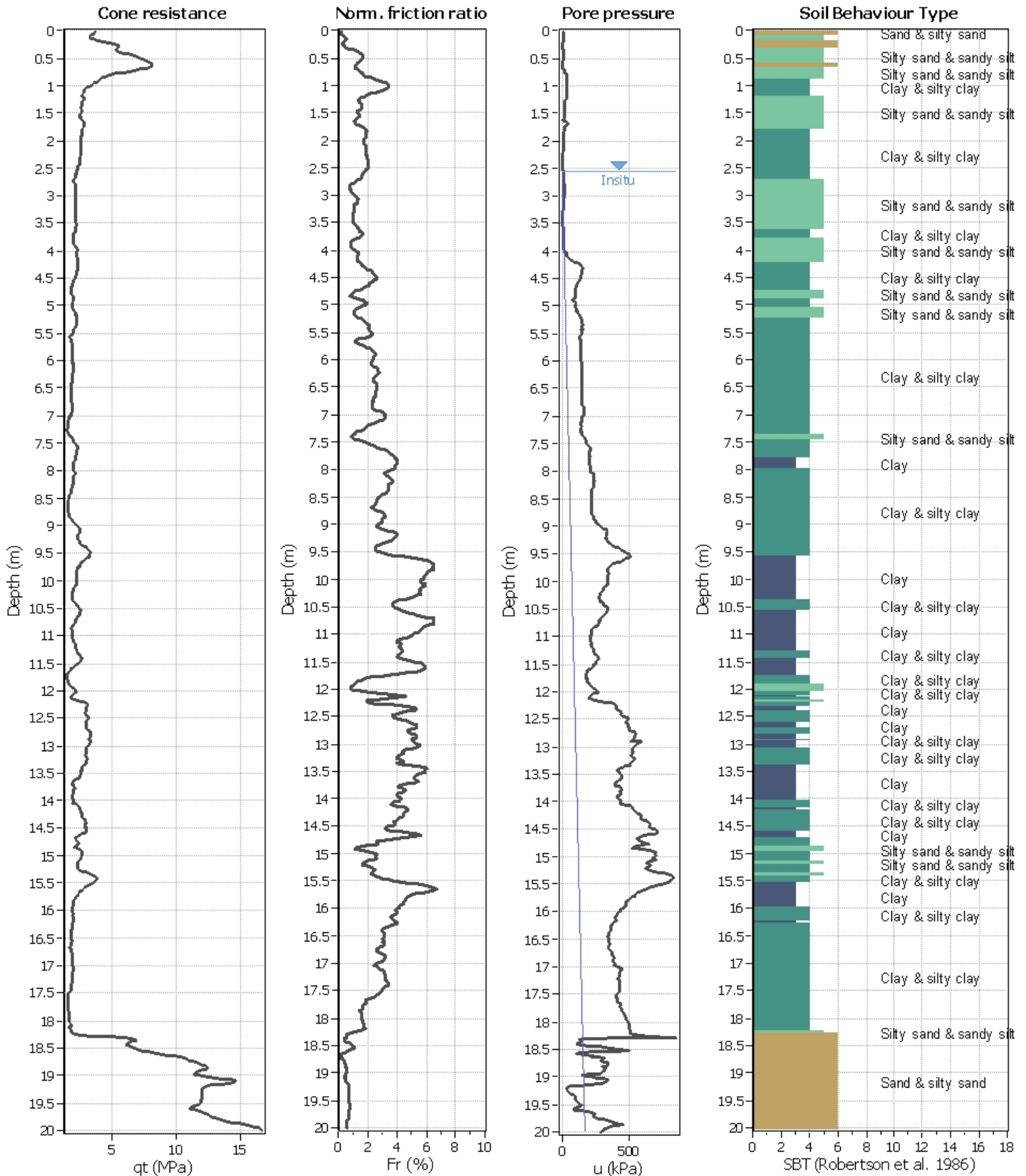
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

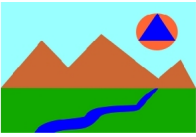
Location: Poggio

CPT: POV_CPTU_4

Total depth: 20.00 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

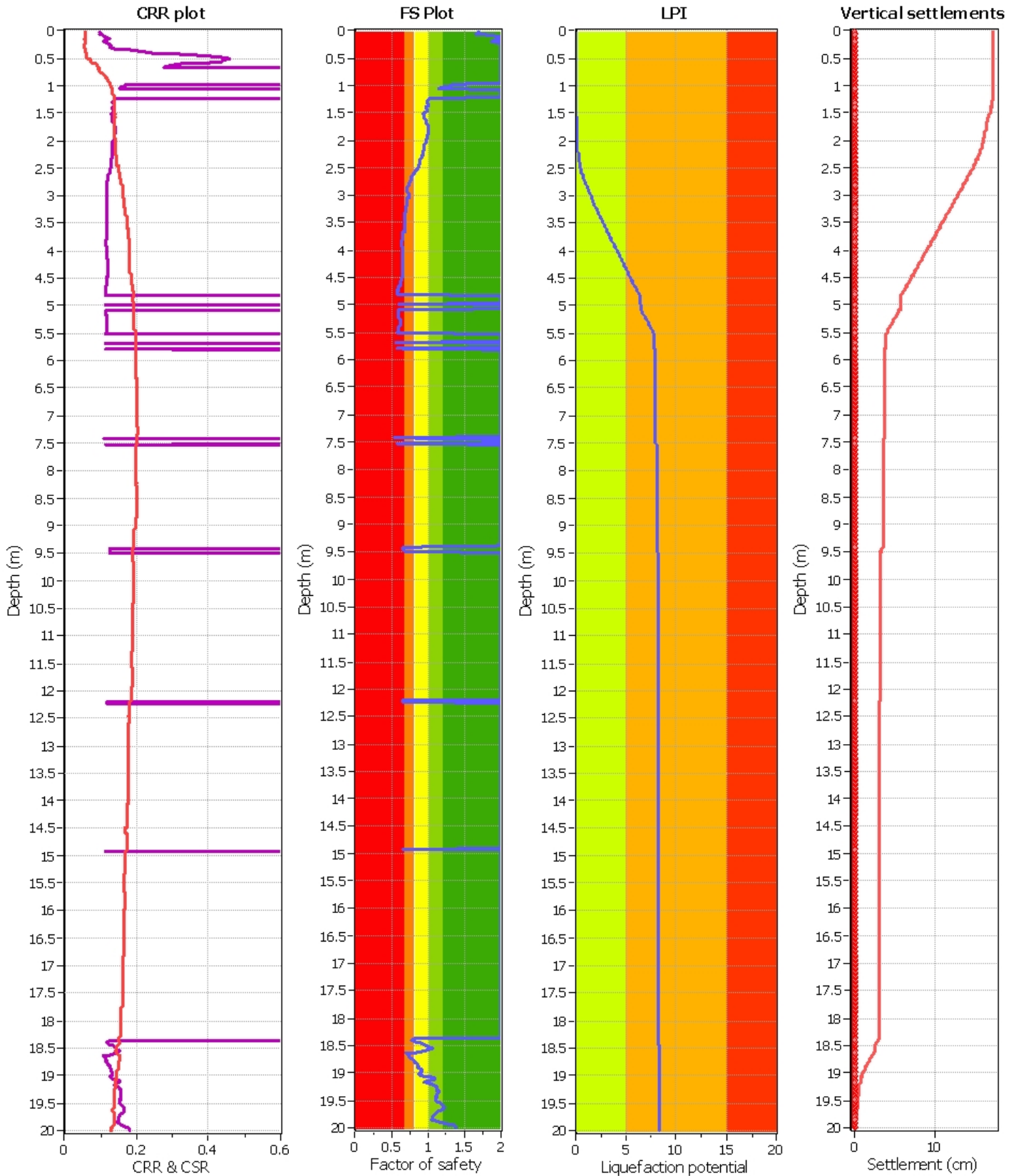
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_4

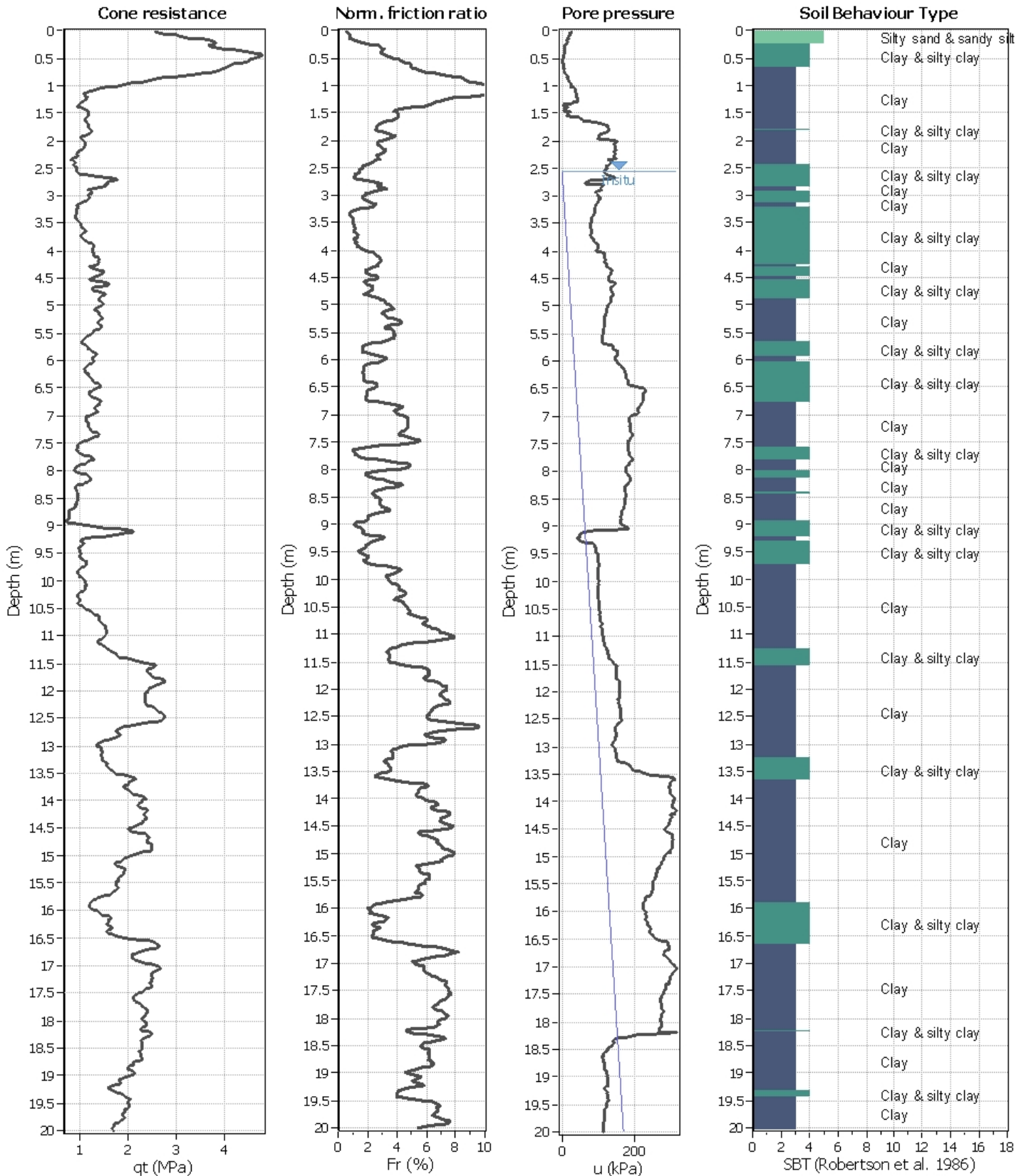
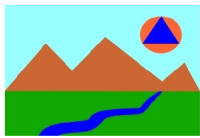
Total depth: 20.00 m



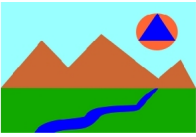
Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	.
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.		



Studio Castagnetti Stefano

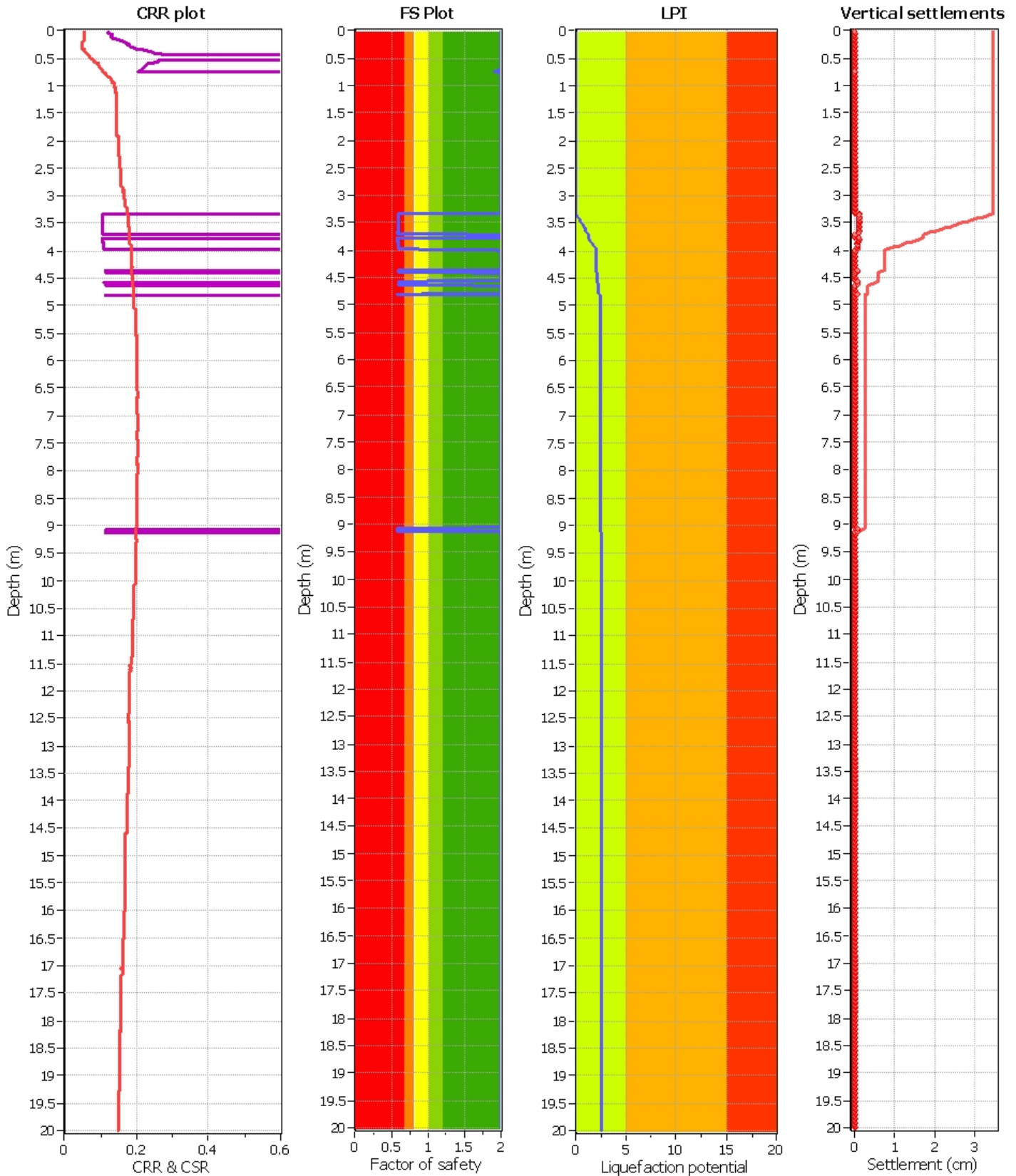
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_5

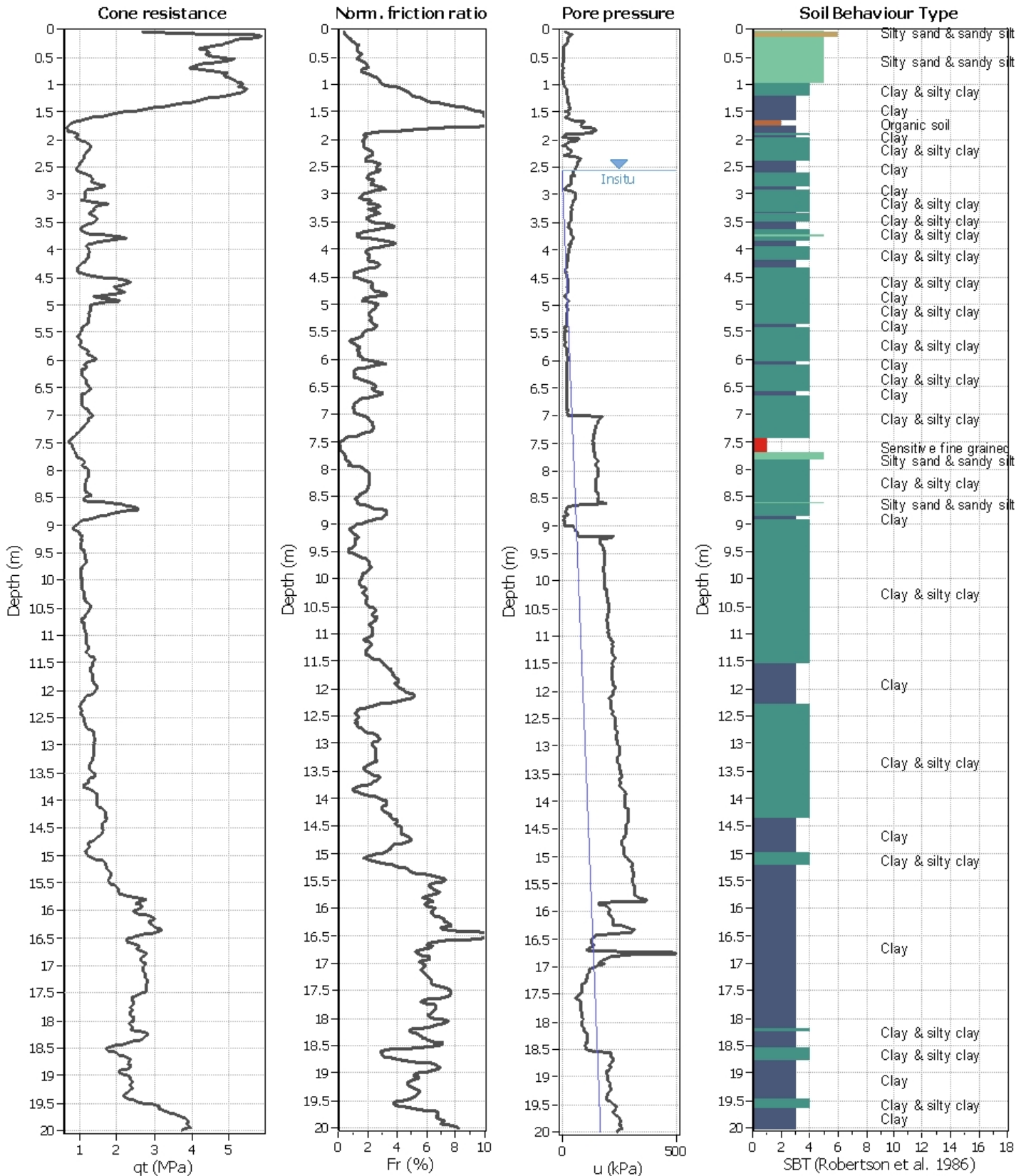
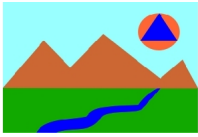
Total depth: 20.00 m



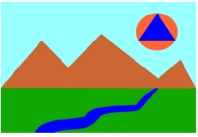
Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

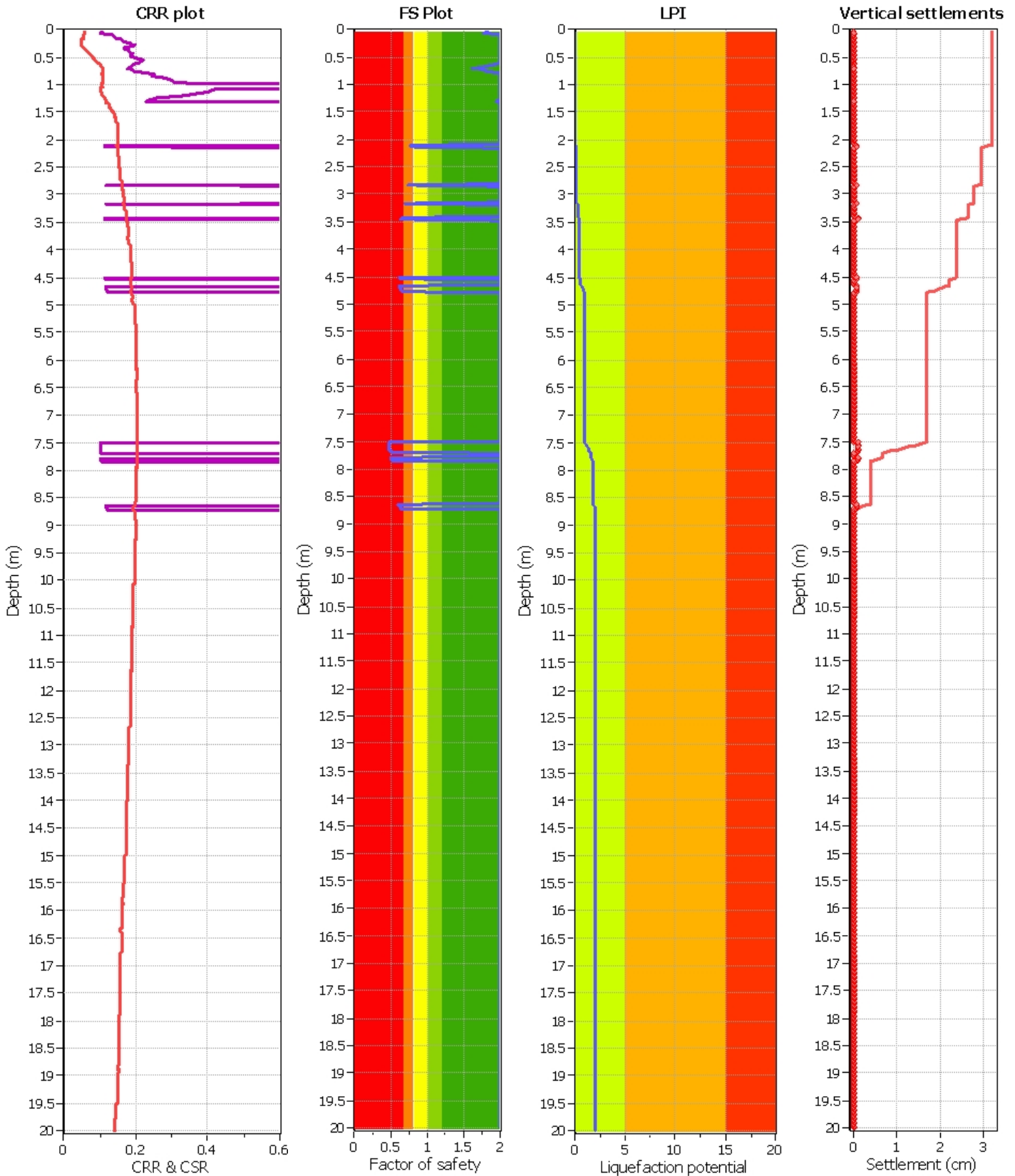
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_CPTU_6

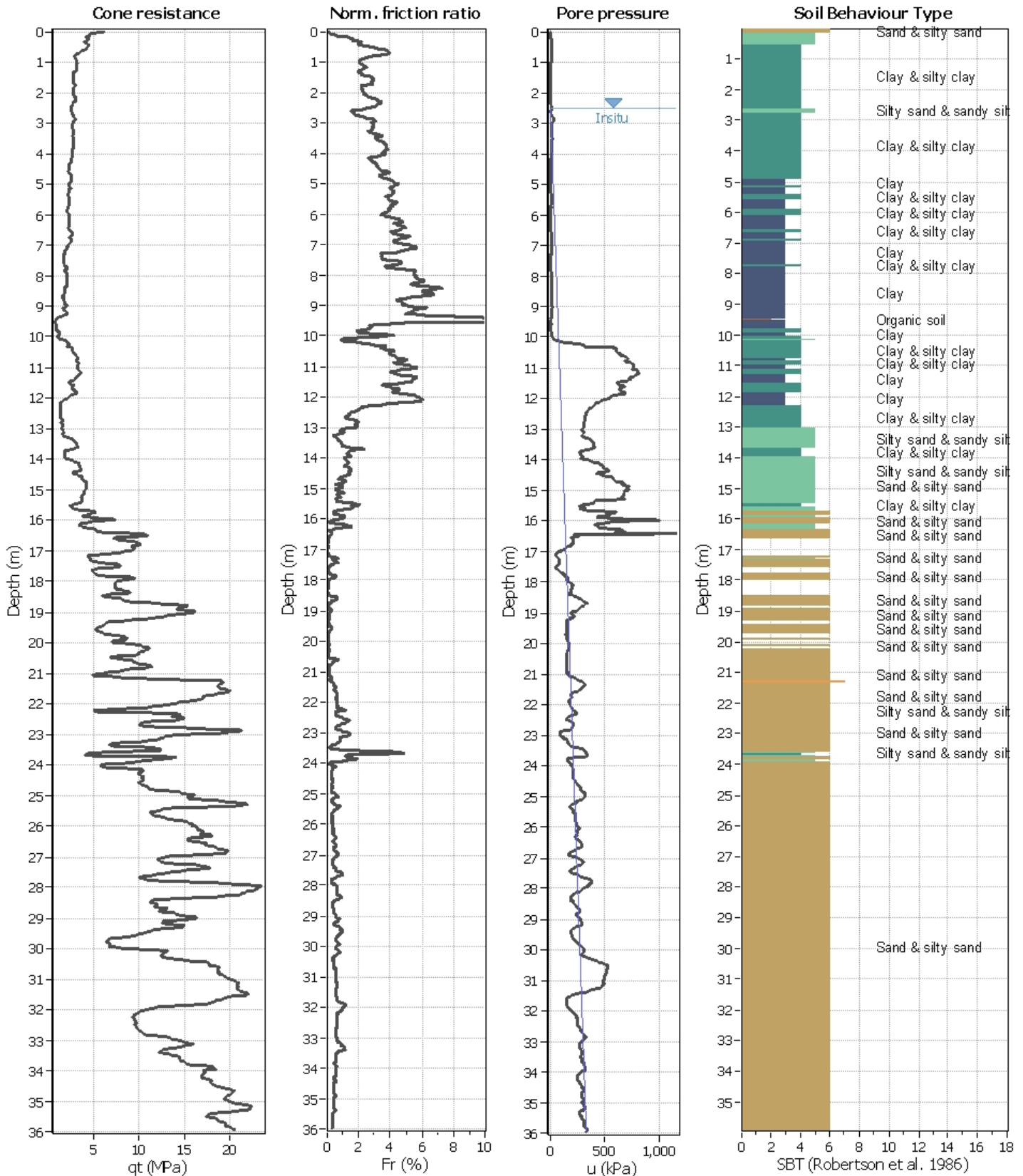
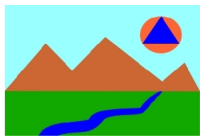
Total depth: 20.00 m



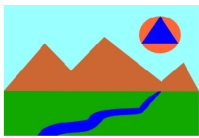
Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione sismica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_SCPTU_1

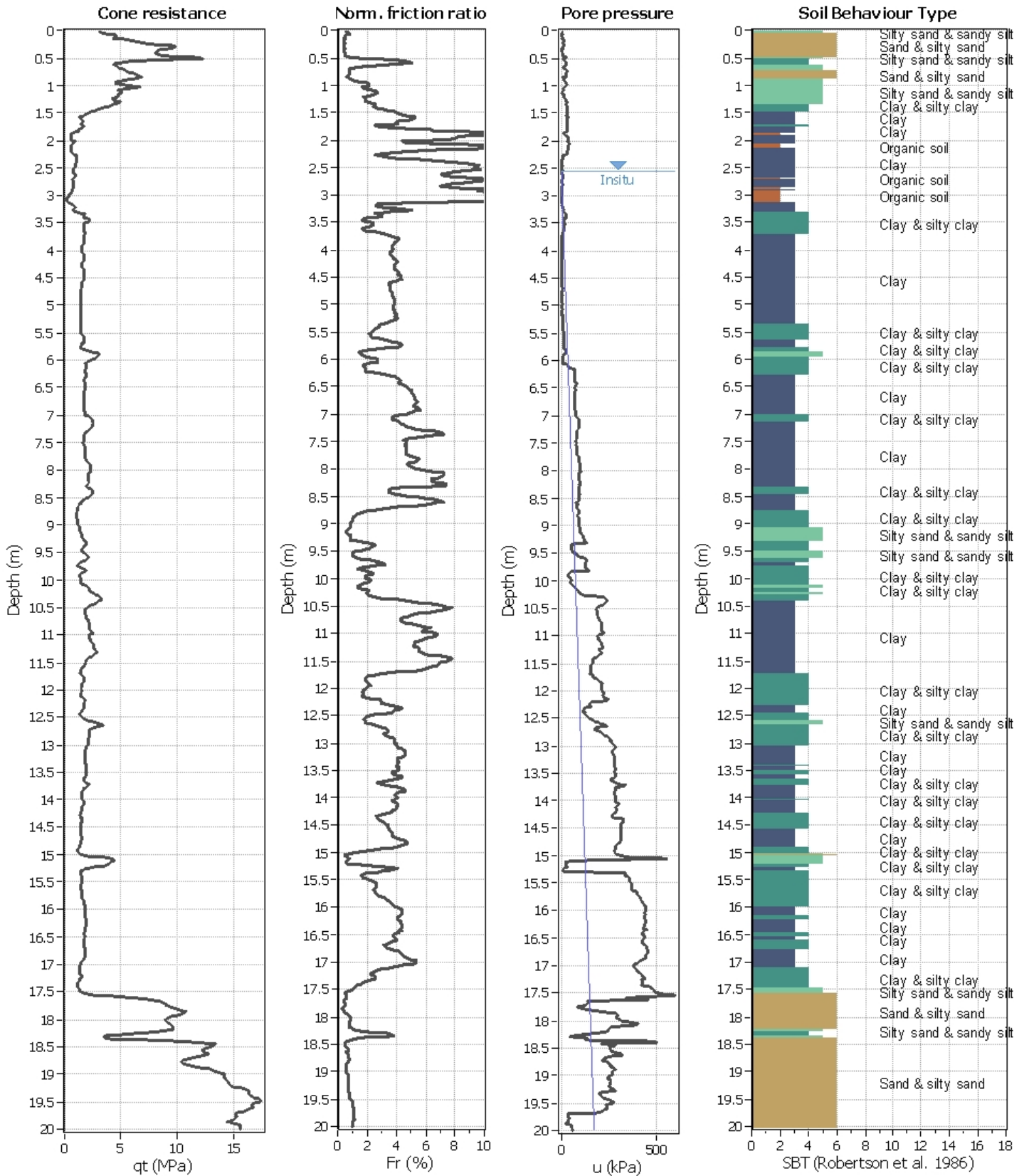
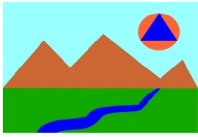
Total depth: 35.94 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

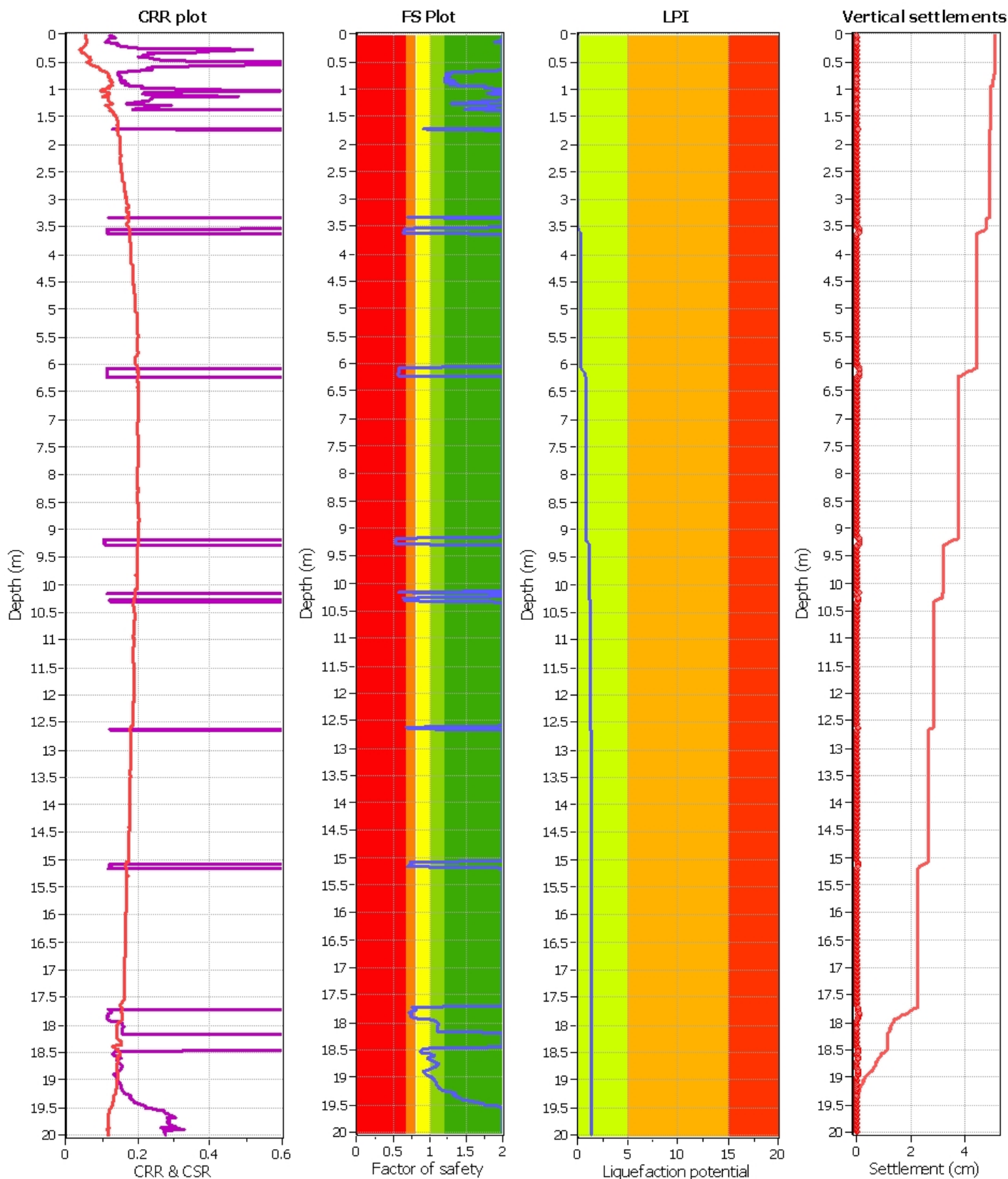
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

Location: Poviglio

CPT: POV_SCPTU_2

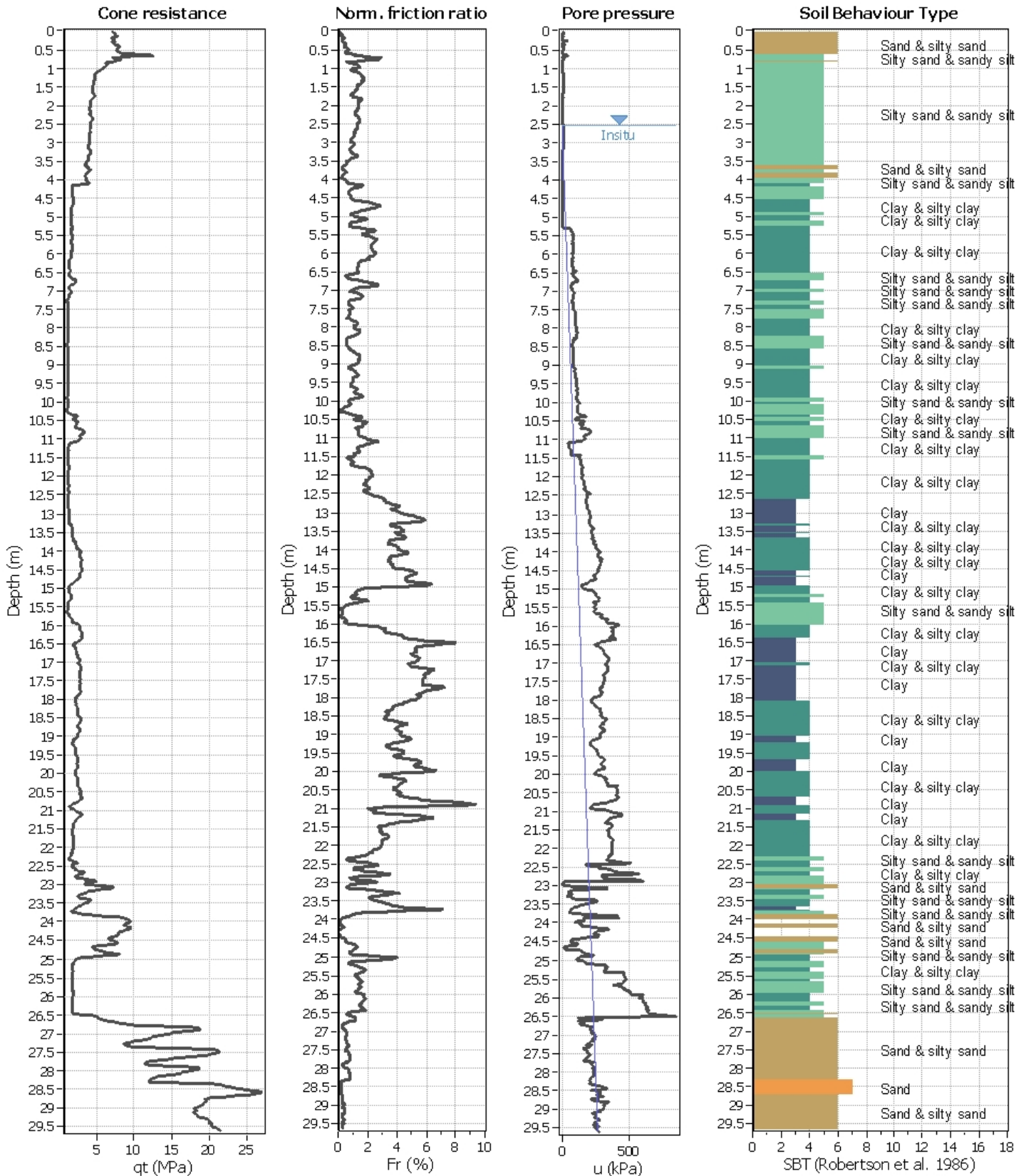
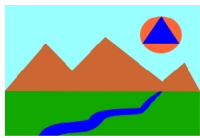
Total depth: 20.00 m



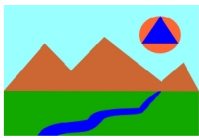
Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT

Use fill:	No
Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A
Trans. detect. applied:	Yes
K_0 applied:	.

Clay like behavior applied:	.
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m
MSF method:	Method based



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	.
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.	MSF method:	Method based



Studio Castagnetti Stefano

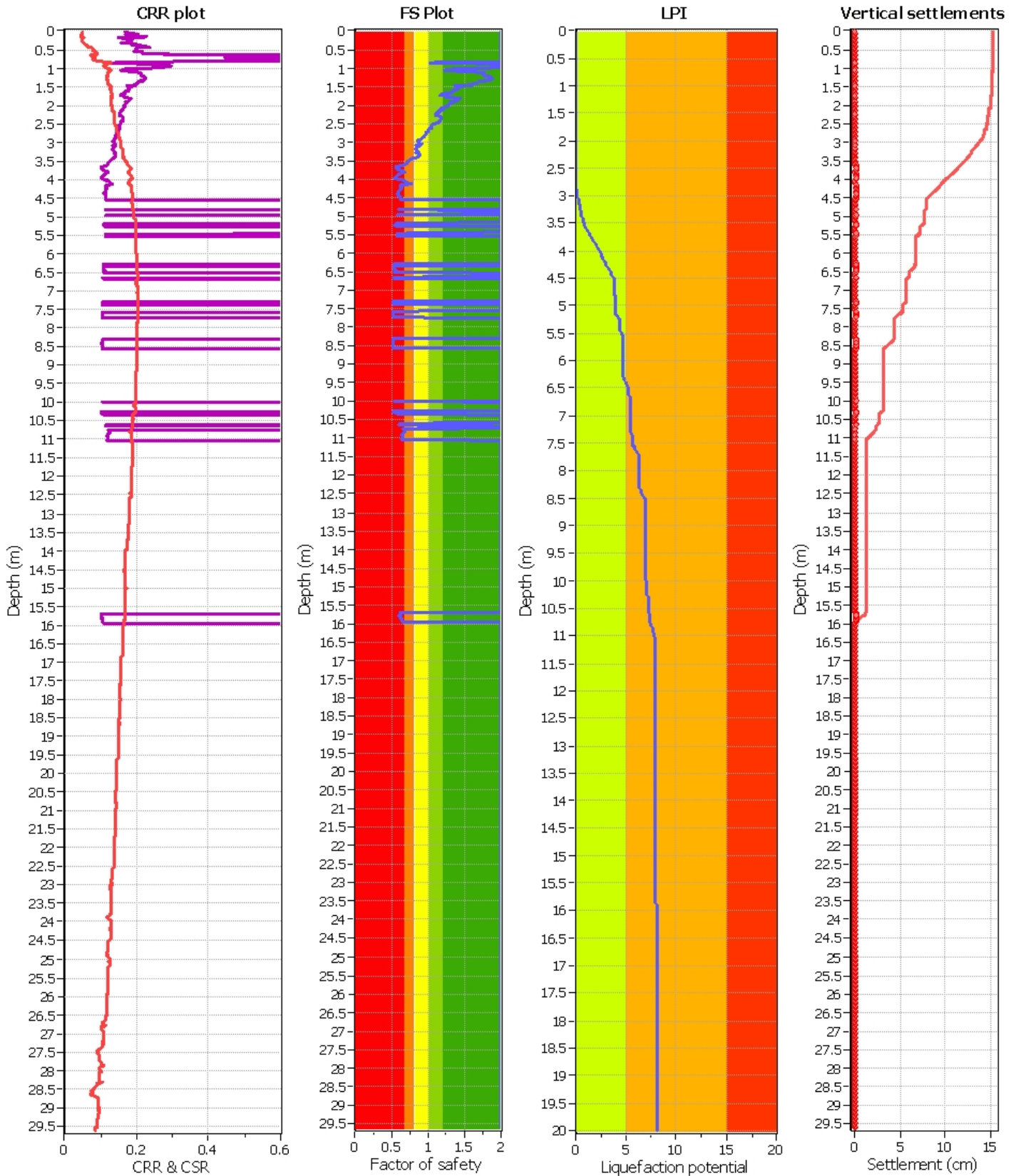
Via Argini Sud, 24
43030 Basilicanova (PR)
www.stefacasta.it

Project: Microzonazione simica III livello

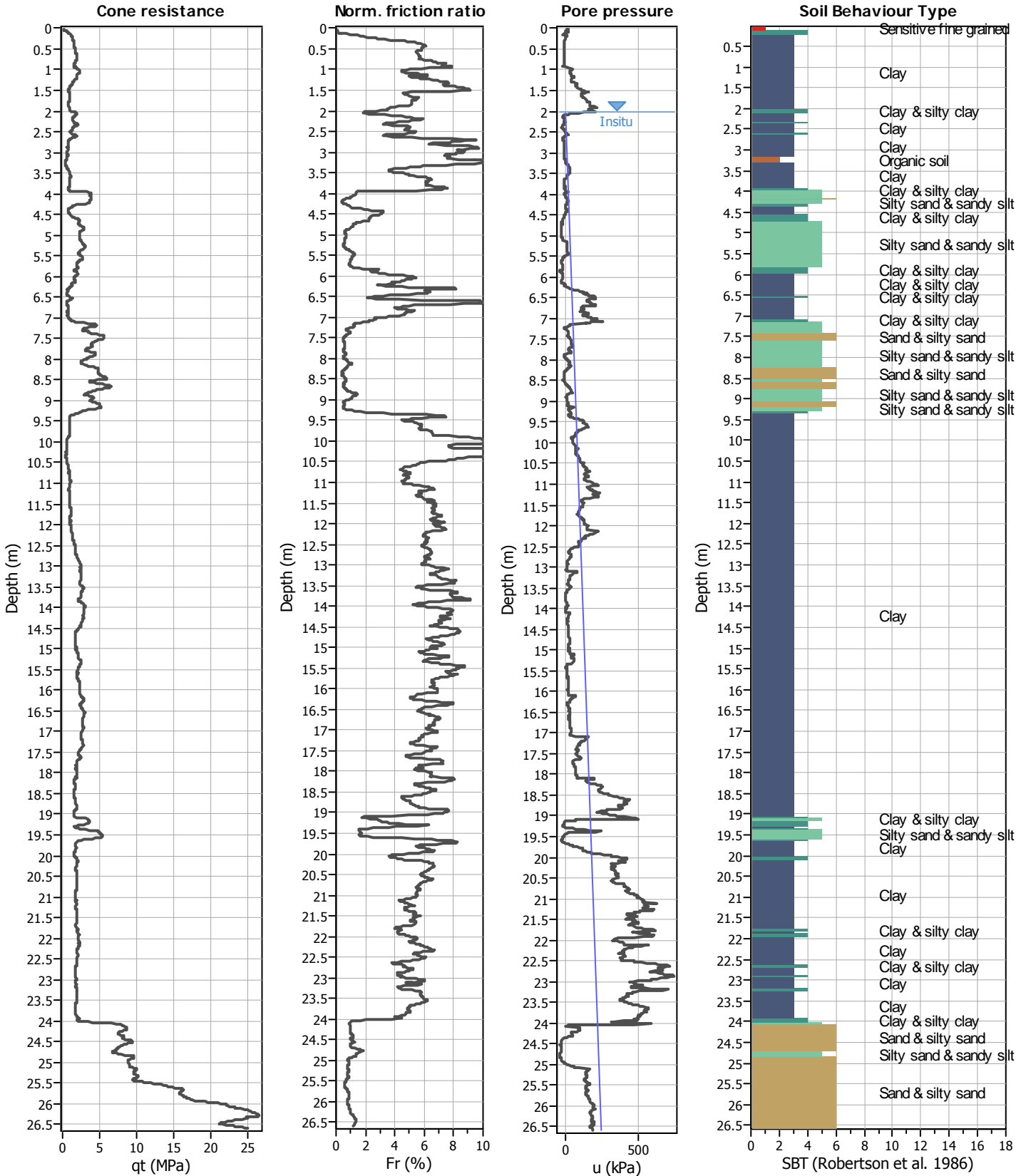
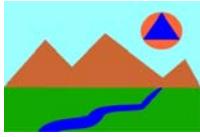
Location: Poviglio

CPT: POV_SCPTU_3

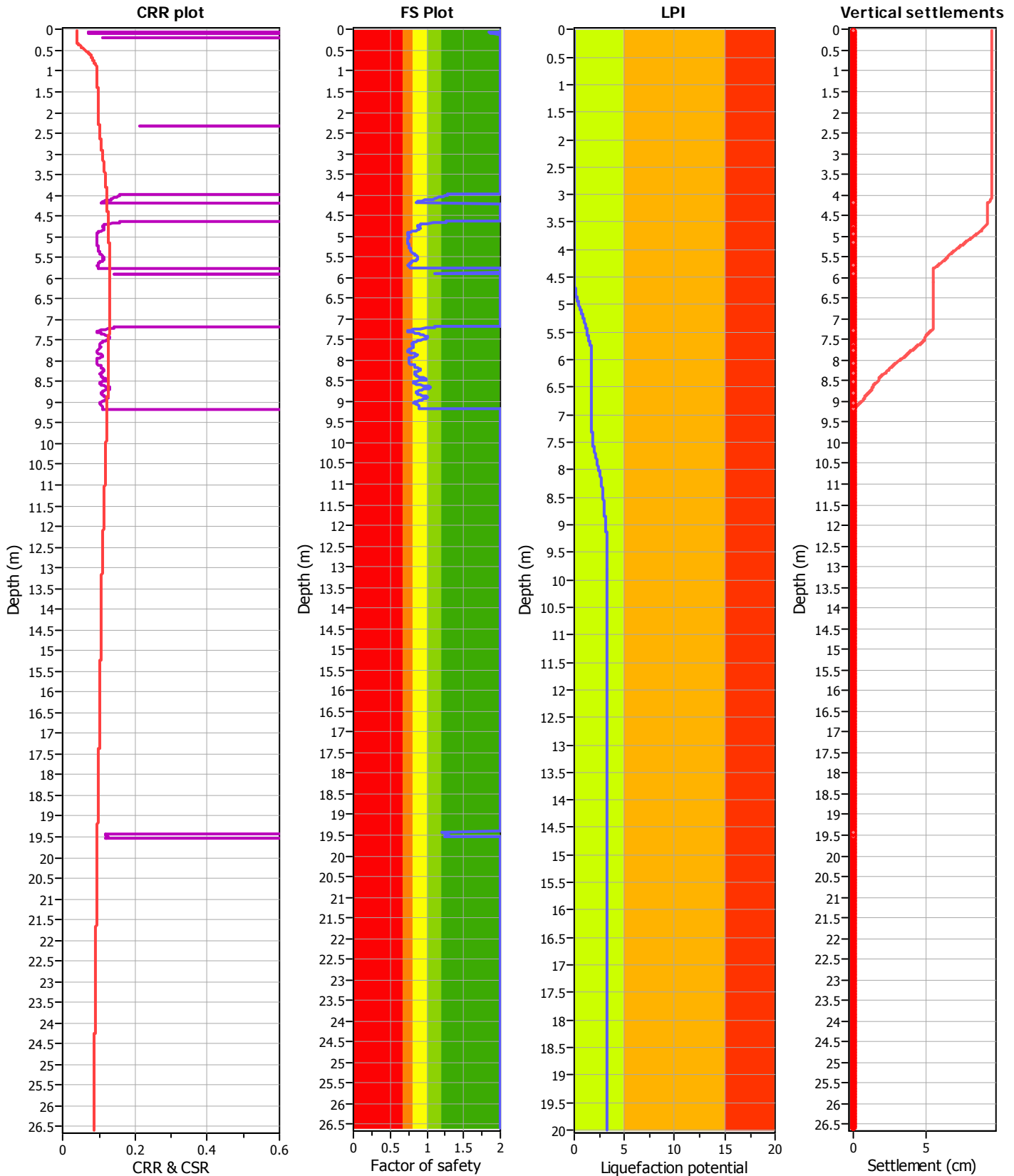
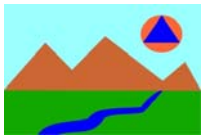
Total depth: 29.62 m



Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.55 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	.
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	.		



Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on I_c value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	I_c cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	0.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.92	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_s applied:	Yes	MSF method:	Method based