



COMUNE DI BAGNO DI ROMAGNA
(PROVINCIA DI FORLI'-CESENA)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA
INDAGINI DI III° LIVELLO

RELAZIONE TECNICA

Progettista responsabile
Dr. Geol. Antonio Maria Baldi

Collaboratore
Dr. Geol. Filippo Ricci



INDICE

1	INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO DELL'AREA	Pag. 3
2	INDAGINI INTEGRATIVE PER IL III° LIVELLO DI MS	Pag. 5
3	DATI DI BASE	Pag. 9
4	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	Pag. 19
4.1	Analisi di risposta sismica locale del sito Cà di Bibò	Pag. 20
4.2	Analisi di risposta sismica locale del sito Valgianna	Pag. 29
4.3	Analisi di risposta sismica locale del sito Selvapiana	Pag. 38
4.4	Analisi di risposta sismica locale del sito Capoluogo - Vialta	Pag. 47
4.5	Analisi di risposta sismica locale del sito Capoluogo - Le Vigne	Pag. 56
4.6	Analisi di risposta sismica locale del sito Capoluogo - Palazza	Pag. 64
5	VERIFICHE DI STABILITA' E DETERMINAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI	Pag. 72
5.1	Cà di Bibò	Pag. 76
5.2	Valgianna	Pag. 79
5.3	Selvapiana	Pag. 82
5.4	Capoluogo – Loc. Vialta	Pag. 85
5.5	Capoluogo - Le Vigne	Pag. 89
5.6	Capoluogo - Palazza	Pag. 92
6	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3	Pag. 95

APPENDICE (Indagini III° livello)

- Sondaggi geognostici e documentazione fotografica
- Profili sismici, prove MASW e misure HVSR
- Certificati laboratorio geotecnico

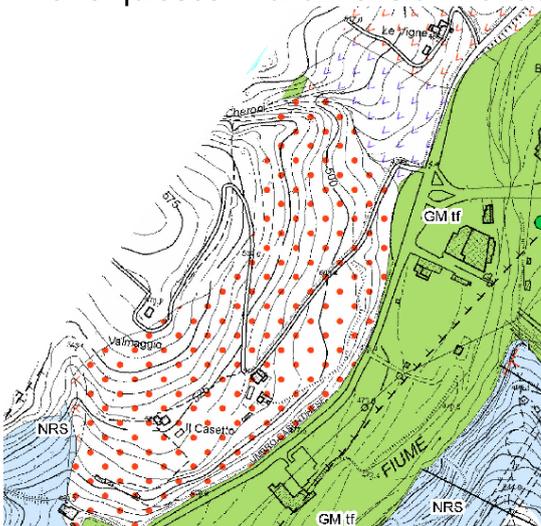
1 - INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO DELL'AREA

Secondo le normative vigenti ed in riferimento agli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica”, gli approfondimenti di terzo livello riguardano le zone soggette ad un carico urbanistico e che sono state identificate nei precedenti livelli come “zone suscettibili di instabilità”. Nel caso specifico del comune in esame, interessano particolarmente le aree instabili o potenzialmente instabili.

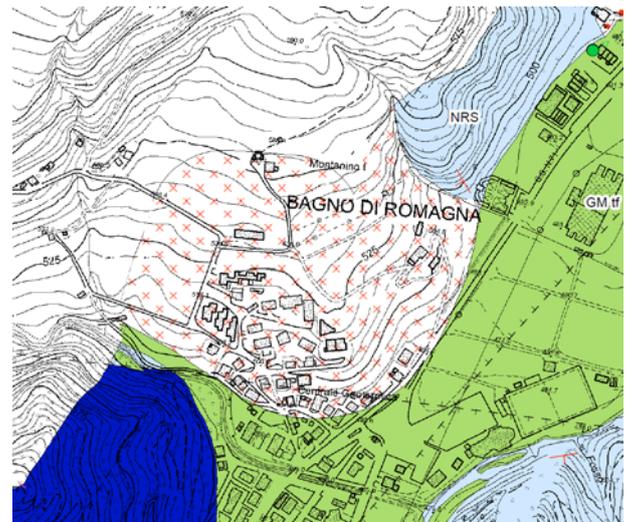
Per l'approfondimento del terzo livello, in accordo con l'Amministrazione comunale, sono state scelte le seguenti aree:

- Bagno di Romagna - zona Palazza
- Bagno di Romagna – zona Vialta (area a monte sede COM)
- San Piero in Bagno - zona Le Vigne (area a monte svincolo sud SS 3 bis)
- Frazione Selvapiana
- Località Cà di Bibò
- Frazione Valgianna

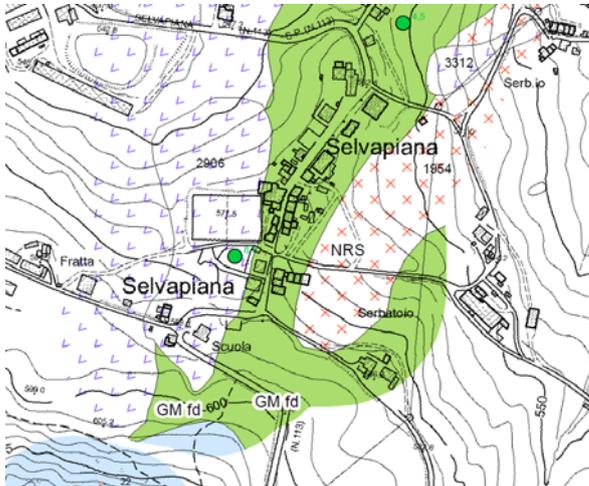
Tali aree, così come evidenziato nelle figure sottostanti, coincidono con frane quiescenti di dimensioni variabili.



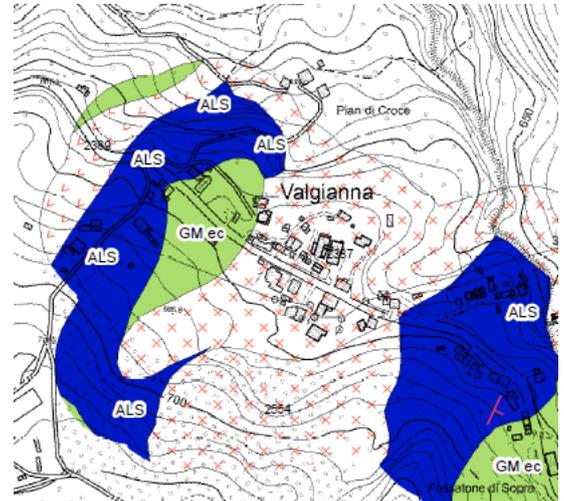
Bagno di Romagna - zona Vialta



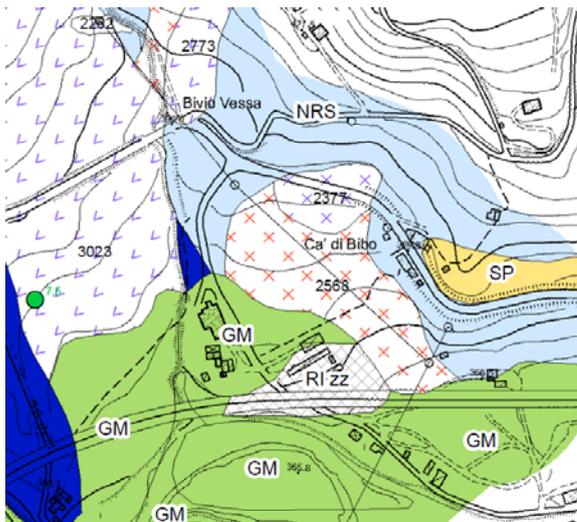
Bagno di Romagna - zona Palazza



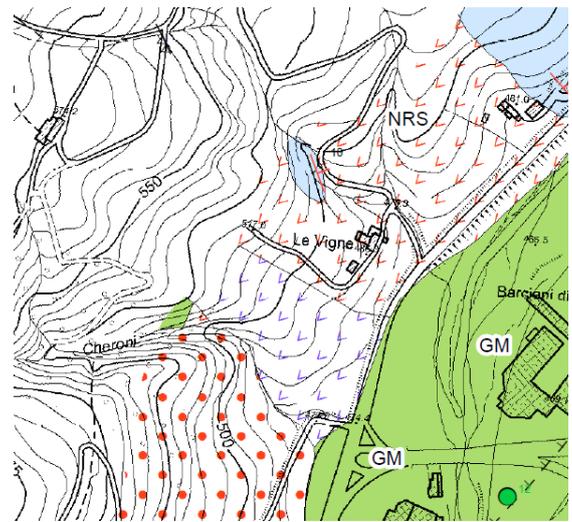
Frazione Selvapiana



Frazione Valgianna



Località Cà di Bibò



San Piero in Bagno – zona Le Vigne

Figura 1 : Estratti della Carta geologico tecnica per le sei zone analizzate

2 – INDAGINI INTEGRATIVE PER IL III° LIVELLO DI MS

Per poter eseguire gli approfondimenti di 3° livello, oltre alle indagini raccolte ed a quelle eseguite nell'ambito dei precedenti livelli, sono state eseguite delle ulteriori prove ed indagini.

In particolare, per ogni zona, sono state eseguite le seguenti indagini:

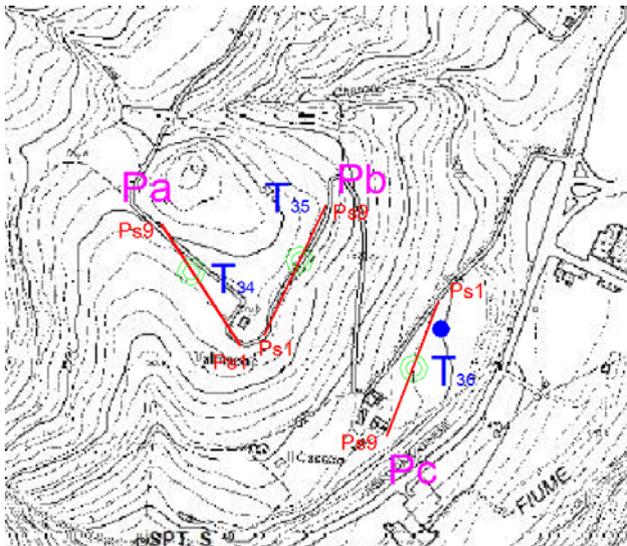
Zona	Indagini
Capoluogo – Vialta	<ul style="list-style-type: none"> • n° 1 sondaggio geognostico • n° 3 profili sismici onde P da 120 m • n° 3 prove MASW • n° 3 misure HVSR
Frazione Selvapiana	<ul style="list-style-type: none"> • n° 1 profili sismici onde P da 240 m • n° 1 prove MASW • n° 2 misure HVSR
Frazione Cà di Bibo	<ul style="list-style-type: none"> • n° 1 sondaggio geognostico • n° 1 profili sismici onde P da 240 m • n° 1 prove MASW • n° 2 misure HVSR
Frazione Valgianna	<ul style="list-style-type: none"> • n° 1 sondaggio geognostico • n° 2 profili sismici onde P da 120 m • n° 2 prove MASW • n° 2 misure HVSR

La zona di Palazza presso Bagno di Romagna, già in passato è stata sede di numerose indagini e quindi non è stato necessario eseguire degli ulteriori approfondimenti di indagine.

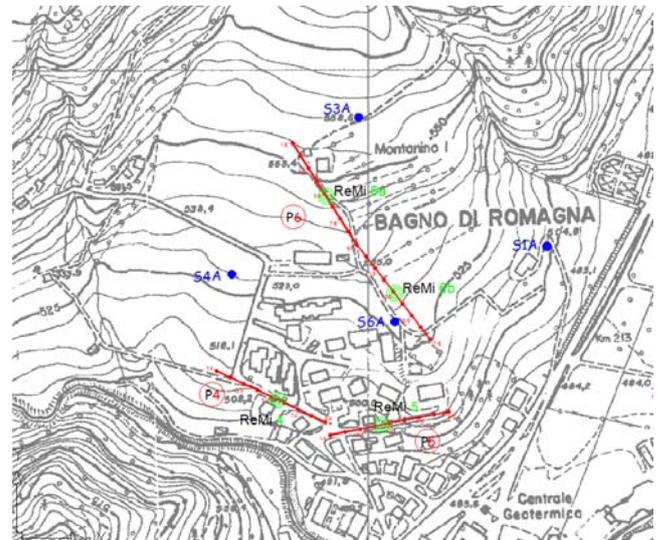
La zona di Le Vigne presso San Piero in Bagno, essendo adiacente alla zona di Vialta, viene redatta utilizzando gran parte delle indagini limitrofe integrate con una prova MASW utile per la valutazione diretta delle Vs.



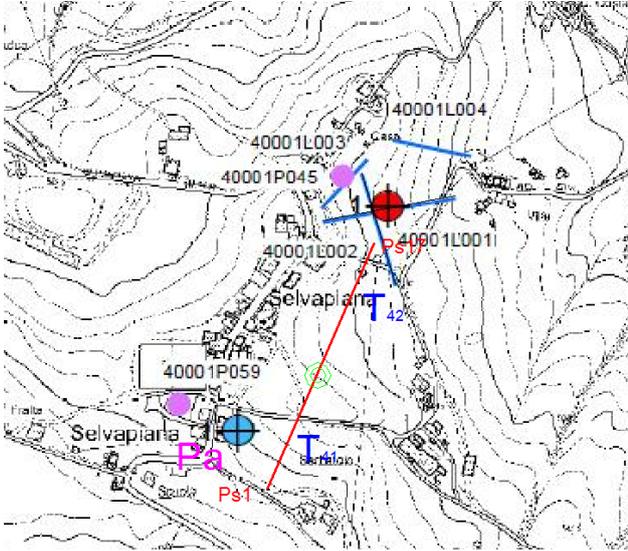
Figura 2: Sonda posizionata per il sondaggio geognostico in Loc. Vialta



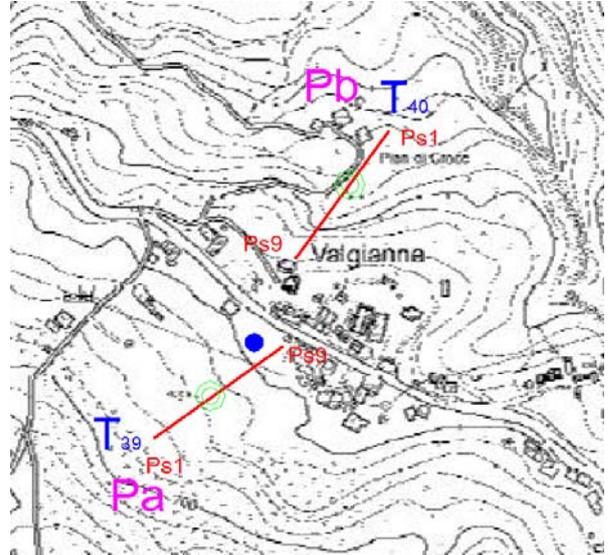
Bagno di Romagna - zona Vialta



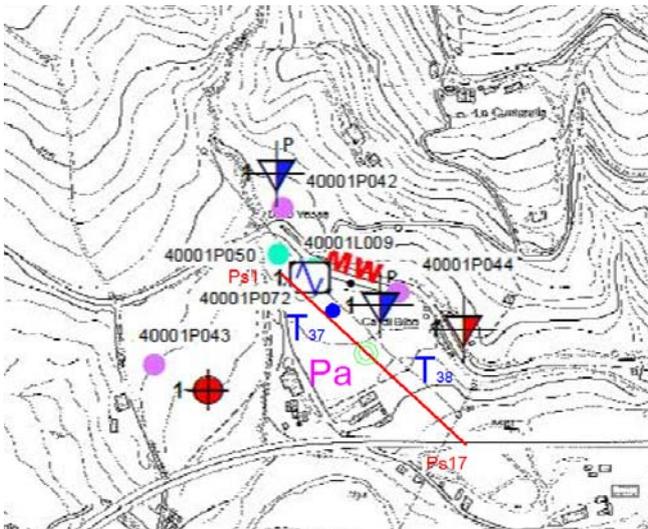
Bagno di Romagna - zona Palazzo



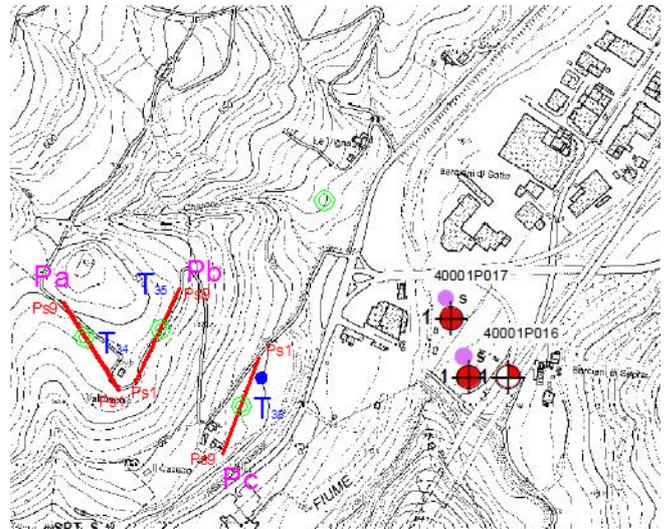
Frazione Selvapiana



Frazione Valgianna



Località Cà di Bibo



San Piero in Bagno – zona Le Vigne

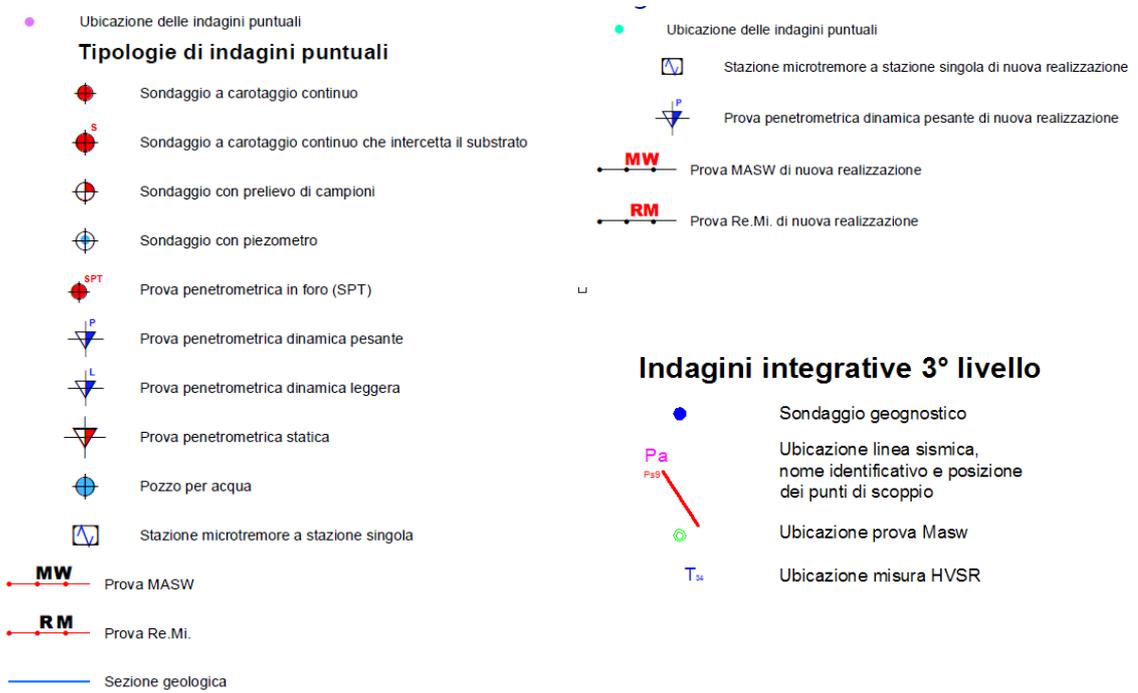


Figura 3 Estratti della Carta delle indagini realizzata nell’ambito del I° e II° livello di MS con l’aggiunta delle indagini eseguite per il III° livello di MS

Le prove sismiche integrative abbinate alle numerose indagini geognostiche esistenti ed alle prove sismiche eseguite nell’ambito dei precedenti livelli, hanno permesso di evidenziare meglio le caratteristiche delle frane quiescenti in esame. I sondaggi geognostici e le prove di laboratorio hanno permesso di determinare le successioni stratigrafiche e la definizione delle principali caratteristiche geotecniche dei vari terreni.

3 – DATI DI BASE

La D.G.R. Emilia Romagna n° 1919 del 16 dicembre 2013 fornisce le disposizioni ed i criteri per gli studi di microzonazione sismica; in particolare in riferimento alla Delibera dell'Assemblea Leg. dell'Emilia Romagna n°112 ed ogg. n°3121 del 2 maggio 2007, con attenzione all'allegato A4, l'analisi di risposta sismica locale di terzo livello e' stata svolta impiegando:

- il valore di a_{refg} assegnato al Comune di Bagno di Romagna dalla Regione Emilia Romagna pari a 0.206 g;
- lo spettro di risposta al bedrock normalizzato per un periodo di ritorno di anni 475 (con smorzamento del 5%) per l'Emilia Romagna (fig. 4) e lo spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Bagno di Romagna (fig. 5);
- i fattori di amplificazione sismica relativi al caso di Appennino e margine appenninico padano con un substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec;
- i n° 3 accelerogrammi di riferimento, assegnati al Comune di Bagno di Romagna dagli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna.

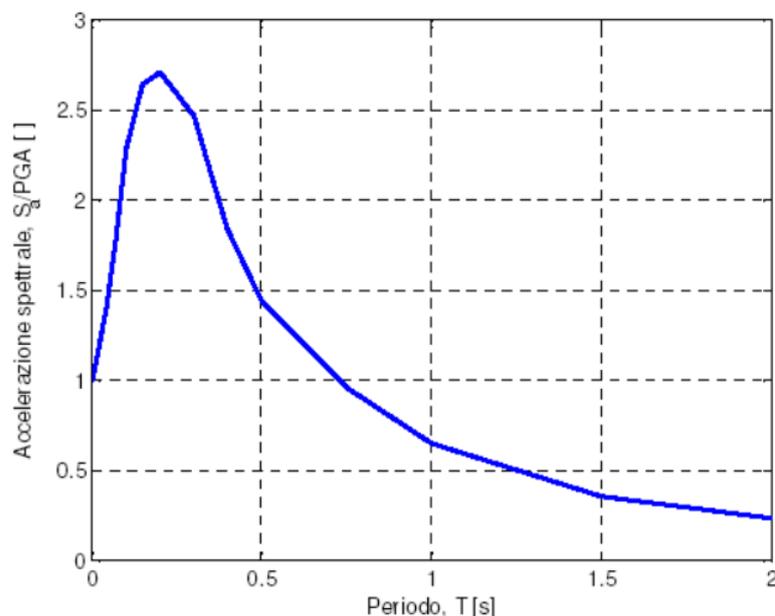


Figura 4 Spettro di risposta normalizzato ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia Romagna

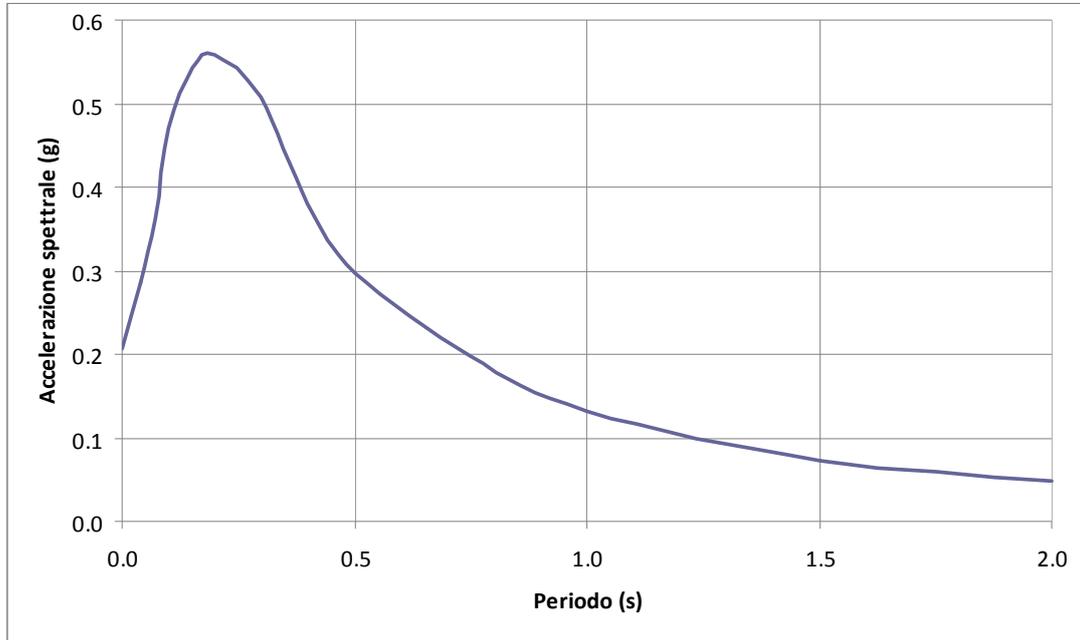


Figura 5 Spettro di risposta a probabilità uniforme ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per il Comune di Bagno di Romagna

In tutte le aree oggetto dell'indagine, come per tutte le aree instabili, non sono stati attribuiti, nel precedente studio di Microzonazione sismica di secondo livello, i rispettivi fattori di amplificazione. Ciò nonostante, alla luce di tutte le indagini integrative svolte, sono stati comunque stati calcolati i fattori di amplificazione di secondo livello per le sei aree oggetto di indagine. In particolare, in riferimento all'allegato A2 della Delibera n°112, la valutazione dei fattori di amplificazione sismica a livello II di approfondimento risulta definito dallo scenario previsto per "APPENNINO e MARGINE APPENNINICO-PADANO", nel caso di substrato marino caratterizzato da una V_s minore di 800 m/sec ed indicato dalle seguenti tabelle:

**F.A. P.G.A.**

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

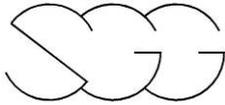
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Per quanto attiene l'analisi di livello superiore, l'analisi di risposta sismica locale è stata eseguita tramite modellazioni numeriche che simulano il processo di propagazione delle onde sismiche attraverso il substrato ed i depositi superficiali.

L'analisi adottata è del tipo lineare equivalente ed è stata eseguita con il codice di calcolo Shake 91, tramite il software EERA (Equivalent-linear Earthquake Response Analysis), nel quale la procedura iterativa impiegata simula il comportamento non lineare del terreno.

Il codice calcola la risposta di un terreno stratificato composto da strati piano paralleli sovrapposti ad un semispazio uniforme.



Il comportamento dinamico dei terreni del modello geofisico di riferimento viene descritto dalla relazione sforzi / deformazioni di tipo isteretico in un modello lineare equivalente espresso dalla coppia di parametri modulo di taglio (Shear Modulus) e smorzamento (Damping Ratio) espressa in funzione dello stato tensionale del suolo.

Nei casi in esame le stratigrafie di riferimento sono composte dalle differenti litologie delle “Formazione di Monte Senario” e dei vari membri della “Formazione marnoso-arenacea” .

Dal punto di vista litotecnico, nella profondità' di interesse per la Microzonazione Sismica, il comportamento dinamico del terreno è stato descritto tramite le seguenti curve di degrado/smorzamento.

In particolare, sono stati utilizzati i risultati di due prove di colonna risonante eseguite dal laboratorio CGG Testing s.r.l. di Piacenza sui campioni prelevati nei sondaggi di Valgianna e di Vialta presso il capoluogo.

I campioni prelevati rappresentano comunque la parte più alterata e terrigena delle formazioni affioranti nelle aree. I risultati delle prove sono stati generalmente estesi anche ai livelli più profondi della formazione, ottenendo perciò delle approssimazioni cautelative.



CGG Testing s.r.l.

certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 3 di 13

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



CURVA DI DECADIMENTO DEL TERRENO

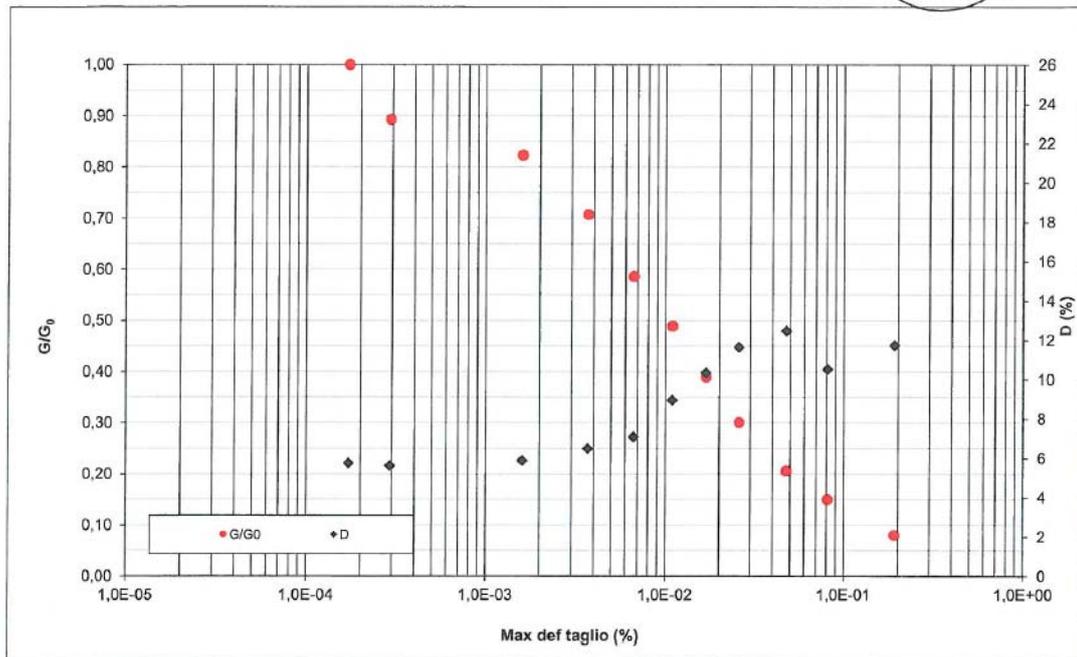


Figura 6 Curve di degrado/smorzamento derivate da prova di colonna risonante eseguita dal laboratorio CGG Testing s.r.l. (Piacenza) sul campione C2 del sondaggio eseguito in località Vialta (limo con argilla) prelevato a profondità di 13,0-13,4 m p.c.



CGG Testing s.r.l.

certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 3 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



CURVA DI DECADIMENTO DEL TERRENO

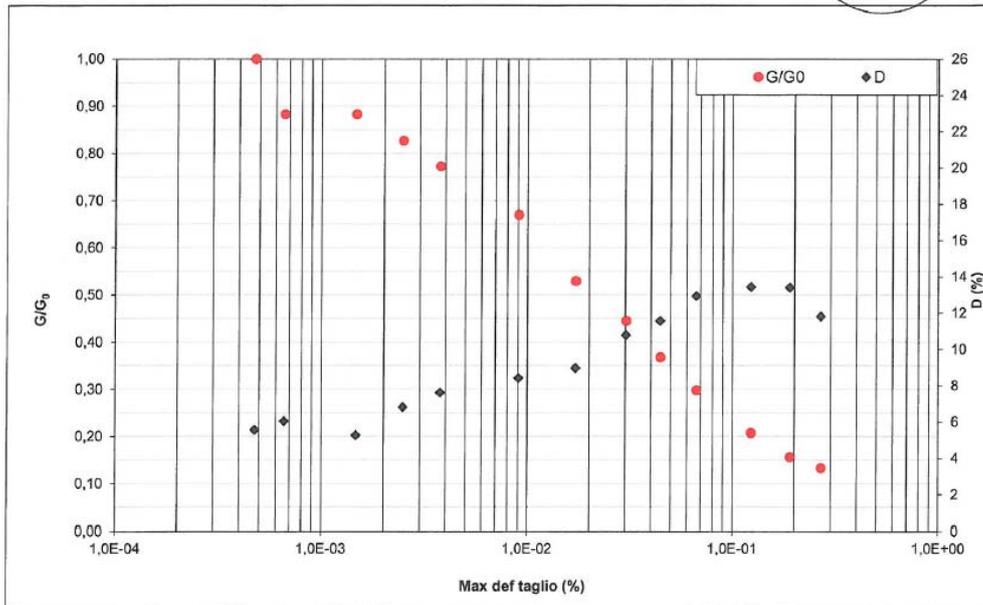


Figura 7 Curve di degrado/smorzamento derivate da prova di colonna risonante eseguita dal laboratorio CGG Testing s.r.l. (Piacenza) sul campione C2 del sondaggio eseguito in località Valgianna (limo argilloso sabbioso) prelevato a profondità di 5,0-5,6 m p.c.

Le argille superficiali sono state descritte tramite curve reperite in letteratura e corrispondenti a litologie analoghe a quelle analizzate.

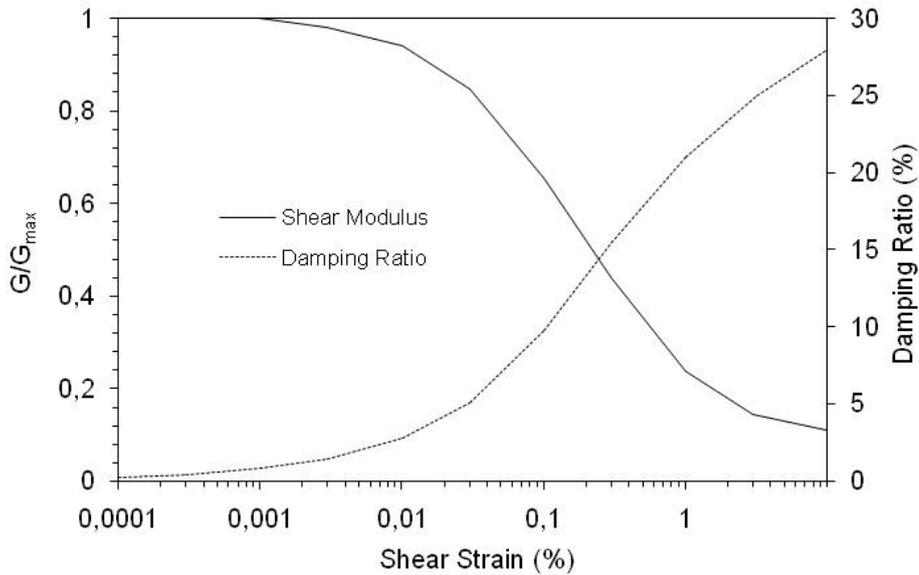


Figura 8 Curve di degrado e smorzamento per le argille (Seed & Sun 1989)

Le argille compatte sono state descritte tramite le curve derivate da una prova di colonna risonante, eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento del Comune di Sogliano al Rubicone, dal laboratorio Geostudi s.r.l. di Pomezia (Rm) su un campione di argilla con limo compatta.

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 3 di 3

ASTM D4015-95

N.VERB.ACCETT./CAMP	1596-4	Data ricevimento	16/09/13	Rapp di prova n.	1596-4-RC	del	23/09/2013
		Data prelievo	-	Data inizio prova	18/09/13		
		Data apertura	18/09/13	Data fine prova	23/09/13		
COMMESSA	106-13	Sondaggio	S1	Tipologia campione	indisturbato		
COMMITTENTE	Stdio di geologia e geofisica srl	Campione	Cl 2	Profondità (m)	7,10-7,60		
CANTIERE	Sogliano al Rubicone						

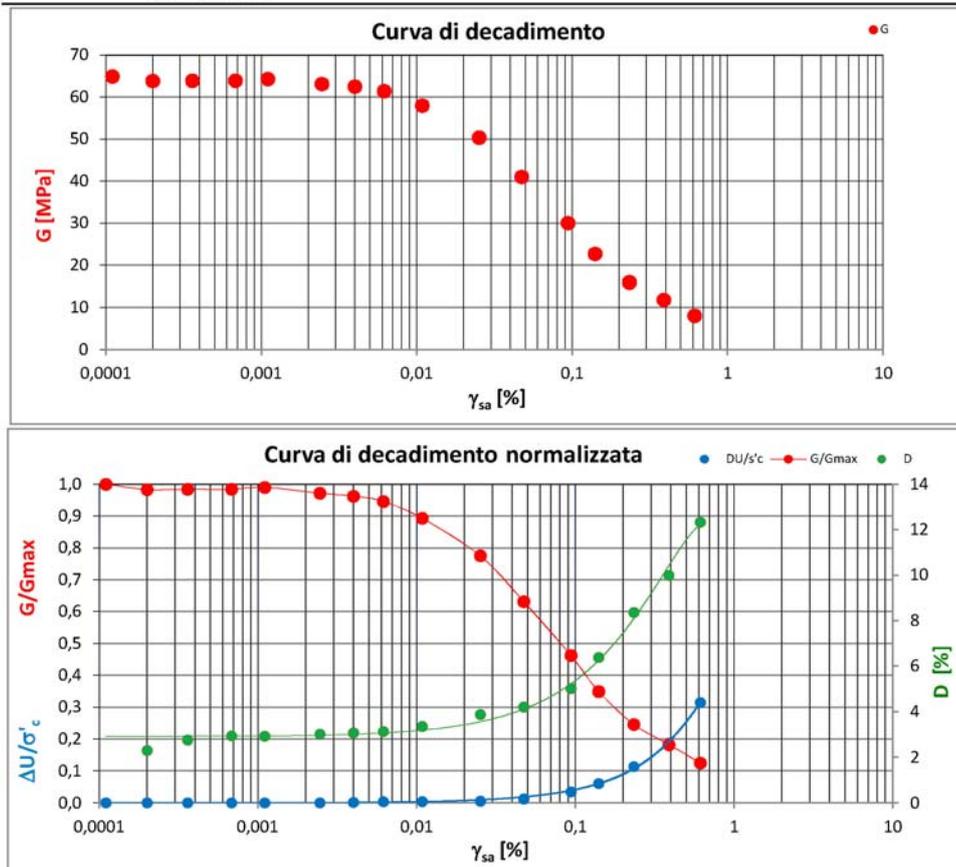


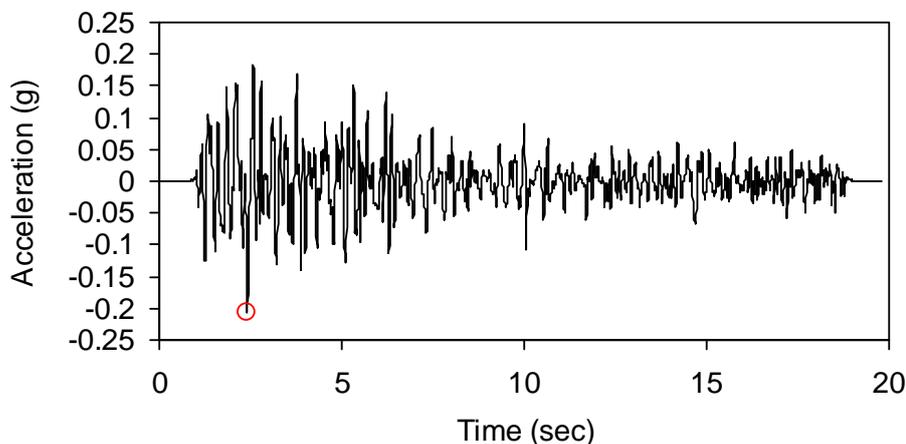
Figura 9 Curve di degrado/smorzamento derivate da prova di colonna risonante, eseguita nell'ambito dello studio di terzo livello di approfondimento del Comune di Sogliano al Rubicone, dal laboratorio Geostudi s.r.l. di Pomezia (Rm) su un campione di argilla con limo compatta prelevato a profondità di 7,10-7,60 m p.c (sondaggio S1).

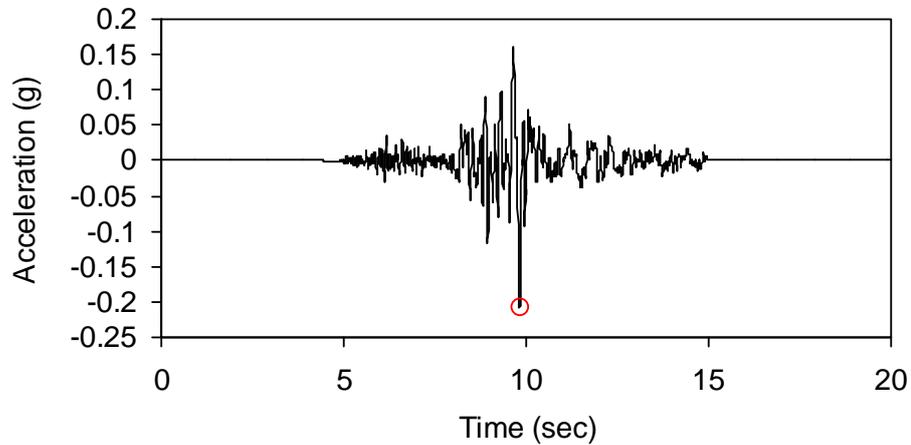
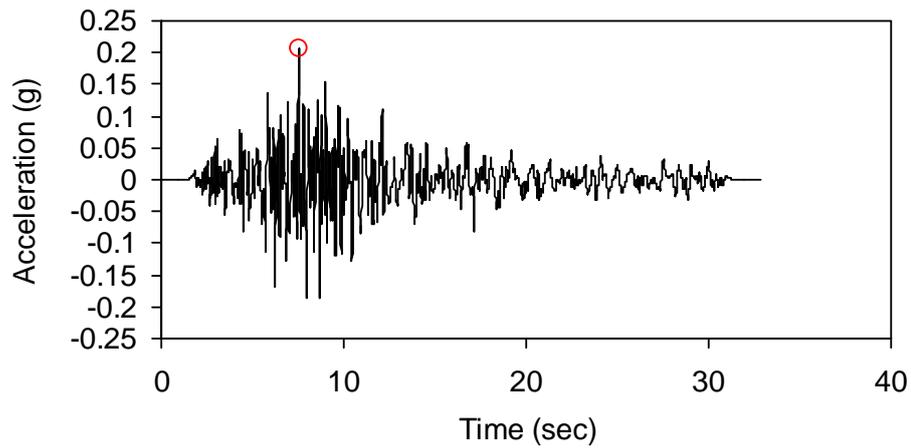
Il moto di input, che viene assegnato al tetto del semispazio che rappresenta il substrato di riferimento, e' rappresentato da onde S incidenti verticalmente, ed e' applicato alla profondita' alla quale, in relazione al gradiente di velocita' del locale substrato, si raggiunge il valore di velocita' delle onde S di 800 m/sec.

Di seguito si riportano i segnali di riferimento per il comune di Bagno di Romagna ovvero i 3 accelerogrammi selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database " attraverso una procedura che valuta la similarita' tra una forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD. I segnali di riferimento vengono forniti dalla Regione Emilia Romagna, gia' scalati per il comune di riferimento, all'indirizzo

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/gli-indirizzi-per-gli-studi-di-microzonazione-sismica-in-emilia-romagna-per-la-pianificazione-territoriale-e-urbanistica>.

000046xa_040050Bagno di Romagna



000126xa_040050Bagno di Romagna**000354xa_040050Bagno di Romagna**

4 – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi di risposta sismica locale, intesa a definire il fattore di amplificazione relativo all'area in esame ed accertare eventuali condizioni di criticità', e' stata condotta mediante l'impiego del codice Shake-91, applicando alla profondità' alla quale il bedrock sismico raggiunge il valore di velocità' delle onde S di 800 m/sec, il moto di riferimento rappresentato dai 3 accelerogrammi assegnati al Comune di Bagno di Romagna.

Lo spettro di risposta al sito e' stato confrontato con quello derivato dal II° livello di approfondimento, al fine di analizzare le differenze tra la risposta di un modello semplificato con quello di dettaglio indicato per il sito in esame.

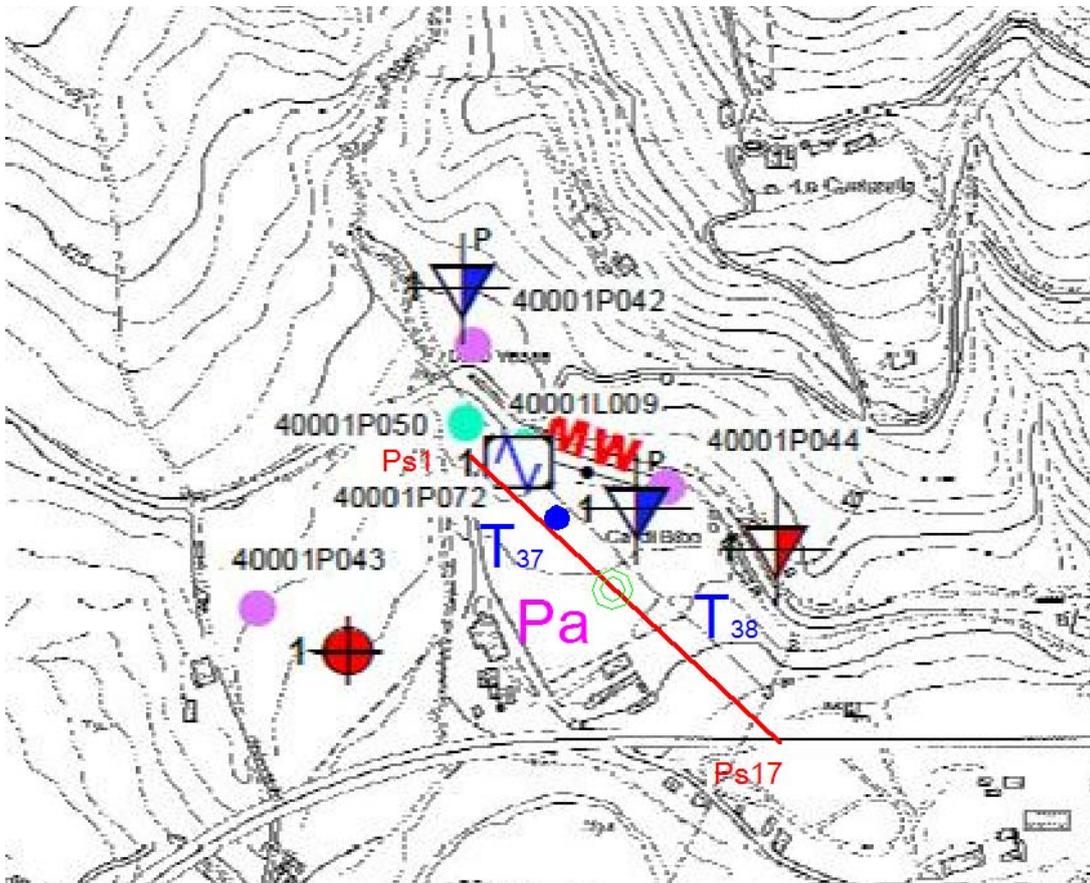
Lo sforzo e la deformazione degli strati, restituita dalla funzione di trasferimento per ogni layer e sublayer in cui e' stato discretizzato il sottosuolo dalla quota dell'input del moto sismico alla superficie, e' stata analizzata alla quota del piano campagna, e rapportata a quella di un modello con substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, al fine di definire il fattore di amplificazione determinato dalla particolare successione stratigrafica del sottosuolo dell'area di studio.

Lo spettro di risposta sismica locale medio è stato determinato quale valore medio di quelli calcolati in riferimento a ciascuno degli accelerogrammi assegnati al Comune, e raffrontato a quello relativo al medesimo scenario di sito proposto con l'analisi di secondo livello.

Di seguito si riportano i risultati di ciascun sito analizzato.

4.1 Analisi di risposta sismica locale del sito Cà di Bibo

La stratigrafia del sito Cà di Bibo è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini e da quelle integrative eseguite per il terzo livello, riportate nella successiva planimetria.



L' area di Cà di Bibo è caratterizzato dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) argille limose con spessore mediamente pari a 4-5 metri e appartenenti alla frana quiescente
- b) argille compatte (FMA1, membro di Biserno)



La valutazione dei fattori di amplificazione sismica a livello II di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni, determinate sulla base delle specifiche indagini integrative:

$V_{sH} = 200$ m/sec ed H media = 5 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 2.0

FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.7

FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.4

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0.26
Average shear wave velocity (m/sec) = 500.78
Total number of sublayers = 6

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	4.5	69.92		19.00	190			2.3	42.75
	2	4	6.8	326.20		20.00	400			7.9	153.50
	3	4	6.8	522.43		20.50	500			14.7	291.20
	4	4	6.8	752.29		20.50	600			21.5	430.60
	5	4	7.1	1048.93		21.00	700			28.5	574.85
bedrock	6	4		1402.65		21.50	800	Outcrop		32.0	649.40

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

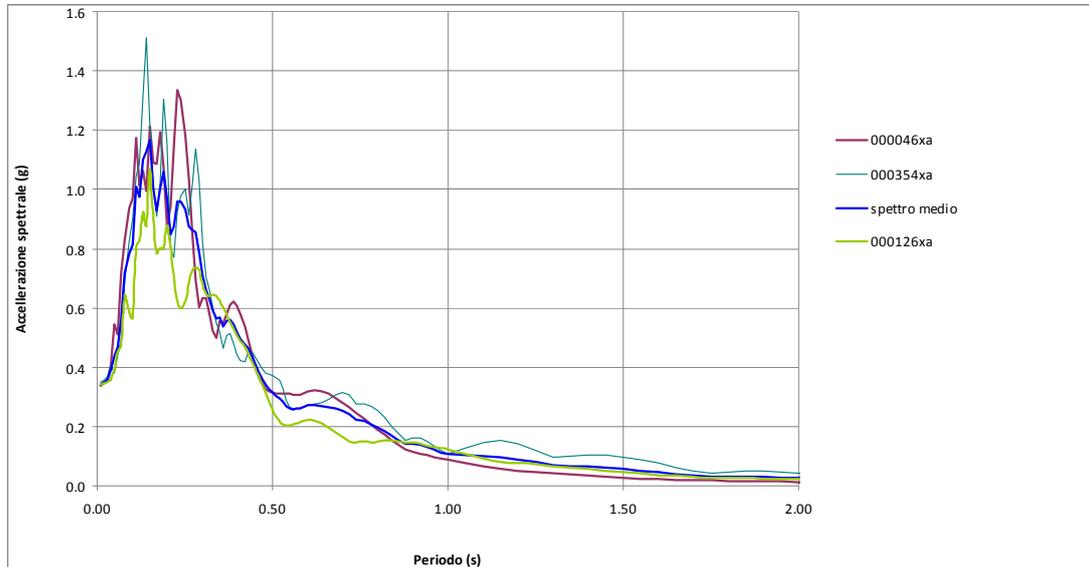


Figura 10 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito Cà di Bibo.

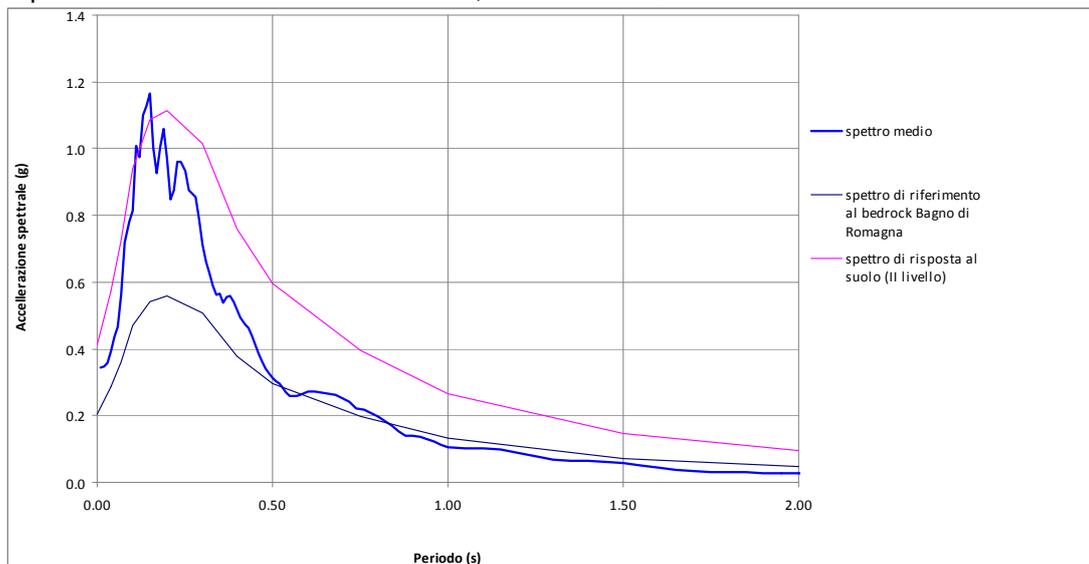


Figura 11 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito Cà di Bibo.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.165g** al periodo di 0.15 sec, localmente più' elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.343g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall' analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità' spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1255.13	781.51	1.61
000126xa	1081.88	723.90	1.49
000354xa	1252.56	789.74	1.59
		media	1.56

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	692.79	602.22	1.15
000126xa	548.91	499.37	1.10
000354xa	760.36	683.30	1.11
		media	1.12

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.339	0.206	1.65
000126xa	0.341	0.206	1.66
000354xa	0.349	0.206	1.69
		media	1.67

Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.



000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0.01	0.3386	0.01	0.3408	0.01	0.3490	0.01	0.3428
0.02	0.3453	0.02	0.3438	0.02	0.3552	0.02	0.3481
0.03	0.3588	0.03	0.3490	0.03	0.3673	0.03	0.3584
0.04	0.4056	0.04	0.3580	0.04	0.4077	0.04	0.3904
0.05	0.5430	0.05	0.3899	0.05	0.3780	0.05	0.4370
0.06	0.5093	0.06	0.4534	0.06	0.4402	0.06	0.4676
0.07	0.7158	0.07	0.4738	0.07	0.4950	0.07	0.5615
0.08	0.8298	0.08	0.6424	0.08	0.6859	0.08	0.7194
0.09	0.9345	0.09	0.5824	0.09	0.8267	0.09	0.7812
0.10	0.9711	0.10	0.5670	0.10	0.9011	0.10	0.8130
0.11	1.1759	0.11	0.8068	0.11	1.0440	0.11	1.0089
0.12	1.0136	0.12	0.8233	0.12	1.0890	0.12	0.9753
0.13	1.0635	0.13	0.9230	0.13	1.3146	0.13	1.1003
0.14	0.9920	0.14	0.8778	0.14	1.5115	0.14	1.1271
0.15	1.2119	0.15	1.0686	0.15	1.2132	0.15	1.1646
0.16	1.0880	0.16	0.8999	0.16	1.0163	0.16	1.0014
0.17	1.0859	0.17	0.7872	0.17	0.9099	0.17	0.9277
0.18	1.1917	0.18	0.8021	0.18	1.0232	0.18	1.0057
0.19	1.0757	0.19	0.7979	0.19	1.3034	0.19	1.0590
0.20	0.8779	0.20	0.8775	0.20	1.1588	0.20	0.9714
0.21	0.9384	0.21	0.8092	0.21	0.8015	0.21	0.8497
0.22	1.1458	0.22	0.7110	0.22	0.7705	0.22	0.8758
0.23	1.3338	0.23	0.6249	0.23	0.9247	0.23	0.9612
0.24	1.2993	0.24	0.5981	0.24	0.9797	0.24	0.9590
0.25	1.1815	0.25	0.6198	0.25	1.0008	0.25	0.9340
0.26	1.0369	0.26	0.6811	0.26	0.9113	0.26	0.8765
0.27	0.8569	0.27	0.7238	0.27	1.0123	0.27	0.8644
0.28	0.6929	0.28	0.7366	0.28	1.1352	0.28	0.8549
0.29	0.6035	0.29	0.7272	0.29	1.0291	0.29	0.7866
0.30	0.6318	0.30	0.6828	0.30	0.8197	0.30	0.7114
0.31	0.6345	0.31	0.6470	0.31	0.7014	0.31	0.6610
0.32	0.5805	0.32	0.6400	0.32	0.6617	0.32	0.6274
0.33	0.5214	0.33	0.6462	0.33	0.6042	0.33	0.5906
0.34	0.4977	0.34	0.6424	0.34	0.5483	0.34	0.5628



0.35	0.5562	0.35	0.6267	0.35	0.5182	0.35	0.5671
0.36	0.5492	0.36	0.6039	0.36	0.4635	0.36	0.5389
0.37	0.5784	0.37	0.5787	0.37	0.5065	0.37	0.5545
0.38	0.6115	0.38	0.5531	0.38	0.5133	0.38	0.5593
0.39	0.6227	0.39	0.5287	0.39	0.4778	0.39	0.5431
0.40	0.6077	0.40	0.5068	0.40	0.4405	0.40	0.5183
0.41	0.5782	0.41	0.4872	0.41	0.4206	0.41	0.4953
0.42	0.5372	0.42	0.4679	0.42	0.4192	0.42	0.4748
0.43	0.4912	0.43	0.4459	0.43	0.4512	0.43	0.4628
0.44	0.4454	0.44	0.4185	0.44	0.4528	0.44	0.4389
0.45	0.4039	0.45	0.3971	0.45	0.4354	0.45	0.4121
0.46	0.3696	0.46	0.3720	0.46	0.4145	0.46	0.3854
0.47	0.3440	0.47	0.3434	0.47	0.3940	0.47	0.3605
0.48	0.3273	0.48	0.3133	0.48	0.3806	0.48	0.3404
0.49	0.3179	0.49	0.2837	0.49	0.3770	0.49	0.3262
0.50	0.3136	0.50	0.2564	0.50	0.3734	0.50	0.3145
0.51	0.3125	0.51	0.2337	0.51	0.3662	0.51	0.3041
0.52	0.3124	0.52	0.2172	0.52	0.3555	0.52	0.2950
0.53	0.3125	0.53	0.2076	0.53	0.3317	0.53	0.2839
0.54	0.3118	0.54	0.2041	0.54	0.2892	0.54	0.2684
0.55	0.3101	0.55	0.2050	0.55	0.2629	0.55	0.2593
0.56	0.3078	0.56	0.2083	0.56	0.2599	0.56	0.2586
0.57	0.3052	0.57	0.2124	0.57	0.2596	0.57	0.2591
0.58	0.3087	0.58	0.2163	0.58	0.2627	0.58	0.2626
0.60	0.3194	0.60	0.2209	0.60	0.2731	0.60	0.2711
0.62	0.3224	0.62	0.2191	0.62	0.2771	0.62	0.2729
0.64	0.3189	0.64	0.2102	0.64	0.2801	0.64	0.2697
0.66	0.3100	0.66	0.1963	0.66	0.2932	0.66	0.2665
0.68	0.2968	0.68	0.1801	0.68	0.3056	0.68	0.2608
0.70	0.2810	0.70	0.1637	0.70	0.3141	0.70	0.2530
0.72	0.2632	0.72	0.1513	0.72	0.3066	0.72	0.2404
0.74	0.2447	0.74	0.1447	0.74	0.2777	0.74	0.2224
0.76	0.2257	0.76	0.1492	0.76	0.2769	0.76	0.2173
0.78	0.2069	0.78	0.1472	0.78	0.2673	0.78	0.2071
0.80	0.1885	0.80	0.1503	0.80	0.2522	0.80	0.1970
0.82	0.1709	0.82	0.1537	0.82	0.2284	0.82	0.1843
0.84	0.1543	0.84	0.1537	0.84	0.2013	0.84	0.1697
0.86	0.1387	0.86	0.1509	0.86	0.1753	0.86	0.1550
0.88	0.1244	0.88	0.1463	0.88	0.1532	0.88	0.1413



0.90	0.1153	0.90	0.1449	0.90	0.1608	0.90	0.1403
0.92	0.1091	0.92	0.1422	0.92	0.1605	0.92	0.1373
0.94	0.1032	0.94	0.1362	0.94	0.1508	0.94	0.1301
0.96	0.0976	0.96	0.1306	0.96	0.1349	0.96	0.1210
0.98	0.0922	0.98	0.1267	0.98	0.1178	0.98	0.1122
1.00	0.0871	1.00	0.1220	1.00	0.1087	1.00	0.1059
1.05	0.0757	1.05	0.1083	1.05	0.1249	1.05	0.1030
1.10	0.0660	1.10	0.0931	1.10	0.1443	1.10	0.1011
1.15	0.0577	1.15	0.0804	1.15	0.1543	1.15	0.0974
1.20	0.0506	1.20	0.0763	1.20	0.1419	1.20	0.0896
1.25	0.0451	1.25	0.0718	1.25	0.1201	1.25	0.0790
1.30	0.0405	1.30	0.0669	1.30	0.0971	1.30	0.0682
1.35	0.0365	1.35	0.0617	1.35	0.1007	1.35	0.0663
1.40	0.0330	1.40	0.0562	1.40	0.1041	1.40	0.0645
1.45	0.0300	1.45	0.0507	1.45	0.1025	1.45	0.0610
1.50	0.0273	1.50	0.0454	1.50	0.0964	1.50	0.0564
1.55	0.0249	1.55	0.0406	1.55	0.0895	1.55	0.0517
1.60	0.0229	1.60	0.0364	1.60	0.0760	1.60	0.0451
1.65	0.0210	1.65	0.0330	1.65	0.0616	1.65	0.0386
1.70	0.0194	1.70	0.0303	1.70	0.0506	1.70	0.0334
1.75	0.0180	1.75	0.0282	1.75	0.0440	1.75	0.0301
1.80	0.0167	1.80	0.0265	1.80	0.0453	1.80	0.0295
1.85	0.0156	1.85	0.0252	1.85	0.0480	1.85	0.0296
1.90	0.0146	1.90	0.0240	1.90	0.0483	1.90	0.0290
1.95	0.0137	1.95	0.0230	1.95	0.0464	1.95	0.0277
2.00	0.0128	2.00	0.0220	2.00	0.0431	2.00	0.0260
2.05	0.0122	2.05	0.0211	2.05	0.0390	2.05	0.0241
2.10	0.0116	2.10	0.0201	2.10	0.0346	2.10	0.0221
2.15	0.0111	2.15	0.0192	2.15	0.0327	2.15	0.0210
2.20	0.0106	2.20	0.0183	2.20	0.0307	2.20	0.0199
2.25	0.0101	2.25	0.0175	2.25	0.0287	2.25	0.0188
2.30	0.0097	2.30	0.0166	2.30	0.0289	2.30	0.0184
2.35	0.0093	2.35	0.0159	2.35	0.0285	2.35	0.0179
2.40	0.0089	2.40	0.0151	2.40	0.0273	2.40	0.0171
2.50	0.0082	2.50	0.0138	2.50	0.0239	2.50	0.0153
2.60	0.0076	2.60	0.0126	2.60	0.0212	2.60	0.0138
2.70	0.0071	2.70	0.0116	2.70	0.0201	2.70	0.0129
2.80	0.0066	2.80	0.0108	2.80	0.0201	2.80	0.0125
2.90	0.0062	2.90	0.0100	2.90	0.0203	2.90	0.0122



3.00	0.0058	3.00	0.0093	3.00	0.0195	3.00	0.0115
3.10	0.0054	3.10	0.0087	3.10	0.0182	3.10	0.0108
3.20	0.0051	3.20	0.0081	3.20	0.0186	3.20	0.0106
3.30	0.0048	3.30	0.0076	3.30	0.0177	3.30	0.0101
3.40	0.0046	3.40	0.0071	3.40	0.0156	3.40	0.0091
3.50	0.0044	3.50	0.0066	3.50	0.0128	3.50	0.0079
3.60	0.0041	3.60	0.0062	3.60	0.0117	3.60	0.0073
3.70	0.0039	3.70	0.0058	3.70	0.0114	3.70	0.0070
3.80	0.0037	3.80	0.0054	3.80	0.0110	3.80	0.0067
3.90	0.0036	3.90	0.0051	3.90	0.0105	3.90	0.0064
4.00	0.0034	4.00	0.0048	4.00	0.0100	4.00	0.0061
4.10	0.0033	4.10	0.0046	4.10	0.0095	4.10	0.0058
4.20	0.0031	4.20	0.0043	4.20	0.0090	4.20	0.0055
4.30	0.0030	4.30	0.0041	4.30	0.0086	4.30	0.0052
4.40	0.0029	4.40	0.0039	4.40	0.0081	4.40	0.0050
4.50	0.0028	4.50	0.0037	4.50	0.0076	4.50	0.0047
4.60	0.0027	4.60	0.0035	4.60	0.0072	4.60	0.0045
4.70	0.0026	4.70	0.0034	4.70	0.0068	4.70	0.0042
4.80	0.0025	4.80	0.0032	4.80	0.0063	4.80	0.0040
4.90	0.0024	4.90	0.0031	4.90	0.0059	4.90	0.0038
5.00	0.0023	5.00	0.0030	5.00	0.0056	5.00	0.0036
5.10	0.0022	5.10	0.0029	5.10	0.0052	5.10	0.0035
5.20	0.0022	5.20	0.0028	5.20	0.0049	5.20	0.0033
5.40	0.0020	5.40	0.0026	5.40	0.0044	5.40	0.0030
5.60	0.0019	5.60	0.0025	5.60	0.0039	5.60	0.0028
5.80	0.0018	5.80	0.0024	5.80	0.0035	5.80	0.0026
6.00	0.0017	6.00	0.0022	6.00	0.0032	6.00	0.0024
6.20	0.0016	6.20	0.0021	6.20	0.0030	6.20	0.0022
6.40	0.0015	6.40	0.0020	6.40	0.0027	6.40	0.0021
6.60	0.0015	6.60	0.0019	6.60	0.0026	6.60	0.0020
6.80	0.0014	6.80	0.0019	6.80	0.0024	6.80	0.0019
7.00	0.0013	7.00	0.0018	7.00	0.0023	7.00	0.0018
7.20	0.0013	7.20	0.0017	7.20	0.0021	7.20	0.0017
7.40	0.0012	7.40	0.0017	7.40	0.0020	7.40	0.0016
7.60	0.0012	7.60	0.0016	7.60	0.0019	7.60	0.0016
7.80	0.0011	7.80	0.0015	7.80	0.0018	7.80	0.0015
8.00	0.0011	8.00	0.0015	8.00	0.0018	8.00	0.0014
8.50	0.0010	8.50	0.0014	8.50	0.0016	8.50	0.0013
9.00	0.0009	9.00	0.0013	9.00	0.0014	9.00	0.0012

9.50	0.0009	9.50	0.0012	9.50	0.0013	9.50	0.0011
10.00	0.0008	10.00	0.0011	10.00	0.0012	10.00	0.0010

Per quanto riguarda le frequenze di risonanza del sito, ovvero le frequenze in corrispondenza delle quali in caso di terremoto ci si attende la maggiore amplificazione del sisma, oltre ai risultati dell'analisi di risposta sismica locale è necessario fare riferimento alla misura del rumore sismico ambientale T37 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento. La frequenza di risonanza caratteristica del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincide con il valore di 9.34 Hz, che è legato, sulla base della relazione empirica ($f=V_s/4H$), alla discontinuità coincidente con la base della frana.

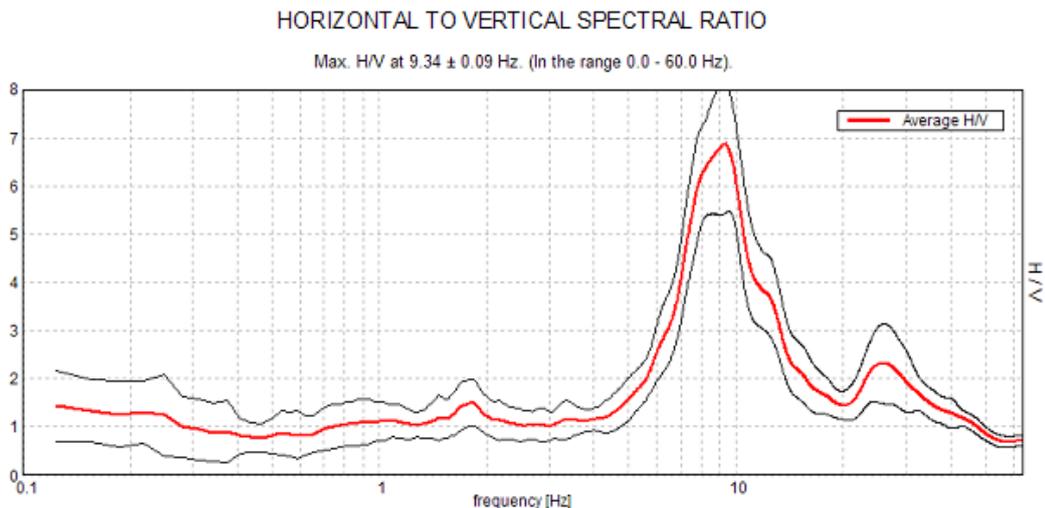
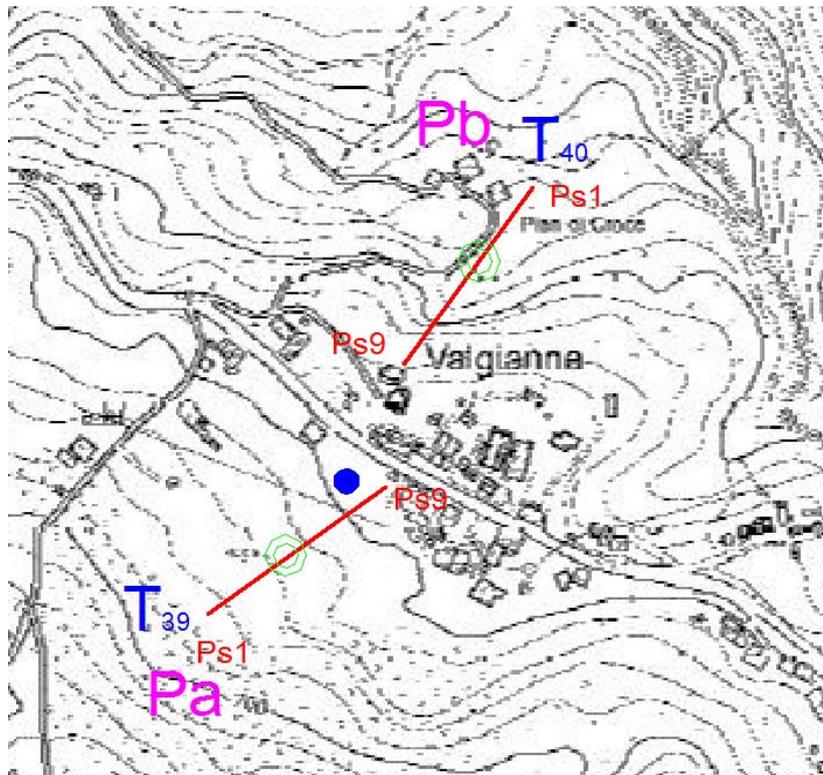


Figura 12 Misura HVRS T37 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento

4.2 Analisi di risposta sismica locale del sito Valgianna

La stratigrafia del sito di Valgianna è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini e da quelle integrative eseguite per il terzo livello, riportate nella successiva planimetria.



L'area di Valgianna è caratterizzato dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) limi e argille con spessore mediamente pari a 4 metri riconducibili alla frana quiescente
- b) materiale costituito da limi e argille fino a profondità di 9 metri, probabilmente legato al movimento franoso
- c) limi argillosi con livelli arenacei fino a profondità di circa 20 metri
- d) Formazione di Monte Senario (SNE)

La valutazione dei fattori di amplificazione sismica al II° livello di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni:

$V_{sH} = 350$ m/sec ed H media = 20 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.9 FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.9 FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.5

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0.22
 Average shear wave velocity (m/sec) = 366.00
 Total number of sublayers = 5

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	5	4.0	61.10		18.50	180			2.0	37.00
	2	5	5.0	91.27		18.50	220			6.5	120.25
	3	5	5.5	309.89		19.00	400			11.8	218.75
	4	5	5.5	715.60		19.50	600			17.3	324.63
bedrock	5	5		1370.03		21.00	800	Outcrop		20.0	378.25

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

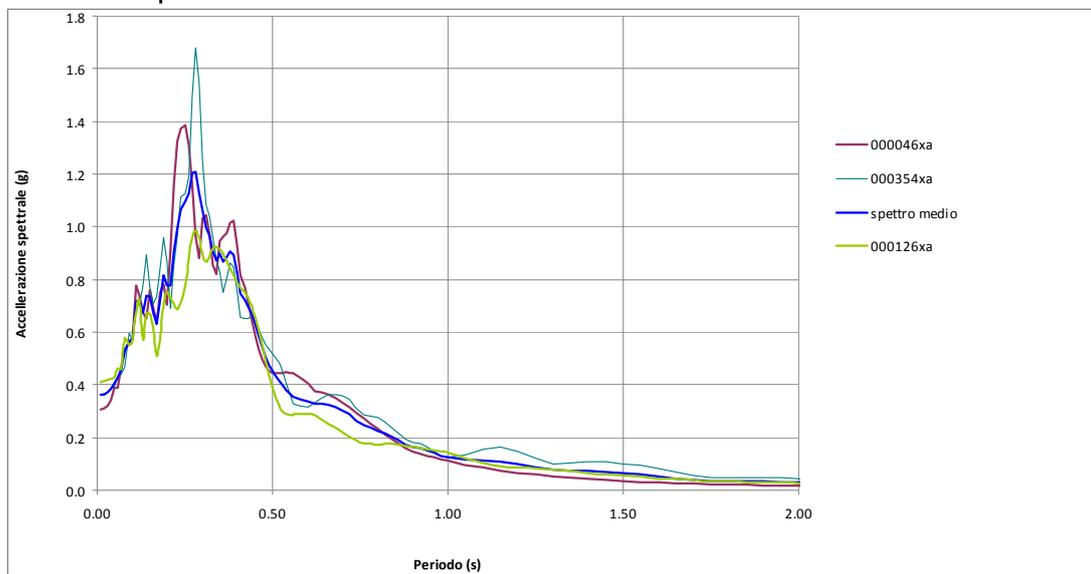


Figura 13 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito Valgianna.

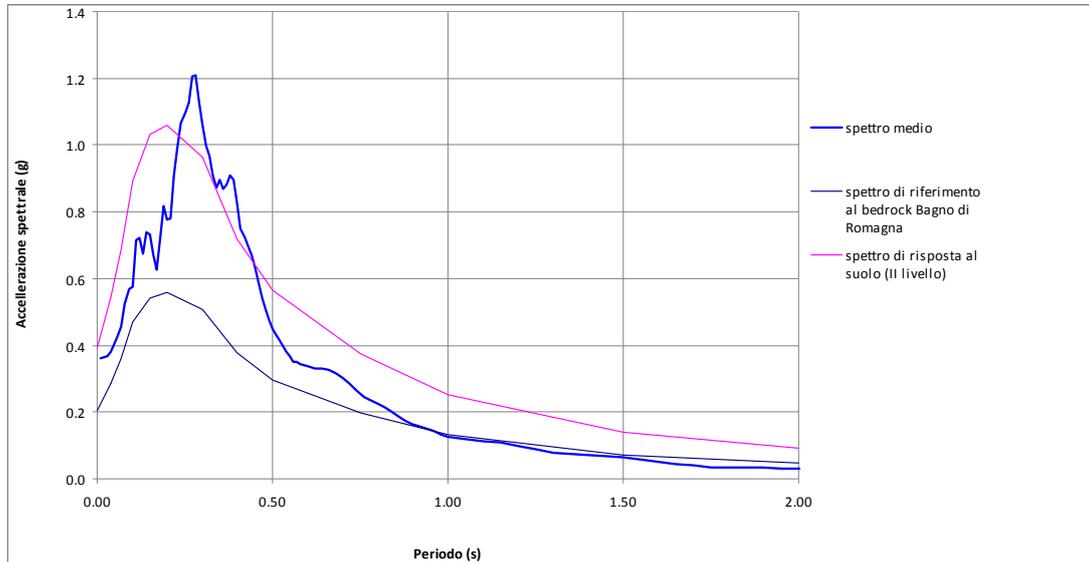


Figura 14 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito Valgianna.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.210g** al periodo di 0.28 sec, localmente più' elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.361g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall'analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità' spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1574.52	781.51	2.01
000126xa	1402.23	723.90	1.94
000354xa	1595.16	789.74	2.02
		media	1.99

**Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s**

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	887.07	602.22	1.47
000126xa	692.83	499.37	1.39
000354xa	906.43	683.30	1.33
		media	1.40

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.308	0.206	1.50
000126xa	0.412	0.206	2.00
000354xa	0.363	0.206	1.76
		media	1.75

Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,01	0,3084	0,01	0,4115	0,01	0,3635	0,01	0,3611
0,02	0,3120	0,02	0,4136	0,02	0,3666	0,02	0,3641
0,03	0,3186	0,03	0,4172	0,03	0,3725	0,03	0,3694
0,04	0,3397	0,04	0,4239	0,04	0,3828	0,04	0,3821
0,05	0,3899	0,05	0,4282	0,05	0,3949	0,05	0,4043
0,06	0,3896	0,06	0,4614	0,06	0,4316	0,06	0,4275
0,07	0,4642	0,07	0,4623	0,07	0,4406	0,07	0,4557
0,08	0,5346	0,08	0,5734	0,08	0,4660	0,08	0,5247
0,09	0,5547	0,09	0,5531	0,09	0,5941	0,09	0,5673
0,10	0,5838	0,10	0,5749	0,10	0,5686	0,10	0,5758
0,11	0,7756	0,11	0,6739	0,11	0,6984	0,11	0,7160
0,12	0,7364	0,12	0,7230	0,12	0,7052	0,12	0,7215
0,13	0,6737	0,13	0,5712	0,13	0,7772	0,13	0,6741
0,14	0,6529	0,14	0,6672	0,14	0,8951	0,14	0,7384



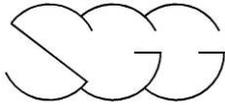
0,15	0,7612	0,15	0,6671	0,15	0,7687	0,15	0,7323
0,16	0,6915	0,16	0,6165	0,16	0,7060	0,16	0,6714
0,17	0,6385	0,17	0,5103	0,17	0,7358	0,17	0,6282
0,18	0,7493	0,18	0,5740	0,18	0,8474	0,18	0,7236
0,19	0,7793	0,19	0,7096	0,19	0,9603	0,19	0,8164
0,20	0,7049	0,20	0,7531	0,20	0,8678	0,20	0,7753
0,21	0,9151	0,21	0,7307	0,21	0,6902	0,21	0,7787
0,22	1,1621	0,22	0,7062	0,22	0,8561	0,22	0,9081
0,23	1,3250	0,23	0,6852	0,23	0,9625	0,23	0,9909
0,24	1,3732	0,24	0,7108	0,24	1,1144	0,24	1,0661
0,25	1,3872	0,25	0,7790	0,25	1,1266	0,25	1,0976
0,26	1,3092	0,26	0,8789	0,26	1,1894	0,26	1,1258
0,27	1,1566	0,27	0,9584	0,27	1,4978	0,27	1,2043
0,28	0,9630	0,28	0,9862	0,28	1,6799	0,28	1,2097
0,29	0,8790	0,29	0,9578	0,29	1,5471	0,29	1,1280
0,30	1,0325	0,30	0,8994	0,30	1,2482	0,30	1,0600
0,31	1,0457	0,31	0,8698	0,31	1,0822	0,31	0,9992
0,32	0,9731	0,32	0,8862	0,32	1,0400	0,32	0,9664
0,33	0,8535	0,33	0,9141	0,33	0,9567	0,33	0,9081
0,34	0,8182	0,34	0,9241	0,34	0,8781	0,34	0,8735
0,35	0,9457	0,35	0,9157	0,35	0,8267	0,35	0,8961
0,36	0,9605	0,36	0,8959	0,36	0,7520	0,36	0,8695
0,37	0,9776	0,37	0,8701	0,37	0,8032	0,37	0,8836
0,38	1,0161	0,38	0,8429	0,38	0,8655	0,38	0,9081
0,39	1,0236	0,39	0,8154	0,39	0,8445	0,39	0,8945
0,40	0,9312	0,40	0,7907	0,40	0,7592	0,40	0,8270
0,41	0,8179	0,41	0,7704	0,41	0,6576	0,41	0,7487
0,42	0,7667	0,42	0,7508	0,42	0,6500	0,42	0,7225
0,43	0,7064	0,43	0,7279	0,43	0,6536	0,43	0,6960
0,44	0,6446	0,44	0,6974	0,44	0,6639	0,44	0,6686
0,45	0,5869	0,45	0,6568	0,45	0,6423	0,45	0,6287
0,46	0,5371	0,46	0,6069	0,46	0,6114	0,46	0,5851
0,47	0,4981	0,47	0,5509	0,47	0,5785	0,47	0,5425
0,48	0,4704	0,48	0,4931	0,48	0,5541	0,48	0,5059
0,49	0,4535	0,49	0,4378	0,49	0,5357	0,49	0,4757
0,50	0,4454	0,50	0,3883	0,50	0,5201	0,50	0,4513
0,51	0,4431	0,51	0,3476	0,51	0,5026	0,51	0,4311
0,52	0,4438	0,52	0,3177	0,52	0,4824	0,52	0,4146



0,53	0,4457	0,53	0,2988	0,53	0,4483	0,53	0,3976
0,54	0,4470	0,54	0,2893	0,54	0,4042	0,54	0,3801
0,55	0,4463	0,55	0,2862	0,55	0,3687	0,55	0,3671
0,56	0,4433	0,56	0,2867	0,56	0,3272	0,56	0,3524
0,57	0,4374	0,57	0,2884	0,57	0,3227	0,57	0,3495
0,58	0,4289	0,58	0,2901	0,58	0,3180	0,58	0,3457
0,60	0,4048	0,60	0,2901	0,60	0,3156	0,60	0,3368
0,62	0,3752	0,62	0,2830	0,62	0,3325	0,62	0,3302
0,64	0,3721	0,64	0,2687	0,64	0,3489	0,64	0,3299
0,66	0,3633	0,66	0,2514	0,66	0,3616	0,66	0,3254
0,68	0,3498	0,68	0,2369	0,68	0,3644	0,68	0,3170
0,70	0,3330	0,70	0,2206	0,70	0,3568	0,70	0,3035
0,72	0,3140	0,72	0,2038	0,72	0,3436	0,72	0,2872
0,74	0,2937	0,74	0,1881	0,74	0,3125	0,74	0,2648
0,76	0,2728	0,76	0,1755	0,76	0,2856	0,76	0,2446
0,78	0,2519	0,78	0,1754	0,78	0,2789	0,78	0,2354
0,80	0,2314	0,80	0,1713	0,80	0,2743	0,80	0,2257
0,82	0,2118	0,82	0,1748	0,82	0,2605	0,82	0,2157
0,84	0,1930	0,84	0,1760	0,84	0,2390	0,84	0,2027
0,86	0,1754	0,86	0,1732	0,86	0,2152	0,86	0,1879
0,88	0,1590	0,88	0,1665	0,88	0,1933	0,88	0,1729
0,90	0,1447	0,90	0,1637	0,90	0,1792	0,90	0,1625
0,92	0,1372	0,92	0,1600	0,92	0,1769	0,92	0,1580
0,94	0,1300	0,94	0,1572	0,94	0,1656	0,94	0,1510
0,96	0,1232	0,96	0,1530	0,96	0,1484	0,96	0,1415
0,98	0,1167	0,98	0,1476	0,98	0,1299	0,98	0,1314
1,00	0,1106	1,00	0,1413	1,00	0,1231	1,00	0,1250
1,05	0,0967	1,05	0,1226	1,05	0,1348	1,05	0,1180
1,10	0,0848	1,10	0,1033	1,10	0,1532	1,10	0,1138
1,15	0,0746	1,15	0,0902	1,15	0,1633	1,15	0,1093
1,20	0,0659	1,20	0,0867	1,20	0,1461	1,20	0,0996
1,25	0,0586	1,25	0,0825	1,25	0,1229	1,25	0,0880
1,30	0,0523	1,30	0,0778	1,30	0,1007	1,30	0,0769
1,35	0,0469	1,35	0,0725	1,35	0,1041	1,35	0,0745
1,40	0,0423	1,40	0,0669	1,40	0,1081	1,40	0,0724
1,45	0,0383	1,45	0,0610	1,45	0,1070	1,45	0,0688
1,50	0,0349	1,50	0,0553	1,50	0,0999	1,50	0,0634
1,55	0,0319	1,55	0,0499	1,55	0,0944	1,55	0,0587
1,60	0,0293	1,60	0,0452	1,60	0,0820	1,60	0,0522



1,65	0,0270	1,65	0,0413	1,65	0,0675	1,65	0,0453
1,70	0,0250	1,70	0,0381	1,70	0,0560	1,70	0,0397
1,75	0,0233	1,75	0,0355	1,75	0,0483	1,75	0,0357
1,80	0,0217	1,80	0,0334	1,80	0,0463	1,80	0,0338
1,85	0,0203	1,85	0,0316	1,85	0,0493	1,85	0,0337
1,90	0,0191	1,90	0,0301	1,90	0,0496	1,90	0,0329
1,95	0,0179	1,95	0,0288	1,95	0,0476	1,95	0,0315
2,00	0,0169	2,00	0,0276	2,00	0,0442	2,00	0,0296
2,05	0,0160	2,05	0,0264	2,05	0,0402	2,05	0,0275
2,10	0,0152	2,10	0,0252	2,10	0,0357	2,10	0,0254
2,15	0,0144	2,15	0,0241	2,15	0,0328	2,15	0,0238
2,20	0,0137	2,20	0,0231	2,20	0,0309	2,20	0,0226
2,25	0,0131	2,25	0,0220	2,25	0,0310	2,25	0,0220
2,30	0,0125	2,30	0,0210	2,30	0,0315	2,30	0,0217
2,35	0,0119	2,35	0,0201	2,35	0,0311	2,35	0,0210
2,40	0,0114	2,40	0,0192	2,40	0,0299	2,40	0,0202
2,50	0,0105	2,50	0,0176	2,50	0,0265	2,50	0,0182
2,60	0,0097	2,60	0,0162	2,60	0,0235	2,60	0,0165
2,70	0,0091	2,70	0,0149	2,70	0,0223	2,70	0,0154
2,80	0,0084	2,80	0,0139	2,80	0,0222	2,80	0,0148
2,90	0,0079	2,90	0,0129	2,90	0,0221	2,90	0,0143
3,00	0,0074	3,00	0,0121	3,00	0,0213	3,00	0,0136
3,10	0,0070	3,10	0,0113	3,10	0,0197	3,10	0,0127
3,20	0,0066	3,20	0,0106	3,20	0,0185	3,20	0,0119
3,30	0,0062	3,30	0,0099	3,30	0,0177	3,30	0,0113
3,40	0,0059	3,40	0,0093	3,40	0,0158	3,40	0,0103
3,50	0,0056	3,50	0,0087	3,50	0,0132	3,50	0,0092
3,60	0,0054	3,60	0,0082	3,60	0,0116	3,60	0,0084
3,70	0,0051	3,70	0,0077	3,70	0,0114	3,70	0,0081
3,80	0,0049	3,80	0,0073	3,80	0,0110	3,80	0,0077
3,90	0,0047	3,90	0,0069	3,90	0,0105	3,90	0,0074
4,00	0,0045	4,00	0,0065	4,00	0,0101	4,00	0,0070
4,10	0,0043	4,10	0,0062	4,10	0,0096	4,10	0,0067
4,20	0,0041	4,20	0,0059	4,20	0,0092	4,20	0,0064
4,30	0,0040	4,30	0,0056	4,30	0,0087	4,30	0,0061
4,40	0,0038	4,40	0,0053	4,40	0,0082	4,40	0,0058
4,50	0,0037	4,50	0,0051	4,50	0,0078	4,50	0,0055
4,60	0,0036	4,60	0,0049	4,60	0,0073	4,60	0,0053
4,70	0,0035	4,70	0,0047	4,70	0,0069	4,70	0,0050



4,80	0,0033	4,80	0,0045	4,80	0,0065	4,80	0,0048
4,90	0,0032	4,90	0,0043	4,90	0,0061	4,90	0,0046
5,00	0,0031	5,00	0,0042	5,00	0,0057	5,00	0,0044
5,10	0,0030	5,10	0,0040	5,10	0,0054	5,10	0,0042
5,20	0,0030	5,20	0,0039	5,20	0,0051	5,20	0,0040
5,40	0,0028	5,40	0,0037	5,40	0,0045	5,40	0,0037
5,60	0,0026	5,60	0,0035	5,60	0,0040	5,60	0,0034
5,80	0,0025	5,80	0,0033	5,80	0,0036	5,80	0,0031
6,00	0,0024	6,00	0,0031	6,00	0,0033	6,00	0,0029
6,20	0,0023	6,20	0,0030	6,20	0,0031	6,20	0,0028
6,40	0,0022	6,40	0,0028	6,40	0,0028	6,40	0,0026
6,60	0,0021	6,60	0,0027	6,60	0,0026	6,60	0,0025
6,80	0,0020	6,80	0,0026	6,80	0,0025	6,80	0,0024
7,00	0,0019	7,00	0,0025	7,00	0,0023	7,00	0,0023
7,20	0,0018	7,20	0,0024	7,20	0,0022	7,20	0,0022
7,40	0,0018	7,40	0,0023	7,40	0,0021	7,40	0,0021
7,60	0,0017	7,60	0,0022	7,60	0,0020	7,60	0,0020
7,80	0,0017	7,80	0,0022	7,80	0,0019	7,80	0,0019
8,00	0,0016	8,00	0,0021	8,00	0,0018	8,00	0,0018
8,50	0,0015	8,50	0,0019	8,50	0,0016	8,50	0,0017
9,00	0,0014	9,00	0,0018	9,00	0,0015	9,00	0,0015
9,50	0,0013	9,50	0,0017	9,50	0,0013	9,50	0,0014
10,00	0,0012	10,00	0,0016	10,00	0,0012	10,00	0,0013

Per quanto riguarda le frequenze di risonanza del sito, ovvero le frequenze in corrispondenza delle quali, in caso di terremoto, ci si attende la maggiore amplificazione del sisma, oltre ai risultati dell'analisi di risposta sismica locale è necessario fare riferimento alla misura del rumore sismico ambientale T39 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento. La frequenza di risonanza caratteristica del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincide con il valore di 4.88 Hz, che comunque non rappresenta un picco netto ma interessa frequenza con un range tra 4 e 7 Hz. Ciò indica un passaggio stratigrafico graduale e comunque posto circa in coincidenza della discontinuità a 9 metri di profondità (complesso della frana quiescente).

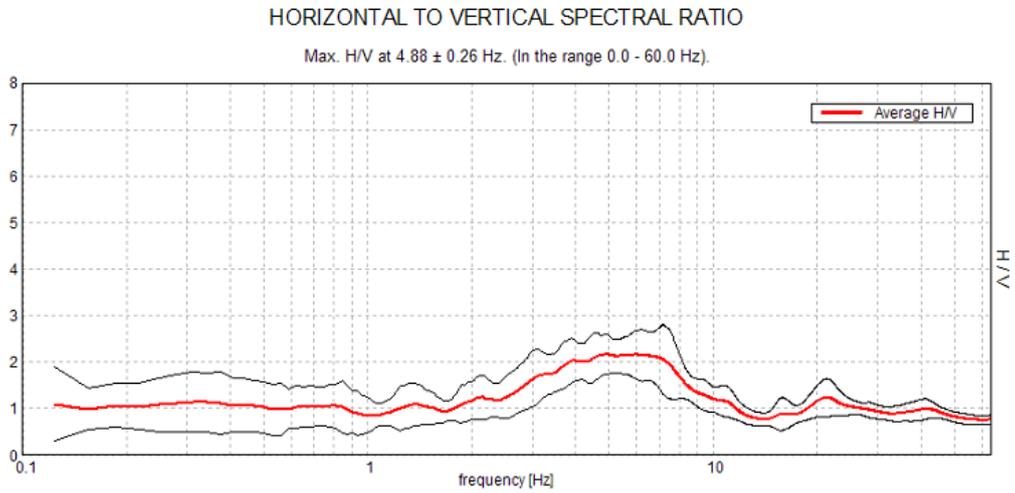
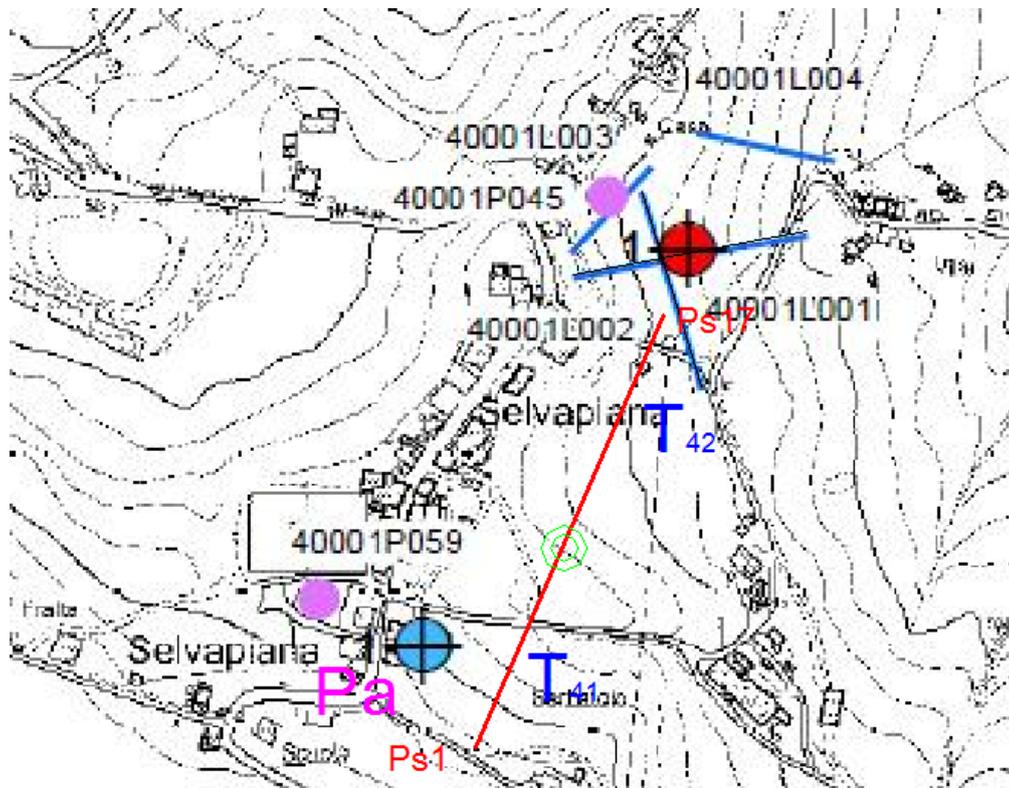


Figura 15 Misura HVRS T39 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento

4.3 Analisi di risposta sismica locale del sito Selvapiana

La stratigrafia del sito di Selvapiana è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini e da quelle integrative eseguite per il terzo livello, riportate nella successiva planimetria.



L'area di Selvapiana è caratterizzata dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) limo sabbioso-argilloso con clasti, con spessore mediamente pari a 4 metri riconducibile alla frana quiescente
- b) marne alterate fino a profondità di 12 metri
- c) marne prevalentemente siltose con blocchi fino a profondità di 28 metri
- d) substrato costituito da marne prevalentemente lapidee compatte.

La valutazione dei fattori di amplificazione sismica al II° livello di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni:

$V_{sH} = 350$ m/sec ed H media = 10 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.6 FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.6 FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.4

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0.26
 Average shear wave velocity (m/sec) = 483.13
 Total number of sublayers = 4

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	5	4.0	98.05		19.00	225			2.0	38.00
	2	1	8.0	242.66		20.00	345			8.0	156.00
	3	4	20.0	727.43		20.50	590			22.0	441.00
bedrock	4	5		1402.65		21.50	800	Outcrop		32.0	646.00

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

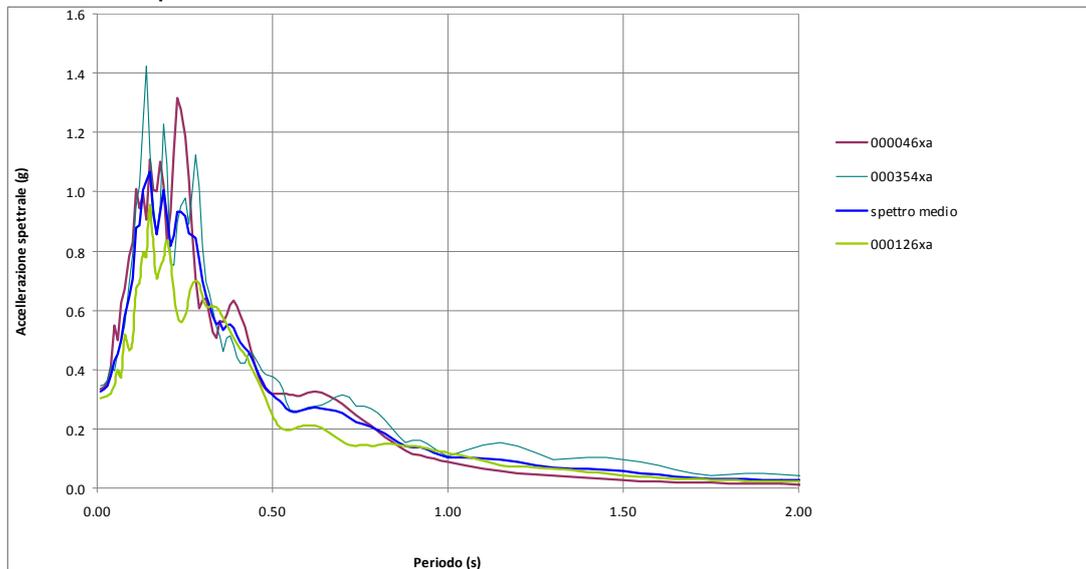


Figura 16 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito Selvapiana.

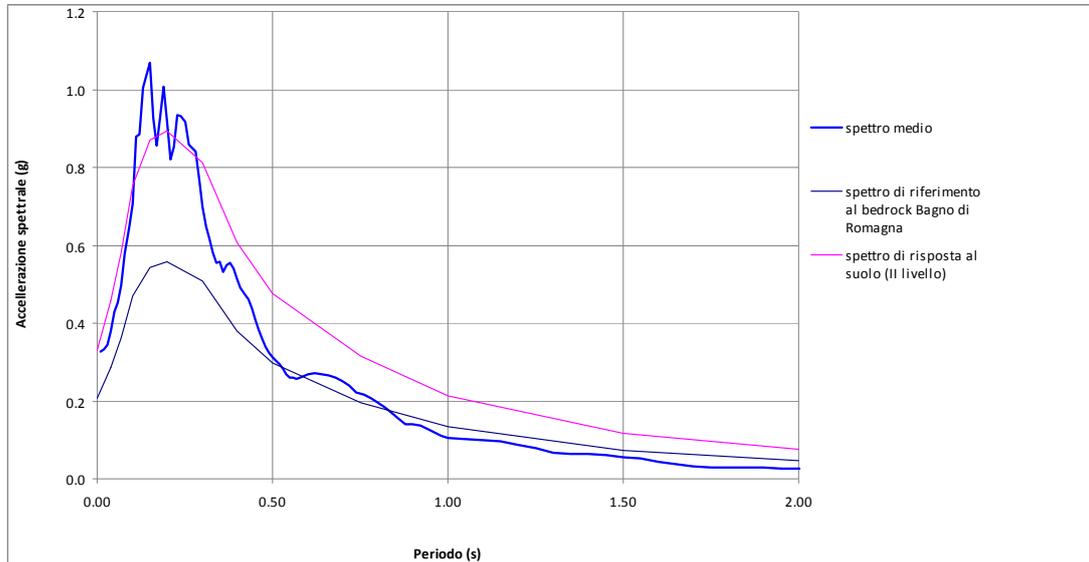


Figura 17 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito Selvapiana.

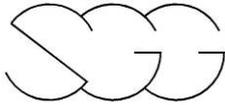
L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.067g** al periodo di 0.15 sec, più elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.327g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall'analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1240.59	781.51	1.59
000126xa	1021.53	723.90	1.41
000354xa	1226.17	789.74	1.55
		media	1.52

**Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s**

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	700.45	602.22	1.16
000126xa	531.35	499.37	1.06
000354xa	761.67	683.30	1.11
		media	1.11

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.333	0.206	1.62
000126xa	0.305	0.206	1.48
000354xa	0.343	0.206	1.67
		media	1.59

Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,01	0,3330	0,01	0,3049	0,01	0,3435	0,01	0,3271
0,02	0,3405	0,02	0,3070	0,02	0,3506	0,02	0,3327
0,03	0,3558	0,03	0,3109	0,03	0,3650	0,03	0,3439
0,04	0,4102	0,04	0,3182	0,04	0,4119	0,04	0,3801
0,05	0,5471	0,05	0,3438	0,05	0,3957	0,05	0,4289
0,06	0,4988	0,06	0,4009	0,06	0,4563	0,06	0,4520
0,07	0,6247	0,07	0,3747	0,07	0,4933	0,07	0,4976
0,08	0,6729	0,08	0,5150	0,08	0,5498	0,08	0,5792
0,09	0,7821	0,09	0,4635	0,09	0,6915	0,09	0,6457
0,10	0,8297	0,10	0,4960	0,10	0,7922	0,10	0,7060
0,11	1,0078	0,11	0,6755	0,11	0,9514	0,11	0,8782
0,12	0,9446	0,12	0,6923	0,12	1,0205	0,12	0,8858
0,13	0,9950	0,13	0,7942	0,13	1,2270	0,13	1,0054
0,14	0,9042	0,14	0,7803	0,14	1,4236	0,14	1,0361
0,15	1,1088	0,15	0,9566	0,15	1,1369	0,15	1,0674
0,16	1,0054	0,16	0,8195	0,16	0,9516	0,16	0,9255



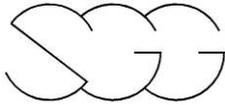
0,17	1,0004	0,17	0,7099	0,17	0,8549	0,17	0,8551
0,18	1,0996	0,18	0,7444	0,18	0,9524	0,18	0,9321
0,19	1,0225	0,19	0,7695	0,19	1,2274	0,19	1,0065
0,20	0,8314	0,20	0,8346	0,20	1,0898	0,20	0,9186
0,21	0,9293	0,21	0,7737	0,21	0,7543	0,21	0,8191
0,22	1,1413	0,22	0,6679	0,22	0,7519	0,22	0,8537
0,23	1,3176	0,23	0,5882	0,23	0,8939	0,23	0,9332
0,24	1,2794	0,24	0,5621	0,24	0,9501	0,24	0,9305
0,25	1,1866	0,25	0,5850	0,25	0,9802	0,25	0,9173
0,26	1,0420	0,26	0,6445	0,26	0,8895	0,26	0,8587
0,27	0,8604	0,27	0,6883	0,27	1,0011	0,27	0,8499
0,28	0,7070	0,28	0,6973	0,28	1,1226	0,28	0,8423
0,29	0,6054	0,29	0,6903	0,29	1,0177	0,29	0,7711
0,30	0,6342	0,30	0,6486	0,30	0,8131	0,30	0,6986
0,31	0,6391	0,31	0,6137	0,31	0,6945	0,31	0,6491
0,32	0,5850	0,32	0,6085	0,32	0,6562	0,32	0,6165
0,33	0,5264	0,33	0,6142	0,33	0,6010	0,33	0,5806
0,34	0,5058	0,34	0,6111	0,34	0,5439	0,34	0,5536
0,35	0,5640	0,35	0,5974	0,35	0,5139	0,35	0,5585
0,36	0,5604	0,36	0,5771	0,36	0,4606	0,36	0,5327
0,37	0,5835	0,37	0,5539	0,37	0,5067	0,37	0,5480
0,38	0,6174	0,38	0,5300	0,38	0,5149	0,38	0,5541
0,39	0,6314	0,39	0,5071	0,39	0,4829	0,39	0,5404
0,40	0,6134	0,40	0,4864	0,40	0,4422	0,40	0,5140
0,41	0,5843	0,41	0,4684	0,41	0,4227	0,41	0,4918
0,42	0,5436	0,42	0,4504	0,42	0,4215	0,42	0,4718
0,43	0,4976	0,43	0,4296	0,43	0,4541	0,43	0,4604
0,44	0,4517	0,44	0,4032	0,44	0,4561	0,44	0,4370
0,45	0,4101	0,45	0,3806	0,45	0,4374	0,45	0,4094
0,46	0,3754	0,46	0,3576	0,46	0,4170	0,46	0,3833
0,47	0,3496	0,47	0,3303	0,47	0,3970	0,47	0,3590
0,48	0,3326	0,48	0,3016	0,48	0,3836	0,48	0,3393
0,49	0,3230	0,49	0,2729	0,49	0,3795	0,49	0,3251
0,50	0,3187	0,50	0,2466	0,50	0,3756	0,50	0,3136
0,51	0,3178	0,51	0,2247	0,51	0,3680	0,51	0,3035
0,52	0,3180	0,52	0,2088	0,52	0,3568	0,52	0,2946
0,53	0,3183	0,53	0,1996	0,53	0,3328	0,53	0,2836
0,54	0,3179	0,54	0,1963	0,54	0,2901	0,54	0,2681



0,55	0,3164	0,55	0,1972	0,55	0,2646	0,55	0,2594
0,56	0,3140	0,56	0,2004	0,56	0,2614	0,56	0,2586
0,57	0,3109	0,57	0,2044	0,57	0,2591	0,57	0,2582
0,58	0,3101	0,58	0,2082	0,58	0,2622	0,58	0,2602
0,60	0,3211	0,60	0,2128	0,60	0,2729	0,60	0,2689
0,62	0,3243	0,62	0,2112	0,62	0,2771	0,62	0,2709
0,64	0,3210	0,64	0,2029	0,64	0,2804	0,64	0,2681
0,66	0,3121	0,66	0,1898	0,66	0,2934	0,66	0,2651
0,68	0,2989	0,68	0,1744	0,68	0,3068	0,68	0,2600
0,70	0,2831	0,70	0,1589	0,70	0,3147	0,70	0,2522
0,72	0,2654	0,72	0,1468	0,72	0,3064	0,72	0,2395
0,74	0,2470	0,74	0,1401	0,74	0,2780	0,74	0,2217
0,76	0,2280	0,76	0,1445	0,76	0,2761	0,76	0,2162
0,78	0,2092	0,78	0,1428	0,78	0,2671	0,78	0,2064
0,80	0,1907	0,80	0,1458	0,80	0,2525	0,80	0,1963
0,82	0,1729	0,82	0,1490	0,82	0,2288	0,82	0,1836
0,84	0,1562	0,84	0,1492	0,84	0,2017	0,84	0,1691
0,86	0,1405	0,86	0,1468	0,86	0,1757	0,86	0,1543
0,88	0,1261	0,88	0,1421	0,88	0,1537	0,88	0,1407
0,90	0,1162	0,90	0,1409	0,90	0,1612	0,90	0,1395
0,92	0,1099	0,92	0,1382	0,92	0,1608	0,92	0,1363
0,94	0,1039	0,94	0,1325	0,94	0,1510	0,94	0,1291
0,96	0,0982	0,96	0,1270	0,96	0,1351	0,96	0,1201
0,98	0,0928	0,98	0,1234	0,98	0,1180	0,98	0,1114
1,00	0,0877	1,00	0,1190	1,00	0,1086	1,00	0,1051
1,05	0,0762	1,05	0,1057	1,05	0,1252	1,05	0,1024
1,10	0,0663	1,10	0,0908	1,10	0,1444	1,10	0,1005
1,15	0,0580	1,15	0,0780	1,15	0,1544	1,15	0,0968
1,20	0,0509	1,20	0,0740	1,20	0,1421	1,20	0,0890
1,25	0,0452	1,25	0,0695	1,25	0,1202	1,25	0,0783
1,30	0,0406	1,30	0,0648	1,30	0,0972	1,30	0,0675
1,35	0,0365	1,35	0,0598	1,35	0,1008	1,35	0,0657
1,40	0,0330	1,40	0,0544	1,40	0,1042	1,40	0,0639
1,45	0,0299	1,45	0,0491	1,45	0,1026	1,45	0,0605
1,50	0,0272	1,50	0,0439	1,50	0,0964	1,50	0,0558
1,55	0,0248	1,55	0,0392	1,55	0,0896	1,55	0,0512
1,60	0,0228	1,60	0,0352	1,60	0,0762	1,60	0,0447
1,65	0,0209	1,65	0,0319	1,65	0,0618	1,65	0,0382
1,70	0,0193	1,70	0,0293	1,70	0,0507	1,70	0,0331



1,75	0,0179	1,75	0,0272	1,75	0,0441	1,75	0,0297
1,80	0,0166	1,80	0,0256	1,80	0,0453	1,80	0,0292
1,85	0,0155	1,85	0,0243	1,85	0,0480	1,85	0,0293
1,90	0,0145	1,90	0,0232	1,90	0,0483	1,90	0,0286
1,95	0,0136	1,95	0,0222	1,95	0,0465	1,95	0,0274
2,00	0,0129	2,00	0,0212	2,00	0,0431	2,00	0,0257
2,05	0,0123	2,05	0,0203	2,05	0,0390	2,05	0,0239
2,10	0,0117	2,10	0,0194	2,10	0,0346	2,10	0,0219
2,15	0,0112	2,15	0,0185	2,15	0,0327	2,15	0,0208
2,20	0,0107	2,20	0,0177	2,20	0,0307	2,20	0,0197
2,25	0,0102	2,25	0,0168	2,25	0,0288	2,25	0,0186
2,30	0,0098	2,30	0,0160	2,30	0,0290	2,30	0,0183
2,35	0,0094	2,35	0,0153	2,35	0,0286	2,35	0,0177
2,40	0,0090	2,40	0,0146	2,40	0,0274	2,40	0,0170
2,50	0,0083	2,50	0,0133	2,50	0,0240	2,50	0,0152
2,60	0,0077	2,60	0,0122	2,60	0,0212	2,60	0,0137
2,70	0,0072	2,70	0,0112	2,70	0,0202	2,70	0,0128
2,80	0,0067	2,80	0,0104	2,80	0,0201	2,80	0,0124
2,90	0,0063	2,90	0,0096	2,90	0,0203	2,90	0,0121
3,00	0,0059	3,00	0,0090	3,00	0,0195	3,00	0,0114
3,10	0,0055	3,10	0,0083	3,10	0,0182	3,10	0,0107
3,20	0,0052	3,20	0,0078	3,20	0,0186	3,20	0,0105
3,30	0,0049	3,30	0,0073	3,30	0,0177	3,30	0,0100
3,40	0,0047	3,40	0,0068	3,40	0,0156	3,40	0,0090
3,50	0,0044	3,50	0,0063	3,50	0,0128	3,50	0,0079
3,60	0,0042	3,60	0,0059	3,60	0,0117	3,60	0,0073
3,70	0,0040	3,70	0,0056	3,70	0,0114	3,70	0,0070
3,80	0,0038	3,80	0,0052	3,80	0,0109	3,80	0,0067
3,90	0,0036	3,90	0,0049	3,90	0,0105	3,90	0,0063
4,00	0,0035	4,00	0,0046	4,00	0,0100	4,00	0,0060
4,10	0,0033	4,10	0,0043	4,10	0,0095	4,10	0,0057
4,20	0,0032	4,20	0,0041	4,20	0,0090	4,20	0,0054
4,30	0,0031	4,30	0,0039	4,30	0,0086	4,30	0,0052
4,40	0,0030	4,40	0,0037	4,40	0,0081	4,40	0,0049
4,50	0,0028	4,50	0,0035	4,50	0,0076	4,50	0,0047
4,60	0,0027	4,60	0,0034	4,60	0,0072	4,60	0,0044
4,70	0,0026	4,70	0,0032	4,70	0,0068	4,70	0,0042
4,80	0,0025	4,80	0,0031	4,80	0,0063	4,80	0,0040
4,90	0,0025	4,90	0,0030	4,90	0,0059	4,90	0,0038



5,00	0,0024	5,00	0,0029	5,00	0,0056	5,00	0,0036
5,10	0,0023	5,10	0,0028	5,10	0,0052	5,10	0,0034
5,20	0,0022	5,20	0,0027	5,20	0,0049	5,20	0,0033
5,40	0,0021	5,40	0,0025	5,40	0,0044	5,40	0,0030
5,60	0,0020	5,60	0,0024	5,60	0,0039	5,60	0,0027
5,80	0,0019	5,80	0,0022	5,80	0,0035	5,80	0,0025
6,00	0,0018	6,00	0,0021	6,00	0,0032	6,00	0,0024
6,20	0,0017	6,20	0,0020	6,20	0,0030	6,20	0,0022
6,40	0,0016	6,40	0,0019	6,40	0,0027	6,40	0,0021
6,60	0,0015	6,60	0,0018	6,60	0,0026	6,60	0,0020
6,80	0,0014	6,80	0,0018	6,80	0,0024	6,80	0,0019
7,00	0,0014	7,00	0,0017	7,00	0,0023	7,00	0,0018
7,20	0,0013	7,20	0,0016	7,20	0,0021	7,20	0,0017
7,40	0,0013	7,40	0,0016	7,40	0,0020	7,40	0,0016
7,60	0,0012	7,60	0,0015	7,60	0,0019	7,60	0,0016
7,80	0,0012	7,80	0,0015	7,80	0,0018	7,80	0,0015
8,00	0,0011	8,00	0,0014	8,00	0,0018	8,00	0,0014
8,50	0,0010	8,50	0,0013	8,50	0,0016	8,50	0,0013
9,00	0,0009	9,00	0,0012	9,00	0,0014	9,00	0,0012
9,50	0,0009	9,50	0,0011	9,50	0,0013	9,50	0,0011
10,00	0,0008	10,00	0,0011	10,00	0,0012	10,00	0,0010

Per quanto riguarda le frequenze di risonanza del sito, ovvero le frequenze in corrispondenza delle quali in caso di terremoto ci si attende la maggiore amplificazione del sisma, oltre ai risultati dell'analisi di risposta sismica locale è necessario fare riferimento alla misura del rumore sismico ambientale T42 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento.

La frequenza di risonanza caratteristica del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincide con il valore di 6.56, legato alla discontinuità individuata alla profondità di 12 metri e coincidente con il passaggio dalle marne alterate alle marne fogliettate.

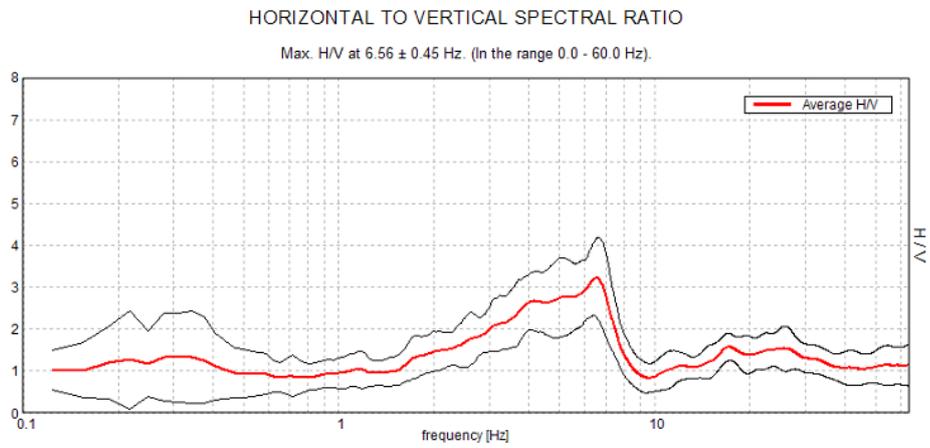
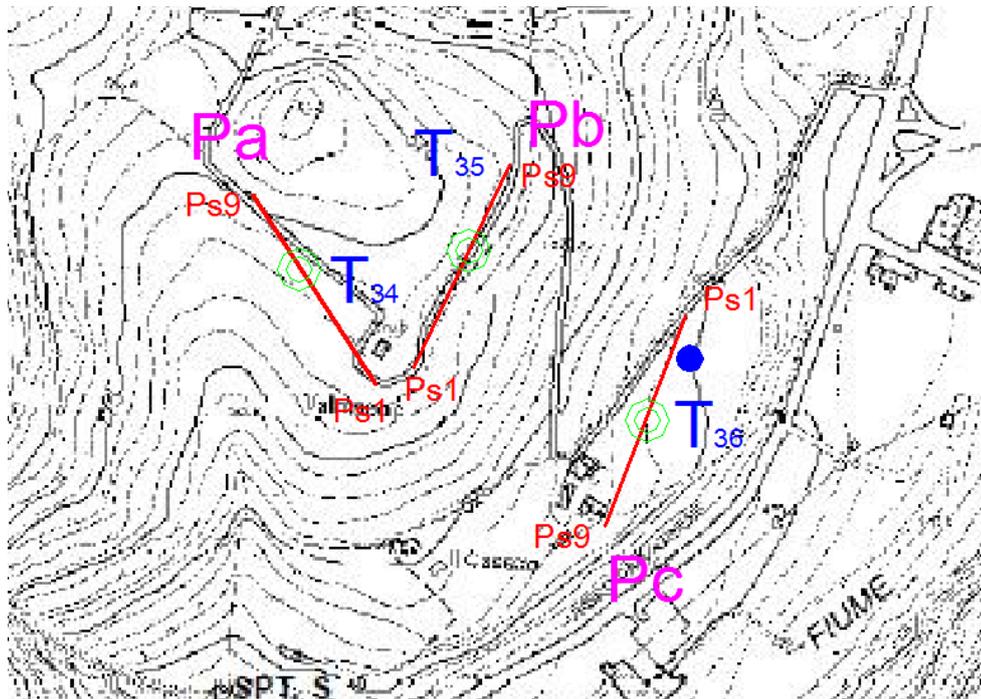


Figura 18 Misura HVRS T42 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento

4.4 Analisi di risposta sismica locale del sito di Vialta

La stratigrafia del sito di Vialta è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini e da quelle integrative eseguite per il terzo livello, riportate nella successiva planimetria.



L'area di Vialta è caratterizzata dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) limo sabbioso-argilloso con clasti, con spessore mediamente pari a 8,3 metri riconducibile alla frana quiescente
- b) limi compatti e livelli lapidei fino a profondità di 21 metri
- d) substrato costituito da marne (FMA1, membro di Biserno)

La valutazione dei fattori di amplificazione sismica al II° livello di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni:

$V_{sH} = 450$ m/sec ed H media = 20 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.6 FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.5 FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.4

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0,18
 Average shear wave velocity (m/sec) = 472,57
 Total number of sublayers = 3

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	5	8,3	309,89		19,00	400			4,2	78,85
	2	6	12,7	551,27		20,00	520			14,6	284,70
bedrock	3	6		1855,01		21,50	920	Outcrop		21,0	411,70

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

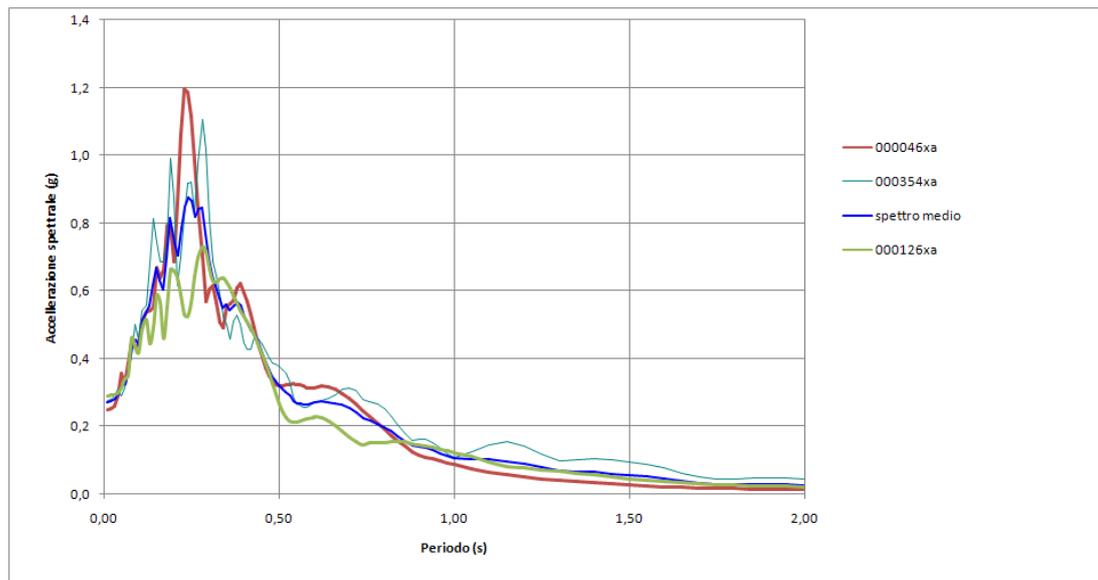


Figura 19 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito di Vialta.

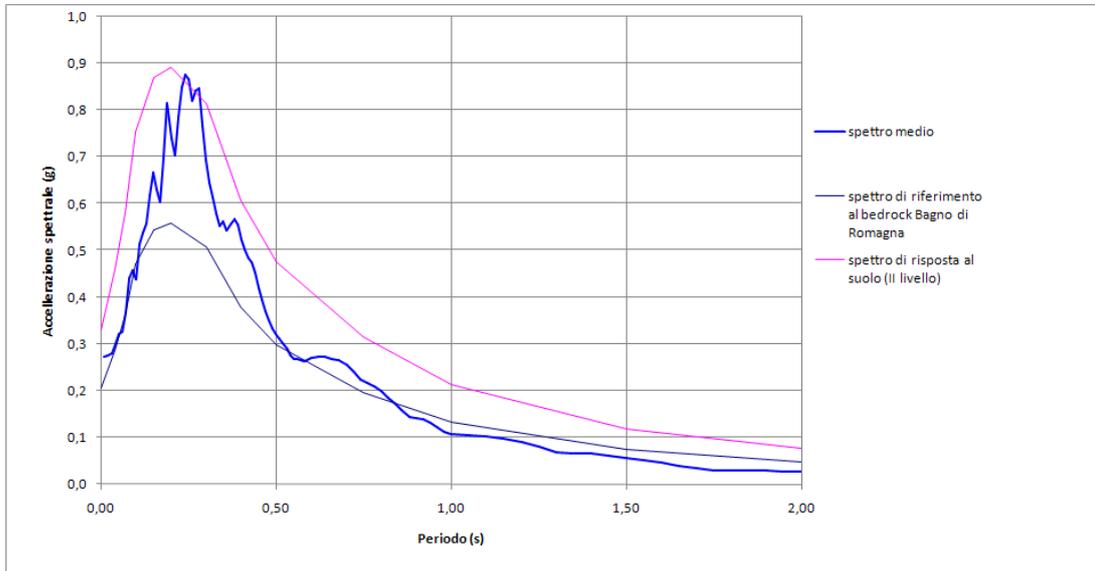


Figura 20 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito di Vialta.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **0.877g** al periodo di 0.24 sec, praticamente coincidente con il massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.272g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall'analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità' spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1122,88	781,51	1,44
000126xa	996,41	723,90	1,38
000354xa	1128,48	789,74	1,43
		media	1,41

**Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s**

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	702,46	602,22	1,17
000126xa	561,79	499,37	1,12
000354xa	761,34	683,30	1,11
		media	1,14

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0,248	0,206	1,20
000126xa	0,291	0,206	1,41
000354xa	0,277	0,206	1,34
	0,816	media	1,32

Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa, 000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,01	0,2484	0,01	0,2910	0,01	0,2774	0,01	0,2723
0,02	0,2517	0,02	0,2923	0,02	0,2811	0,02	0,2750
0,03	0,2579	0,03	0,2946	0,03	0,2882	0,03	0,2803
0,04	0,2895	0,04	0,2998	0,04	0,3083	0,04	0,2992
0,05	0,3572	0,05	0,3139	0,05	0,2889	0,05	0,3200
0,06	0,3274	0,06	0,3389	0,06	0,3123	0,06	0,3262
0,07	0,3875	0,07	0,3516	0,07	0,3649	0,07	0,3680
0,08	0,4499	0,08	0,4601	0,08	0,4091	0,08	0,4397
0,09	0,4330	0,09	0,4357	0,09	0,5002	0,09	0,4563
0,10	0,4418	0,10	0,4180	0,10	0,4573	0,10	0,4390
0,11	0,5098	0,11	0,4858	0,11	0,5421	0,11	0,5126
0,12	0,5373	0,12	0,5143	0,12	0,5591	0,12	0,5369
0,13	0,5417	0,13	0,4456	0,13	0,6837	0,13	0,5570
0,14	0,5506	0,14	0,4900	0,14	0,8145	0,14	0,6183
0,15	0,6708	0,15	0,5876	0,15	0,7421	0,15	0,6668
0,16	0,6384	0,16	0,5639	0,16	0,6876	0,16	0,6300



0,17	0,6613	0,17	0,4610	0,17	0,6852	0,17	0,6025
0,18	0,7927	0,18	0,5516	0,18	0,7541	0,18	0,6994
0,19	0,7903	0,19	0,6632	0,19	0,9920	0,19	0,8152
0,20	0,6875	0,20	0,6581	0,20	0,8748	0,20	0,7401
0,21	0,8589	0,21	0,6380	0,21	0,6143	0,21	0,7037
0,22	1,0623	0,22	0,5878	0,22	0,7045	0,22	0,7849
0,23	1,1979	0,23	0,5307	0,23	0,8207	0,23	0,8498
0,24	1,1861	0,24	0,5260	0,24	0,9181	0,24	0,8767
0,25	1,1151	0,25	0,5663	0,25	0,9207	0,25	0,8674
0,26	0,9815	0,26	0,6410	0,26	0,8343	0,26	0,8189
0,27	0,8436	0,27	0,6999	0,27	0,9788	0,27	0,8408
0,28	0,7002	0,28	0,7314	0,28	1,1072	0,28	0,8463
0,29	0,5700	0,29	0,7150	0,29	1,0160	0,29	0,7670
0,30	0,6054	0,30	0,6662	0,30	0,8112	0,30	0,6942
0,31	0,6166	0,31	0,6301	0,31	0,6872	0,31	0,6446
0,32	0,5657	0,32	0,6270	0,32	0,6454	0,32	0,6127
0,33	0,5096	0,33	0,6372	0,33	0,5937	0,33	0,5802
0,34	0,4921	0,34	0,6376	0,34	0,5251	0,34	0,5516
0,35	0,5563	0,35	0,6263	0,35	0,5009	0,35	0,5611
0,36	0,5615	0,36	0,6079	0,36	0,4576	0,36	0,5424
0,37	0,5725	0,37	0,5864	0,37	0,5099	0,37	0,5563
0,38	0,6086	0,38	0,5640	0,38	0,5285	0,38	0,5670
0,39	0,6227	0,39	0,5424	0,39	0,5003	0,39	0,5551
0,40	0,5967	0,40	0,5236	0,40	0,4460	0,40	0,5221
0,41	0,5696	0,41	0,5070	0,41	0,4289	0,41	0,5019
0,42	0,5327	0,42	0,4906	0,42	0,4264	0,42	0,4832
0,43	0,4900	0,43	0,4713	0,43	0,4600	0,43	0,4737
0,44	0,4468	0,44	0,4462	0,44	0,4622	0,44	0,4517
0,45	0,4074	0,45	0,4147	0,45	0,4428	0,45	0,4217
0,46	0,3742	0,46	0,3878	0,46	0,4228	0,46	0,3949
0,47	0,3497	0,47	0,3589	0,47	0,4031	0,47	0,3705
0,48	0,3333	0,48	0,3277	0,48	0,3887	0,48	0,3499
0,49	0,3242	0,49	0,2966	0,49	0,3823	0,49	0,3343
0,50	0,3207	0,50	0,2675	0,50	0,3767	0,50	0,3217
0,51	0,3209	0,51	0,2434	0,51	0,3679	0,51	0,3107
0,52	0,3227	0,52	0,2256	0,52	0,3559	0,52	0,3014
0,53	0,3244	0,53	0,2153	0,53	0,3319	0,53	0,2906
0,54	0,3253	0,54	0,2114	0,54	0,2898	0,54	0,2755



0,55	0,3247	0,55	0,2121	0,55	0,2676	0,55	0,2681
0,56	0,3222	0,56	0,2152	0,56	0,2637	0,56	0,2670
0,57	0,3182	0,57	0,2193	0,57	0,2576	0,57	0,2650
0,58	0,3127	0,58	0,2230	0,58	0,2551	0,58	0,2636
0,60	0,3145	0,60	0,2274	0,60	0,2690	0,60	0,2703
0,62	0,3191	0,62	0,2253	0,62	0,2749	0,62	0,2731
0,64	0,3170	0,64	0,2163	0,64	0,2820	0,64	0,2718
0,66	0,3094	0,66	0,2026	0,66	0,2945	0,66	0,2688
0,68	0,2973	0,68	0,1865	0,68	0,3097	0,68	0,2645
0,70	0,2824	0,70	0,1702	0,70	0,3128	0,70	0,2552
0,72	0,2652	0,72	0,1561	0,72	0,3048	0,72	0,2420
0,74	0,2470	0,74	0,1466	0,74	0,2783	0,74	0,2240
0,76	0,2281	0,76	0,1516	0,76	0,2720	0,76	0,2173
0,78	0,2093	0,78	0,1507	0,78	0,2646	0,78	0,2082
0,80	0,1909	0,80	0,1525	0,80	0,2519	0,80	0,1984
0,82	0,1733	0,82	0,1553	0,82	0,2297	0,82	0,1861
0,84	0,1566	0,84	0,1557	0,84	0,2038	0,84	0,1720
0,86	0,1410	0,86	0,1537	0,86	0,1787	0,86	0,1578
0,88	0,1267	0,88	0,1487	0,88	0,1571	0,88	0,1442
0,90	0,1158	0,90	0,1467	0,90	0,1612	0,90	0,1412
0,92	0,1094	0,92	0,1435	0,92	0,1606	0,92	0,1378
0,94	0,1034	0,94	0,1374	0,94	0,1508	0,94	0,1305
0,96	0,0977	0,96	0,1303	0,96	0,1351	0,96	0,1210
0,98	0,0922	0,98	0,1272	0,98	0,1184	0,98	0,1126
1,00	0,0872	1,00	0,1233	1,00	0,1073	1,00	0,1059
1,05	0,0758	1,05	0,1102	1,05	0,1255	1,05	0,1038
1,10	0,0660	1,10	0,0952	1,10	0,1441	1,10	0,1018
1,15	0,0578	1,15	0,0811	1,15	0,1542	1,15	0,0977
1,20	0,0509	1,20	0,0770	1,20	0,1420	1,20	0,0900
1,25	0,0453	1,25	0,0725	1,25	0,1199	1,25	0,0792
1,30	0,0405	1,30	0,0676	1,30	0,0969	1,30	0,0683
1,35	0,0363	1,35	0,0624	1,35	0,1007	1,35	0,0664
1,40	0,0327	1,40	0,0569	1,40	0,1041	1,40	0,0646
1,45	0,0295	1,45	0,0513	1,45	0,1027	1,45	0,0612
1,50	0,0268	1,50	0,0460	1,50	0,0961	1,50	0,0563
1,55	0,0244	1,55	0,0412	1,55	0,0897	1,55	0,0518
1,60	0,0224	1,60	0,0370	1,60	0,0764	1,60	0,0453
1,65	0,0205	1,65	0,0336	1,65	0,0620	1,65	0,0387
1,70	0,0189	1,70	0,0308	1,70	0,0509	1,70	0,0336



1,75	0,0175	1,75	0,0287	1,75	0,0441	1,75	0,0301
1,80	0,0162	1,80	0,0270	1,80	0,0453	1,80	0,0295
1,85	0,0151	1,85	0,0256	1,85	0,0480	1,85	0,0296
1,90	0,0141	1,90	0,0244	1,90	0,0483	1,90	0,0289
1,95	0,0133	1,95	0,0233	1,95	0,0464	1,95	0,0277
2,00	0,0127	2,00	0,0223	2,00	0,0430	2,00	0,0260
2,05	0,0121	2,05	0,0214	2,05	0,0390	2,05	0,0242
2,10	0,0115	2,10	0,0204	2,10	0,0347	2,10	0,0222
2,15	0,0110	2,15	0,0195	2,15	0,0326	2,15	0,0210
2,20	0,0105	2,20	0,0186	2,20	0,0307	2,20	0,0199
2,25	0,0101	2,25	0,0177	2,25	0,0288	2,25	0,0189
2,30	0,0096	2,30	0,0169	2,30	0,0291	2,30	0,0186
2,35	0,0092	2,35	0,0161	2,35	0,0287	2,35	0,0180
2,40	0,0089	2,40	0,0154	2,40	0,0275	2,40	0,0172
2,50	0,0082	2,50	0,0140	2,50	0,0241	2,50	0,0154
2,60	0,0076	2,60	0,0128	2,60	0,0214	2,60	0,0139
2,70	0,0071	2,70	0,0118	2,70	0,0203	2,70	0,0131
2,80	0,0066	2,80	0,0110	2,80	0,0203	2,80	0,0126
2,90	0,0062	2,90	0,0102	2,90	0,0204	2,90	0,0122
3,00	0,0058	3,00	0,0095	3,00	0,0195	3,00	0,0116
3,10	0,0055	3,10	0,0089	3,10	0,0181	3,10	0,0108
3,20	0,0052	3,20	0,0083	3,20	0,0185	3,20	0,0106
3,30	0,0049	3,30	0,0077	3,30	0,0177	3,30	0,0101
3,40	0,0046	3,40	0,0072	3,40	0,0156	3,40	0,0091
3,50	0,0044	3,50	0,0068	3,50	0,0129	3,50	0,0080
3,60	0,0042	3,60	0,0063	3,60	0,0116	3,60	0,0074
3,70	0,0040	3,70	0,0059	3,70	0,0113	3,70	0,0071
3,80	0,0038	3,80	0,0056	3,80	0,0109	3,80	0,0068
3,90	0,0036	3,90	0,0053	3,90	0,0104	3,90	0,0064
4,00	0,0035	4,00	0,0050	4,00	0,0100	4,00	0,0061
4,10	0,0033	4,10	0,0047	4,10	0,0095	4,10	0,0058
4,20	0,0032	4,20	0,0044	4,20	0,0090	4,20	0,0055
4,30	0,0031	4,30	0,0042	4,30	0,0085	4,30	0,0053
4,40	0,0029	4,40	0,0040	4,40	0,0081	4,40	0,0050
4,50	0,0028	4,50	0,0038	4,50	0,0076	4,50	0,0048
4,60	0,0027	4,60	0,0037	4,60	0,0072	4,60	0,0045
4,70	0,0026	4,70	0,0035	4,70	0,0067	4,70	0,0043
4,80	0,0025	4,80	0,0034	4,80	0,0063	4,80	0,0041
4,90	0,0025	4,90	0,0032	4,90	0,0059	4,90	0,0039



5,00	0,0024	5,00	0,0031	5,00	0,0056	5,00	0,0037
5,10	0,0023	5,10	0,0030	5,10	0,0052	5,10	0,0035
5,20	0,0022	5,20	0,0029	5,20	0,0049	5,20	0,0033
5,40	0,0021	5,40	0,0027	5,40	0,0043	5,40	0,0031
5,60	0,0020	5,60	0,0026	5,60	0,0039	5,60	0,0028
5,80	0,0019	5,80	0,0025	5,80	0,0035	5,80	0,0026
6,00	0,0018	6,00	0,0023	6,00	0,0032	6,00	0,0024
6,20	0,0017	6,20	0,0022	6,20	0,0029	6,20	0,0023
6,40	0,0016	6,40	0,0021	6,40	0,0027	6,40	0,0022
6,60	0,0015	6,60	0,0020	6,60	0,0025	6,60	0,0020
6,80	0,0015	6,80	0,0020	6,80	0,0024	6,80	0,0019
7,00	0,0014	7,00	0,0019	7,00	0,0023	7,00	0,0018
7,20	0,0013	7,20	0,0018	7,20	0,0021	7,20	0,0018
7,40	0,0013	7,40	0,0018	7,40	0,0020	7,40	0,0017
7,60	0,0012	7,60	0,0017	7,60	0,0019	7,60	0,0016
7,80	0,0012	7,80	0,0016	7,80	0,0018	7,80	0,0015
8,00	0,0011	8,00	0,0016	8,00	0,0017	8,00	0,0015
8,50	0,0010	8,50	0,0015	8,50	0,0016	8,50	0,0014
9,00	0,0010	9,00	0,0014	9,00	0,0014	9,00	0,0012
9,50	0,0009	9,50	0,0013	9,50	0,0013	9,50	0,0011
10,00	0,0008	10,00	0,0012	10,00	0,0012	10,00	0,0011

Per quanto riguarda le frequenze di risonanza del sito, ovvero le frequenze in corrispondenza delle quali in caso di terremoto ci si attende la maggiore amplificazione del sisma, oltre ai risultati dell'analisi di risposta sismica locale è necessario fare riferimento alla misura del rumore sismico ambientale T36 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento.

La frequenza di risonanza caratteristica del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincide con il valore di 3.88 Hz, individuabile comunque all'interno del sub-strato e probabilmente legato ad un aumento dei livelli lapidei. Un ulteriore picco individuato a circa 5 Hz individuata, sulla base della relazione empirica ($f=V_s/4H$), la discontinuità al tetto del sub-strato (circa 21 metri).

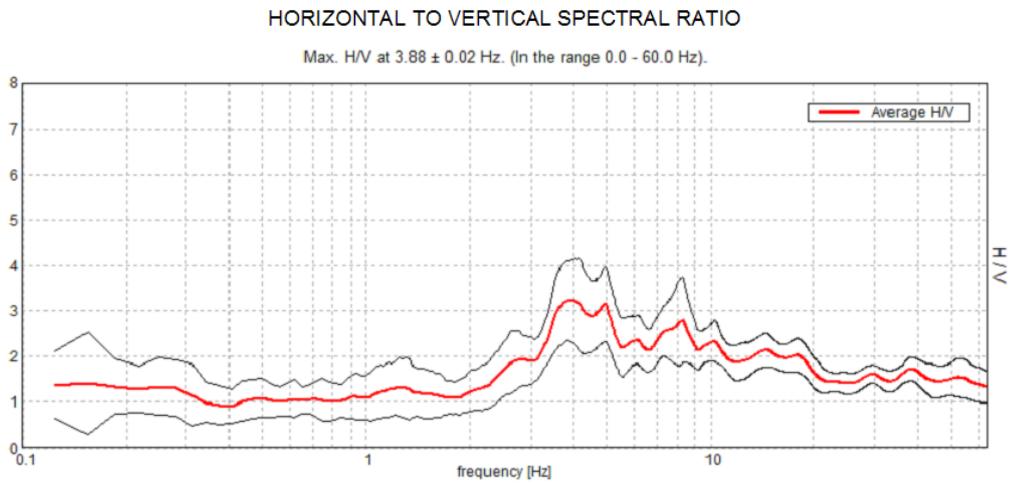
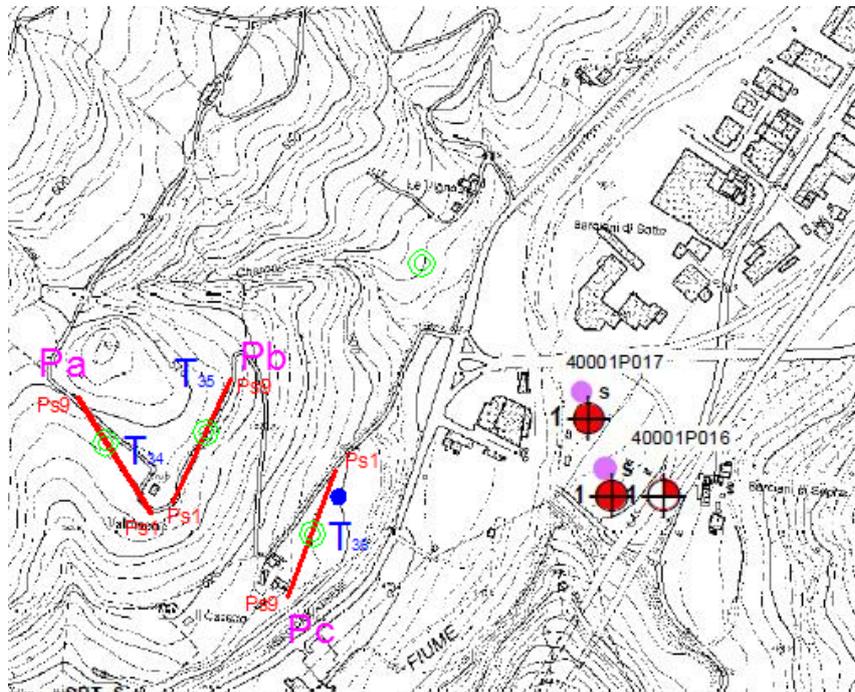


Figura 21 Misura HVRS T36 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento nel settore centrale del profilo sismico

4.5 Analisi di risposta sismica locale del sito di Le Vigne

La stratigrafia del sito di Le Vigne è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini e da quelle integrative eseguite per il terzo livello, riportate nella successiva planimetria.



L'area di Le Vigne è caratterizzata dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) materiale in frana costituito da limo argilloso con clasti, con spessore mediamente pari a 5,0 metri
- b) limo argilloso con clasti marnosi probabilmente legato al movimento franoso fino alla profondità di 11 metri
- c) limi compatti e livelli lapidei fino a 21 metri
- d) substrato costituito da marne (FMA1, membro di Biserno)

La valutazione dei fattori di amplificazione sismica al II° livello di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni:

$V_{sH} = 450$ m/sec ed H media = 20 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.6 FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.5 FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.4

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0,19
Average shear wave velocity (m/sec) = 430,95
Total number of sublayers = 4

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	5	5,0	121,05		19,00	250			2,5	47,50
	2	6	6,0	326,20		20,00	400			8,0	155,00
	3	6	10,0	609,36		20,50	540			16,0	317,50
bedrock	4	6		1473,66		21,50	820	Outcrop		21,0	420,00

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

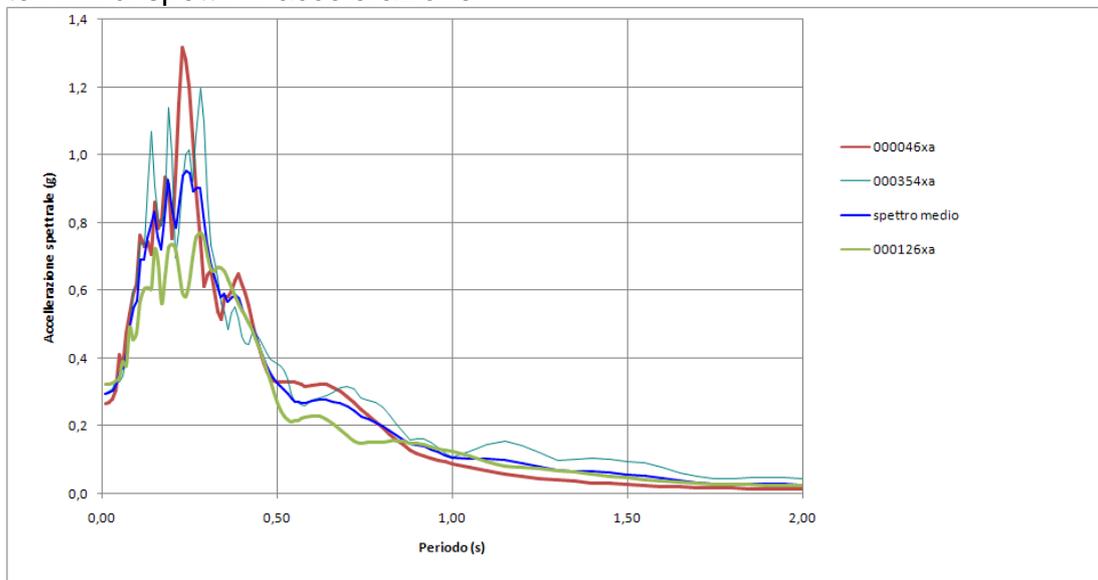


Figura 22 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito di Le Vigne.

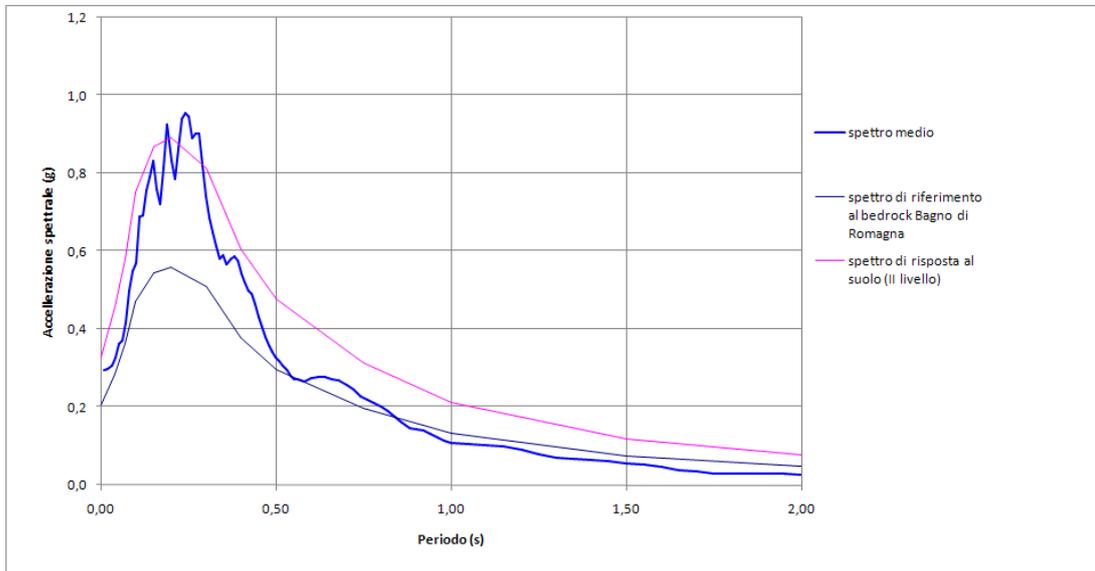


Figura 23 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall' analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito di Le Vigne.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **0.954g** al periodo di 0.24 sec, localmente più' elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.295g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall' analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità' spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

**Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s**

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1213,97	781,51	1,55
000126xa	1063,18	723,90	1,47
000354xa	1225,77	789,74	1,55
		media	1,52

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	713,44	602,22	1,18
000126xa	566,04	499,37	1,13
000354xa	773,13	683,30	1,13
		media	1,15

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0,266	0,206	1,29
000126xa	0,322	0,206	1,56
000354xa	0,296	0,206	1,44
		media	1,43

Di seguito si riportano i valori tabellari degli spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa, 000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,01	0,2655	0,01	0,3217	0,01	0,2965	0,01	0,2946
0,02	0,2692	0,02	0,3237	0,02	0,3015	0,02	0,2981
0,03	0,2783	0,03	0,3272	0,03	0,3114	0,03	0,3056
0,04	0,3074	0,04	0,3339	0,04	0,3369	0,04	0,3261
0,05	0,4105	0,05	0,3437	0,05	0,3312	0,05	0,3618
0,06	0,3743	0,06	0,3909	0,06	0,3459	0,06	0,3704
0,07	0,4753	0,07	0,3783	0,07	0,4010	0,07	0,4182
0,08	0,5303	0,08	0,4913	0,08	0,4730	0,08	0,4982
0,09	0,5891	0,09	0,4559	0,09	0,6026	0,09	0,5492



0,10	0,6189	0,10	0,4754	0,10	0,6119	0,10	0,5688
0,11	0,7626	0,11	0,5668	0,11	0,7402	0,11	0,6899
0,12	0,7311	0,12	0,6055	0,12	0,7355	0,12	0,6907
0,13	0,7419	0,13	0,6091	0,13	0,9150	0,13	0,7553
0,14	0,7061	0,14	0,6041	0,14	1,0676	0,14	0,7926
0,15	0,8624	0,15	0,7224	0,15	0,9086	0,15	0,8311
0,16	0,7847	0,16	0,6804	0,16	0,8137	0,16	0,7596
0,17	0,8117	0,17	0,5627	0,17	0,7912	0,17	0,7218
0,18	0,9344	0,18	0,6418	0,18	0,8685	0,18	0,8149
0,19	0,9105	0,19	0,7277	0,19	1,1386	0,19	0,9256
0,20	0,7549	0,20	0,7353	0,20	1,0024	0,20	0,8308
0,21	0,9313	0,21	0,7245	0,21	0,6964	0,21	0,7841
0,22	1,1514	0,22	0,6640	0,22	0,7763	0,22	0,8639
0,23	1,3161	0,23	0,5949	0,23	0,9102	0,23	0,9404
0,24	1,2808	0,24	0,5824	0,24	1,0011	0,24	0,9548
0,25	1,2011	0,25	0,6217	0,25	1,0161	0,25	0,9463
0,26	1,0558	0,26	0,6978	0,26	0,9207	0,26	0,8914
0,27	0,8929	0,27	0,7552	0,27	1,0576	0,27	0,9019
0,28	0,7413	0,28	0,7684	0,28	1,1964	0,28	0,9020
0,29	0,6115	0,29	0,7525	0,29	1,0958	0,29	0,8199
0,30	0,6471	0,30	0,7020	0,30	0,8717	0,30	0,7403
0,31	0,6579	0,31	0,6633	0,31	0,7345	0,31	0,6853
0,32	0,5984	0,32	0,6580	0,32	0,6904	0,32	0,6489
0,33	0,5367	0,33	0,6679	0,33	0,6343	0,33	0,6130
0,34	0,5155	0,34	0,6674	0,34	0,5609	0,34	0,5813
0,35	0,5818	0,35	0,6544	0,35	0,5337	0,35	0,5900
0,36	0,5818	0,36	0,6339	0,36	0,4854	0,36	0,5671
0,37	0,5989	0,37	0,6101	0,37	0,5350	0,37	0,5813
0,38	0,6282	0,38	0,5855	0,38	0,5507	0,38	0,5881
0,39	0,6486	0,39	0,5621	0,39	0,5181	0,39	0,5763
0,40	0,6205	0,40	0,5417	0,40	0,4641	0,40	0,5421
0,41	0,5925	0,41	0,5236	0,41	0,4451	0,41	0,5204
0,42	0,5537	0,42	0,5057	0,42	0,4412	0,42	0,5002
0,43	0,5088	0,43	0,4850	0,43	0,4735	0,43	0,4891
0,44	0,4632	0,44	0,4584	0,44	0,4754	0,44	0,4657
0,45	0,4213	0,45	0,4245	0,45	0,4545	0,45	0,4334
0,46	0,3869	0,46	0,3942	0,46	0,4344	0,46	0,4052
0,47	0,3607	0,47	0,3644	0,47	0,4133	0,47	0,3794



0,48	0,3431	0,48	0,3323	0,48	0,3982	0,48	0,3579
0,49	0,3335	0,49	0,3005	0,49	0,3896	0,49	0,3412
0,50	0,3294	0,50	0,2710	0,50	0,3840	0,50	0,3281
0,51	0,3286	0,51	0,2464	0,51	0,3756	0,51	0,3169
0,52	0,3297	0,52	0,2284	0,52	0,3638	0,52	0,3073
0,53	0,3308	0,53	0,2178	0,53	0,3400	0,53	0,2962
0,54	0,3308	0,54	0,2138	0,54	0,2973	0,54	0,2806
0,55	0,3294	0,55	0,2144	0,55	0,2720	0,55	0,2719
0,56	0,3265	0,56	0,2174	0,56	0,2683	0,56	0,2707
0,57	0,3220	0,57	0,2215	0,57	0,2624	0,57	0,2687
0,58	0,3164	0,58	0,2254	0,58	0,2596	0,58	0,2671
0,60	0,3195	0,60	0,2299	0,60	0,2755	0,60	0,2750
0,62	0,3240	0,62	0,2279	0,62	0,2821	0,62	0,2780
0,64	0,3218	0,64	0,2188	0,64	0,2883	0,64	0,2763
0,66	0,3140	0,66	0,2047	0,66	0,2985	0,66	0,2724
0,68	0,3017	0,68	0,1881	0,68	0,3134	0,68	0,2677
0,70	0,2865	0,70	0,1712	0,70	0,3149	0,70	0,2575
0,72	0,2691	0,72	0,1561	0,72	0,3086	0,72	0,2446
0,74	0,2506	0,74	0,1477	0,74	0,2820	0,74	0,2268
0,76	0,2316	0,76	0,1529	0,76	0,2760	0,76	0,2202
0,78	0,2126	0,78	0,1517	0,78	0,2682	0,78	0,2109
0,80	0,1940	0,80	0,1530	0,80	0,2557	0,80	0,2009
0,82	0,1763	0,82	0,1563	0,82	0,2334	0,82	0,1886
0,84	0,1594	0,84	0,1567	0,84	0,2071	0,84	0,1744
0,86	0,1437	0,86	0,1542	0,86	0,1814	0,86	0,1598
0,88	0,1291	0,88	0,1492	0,88	0,1594	0,88	0,1459
0,90	0,1172	0,90	0,1471	0,90	0,1621	0,90	0,1421
0,92	0,1108	0,92	0,1440	0,92	0,1615	0,92	0,1388
0,94	0,1047	0,94	0,1380	0,94	0,1520	0,94	0,1316
0,96	0,0990	0,96	0,1313	0,96	0,1362	0,96	0,1222
0,98	0,0935	0,98	0,1280	0,98	0,1193	0,98	0,1136
1,00	0,0883	1,00	0,1239	1,00	0,1098	1,00	0,1073
1,05	0,0768	1,05	0,1108	1,05	0,1261	1,05	0,1045
1,10	0,0669	1,10	0,0957	1,10	0,1446	1,10	0,1024
1,15	0,0585	1,15	0,0817	1,15	0,1550	1,15	0,0984
1,20	0,0514	1,20	0,0777	1,20	0,1423	1,20	0,0904
1,25	0,0453	1,25	0,0732	1,25	0,1201	1,25	0,0796
1,30	0,0403	1,30	0,0684	1,30	0,0973	1,30	0,0686
1,35	0,0362	1,35	0,0632	1,35	0,1009	1,35	0,0667



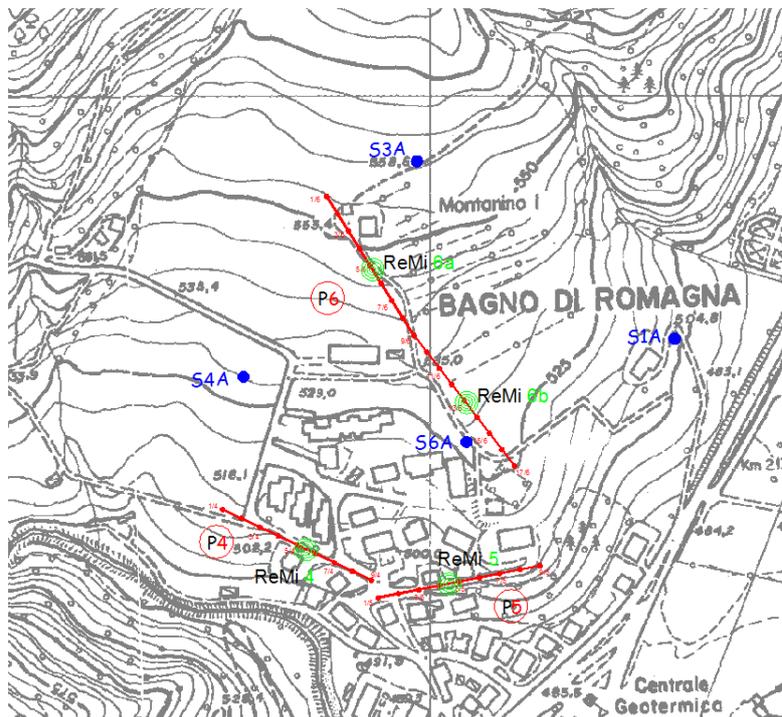
1,40	0,0326	1,40	0,0577	1,40	0,1044	1,40	0,0649
1,45	0,0295	1,45	0,0521	1,45	0,1029	1,45	0,0615
1,50	0,0268	1,50	0,0467	1,50	0,0964	1,50	0,0567
1,55	0,0245	1,55	0,0419	1,55	0,0901	1,55	0,0521
1,60	0,0224	1,60	0,0376	1,60	0,0767	1,60	0,0456
1,65	0,0206	1,65	0,0342	1,65	0,0623	1,65	0,0390
1,70	0,0190	1,70	0,0314	1,70	0,0512	1,70	0,0339
1,75	0,0176	1,75	0,0292	1,75	0,0441	1,75	0,0303
1,80	0,0163	1,80	0,0275	1,80	0,0454	1,80	0,0297
1,85	0,0152	1,85	0,0260	1,85	0,0481	1,85	0,0298
1,90	0,0143	1,90	0,0248	1,90	0,0483	1,90	0,0292
1,95	0,0136	1,95	0,0237	1,95	0,0465	1,95	0,0279
2,00	0,0129	2,00	0,0227	2,00	0,0431	2,00	0,0263
2,05	0,0123	2,05	0,0218	2,05	0,0391	2,05	0,0244
2,10	0,0117	2,10	0,0208	2,10	0,0347	2,10	0,0224
2,15	0,0112	2,15	0,0199	2,15	0,0326	2,15	0,0212
2,20	0,0107	2,20	0,0190	2,20	0,0307	2,20	0,0201
2,25	0,0102	2,25	0,0181	2,25	0,0289	2,25	0,0191
2,30	0,0098	2,30	0,0172	2,30	0,0293	2,30	0,0188
2,35	0,0094	2,35	0,0164	2,35	0,0288	2,35	0,0182
2,40	0,0090	2,40	0,0157	2,40	0,0276	2,40	0,0174
2,50	0,0084	2,50	0,0143	2,50	0,0242	2,50	0,0156
2,60	0,0077	2,60	0,0131	2,60	0,0215	2,60	0,0141
2,70	0,0072	2,70	0,0121	2,70	0,0204	2,70	0,0132
2,80	0,0067	2,80	0,0112	2,80	0,0203	2,80	0,0128
2,90	0,0063	2,90	0,0104	2,90	0,0204	2,90	0,0124
3,00	0,0059	3,00	0,0097	3,00	0,0196	3,00	0,0117
3,10	0,0056	3,10	0,0090	3,10	0,0182	3,10	0,0109
3,20	0,0053	3,20	0,0084	3,20	0,0185	3,20	0,0107
3,30	0,0050	3,30	0,0079	3,30	0,0177	3,30	0,0102
3,40	0,0047	3,40	0,0074	3,40	0,0156	3,40	0,0092
3,50	0,0045	3,50	0,0069	3,50	0,0129	3,50	0,0081
3,60	0,0042	3,60	0,0065	3,60	0,0116	3,60	0,0074
3,70	0,0040	3,70	0,0061	3,70	0,0113	3,70	0,0071
3,80	0,0039	3,80	0,0057	3,80	0,0109	3,80	0,0068
3,90	0,0037	3,90	0,0054	3,90	0,0105	3,90	0,0065
4,00	0,0035	4,00	0,0051	4,00	0,0100	4,00	0,0062
4,10	0,0034	4,10	0,0048	4,10	0,0095	4,10	0,0059
4,20	0,0032	4,20	0,0045	4,20	0,0090	4,20	0,0056



4,30	0,0031	4,30	0,0043	4,30	0,0086	4,30	0,0053
4,40	0,0030	4,40	0,0041	4,40	0,0081	4,40	0,0051
4,50	0,0029	4,50	0,0039	4,50	0,0076	4,50	0,0048
4,60	0,0028	4,60	0,0037	4,60	0,0072	4,60	0,0046
4,70	0,0027	4,70	0,0036	4,70	0,0068	4,70	0,0043
4,80	0,0026	4,80	0,0034	4,80	0,0063	4,80	0,0041
4,90	0,0025	4,90	0,0033	4,90	0,0060	4,90	0,0039
5,00	0,0024	5,00	0,0032	5,00	0,0056	5,00	0,0037
5,10	0,0023	5,10	0,0031	5,10	0,0052	5,10	0,0035
5,20	0,0023	5,20	0,0030	5,20	0,0049	5,20	0,0034
5,40	0,0021	5,40	0,0028	5,40	0,0044	5,40	0,0031
5,60	0,0020	5,60	0,0026	5,60	0,0039	5,60	0,0028
5,80	0,0019	5,80	0,0025	5,80	0,0035	5,80	0,0026
6,00	0,0018	6,00	0,0024	6,00	0,0032	6,00	0,0025
6,20	0,0017	6,20	0,0023	6,20	0,0030	6,20	0,0023
6,40	0,0016	6,40	0,0022	6,40	0,0027	6,40	0,0022
6,60	0,0015	6,60	0,0021	6,60	0,0026	6,60	0,0021
6,80	0,0015	6,80	0,0020	6,80	0,0024	6,80	0,0020
7,00	0,0014	7,00	0,0019	7,00	0,0023	7,00	0,0019
7,20	0,0014	7,20	0,0018	7,20	0,0021	7,20	0,0018
7,40	0,0013	7,40	0,0018	7,40	0,0020	7,40	0,0017
7,60	0,0012	7,60	0,0017	7,60	0,0019	7,60	0,0016
7,80	0,0012	7,80	0,0016	7,80	0,0018	7,80	0,0016
8,00	0,0012	8,00	0,0016	8,00	0,0018	8,00	0,0015
8,50	0,0011	8,50	0,0015	8,50	0,0016	8,50	0,0014
9,00	0,0010	9,00	0,0014	9,00	0,0014	9,00	0,0013
9,50	0,0009	9,50	0,0013	9,50	0,0013	9,50	0,0012
10,00	0,0008	10,00	0,0012	10,00	0,0012	10,00	0,0011

4.6 Analisi di risposta sismica locale del sito di Palazza

La stratigrafia del sito di Palazza è stata derivata dal complesso delle precedenti indagini, che risultavano sufficienti per avere un preciso inquadramento dell'area.



L'area di Palazza è caratterizzata dalle seguente successione lito-stratigrafica:

- a) limo sabbioso e argille, con spessore mediamente pari a 5,0 metri riconducibili alla frana quiescente
- b) sabbie limose e argille con clasti fino alla profondità di 22 metri
- c) FMA1, membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" alterata fino a 37 metri
- d) substrato costituito da FMA1, membro di Biserno della "Marnoso-arenacea"

La valutazione dei fattori di amplificazione sismica al II° livello di approfondimento risulta definita dalle seguenti condizioni:

$V_{sH} = 400$ m/sec ed H media = 20 m.

I fattori di amplificazione del caso sono pertanto indicati, nella fase di primo approfondimento della risposta sismica di sito, in

FA (PGA) = 1.7 FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.7 FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.4

Il modello sismo-stratigrafico di riferimento per la verifica della risposta sismica locale, derivato dalle indagini eseguite e coerenti tra loro, risulta definito come segue:

Fundamental period (s) = 0,33
 Average shear wave velocity (m/sec) = 448,65
 Total number of sublayers = 4

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	5	12,0	174,31		19,00	300			6,0	114,00
	2	6	10,0	326,20		20,00	400			17,0	328,00
	3	6	15,0	752,29		20,50	600			29,5	581,75
bedrock	4	6		1370,03		21,00	800	Outcrop		37,0	735,50

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi di risposta sismica, in termini di spettri in accelerazione.

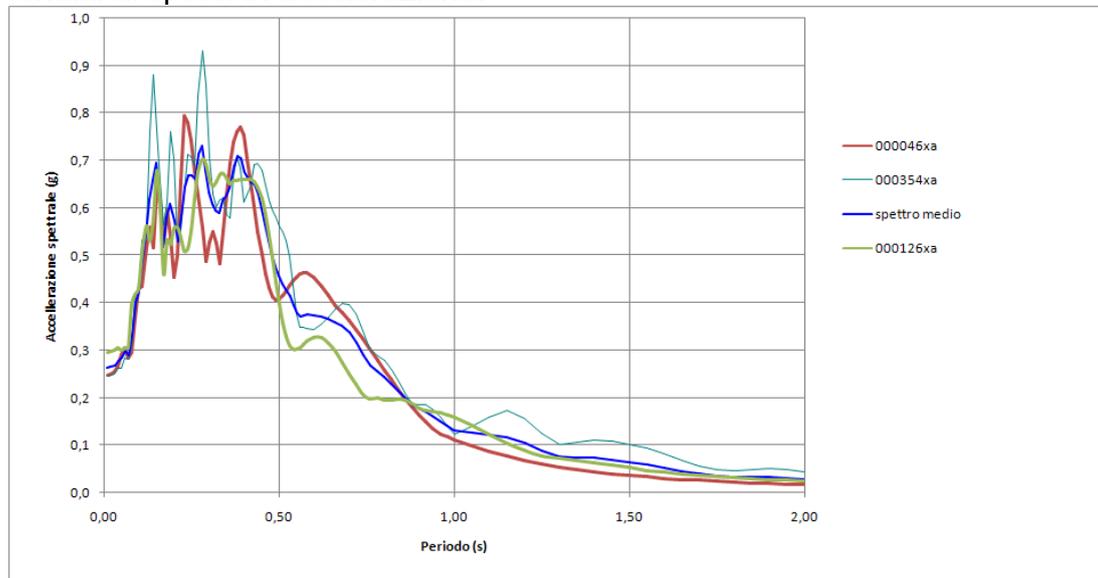


Figura 24 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito di Palazza.

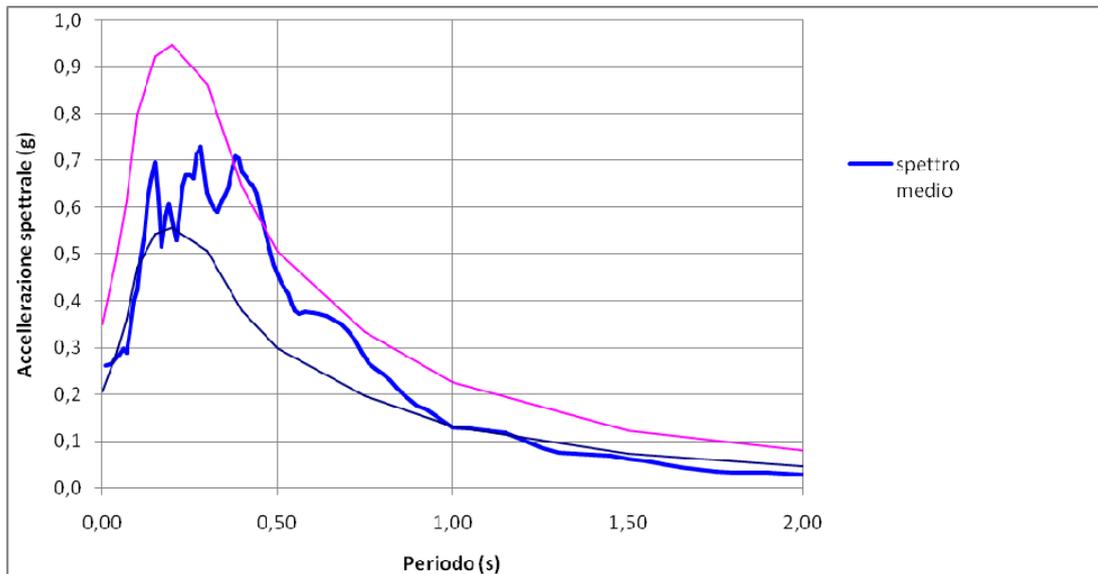


Figura 25 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Bagno di Romagna e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito di Palazzo.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **0.730g** al periodo di 0.28 sec, decisamente più' basso del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.263g**.

Lo spettro di risposta del moto atteso al piano campagna, mediato su quelli derivati da ciascuno dei n.3 accelerogrammi di input, costituisce lo spettro di riferimento derivato dall'analisi di risposta locale, che rapportato allo spettro determinato nelle medesime condizioni di sollecitazione dinamica per un substrato affiorante con $V_s = 800$ m/sec, consente di indicare, nei rapporti caratteristici, i fattori di amplificazione al sito.

In particolare si tabellano i rapporti caratteristici di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) al p.c., e di Intensità' spettrale di Housner (SI/SI0), negli intervalli di periodo di sec 0.1-0.5 e sec 0.5-1.0.

**Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,1-0,5s**

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1106,26	781,51	1,42
000126xa	1145,49	723,90	1,58
000354xa	1255,26	789,74	1,59
		media	1,53

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	950,11	602,22	1,58
000126xa	766,30	499,37	1,53
000354xa	961,86	683,30	1,41
		media	1,51

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0,248	0,206	1,20
000126xa	0,297	0,206	1,44
000354xa	0,244	0,206	1,18
		media	1,28

Di seguito si riportano i valori tabellari degli spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Bagno di Romagna (000046xa, 000354xa, 000126xa) e dello spettro di risposta sismica in accelerazione medio.

000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0,01	0,2482	0,01	0,2965	0,01	0,2444	0,01	0,2630
0,02	0,2505	0,02	0,2979	0,02	0,2467	0,02	0,2650
0,03	0,2546	0,03	0,3001	0,03	0,2512	0,03	0,2687
0,04	0,2678	0,04	0,3046	0,04	0,2630	0,04	0,2784
0,05	0,2904	0,05	0,2997	0,05	0,2626	0,05	0,2842
0,06	0,3063	0,06	0,3055	0,06	0,2841	0,06	0,2986
0,07	0,2825	0,07	0,3062	0,07	0,2811	0,07	0,2900



0,08	0,2952	0,08	0,3966	0,08	0,3103	0,08	0,3341
0,09	0,3682	0,09	0,4184	0,09	0,4155	0,09	0,4007
0,10	0,4301	0,10	0,4293	0,10	0,4167	0,10	0,4253
0,11	0,4346	0,11	0,5047	0,11	0,5318	0,11	0,4904
0,12	0,5168	0,12	0,5629	0,12	0,5558	0,12	0,5451
0,13	0,5595	0,13	0,5310	0,13	0,7615	0,13	0,6173
0,14	0,5161	0,14	0,5777	0,14	0,8823	0,14	0,6587
0,15	0,6446	0,15	0,6794	0,15	0,7645	0,15	0,6962
0,16	0,6068	0,16	0,5983	0,16	0,6533	0,16	0,6195
0,17	0,5255	0,17	0,4611	0,17	0,5638	0,17	0,5168
0,18	0,5954	0,18	0,5333	0,18	0,6129	0,18	0,5805
0,19	0,5387	0,19	0,5245	0,19	0,7603	0,19	0,6078
0,20	0,4550	0,20	0,5582	0,20	0,7045	0,20	0,5726
0,21	0,4991	0,21	0,5592	0,21	0,5314	0,21	0,5299
0,22	0,6592	0,22	0,5378	0,22	0,5552	0,22	0,5841
0,23	0,7956	0,23	0,5093	0,23	0,6324	0,23	0,6457
0,24	0,7801	0,24	0,5150	0,24	0,7123	0,24	0,6691
0,25	0,7428	0,25	0,5533	0,25	0,7082	0,25	0,6681
0,26	0,6779	0,26	0,6190	0,26	0,6894	0,26	0,6621
0,27	0,6280	0,27	0,6764	0,27	0,8384	0,27	0,7143
0,28	0,5562	0,28	0,7027	0,28	0,9324	0,28	0,7304
0,29	0,4865	0,29	0,6918	0,29	0,8588	0,29	0,6790
0,30	0,5277	0,30	0,6613	0,30	0,7069	0,30	0,6319
0,31	0,5510	0,31	0,6464	0,31	0,6281	0,31	0,6085
0,32	0,5266	0,32	0,6564	0,32	0,6036	0,32	0,5955
0,33	0,4832	0,33	0,6708	0,33	0,6180	0,33	0,5907
0,34	0,5527	0,34	0,6727	0,34	0,6232	0,34	0,6162
0,35	0,6284	0,35	0,6637	0,35	0,5863	0,35	0,6261
0,36	0,6937	0,36	0,6519	0,36	0,5796	0,36	0,6417
0,37	0,7397	0,37	0,6571	0,37	0,6671	0,37	0,6880
0,38	0,7623	0,38	0,6591	0,38	0,7074	0,38	0,7096
0,39	0,7704	0,39	0,6594	0,39	0,6852	0,39	0,7050
0,40	0,7552	0,40	0,6598	0,40	0,6126	0,40	0,6759
0,41	0,7018	0,41	0,6606	0,41	0,6290	0,41	0,6638
0,42	0,6544	0,42	0,6606	0,42	0,6457	0,42	0,6536
0,43	0,6019	0,43	0,6559	0,43	0,6918	0,43	0,6498
0,44	0,5496	0,44	0,6432	0,44	0,6950	0,44	0,6293
0,45	0,5017	0,45	0,6197	0,45	0,6786	0,45	0,6000



0,46	0,4616	0,46	0,5855	0,46	0,6480	0,46	0,5650
0,47	0,4323	0,47	0,5430	0,47	0,6174	0,47	0,5309
0,48	0,4143	0,48	0,4949	0,48	0,5962	0,48	0,5018
0,49	0,4069	0,49	0,4455	0,49	0,5813	0,49	0,4779
0,50	0,4081	0,50	0,3988	0,50	0,5631	0,50	0,4566
0,51	0,4151	0,51	0,3588	0,51	0,5493	0,51	0,4411
0,52	0,4253	0,52	0,3287	0,52	0,5319	0,52	0,4286
0,53	0,4363	0,53	0,3101	0,53	0,4980	0,53	0,4148
0,54	0,4465	0,54	0,3020	0,54	0,4382	0,54	0,3956
0,55	0,4547	0,55	0,3019	0,55	0,3784	0,55	0,3783
0,56	0,4604	0,56	0,3064	0,56	0,3481	0,56	0,3716
0,57	0,4633	0,57	0,3127	0,57	0,3479	0,57	0,3746
0,58	0,4629	0,58	0,3191	0,58	0,3467	0,58	0,3762
0,60	0,4534	0,60	0,3276	0,60	0,3427	0,60	0,3746
0,62	0,4356	0,62	0,3270	0,62	0,3546	0,62	0,3724
0,64	0,4154	0,64	0,3160	0,64	0,3696	0,64	0,3670
0,66	0,3936	0,66	0,2975	0,66	0,3862	0,66	0,3591
0,68	0,3808	0,68	0,2750	0,68	0,3986	0,68	0,3514
0,70	0,3640	0,70	0,2512	0,70	0,3960	0,70	0,3371
0,72	0,3447	0,72	0,2283	0,72	0,3765	0,72	0,3165
0,74	0,3236	0,74	0,2081	0,74	0,3409	0,74	0,2909
0,76	0,3018	0,76	0,1983	0,76	0,3018	0,76	0,2673
0,78	0,2797	0,78	0,1988	0,78	0,2886	0,78	0,2557
0,80	0,2580	0,80	0,1945	0,80	0,2790	0,80	0,2438
0,82	0,2369	0,82	0,1944	0,82	0,2595	0,82	0,2303
0,84	0,2169	0,84	0,1963	0,84	0,2350	0,84	0,2160
0,86	0,1980	0,86	0,1940	0,86	0,2098	0,86	0,2006
0,88	0,1805	0,88	0,1874	0,88	0,1873	0,88	0,1851
0,90	0,1642	0,90	0,1770	0,90	0,1864	0,90	0,1759
0,92	0,1493	0,92	0,1736	0,92	0,1857	0,92	0,1695
0,94	0,1355	0,94	0,1706	0,94	0,1752	0,94	0,1605
0,96	0,1232	0,96	0,1681	0,96	0,1578	0,96	0,1497
0,98	0,1170	0,98	0,1641	0,98	0,1388	0,98	0,1399
1,00	0,1112	1,00	0,1588	1,00	0,1234	1,00	0,1311
1,05	0,0978	1,05	0,1419	1,05	0,1404	1,05	0,1267
1,10	0,0862	1,10	0,1229	1,10	0,1578	1,10	0,1223
1,15	0,0763	1,15	0,1046	1,15	0,1731	1,15	0,1180
1,20	0,0677	1,20	0,0882	1,20	0,1554	1,20	0,1038
1,25	0,0604	1,25	0,0774	1,25	0,1247	1,25	0,0875



1,30	0,0541	1,30	0,0733	1,30	0,1002	1,30	0,0758
1,35	0,0486	1,35	0,0686	1,35	0,1066	1,35	0,0746
1,40	0,0439	1,40	0,0634	1,40	0,1104	1,40	0,0726
1,45	0,0398	1,45	0,0578	1,45	0,1094	1,45	0,0690
1,50	0,0363	1,50	0,0523	1,50	0,1017	1,50	0,0635
1,55	0,0332	1,55	0,0472	1,55	0,0941	1,55	0,0581
1,60	0,0305	1,60	0,0426	1,60	0,0817	1,60	0,0516
1,65	0,0281	1,65	0,0388	1,65	0,0673	1,65	0,0447
1,70	0,0259	1,70	0,0356	1,70	0,0557	1,70	0,0391
1,75	0,0241	1,75	0,0331	1,75	0,0478	1,75	0,0350
1,80	0,0224	1,80	0,0310	1,80	0,0470	1,80	0,0335
1,85	0,0209	1,85	0,0294	1,85	0,0497	1,85	0,0333
1,90	0,0195	1,90	0,0280	1,90	0,0501	1,90	0,0325
1,95	0,0183	1,95	0,0267	1,95	0,0482	1,95	0,0311
2,00	0,0172	2,00	0,0256	2,00	0,0449	2,00	0,0293
2,05	0,0163	2,05	0,0245	2,05	0,0409	2,05	0,0272
2,10	0,0154	2,10	0,0235	2,10	0,0364	2,10	0,0251
2,15	0,0145	2,15	0,0224	2,15	0,0336	2,15	0,0235
2,20	0,0138	2,20	0,0214	2,20	0,0317	2,20	0,0223
2,25	0,0131	2,25	0,0205	2,25	0,0304	2,25	0,0213
2,30	0,0125	2,30	0,0195	2,30	0,0309	2,30	0,0210
2,35	0,0119	2,35	0,0186	2,35	0,0306	2,35	0,0204
2,40	0,0114	2,40	0,0178	2,40	0,0295	2,40	0,0196
2,50	0,0104	2,50	0,0163	2,50	0,0261	2,50	0,0176
2,60	0,0096	2,60	0,0149	2,60	0,0232	2,60	0,0159
2,70	0,0089	2,70	0,0138	2,70	0,0220	2,70	0,0149
2,80	0,0083	2,80	0,0128	2,80	0,0219	2,80	0,0143
2,90	0,0077	2,90	0,0119	2,90	0,0219	2,90	0,0138
3,00	0,0072	3,00	0,0111	3,00	0,0212	3,00	0,0132
3,10	0,0068	3,10	0,0103	3,10	0,0197	3,10	0,0123
3,20	0,0064	3,20	0,0097	3,20	0,0188	3,20	0,0116
3,30	0,0060	3,30	0,0091	3,30	0,0180	3,30	0,0110
3,40	0,0057	3,40	0,0085	3,40	0,0159	3,40	0,0100
3,50	0,0054	3,50	0,0079	3,50	0,0132	3,50	0,0089
3,60	0,0052	3,60	0,0075	3,60	0,0116	3,60	0,0081
3,70	0,0049	3,70	0,0070	3,70	0,0113	3,70	0,0077
3,80	0,0047	3,80	0,0066	3,80	0,0109	3,80	0,0074
3,90	0,0045	3,90	0,0062	3,90	0,0105	3,90	0,0070
4,00	0,0043	4,00	0,0058	4,00	0,0100	4,00	0,0067



4,10	0,0041	4,10	0,0055	4,10	0,0095	4,10	0,0064
4,20	0,0040	4,20	0,0052	4,20	0,0091	4,20	0,0061
4,30	0,0038	4,30	0,0050	4,30	0,0086	4,30	0,0058
4,40	0,0037	4,40	0,0047	4,40	0,0081	4,40	0,0055
4,50	0,0035	4,50	0,0045	4,50	0,0077	4,50	0,0052
4,60	0,0034	4,60	0,0043	4,60	0,0072	4,60	0,0050
4,70	0,0033	4,70	0,0041	4,70	0,0068	4,70	0,0047
4,80	0,0032	4,80	0,0040	4,80	0,0064	4,80	0,0045
4,90	0,0031	4,90	0,0038	4,90	0,0060	4,90	0,0043
5,00	0,0030	5,00	0,0037	5,00	0,0056	5,00	0,0041
5,10	0,0029	5,10	0,0035	5,10	0,0053	5,10	0,0039
5,20	0,0028	5,20	0,0034	5,20	0,0050	5,20	0,0037
5,40	0,0026	5,40	0,0032	5,40	0,0044	5,40	0,0034
5,60	0,0025	5,60	0,0030	5,60	0,0039	5,60	0,0032
5,80	0,0024	5,80	0,0029	5,80	0,0035	5,80	0,0029
6,00	0,0022	6,00	0,0027	6,00	0,0032	6,00	0,0027
6,20	0,0021	6,20	0,0026	6,20	0,0030	6,20	0,0026
6,40	0,0020	6,40	0,0025	6,40	0,0027	6,40	0,0024
6,60	0,0020	6,60	0,0024	6,60	0,0026	6,60	0,0023
6,80	0,0019	6,80	0,0023	6,80	0,0024	6,80	0,0022
7,00	0,0018	7,00	0,0022	7,00	0,0023	7,00	0,0021
7,20	0,0017	7,20	0,0021	7,20	0,0021	7,20	0,0020
7,40	0,0017	7,40	0,0020	7,40	0,0020	7,40	0,0019
7,60	0,0016	7,60	0,0019	7,60	0,0019	7,60	0,0018
7,80	0,0015	7,80	0,0019	7,80	0,0018	7,80	0,0017
8,00	0,0015	8,00	0,0018	8,00	0,0017	8,00	0,0017
8,50	0,0014	8,50	0,0017	8,50	0,0016	8,50	0,0015
9,00	0,0013	9,00	0,0015	9,00	0,0014	9,00	0,0014
9,50	0,0012	9,50	0,0014	9,50	0,0013	9,50	0,0013
10,00	0,0011	10,00	0,0013	10,00	0,0011	10,00	0,0012

5 – VERIFICHE DI STABILITA' E DETERMINAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI

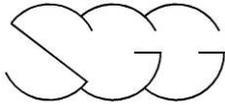
Tra i vari requisiti che dovranno essere forniti con il terzo livello di approfondimento, vi è il grado stabilità e gli spostamenti attesi del corpo franoso.

Per valutare il grado di stabilità sono state eseguite delle verifiche in condizioni sismiche secondo il metodo pseudo-statico.

Le verifiche sono state eseguite sulla base di una caratterizzazione geotecnica dei terreni ottenuta dal complesso di tutte le indagini precedenti ed in particolare da quelle attualmente eseguite.

Le verifiche di stabilità e la parametrizzazione dei terreni vengono eseguite sulla base delle norme tecniche per le costruzioni (D. M. 14 gennaio 2008). Secondo tale normativa le verifiche di stabilità vengono di norma eseguite secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) che rispetto alle altre combinazioni è la più severa nella parametrizzazione geotecnica.

Entrando nel dettaglio dei calcoli, le verifiche sono state eseguite per mezzo di uno programma computerizzato predisposto dalla *Geo&Soft*; tale software valuta la stabilità tramite il metodo "Sarma" basato sulla ricerca delle condizioni di equilibrio, attraverso il calcolo del coefficiente di sicurezza di superfici di scivolamento definite arbitrariamente. Nel caso specifico viene considerata come metodologia quella di una superficie planare coincidente con l'ipotizzato piano di scivolamento. Il coefficiente di sicurezza coincide con il valore che assume un parametro riduttivo P_r delle caratteristiche geotecniche reattive (tangente dell'angolo di attrito e coesione) quando esso porta all'annullamento dell'accelerazione critica. Le superfici di scivolamento definite arbitrariamente sono considerate stabili quando il coefficiente di sicurezza $> 1,1$ (colore verde); si considerano prossime alla instabilità con il fattore di sicurezza compreso tra 1 e 1,1 (colore giallo) e instabili con il coefficiente di sicurezza < 1 (colore rosso).



Il territorio del Comune di Bagno di Romagna, secondo la normativa sismica vigente, è inserito in zona 2.

La determinazione dell'accelerazione orizzontale massima è stata eseguita con l'analisi di risposta sismica, sulla base del profilo stratigrafico locale ed utilizzando come moto di input gli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Bagno di Romagna.

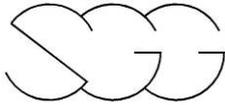
Il valore ottenuto dovrà essere corretto con un fattore topografico (S_T), che è pari a 1,2 per le zone più pendenti (Le Vigne-Le Vigne) e uguale 1,0 e perciò non influente, per le tutte le altre aree.

Per determinare la componente sismica orizzontale, cioè il parametro da inserire nel programma di calcolo, l'accelerazione sismica prevista per il sito in esame deve essere ridotta per mezzo di un coefficiente di riduzione sismica anche dipendente della categoria di suolo. Nel caso specifico il coefficiente riduttivo è generalmente pari a 0,28.

In riferimento a tutto quanto sopra, le verifiche di stabilità sono state effettuate, utilizzando la componente sismica orizzontale pari a 0,10 o 0,12 in base all'acclività dei vari settori. La componente verticale risulta pari a 0,05 o 0,06, essendo convenzionalmente la metà di quella orizzontale. L'utilizzo di valori uguali per le diverse zone è stato fatto in modo cautelativo, utilizzando perciò il valore più alto tra tutti quelli determinati.

Le verifiche sono state eseguite valutando una situazione complessiva ipotizzando perciò delle superfici potenziali di scivolamento circolari; contemporaneamente, trattandosi comunque di frane seppur quiescenti, è stata anche valutata una superfici di scivolamento planare e corrispondente alla discontinuità più significativa evidenziata con le varie indagini.

Per il calcolo degli spostamenti permanenti indotti dall'azione sismica, viene adottato uno dei metodi semplificati ed in particolare l'approccio originario di Newmark, dove lo spostamento S è il prodotto di S_0 (spostamento di un blocco rigido equivalente al corpo di frana su un piano



orizzontale) ed A (fattore di forma che dipende dalle geometria del versante, dalle caratteristiche del sistema e dalla forma della superficie di scorrimento)

$$S = S_0 \cdot A$$

ovvero

$$S = S_0 \frac{\cos(\phi - \alpha)}{\cos \phi}$$

α = inclinazione della superficie di scorrimento

ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno

$$S_{0(max)} = \frac{v_{max}^2}{2a_c} (a_{max} / a_c)$$

a_{max} = accelerazione massima del moto alla base del pendio (g)

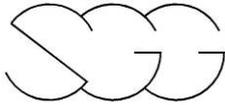
v_{max} = velocità massima del moto alla base (cm/sec)

$a_c = K_c g$ accelerazione critica (valore dell'accelerazione sismica per la quali il pendio è in condizioni di equilibrio limite)

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, i calcoli sono stati effettuati sulla base dell'accelerazione critica determinata per ogni zona. Quest'ultima è stata calcolata modificando le componenti sismiche attraverso successive analisi pseudo statiche inverse relative ad ogni verifica di stabilità (All. A3 D.L. n° 112 / 2007).

I valori ottenuti sono generalmente bassi nell'ordine di 1-2 cm e relativi ad accelerazioni critiche molto più alte dell'accelerazione massima determinata con l'analisi di risposta sismica locale.

Resta escluso la zona di Le Vigne, che essendo una frana attiva ed avendo perciò valori confrontabili tra accelerazioni critiche e accelerazione



massima, i valori degli spostamenti sono maggiori e dell'ordine della decina di centimetri.

Di seguito vengono riportati, per ogni zona, la traccia della sezione sulla quale sono state eseguite le verifiche, la parametrizzazione geotecnica dei terreni, i risultati delle verifiche stesse e la determinazione degli spostamenti.

5.1 Cà di Bibo - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

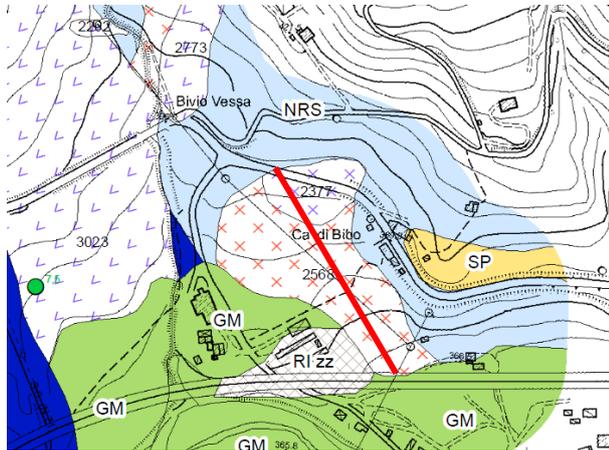


Figura 26 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- Argille limose:

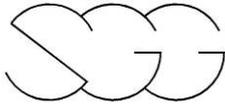
peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 10 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 19^\circ$

- Argille grigie addensate:

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 21 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 19^\circ$

- Argille grigie molto compatte:

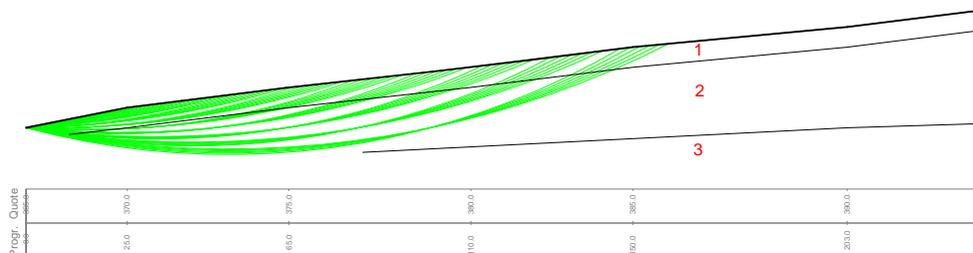
peso di volume	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 30 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 22^\circ$



Cà di Bibo – Verifica circolare

Argille limose ϕ [°] = 19 c [kN/m²] = 10 γ [kN/m³] = 20,0
Argille grigie addensate ϕ [°] = 19 c [kN/m²] = 21 γ [kN/m³] = 20,0
Argille grigie molto compatte ϕ [°] = 22 c [kN/m²] = 30 γ [kN/m³] = 20,5
Comp. sismica orizz. = 0,10 Comp. sismica vert. = 0,05
Metodo: Sarma

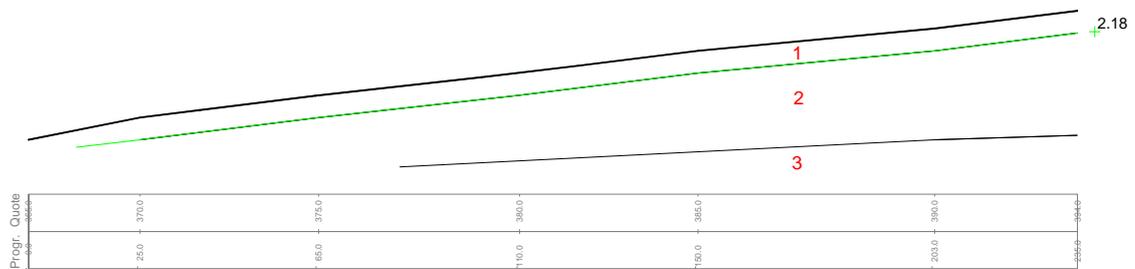
>5 +3,33 +2,68 +2,34 +2,29 +2,62 +2,56 +2,47 +2,41 +2,36
>5 +3,48 +2,72 +2,36 +2,29 +2,63 +2,56 +2,47 +2,41 +2,36
>5 +3,67 +2,78 +2,38 +2,30 +2,63 +2,56 +2,48 +2,41 +2,36
>5 +3,92 +2,83 +2,39 +2,40 +2,63 +2,59 +2,48 +2,41 +2,36
>5 +4,28 +2,91 +2,41 +2,41 +2,64 +2,58 +2,48 +2,44 +2,39
>5 +4,82 +3,00 +2,45 +2,43 +2,65 +2,58 +2,49 +2,44 +2,39



Comune di Bagno di Romagna (FC)
Studio di microzonazione sismica – Indagini di III° livello
Relazione tecnica

Cà di Bibo – Verifica planare

Argille limose	ϕ [°] = 19	c [kN/m ²] = 10	γ [kN/m ³] = 20,0
Argille grigie addensate	ϕ [°] = 19	c [kN/m ²] = 21	γ [kN/m ³] = 20,0
Argille grigie molto compatte	ϕ [°] = 22	c [kN/m ²] = 30	γ [kN/m ³] = 20,5
Comp. sismica orizz. = 0,10	Comp. sismica vert. = 0,05		
Metodo: Sama			



Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari, delle 60 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 2,29.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 2,18.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta ampiamente stabile.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 1,07g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 2,3 cm.

5.2 Valgianna - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

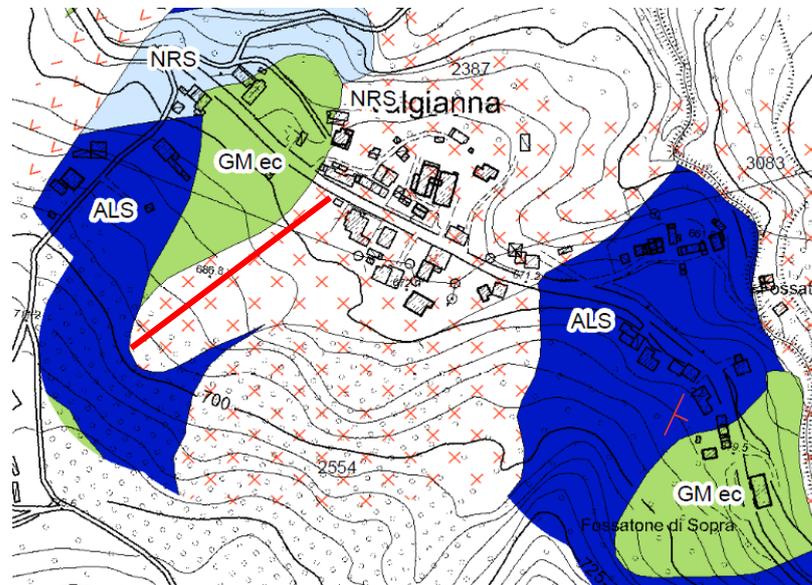


Figura 27 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- **Limi argillosi:**

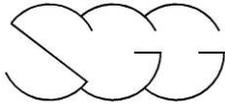
peso di volume	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 15 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 22^\circ$

- **Limi sabbiosi:**

peso di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 24 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 21^\circ$

- **Limi argillosi con clasti calcarei:**

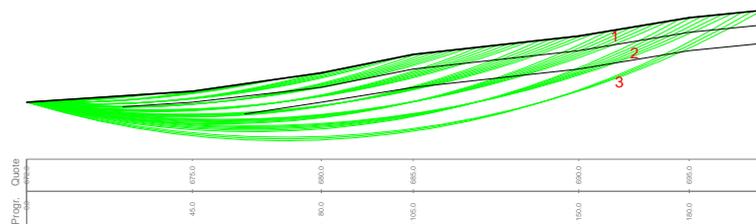
peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 30 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 24^\circ$



Valgianna – Verifica circolare

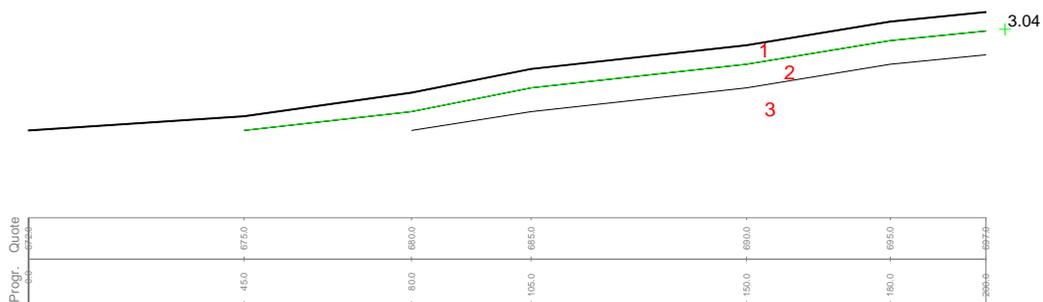
Limi argillosi ϕ [°] = 22 c [kN/m²] = 15 γ [kN/m³] = 18,5
Limi sabbiosi ϕ [°] = 21 c [kN/m²] = 24 γ [kN/m³] = 19,0
Limi argillosi con clasti arenacei ϕ [°] = 24 c [kN/m²] = 30 γ [kN/m³] = 20,0
Comp. sismica orizz.= 0,10 Comp. sismica vert.= 0,05
Metodo: Sarma

+5	+5	+5	+4,98	+3,61	+3,11	+2,93	+2,73	+2,58	+
+5	+5	+5	+5	+3,68	+3,16	+2,92	+2,74	+2,58	+
+5	+5	+5	+5	+3,76	+3,17	+2,92	+2,74	+2,58	+
+5	+5	+5	+5	+3,86	+3,19	+2,92	+2,74	+2,59	+2,49
+5	+5	+5	+5	+3,95	+3,21	+2,92	+2,73	+2,59	+2,50
+5	+5	+5	+5	+4,06	+3,26	+2,93	+2,74	+2,59	+2,50



Valgianna – Verifica planare

Limi argillosi	ϕ [°] = 22	c [kN/m ²] = 15	γ [kN/m ³] = 18,5
Limi sabbiosi	ϕ [°] = 21	c [kN/m ²] = 24	γ [kN/m ³] = 19,0
Limi argillosi con clasti arenacei	ϕ [°] = 24	c [kN/m ²] = 30	γ [kN/m ³] = 20,0
Comp. sismica orizz.= 0,10	Comp. sismica vert.= 0,05		
Metodo: Sarma			



Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari, delle 57 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 2,49.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 3,04.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta ampiamente stabile.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 1,64g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 1,1 cm.

5.3 Selvapiana - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

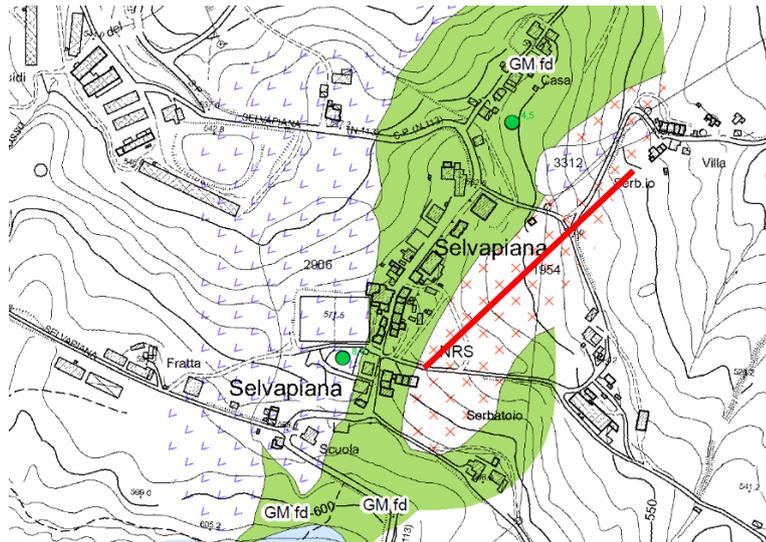


Figura 28 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- Limo argilloso con clasti:

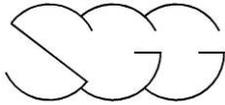
peso di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 21 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 20^\circ$

- Marne alterate:

peso di volume	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 20 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 23^\circ$

- Marne siltose con blocchi:

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 30 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 23^\circ$

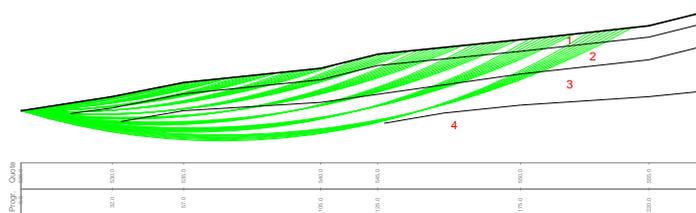
**- Marne lapidee compatte:**

peso di volume $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$
coesione $C = 35 \text{ kPa}$
angolo di attrito $\varphi = 25^\circ$

Selvapiana – Verifica circolare

Limo argilloso con clasti	$\phi [^\circ] = 20$	$c [\text{kN/m}^2] = 21$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 19,0$
Marne alterate	$\phi [^\circ] = 23$	$c [\text{kN/m}^2] = 20$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 19,5$
Marne siltose cob blocchi	$\phi [^\circ] = 23$	$c [\text{kN/m}^2] = 30$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 20,0$
Marne lapidee compatte	$\phi [^\circ] = 25$	$c [\text{kN/m}^2] = 35$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 20,5$
Comp. sismica orizz.= 0,10	Comp. sismica vert.= 0,05		
Metodo: Sarma			

>5	>5	3,59	3,06	3,00	2,72	2,58	2,51	2,47	2,48
>5	>5	3,67	3,08	2,99	2,73	2,58	2,51	2,49	2,48
>5	>5	3,77	3,10	2,99	2,75	2,58	2,52	2,49	2,48
>5	>5	3,89	3,10	2,99	2,77	2,61	2,62	2,48	2,48
>5	>5	4,03	3,11	2,99	2,79	2,60	2,62	2,48	2,48
>5	>5	4,20	3,12	2,99	2,82	2,61	2,62	2,48	2,47
>5	>5	4,41	3,12	2,99	2,88	2,63	2,62	2,48	2,48
>5	>5	4,68	3,15	3,03	2,89	2,64	2,62	2,48	2,48



Selvapiana – Verifica planare

Limo argilloso con clasti	ϕ [°] = 20	c [kN/m ²] = 21	γ [kN/m ³] = 19,0
Marne alterate	ϕ [°] = 23	c [kN/m ²] = 20	γ [kN/m ³] = 19,5
Marne siltose cob blocchi	ϕ [°] = 23	c [kN/m ²] = 30	γ [kN/m ³] = 20,0
Marne lapidee compatte	ϕ [°] = 25	c [kN/m ²] = 35	γ [kN/m ³] = 20,5
Comp. sismica orizz.= 0,10	Comp. sismica vert.= 0,05		
Metodo: Sarma			



Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari, delle 80 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 2,47.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 2,95.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta ampiamente stabile.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 1,67g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 0,8 cm.

5.4 Vialta - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

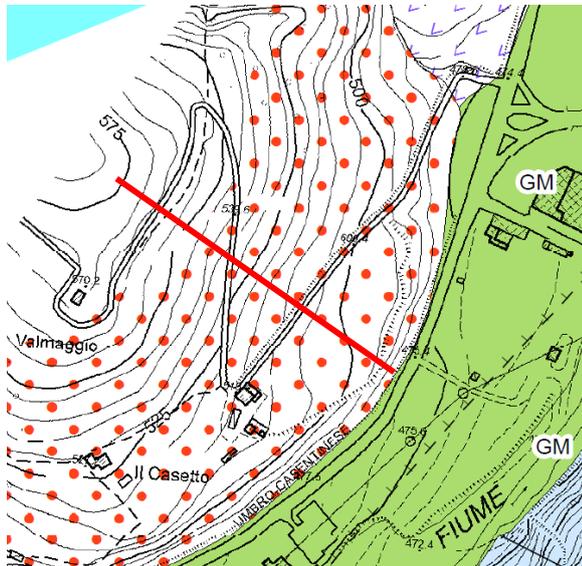


Figura 29 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- Limo argilloso con clasti:

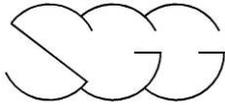
peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 22 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 23^\circ$

- Limi compatti e livelli lapidei:

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 25 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 24^\circ$

- Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea":

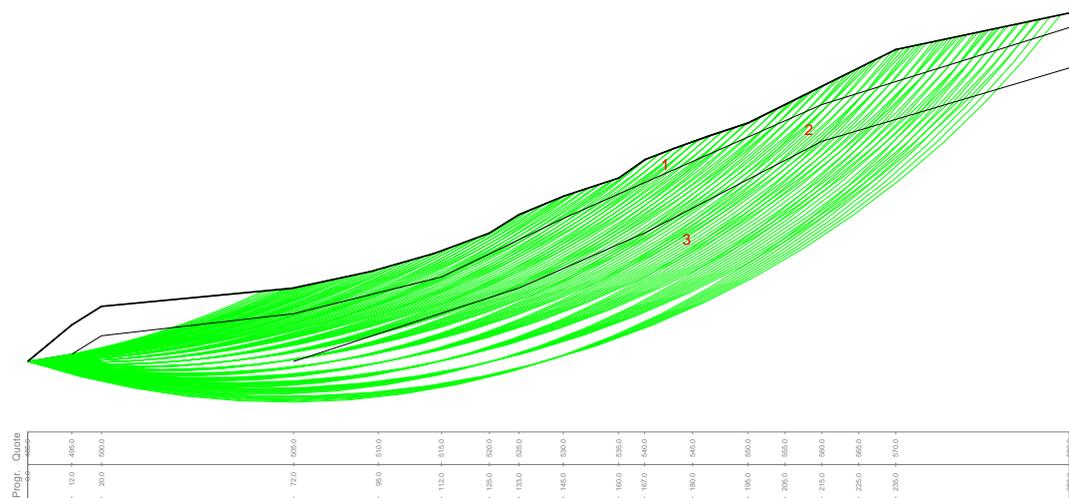
peso di volume	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 35 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 26^\circ$



Vialta – Verifica circolare versante complessivo

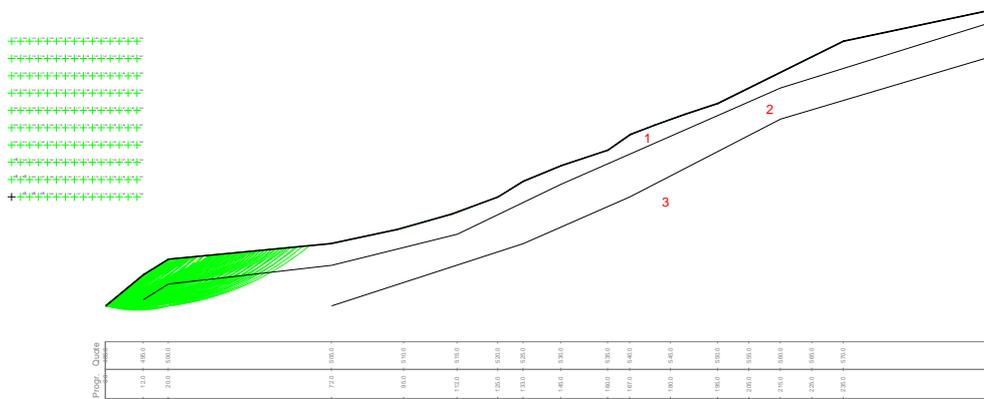
Limo argilloso con clasti ϕ [°] = 23 c [kN/m²] = 22 γ [kN/m³] = 20,0
Limi compatti e livelli lapidei ϕ [°] = 24 c [kN/m²] = 25 γ [kN/m³] = 20,0
Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" ϕ [°] = 26 c [kN/m²] = 35 γ [kN/m³] = 21,0
Comp. sismica orizz.= 0,12 Comp. sismica vert.= 0,06
Metodo: Sarma

+2.89	+1.73	+1.76	+1.68	+1.59	+1.49	+1.42	+1.41	+1.36	+1.33	+1.31	+
+2.87	+1.72	+1.75	+1.71	+1.60	+1.52	+1.44	+1.41	+1.38	+1.34	+1.32	+
+2.86	+1.71	+1.74	+1.74	+1.61	+1.54	+1.45	+1.41	+1.42	+1.39	+1.35	+1.32
+2.84	+1.70	+1.73	+1.75	+1.64	+1.56	+1.47	+1.44	+1.40	+1.36	+1.33	+1.33
+2.83	+1.69	+1.73	+1.75	+1.67	+1.60	+1.51	+1.44	+1.45	+1.38	+1.35	+1.33
+2.82	+1.68	+1.73	+1.75	+1.69	+1.62	+1.53	+1.46	+1.47	+1.43	+1.39	+1.35
+2.81	+1.66	+1.72	+1.74	+1.72	+1.64	+1.55	+1.47	+1.47	+1.44	+1.40	+1.36
+2.80	+1.65	+1.71	+1.74	+1.74	+1.66	+1.58	+1.50	+1.49	+1.47	+1.41	+1.38
+2.58	+1.63	+1.70	+1.73	+1.75	+1.68	+1.61	+1.52	+1.49	+1.47	+1.43	+1.39
+2.57	+1.62	+1.69	+1.73	+1.74	+1.76	+1.71	+1.62	+1.54	+1.51	+1.48	+1.44



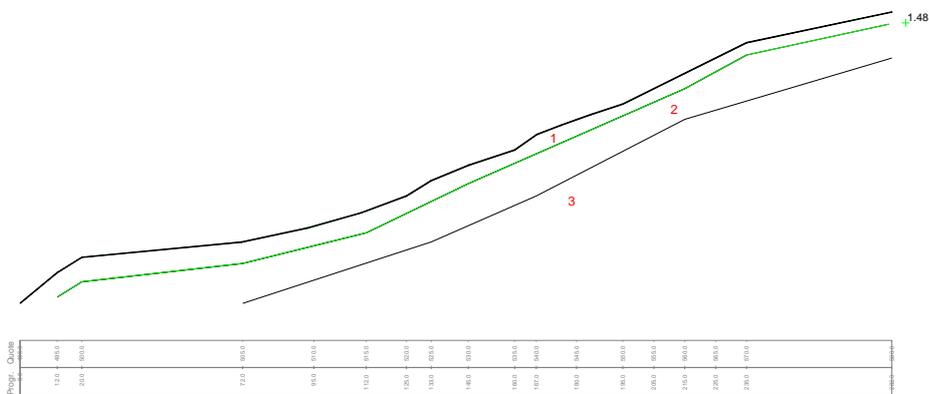
Vialta – Verifica circolare parte bassa versante

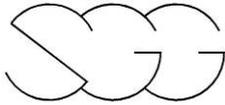
Limo argilloso con clasti ϕ [°] = 23 c [kN/m²] = 22 γ [kN/m³] = 20,0
 Limi compatti e livelli lapidei ϕ [°] = 24 c [kN/m²] = 25 γ [kN/m³] = 20,0
 Membro di Biserno della "Mamoso-arenacea" ϕ [°] = 26 c [kN/m²] = 35 γ [kN/m³] = 21,0
 Comp. sismica orizz.= 0,12 Comp. sismica vert.= 0,06
 Metodo: Sarma



Vialta – Verifica planare

Limo argilloso con clasti ϕ [°] = 23 c [kN/m²] = 22 γ [kN/m³] = 20,0
 Limi compatti e livelli lapidei ϕ [°] = 24 c [kN/m²] = 25 γ [kN/m³] = 20,0
 Membro di Biserno della "Mamoso-arenacea" ϕ [°] = 26 c [kN/m²] = 35 γ [kN/m³] = 21,0
 Comp. sismica orizz.= 0,12 Comp. sismica vert.= 0,06
 Metodo: Sarma





Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari relativa a tutto il versante, delle 148 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 1,31. Analizzando invece la parte bassa del versante, delle 149 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 1,12. Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 1,48.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta stabile. In questo caso i coefficienti sono bassi ed in particolare l'area morfologicamente a valle è quella che presenta i valori inferiori.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 0,86g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 2,0 cm.

5.5 Le Vigne - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

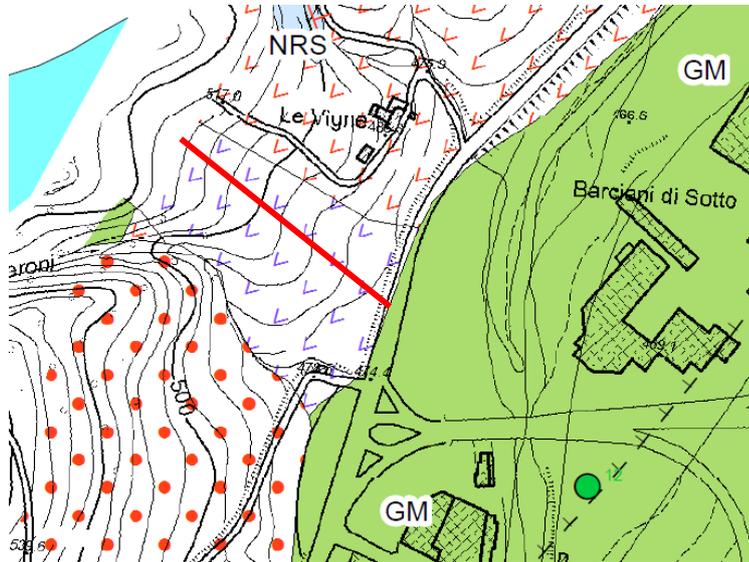


Figura 30 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- **Limo argilloso:**

peso di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 3 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 20^\circ$

- **Limo argilloso con clasti:**

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 22 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 23^\circ$

- **Limi compatti e livelli lapidei:**

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 25 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 24^\circ$

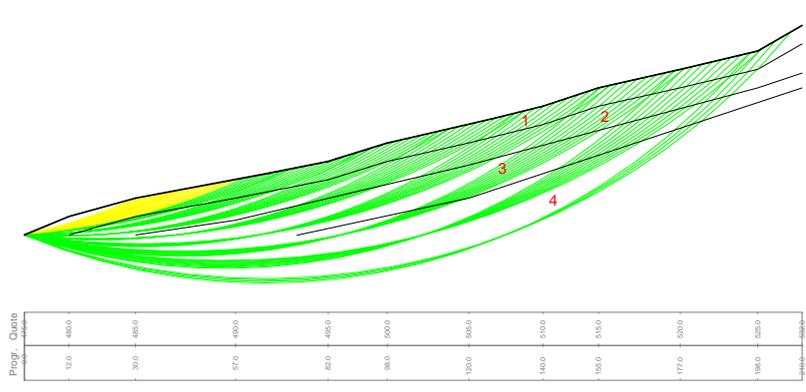
- Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea":

peso di volume $\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
 coesione $C = 35 \text{ kPa}$
 angolo di attrito $\phi = 26^\circ$

Le Vigne – Verifica circolare

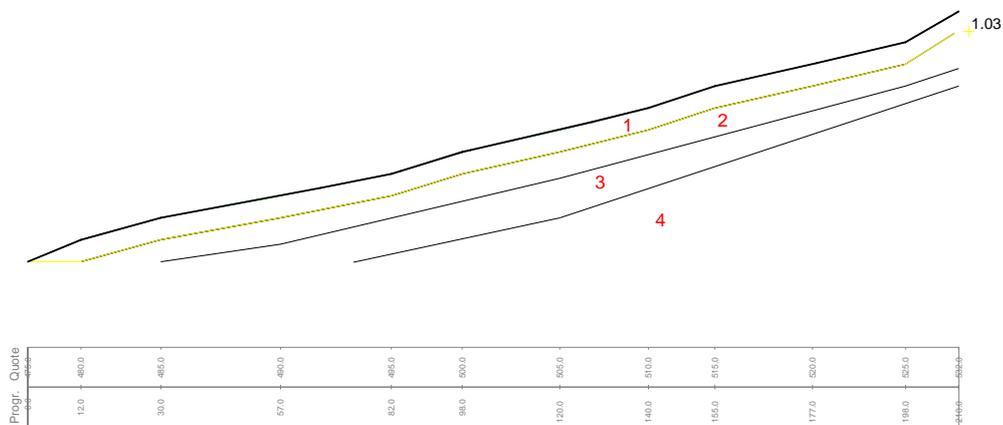
Limo argilloso	$\phi [^\circ] = 20$	$c [\text{kN/m}^2] = 3$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 19,0$
Limo argilloso con clasti	$\phi [^\circ] = 23$	$c [\text{kN/m}^2] = 22$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 20,0$
Limi compatti e livelli lapidei	$\phi [^\circ] = 24$	$c [\text{kN/m}^2] = 25$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 20,0$
Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea"	$\phi [^\circ] = 26$	$c [\text{kN/m}^2] = 35$	$\gamma [\text{kN/m}^3] = 21,0$
Comp. sismica orizz.= 0,12		Comp. sismica vert.= 0,06	
Metodo: Sarma			

+1,08	+1,09	+1,42	+1,64	+1,70	+1,70	+1,72	+1,68	+1,69	+
+1,08	+1,08	+1,42	+1,60	+1,71	+1,71	+1,74	+1,68	+1,69	+
+1,08	+1,08	+1,34	+1,60	+1,71	+1,74	+1,71	+1,69	+1,70	+
+1,08	+1,08	+1,37	+1,60	+1,72	+1,75	+1,73	+1,70	+1,71	+
+1,09	+1,07	+1,26	+1,60	+1,71	+1,76	+1,75	+1,71	+1,71	+
+1,08	+1,07	+1,25	+1,60	+1,71	+1,76	+1,76	+1,72	+1,71	+
+1,09	+1,07	+1,20	+1,59	+1,74	+1,77	+1,77	+1,72	+1,71	+1,71
+1,11	+1,07	+1,08	+1,56	+1,75	+1,77	+1,77	+1,75	+1,73	+1,74
+1,12	+1,07	+1,07	+1,52	+1,76	+1,78	+1,78	+1,76	+1,74	+1,75
+1,14	+1,05	+1,07	+1,51	+1,77	+1,79	+1,79	+1,76	+1,75	+1,76



Le Vigne – Verifica planare

Limo argilloso	ϕ [°] = 20	c [kN/m ²] = 3	γ [kN/m ³] = 19,0
Limo argilloso con clasti	ϕ [°] = 23	c [kN/m ²] = 22	γ [kN/m ³] = 20,0
Limi compatti e livelli lapidei	ϕ [°] = 24	c [kN/m ²] = 25	γ [kN/m ³] = 20,0
Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea"	ϕ [°] = 26	c [kN/m ²] = 35	γ [kN/m ³] = 21,0
Comp. sismica orizz.= 0,12	Comp. sismica vert.= 0,06		
Metodo: Sarma			



Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari, delle 94 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 1,05.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 1,03.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta al limite della instabilità, concordando con l'attribuzione morfologica che prevede per tale zona una frana attiva. I valori sono leggermente superiori all'unità, ma è probabile che cambiando leggermente alcune situazione al contorno, si possa facilmente arrivare a valori di instabilità.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 0,38g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 13,0 cm.

5.6 Palazza - Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

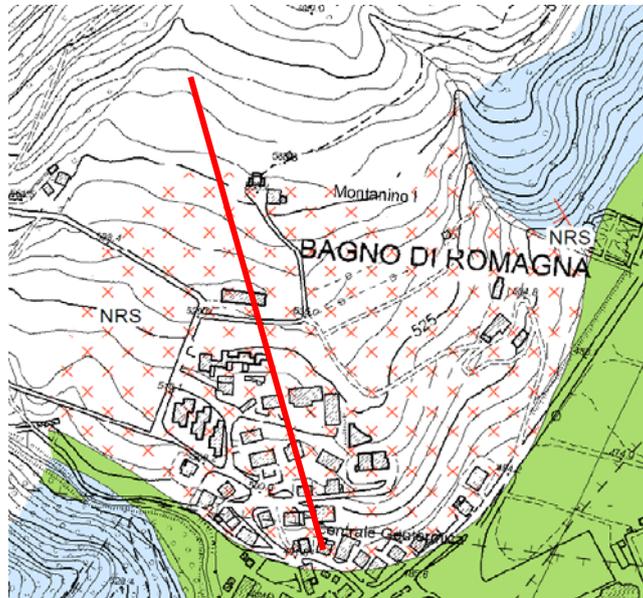


Figura 31 Individuazione della traccia della sezione utilizzata per la verifica di stabilità

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area.

- *Limo sabbioso e argille*

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 15 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 21^\circ$

- *Sabbie limose e argille con clasti:*

peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 25 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 24^\circ$

- *Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" alterata:*

peso di volume	$\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 30 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 25^\circ$

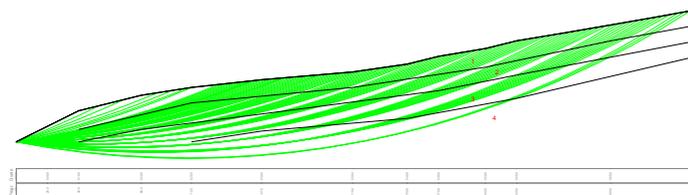
- Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea":

peso di volume $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$
 coesione $C = 35 \text{ kPa}$
 angolo di attrito $\varphi = 26^\circ$

Palazza – Verifica circolare

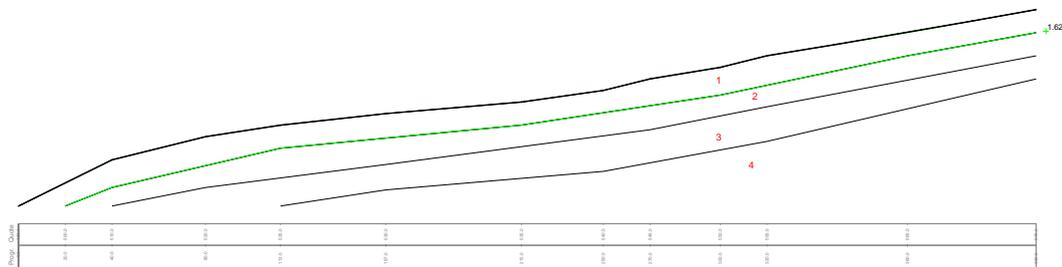
Limo sabbioso e argilla $\theta [^\circ] = 21$ $c [kN/m^2] = 15$ $\gamma [kN/m^3] = 20,0$
 Sabbia limosa e argille con ciassi $\theta [^\circ] = 24$ $c [kN/m^2] = 25$ $\gamma [kN/m^3] = 20,0$
 Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" alta $\theta [^\circ] = 25$ $c [kN/m^2] = 30$ $\gamma [kN/m^3] = 20,5$
 Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" $\theta [^\circ] = 26$ $c [kN/m^2] = 35$ $\gamma [kN/m^3] = 20,5$
 Comp. sismica orizz. = 0,10 Comp. sismica vert. = 0,05
 Metodo: Sisma

1,48	1,57	1,54	1,72	1,85	1,54	1,56	1,50	1,01	*
1,47	1,55	1,63	1,72	1,85	1,53	1,57	1,50	1,01	*
1,46	1,54	1,62	1,70	1,84	1,54	1,57	1,50	1,01	*
1,44	1,53	1,62	1,69	1,83	1,54	1,57	1,50	1,01	*
1,41	1,53	1,61	1,68	1,83	1,53	1,57	1,50	1,01	*
1,38	1,53	1,61	1,68	1,81	1,53	1,58	1,50	1,01	*
1,37	1,52	1,60	1,67	1,81	1,54	1,58	1,50	1,02	*
1,35	1,51	1,59	1,66	1,79	1,54	1,58	1,50	1,03	1,03
1,32	1,49	1,57	1,65	1,79	1,53	1,58	1,50	1,03	1,04
1,28	1,47	1,56	1,65	1,78	1,52	1,58	1,50	1,03	1,04



Palazza – Verifica planare

Limo sabbiosi e argille	ϕ [°] = 21	c [kN/m ²] = 15	γ [kN/m ³] = 20,0
Sabbie limose e argille con clasti	ϕ [°] = 24	c [kN/m ²] = 25	γ [kN/m ³] = 20,0
Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea" alterata	ϕ [°] = 25	c [kN/m ²] = 30	γ [kN/m ³] = 20,5
Membro di Biserno della "Marnoso-arenacea"	ϕ [°] = 26	c [kN/m ²] = 35	γ [kN/m ³] = 20,5
Comp. sismica orizz. = 0,10		Comp. sismica vert. = 0,05	
Metodo: Sarma			



Per ciò che riguarda la verifica con superfici di scorrimento circolari, delle 93 superfici ipotizzate, il coefficiente di sicurezza più basso è pari a 1,28.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 1,62.

In conclusione da entrambe le tipologie di verifiche svolte, emerge che l'area esaminata risulta stabile.

Per ciò che riguarda gli spostamenti attesi, avendo determinato un'accelerazione critica pari a 0,85g per la frana quiescente in esame, lo spostamento S, in caso di evento sismico di tale intensità, è pari a 1,8 cm.

6 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3

Gli approfondimenti di terzo livello riguardano alcune zone che sono state identificate nei precedenti livelli come “zone suscettibili di instabilità”. Le sei zone in precedenza descritte ed analizzate, in funzione degli elementi emersi nel presente studio di microzonazione sismica vengono riportate in specifici stralci in quella che viene definita Carta di MS di livello 3.

Nel livello 3 le zone suscettibili di instabilità possono essere di due tipi:

- ZS – Zone di suscettività
- ZR – Zone di rispetto

Nel caso specifico viene fatto riferimento alle Zone di suscettività per le quali l’instabilità in esame viene definita in termini quantitativi. Il parametro che indica tale quantificazione è rappresentato dal massimo movimento FRT (espresso in cm).

La cartografia generale si basa sulle distinzioni riportate nella successiva tabella.

Zone suscettibili di instabilità	
Vedi schema 1 sottostante	ZS _{FR} Zona di Suscettibilità per frane in terra o di crollo
	ZR _{FR} Zona di Rispetto per per frane in terra o di crollo
Vedi schema 2 sottostante	ZS _{LQ} Zona di Suscettibilità per Liquefazione
	ZR _{LQ} Zona di Rispetto per Liquefazione
	ZS _{FAC} Zona di Suscettibilità per Faglie Attive e Capaci
	ZR _{FAC} Zona di Rispetto per Faglie Attive e Capaci
	Cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/ <i>sinkhole</i> /dolina
	Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Dato che le sei zone analizzate sono legate a frane in terra, e volendo determinare le zone di suscettività (ZS_{FR}) si rimanda allo schema 1.

ZS _{FR}	Parametro di amplificazione ¹⁾	0 < FRT ≤ 15 o 0 < FRR ≤ 1	15 < FRT ≤ 100 o 1 < FRT ≤ 3	FRT > 100 o FRR > 3
	1.0			
1.1 - 1.2				
1.3 - 1.4				
1.5 - 1.6				
1.7 - 1.8				
1.9 - 2.0				
2.1 - 2.2				
2.3 - 2.4				
≥ 2.5				

Tale schema, relativamente alle classi evidenziate per le zone in oggetto, fa parte integrante della legenda utilizzata nella specifica carta MS di livello 3.

Zone stabili (Fa_{PGA}=1,0)

Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (Fa_{PGA})

- 1,1 - 1,2
- 1,3 - 1,4
- 1,5 - 1,6
- 1,7 - 1,8
- 1,9 - 2,0
- 2,1 - 2,2
- 2,3 - 2,4
- ≥ 2,5

Zone suscettibili di instabilità

- Zona di Suscettibilità per frane in terra o di crollo Fa1.3-1.4 0 < FRT ≤ 15
- Zona di Suscettibilità per frane in terra o di crollo Fa1.5-1.6 0 < FRT ≤ 15
- Zona di Suscettibilità per frane in terra o di crollo Fa1.7-1.8 0 < FRT ≤ 15

Zone di attenzione per instabilità (MS2)

- Z_{Att,A} - Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva
- Z_{Att,Q} - Zona di Attenzione per instabilità di versante quiescente
- Confini comunale

Le sei zone analizzate sono tutte coincidenti, in termini di massimo spostamento, con i valori che prevedono uno spostamento massimo FRT compreso tra 0 e 15 cm.

Come parametri di amplificazione vengono utilizzati quelli calcolati nel presente studio di 3° livello; tali valori sono tutti appartenenti a tre classi contigue ed individuate nei seguenti intervalli 1,3 – 1,4 1,5 – 1,6 e 1,7 - 1,8.

In mancanza di un riferimento specifico negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 3.0), si è ritenuto corretto archiviare gli spettri di risposta elastici relativi all'analisi di amplificazione sismica locale delle zone instabili, utilizzando le stesse specifiche date per le zone stabili suscettibili di amplificazione; è stato quindi creato un campo "SPETTRI" all'interno della feature class "Instab" al cui interno è stato riportato il nome del file di testo contenente lo spettro elastico, tale file di testo è stato quindi inserito nella cartella "MS3/Spettri".

Per ognuna delle sei zone analizzate, le aree adiacenti (stabili o instabili) a quelle instabili oggetto del presente studio, sono riportate secondo la classificazione riprodotta con lo studio di II° livello.

Siena, Febbraio 2015



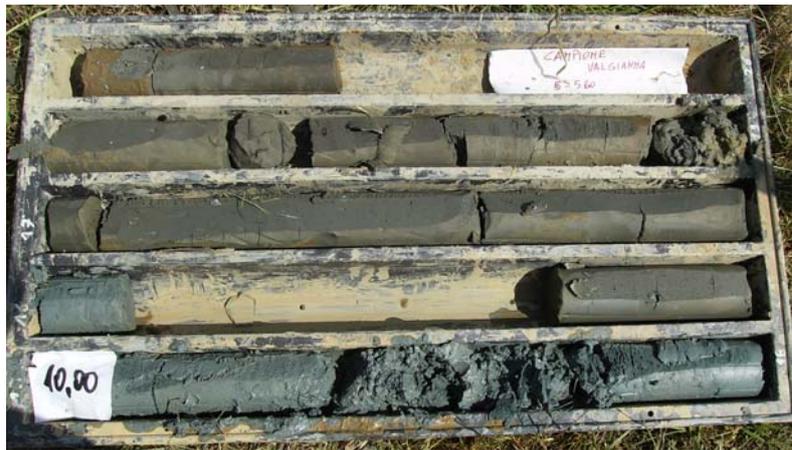
Dr. Geol. Antonio Maria Baldi



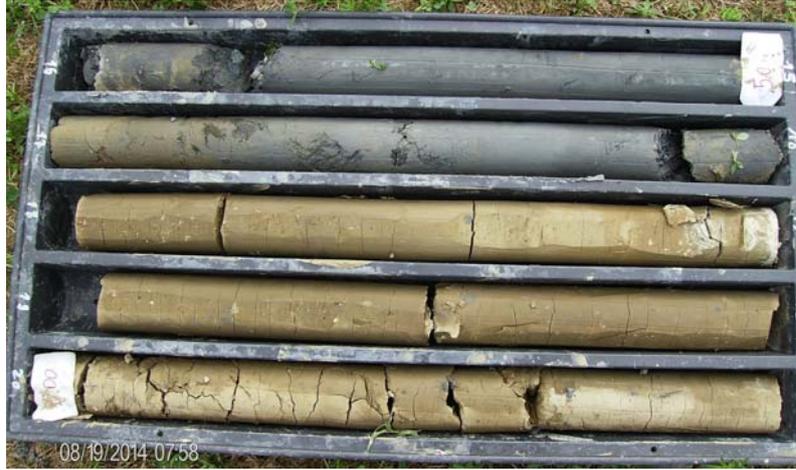
APPENDICE

Indagini III° livello

**SONDAGGI GEOGNOSTICI E
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



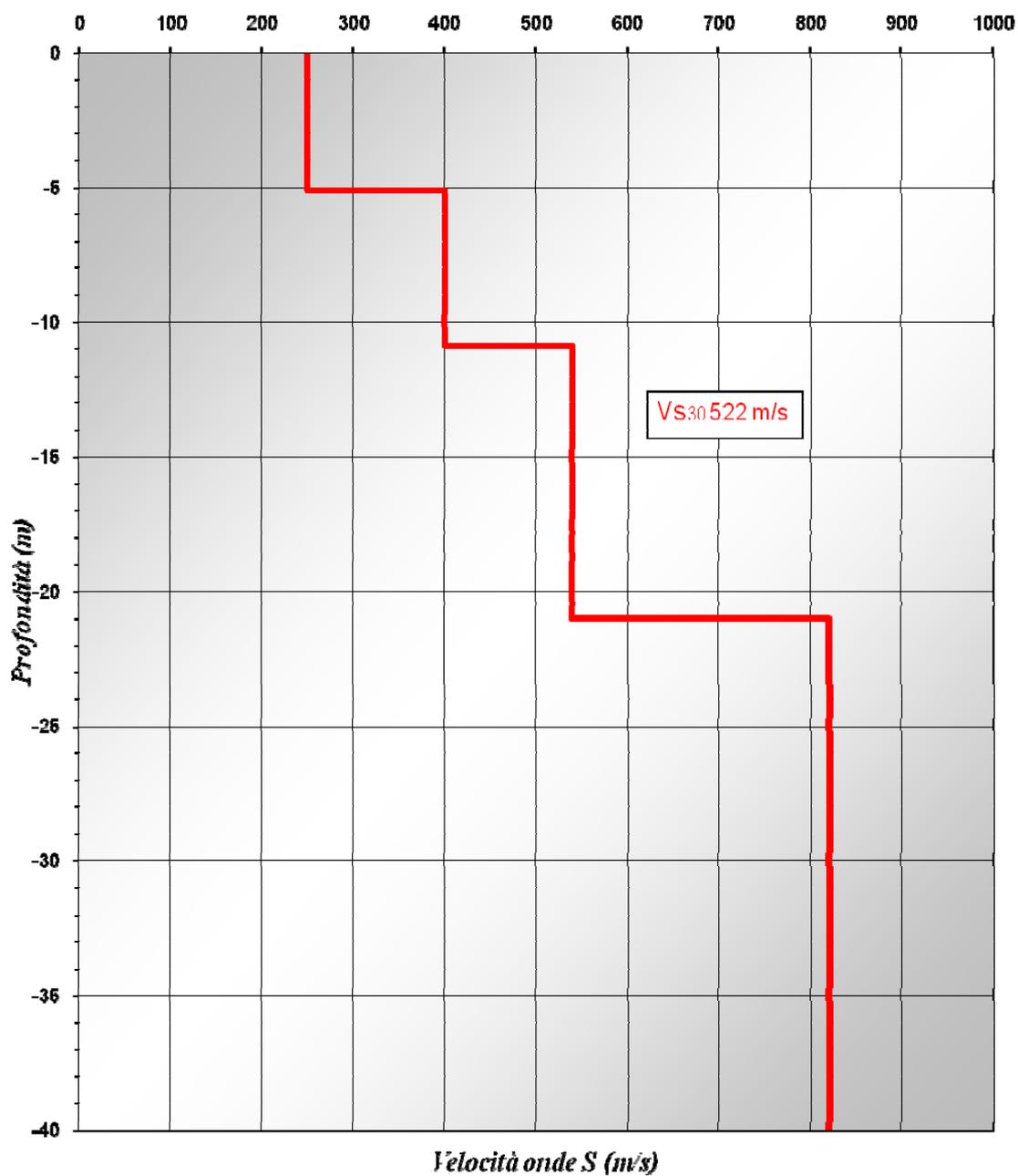
		Loc. Trabocchi - Montefeltro bassa 47030 Sogliano di R. (FC) Tel. e Fax: 0547 75590 C.F.P. S. Rita, Insediamento Cesena n. 02469250405 n. REA 284299 Iscr. Albo Soc. Costruttrici Albo 613		MACCHINA PERFORATRICE: IPC DRILL 830 METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO RIVESTIMENTO: ATTREZZO DI PERFORAZIONE: Martello DAM 100 mm NOTE:		S1 PROFONDITA' m 15,00					
Committente : Sgg srl		Cantiere : Cà di Bibo - Bagno di Romagna (FC)		OPERATORE: Dott. Geol. Mario B. Gabrieli ASSISTENTE: Lorenzo Gabrieli		DATA: 18/08/2014					
CAMPIONI: disturbato (d) - indisturbato (i) A - da carotiere semplice (d) B - da carotiere doppio (i)		C - da carotiere triplo (i) D - da S.P.T. (d)		E - da carotiere a pistone (i) F - da Shelby (i)							
Pocket Penetrometer kg/cm ²	Vane test kg/cm ²	Profondità m	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		Tipo	CAMPIONI Numero	Prof. acqua Data lettura	SPT Profondità N. colpi	SPT Profondità N. colpi	SPT Profondità N. colpi	SPT Profondità N. colpi
		1	Copertura detritica								
		2	Argille limose ocre con clasti arenacei marnosi (essicata)								
	1.5	3	Substrato ossidato								
	>6	>2	Substrato Formazionale								
		4	Marne argillose ocre								
		5									
		6									
		7									
		8									
	>6	>2									
		9	Argille più o meno limose di colore blu verdastro con bande rosicce e strutture subverticali con piani di scistosità di origine tettonica a 5.20, 6.80, 9.40.								
		10									
		11									
		12									
		13									
		14									
		15									
		16									
		17									
		18									
		19									
		20									

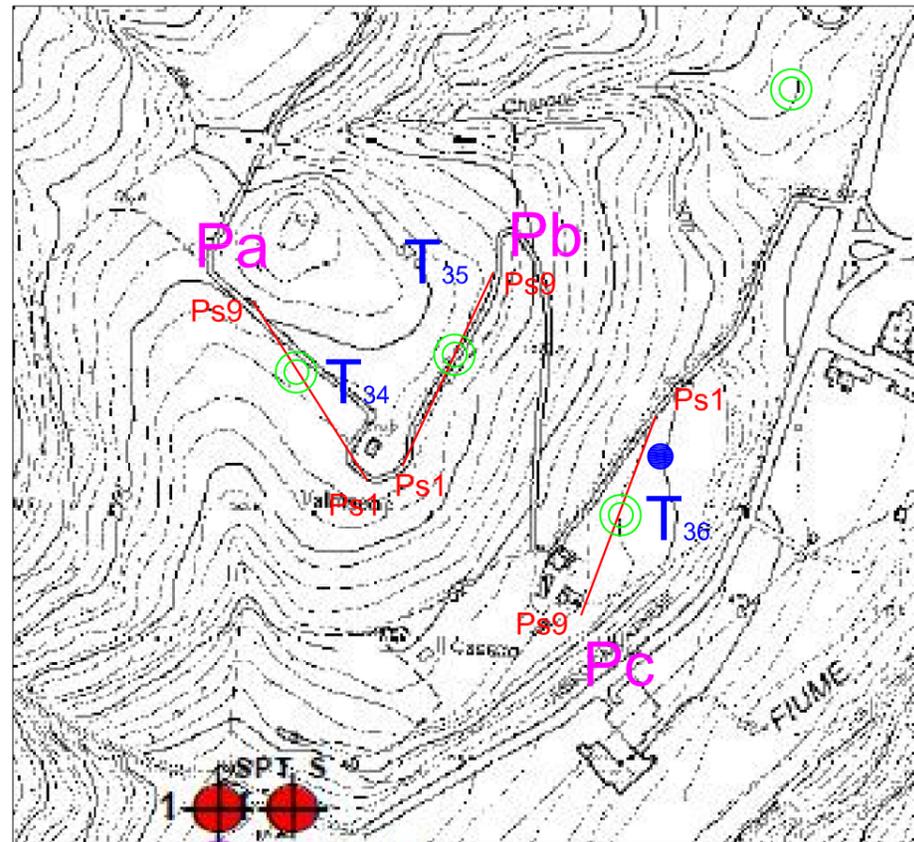




**PROFILI SISMICI, PROVE MASW E
MISURE HVSR**

Prova MASW – zona Le Vigne

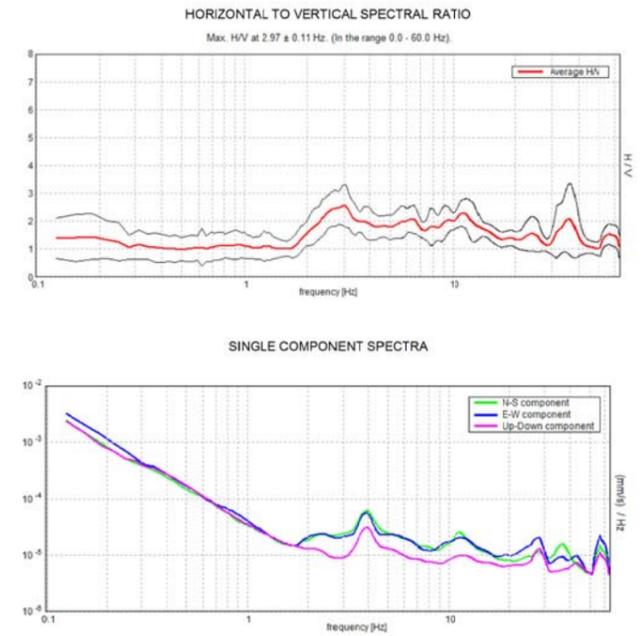




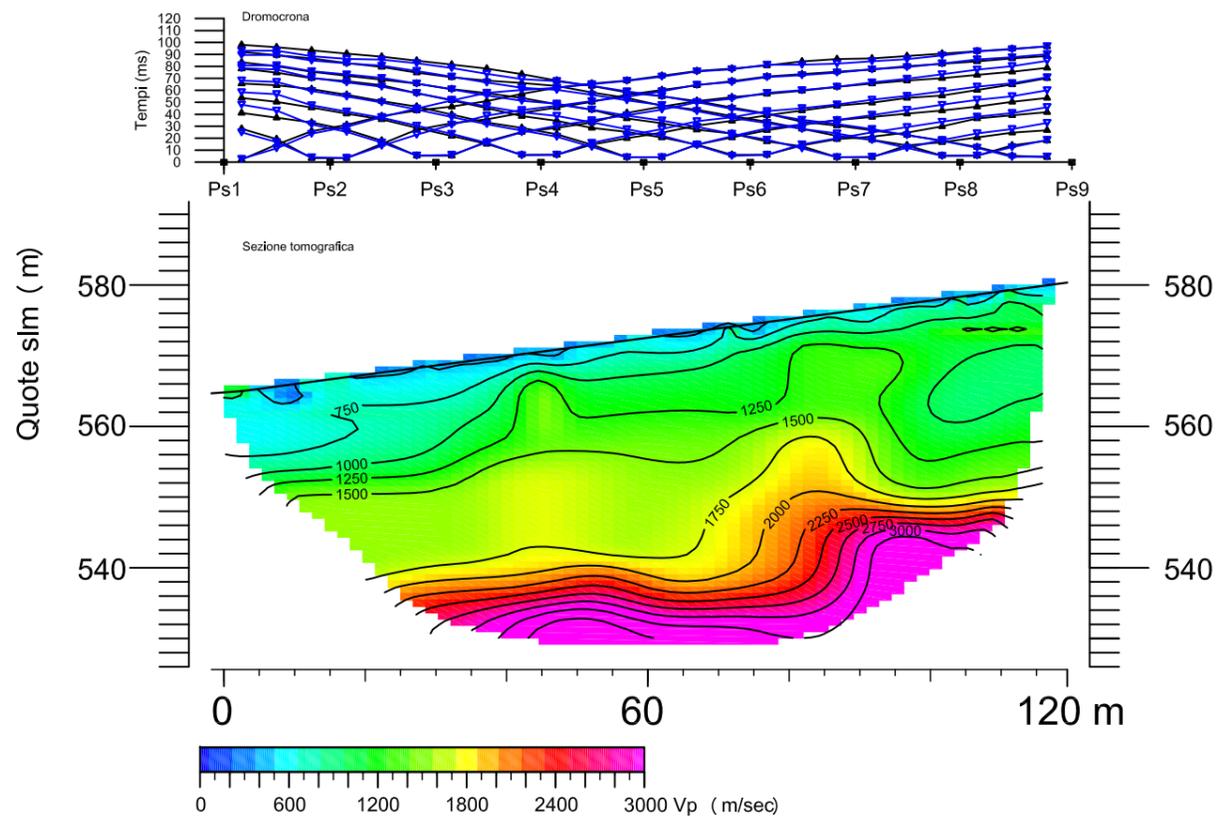
LEGENDA

- Pa Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ps9
- ⊙ Ubicazione prova Masw
- T₃₄ Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geognostico

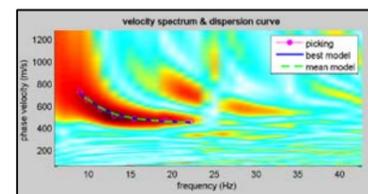
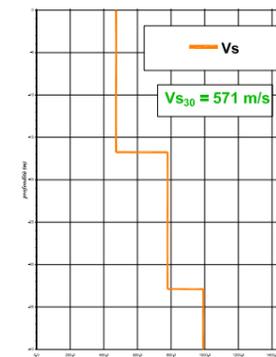
Misura HVSR 34



Vialta - Profilo a



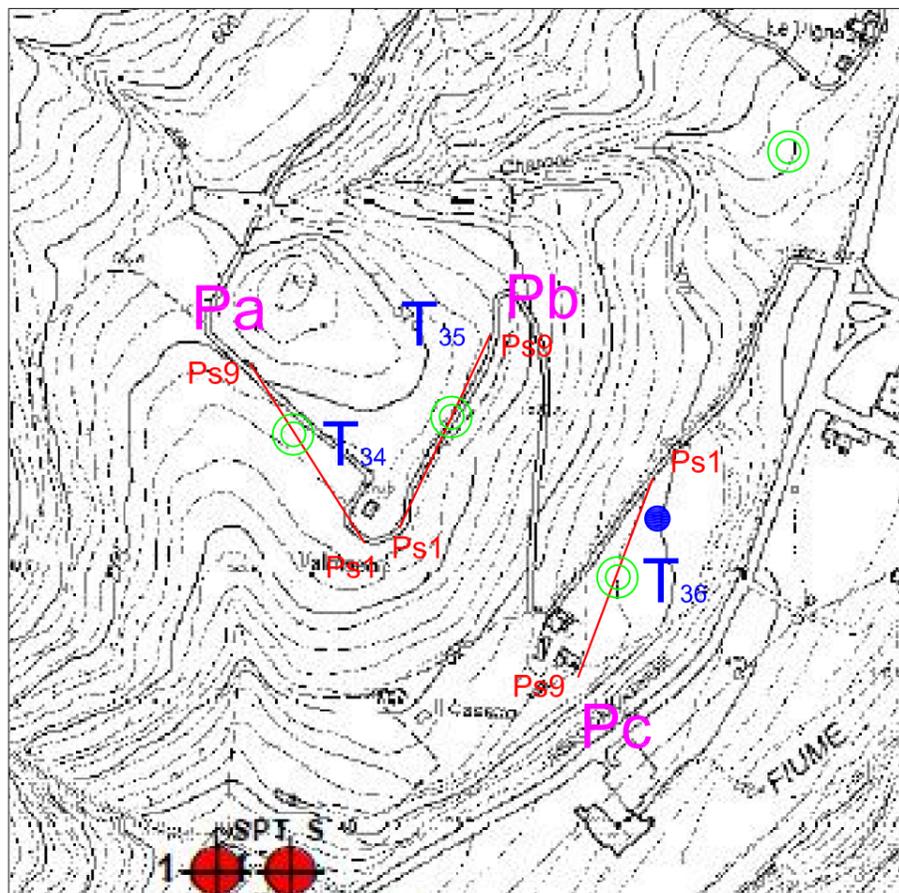
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



LEGENDA

- △ dati sperimentali
- ▽ Dromocrone
- ▽ valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- 1000 Curves di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m

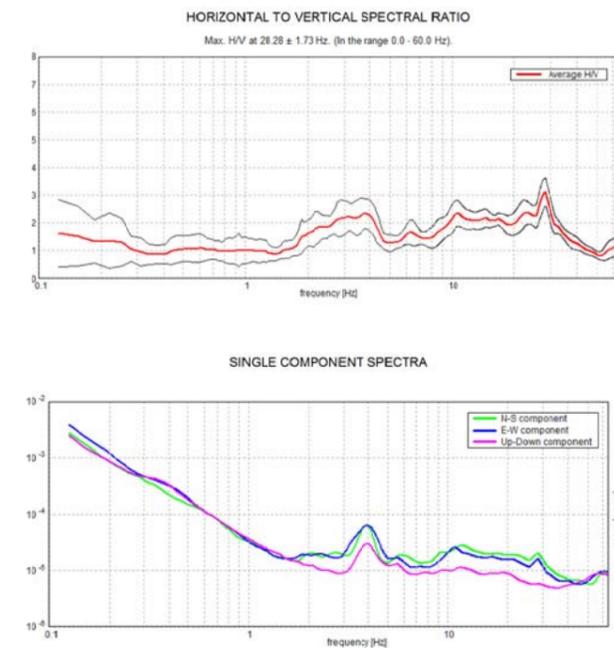
Tomografia sismica a rifrazione Pb - Prova MASW - Misura HVSR



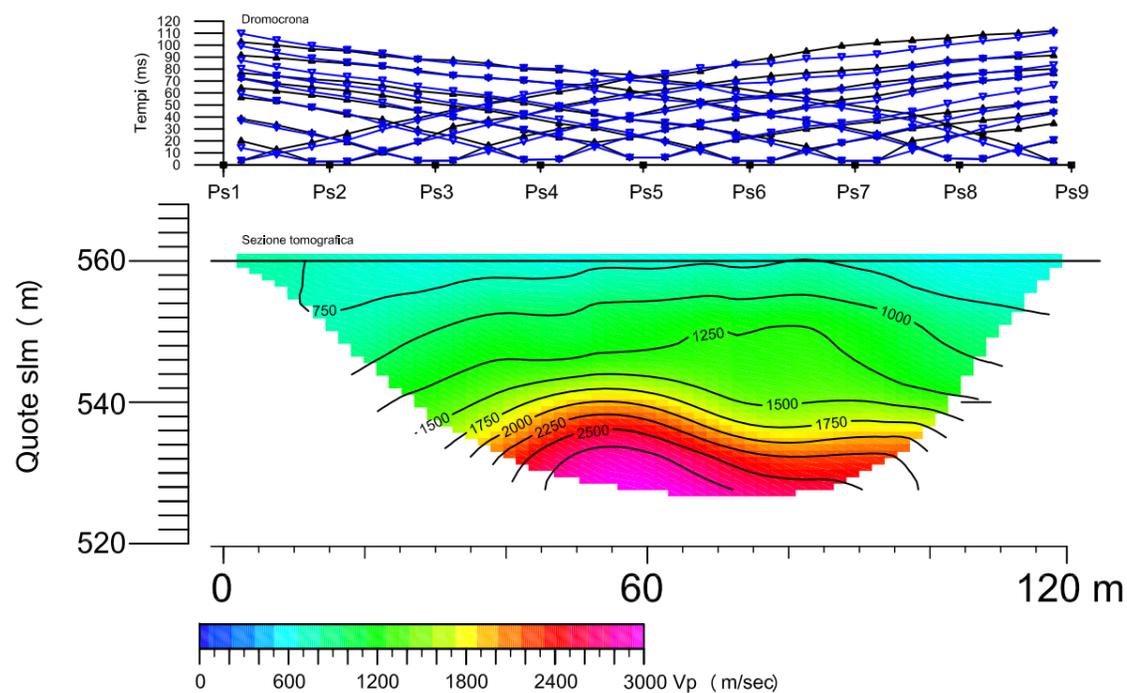
LEGENDA

- Pa Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ps9
- Ubicazione prova Masw
- T₃₄ Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geonostico

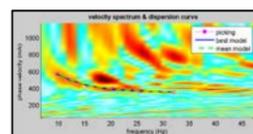
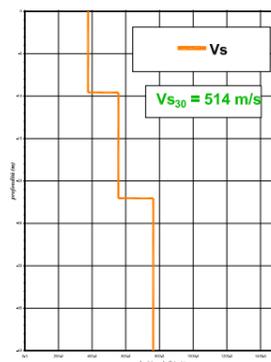
Misura HVSR 35



Vialta - profilo b

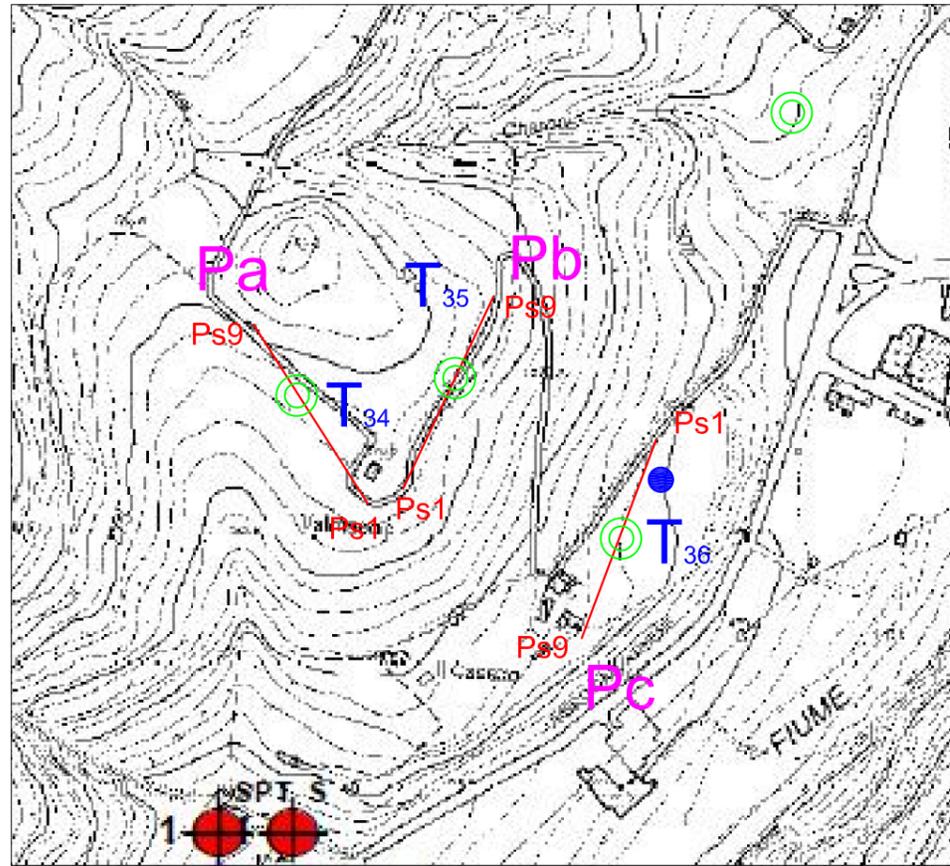


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



LEGENDA

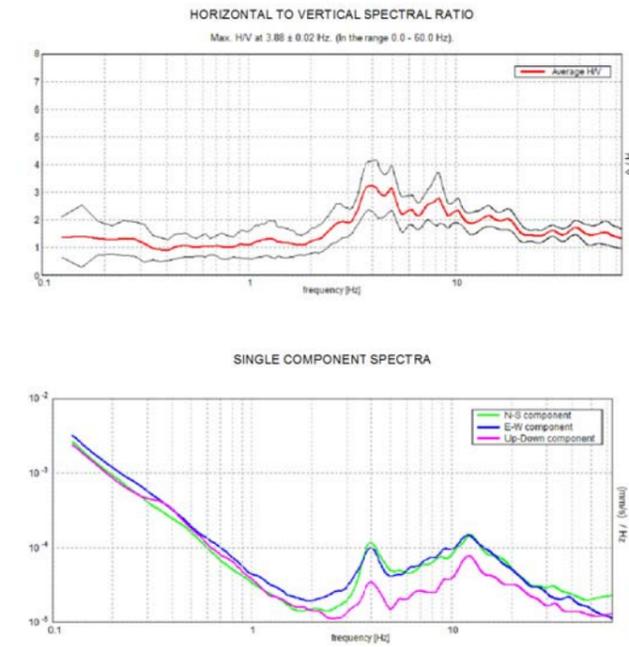
- ▲ dati sperimentali
- ▼ Dromocrona
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- 1000
- Curves di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m



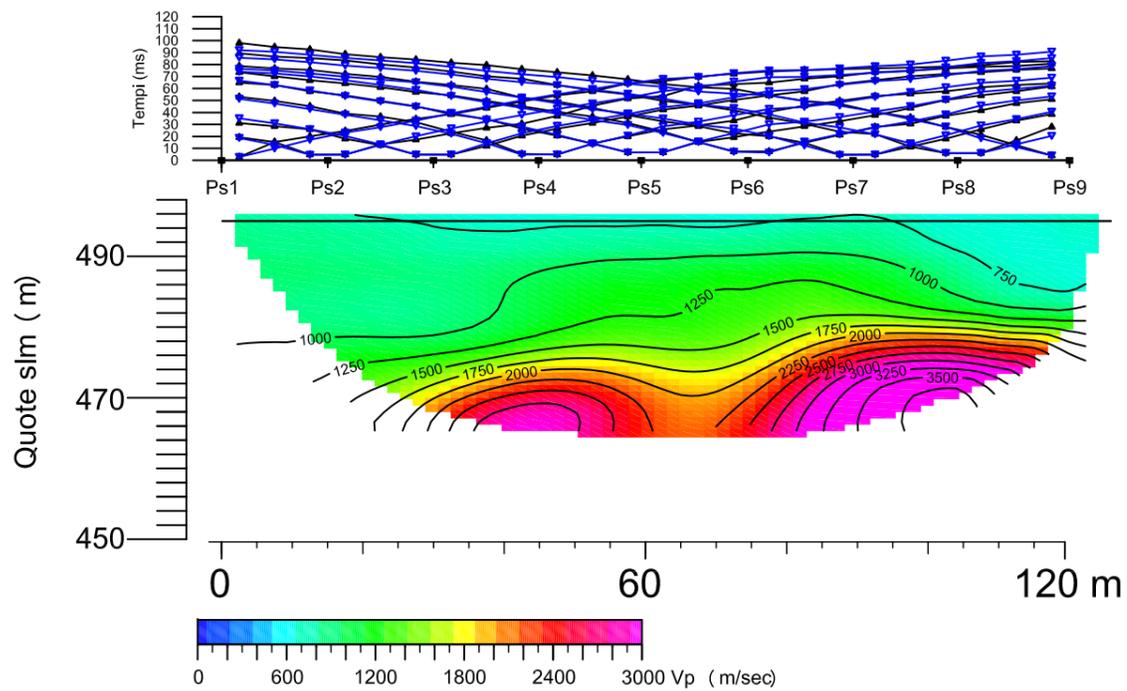
LEGENDA

- Pa Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ubicazione prova Masw
- T₃₄ Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geognostico

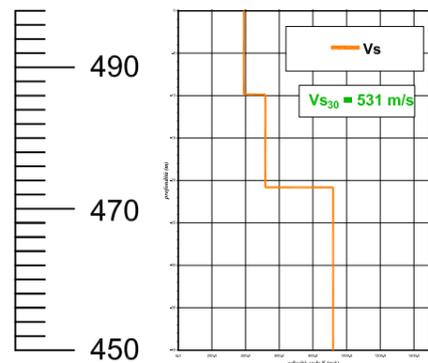
Misura HVSR 36



Vialta - profilo c

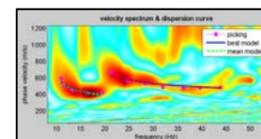


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

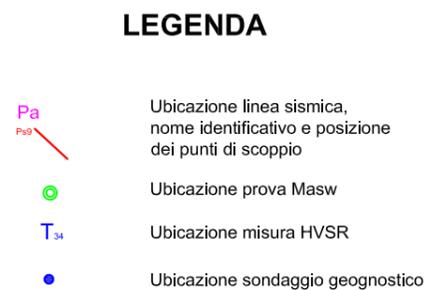
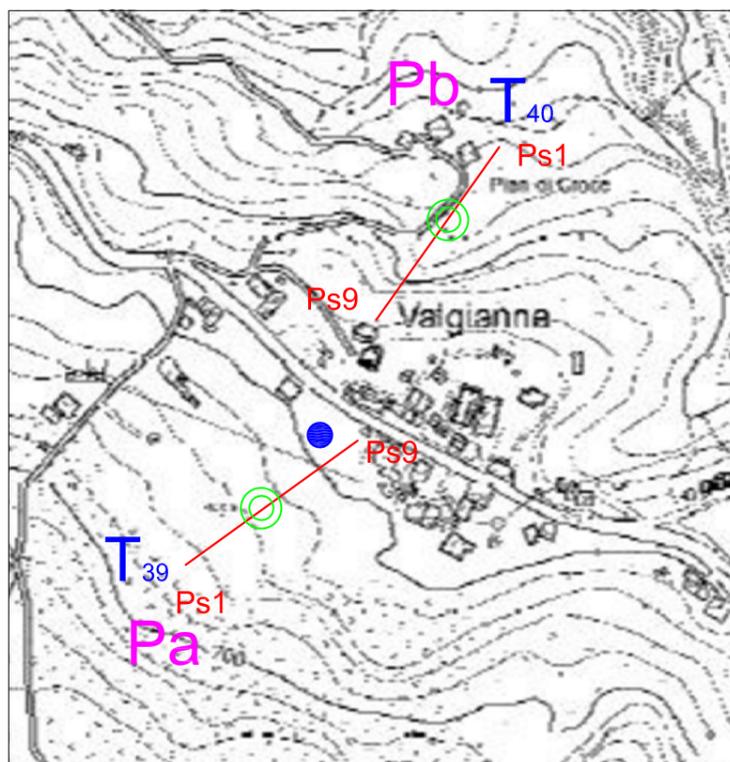


LEGENDA

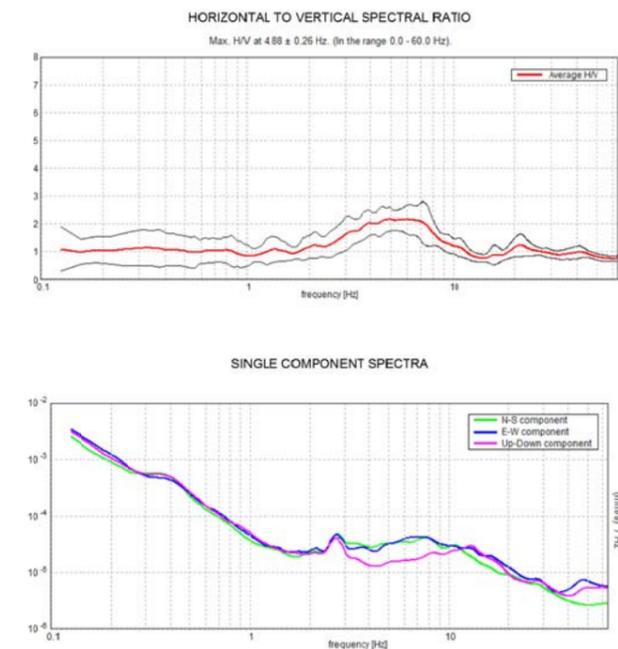
- ▲ dati sperimentali
- ▲ valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- 1000 Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m



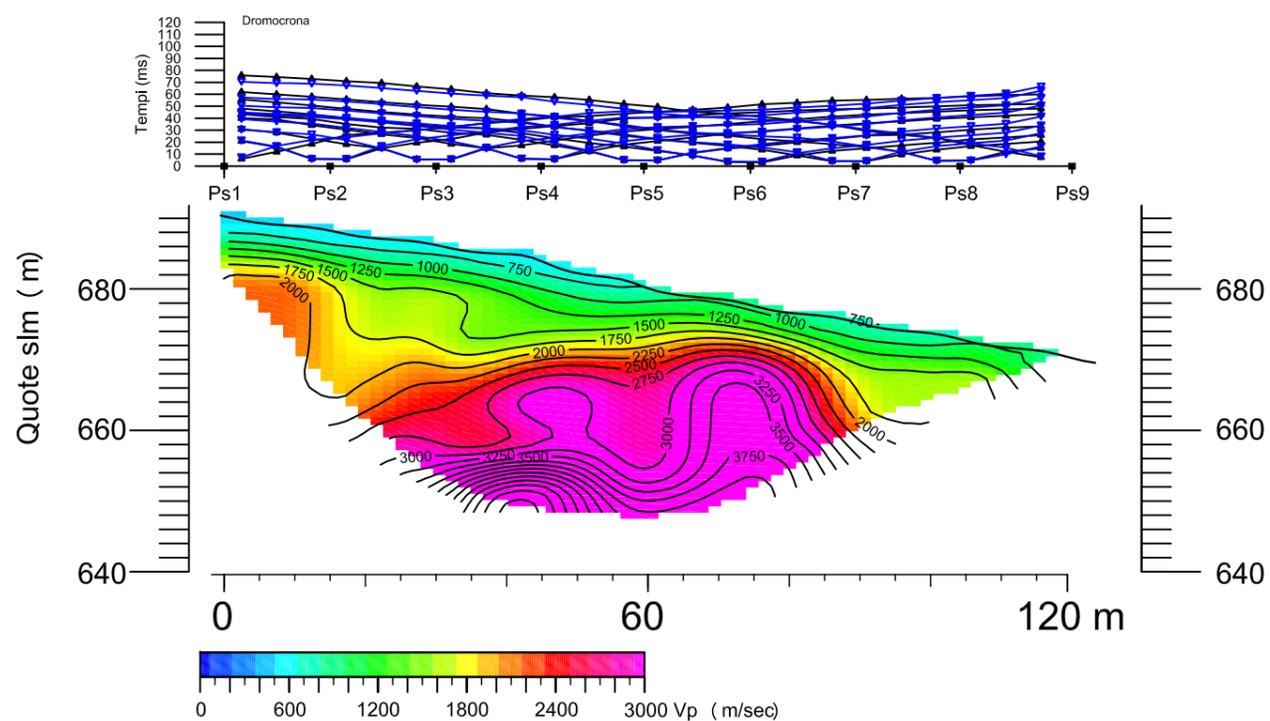
Tomografia sismica a rifrazione Pa - Prova MASW - Misura HVSR



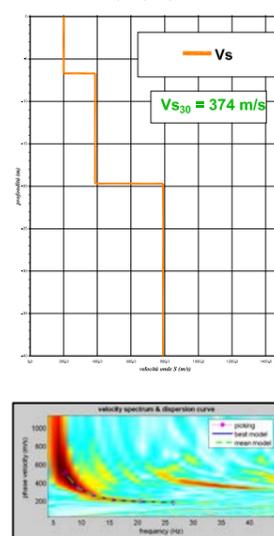
Misura HVSR 39



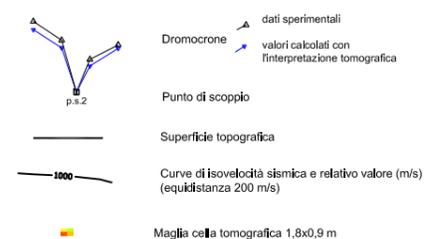
Valgianna - Profilo a



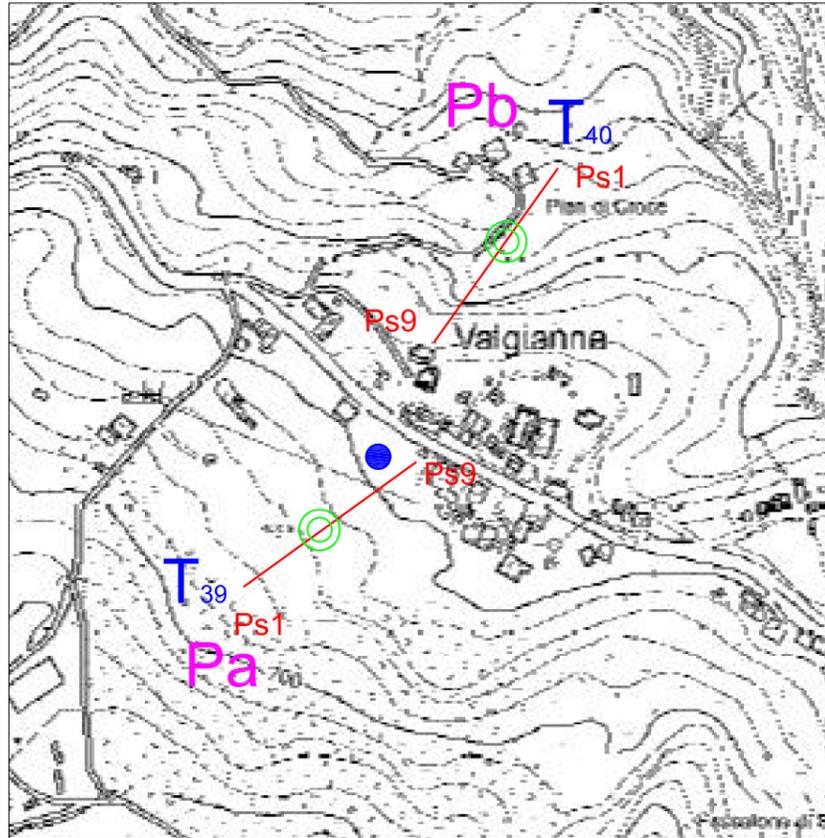
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



LEGENDA



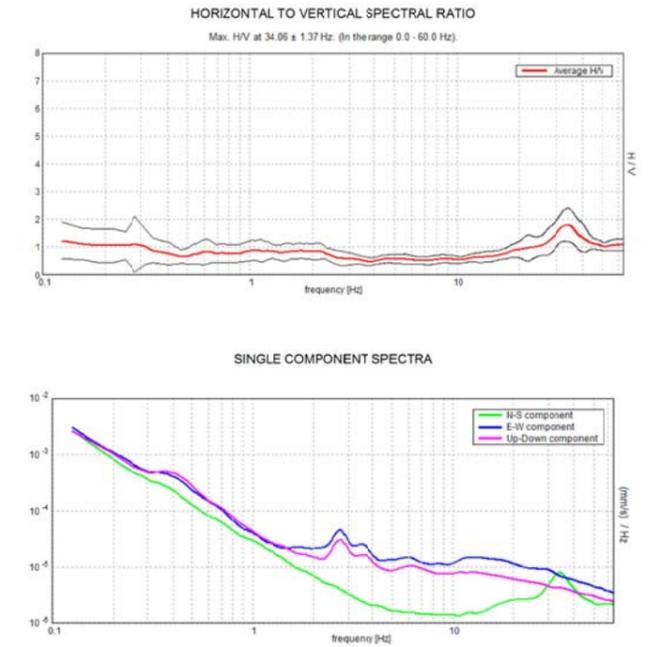
Tomografia sismica a rifrazione Pa - Prova MASW - Misura HVSR



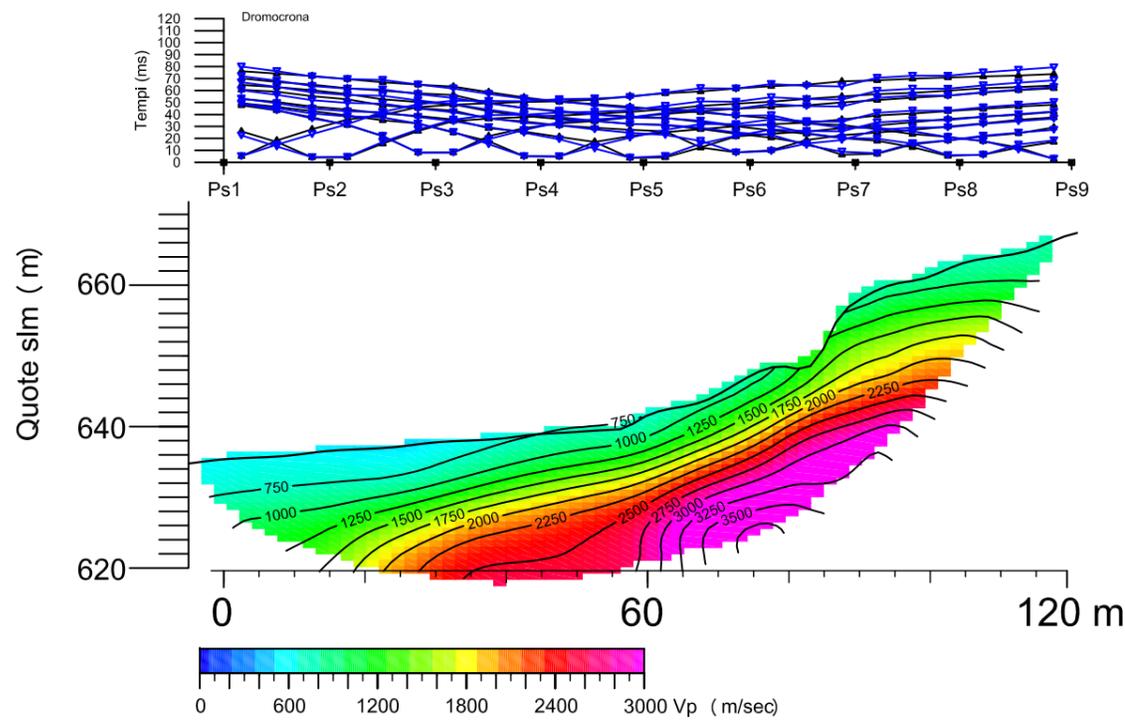
LEGENDA

- Pa Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ubicazione prova Masw
- Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geognostico

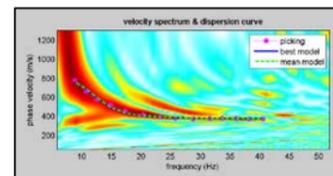
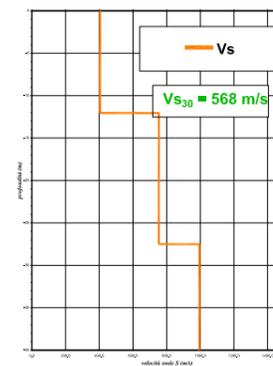
Misura HVSR 40



Valgianna - Profilo b



Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



LEGENDA

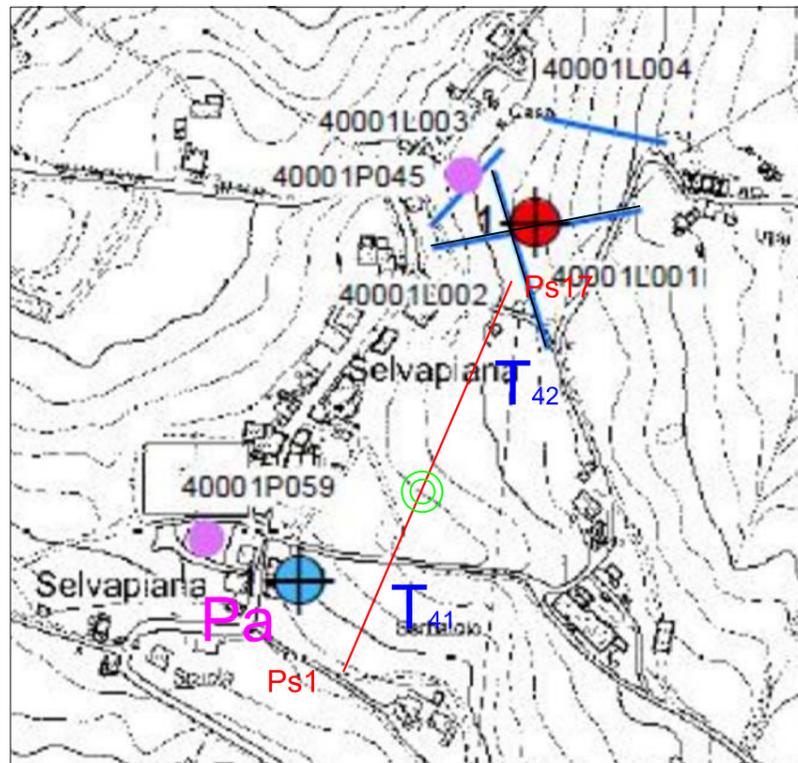
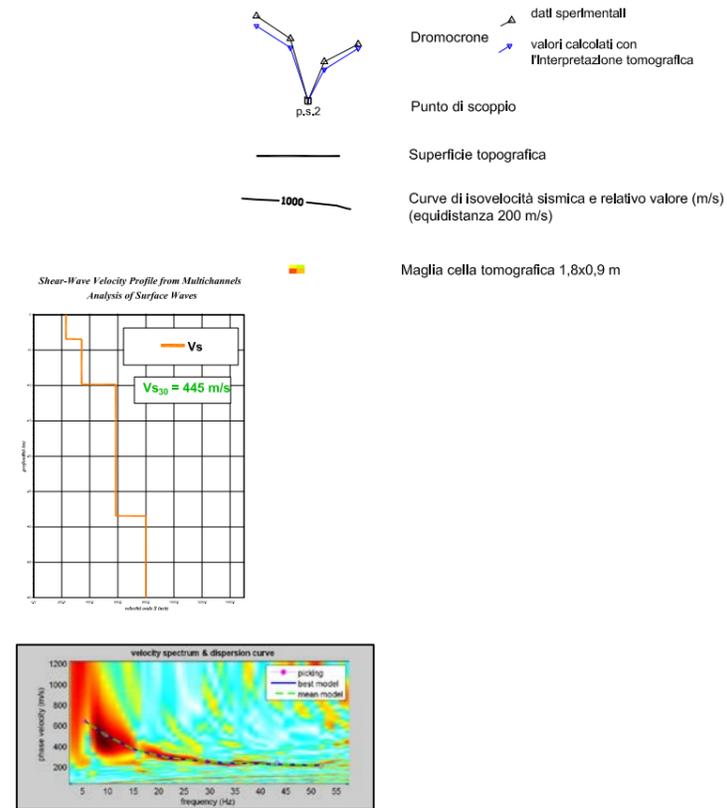
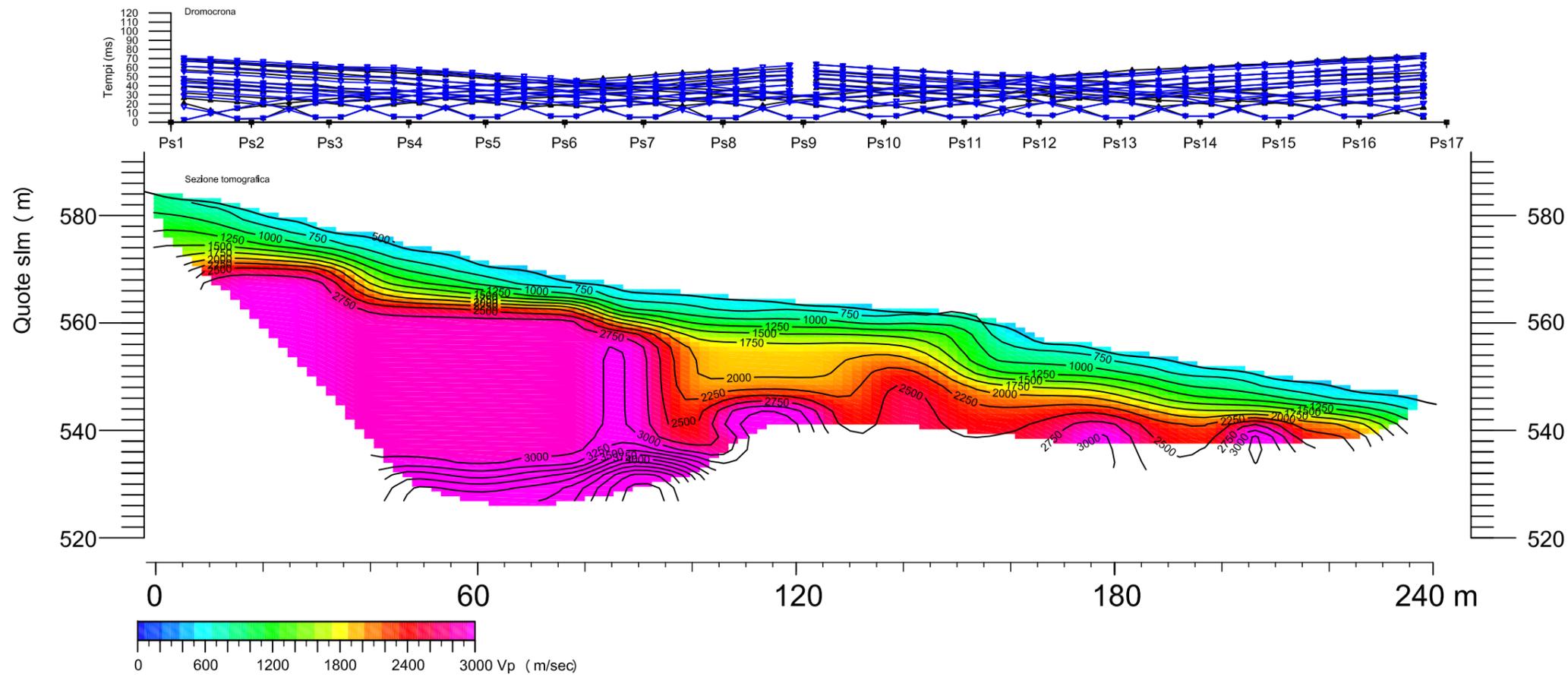
- dati sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m

SELVAPIANA

Tomografia sismica a rifrazione Pc - Prova MASW - Misura HVSR

LEGENDA

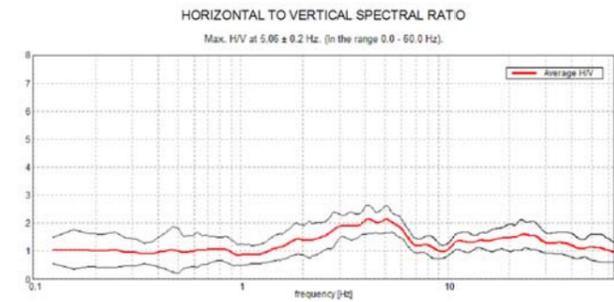
113



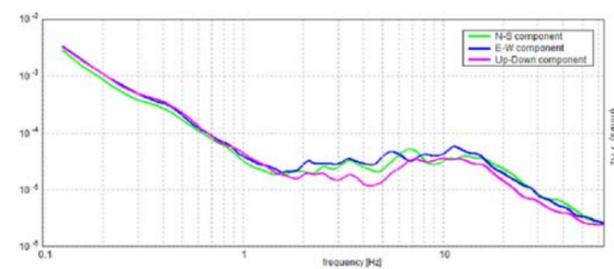
LEGENDA

- Pa Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ubicazione prova Masw
- T₃₄ Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geognostico

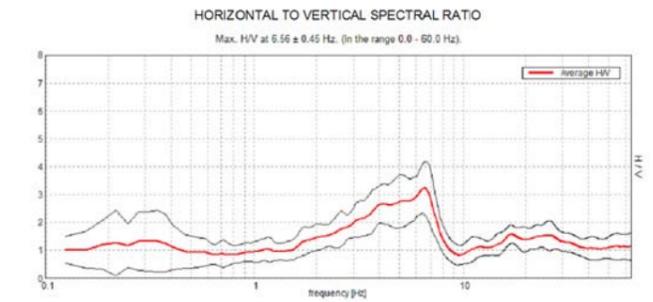
Misura HVSR 41



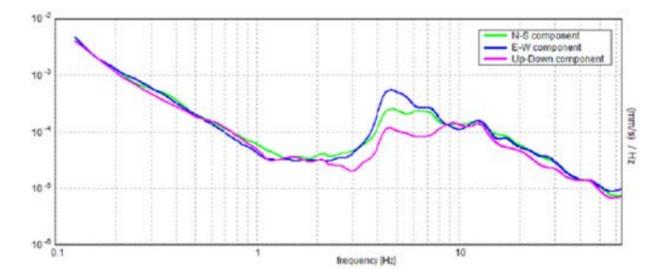
SINGLE COMPONENT SPECTRA



Misura HVSR 42

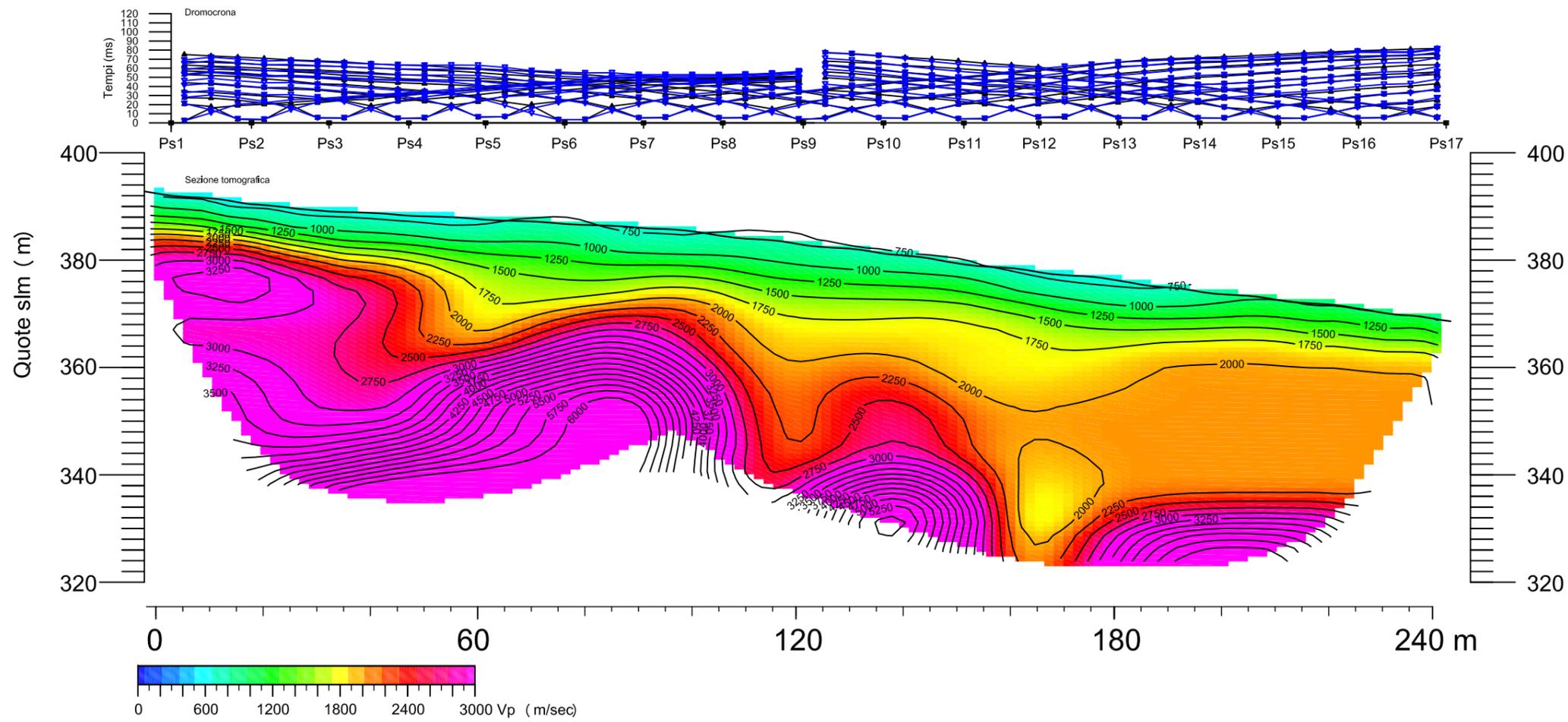


SINGLE COMPONENT SPECTRA



CA' DI BIBO

Tomografia sismica a rifrazione Pc - Prova MASW - Misura HVSR

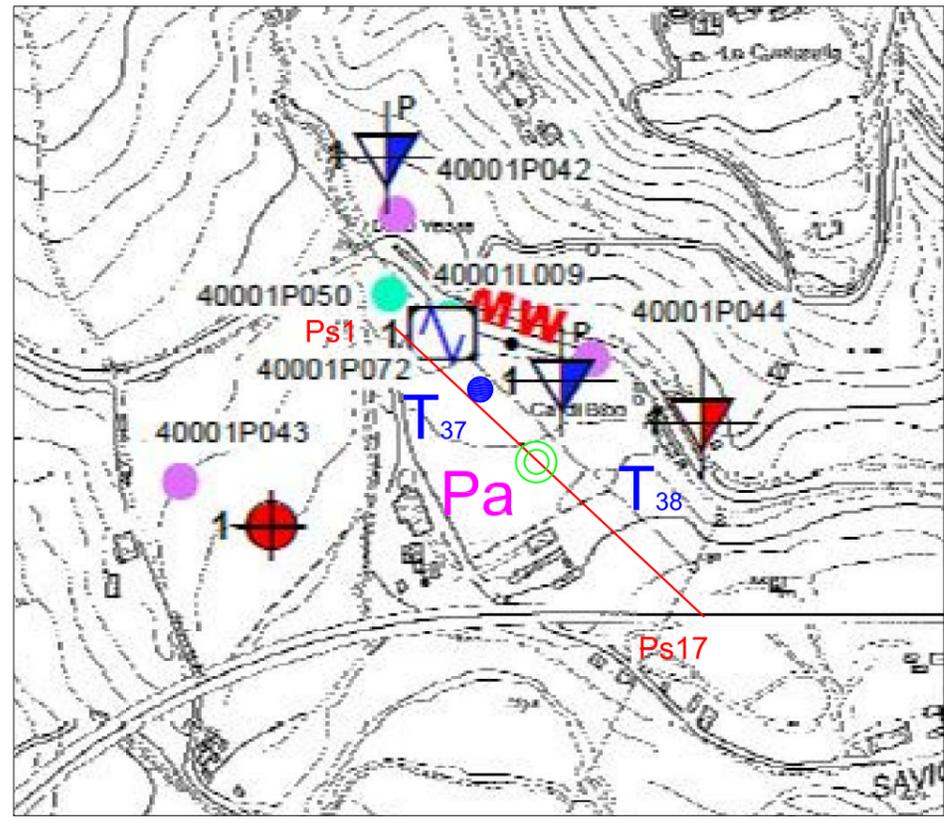
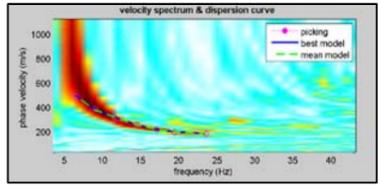
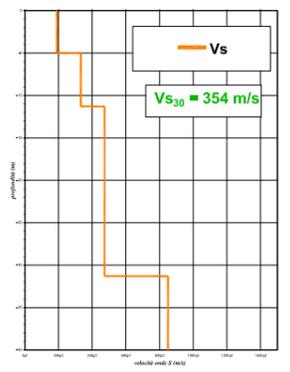


LEGENDA

114

- dalli sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,8x0,9 m

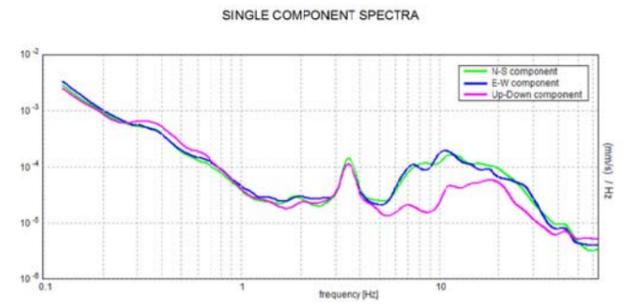
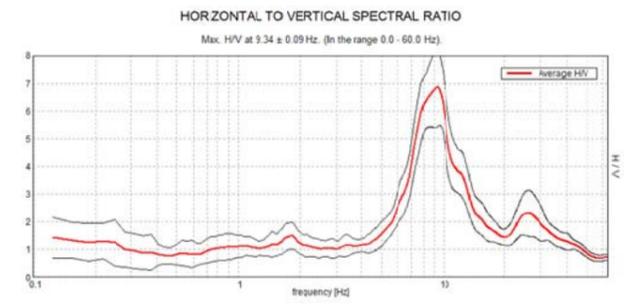
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



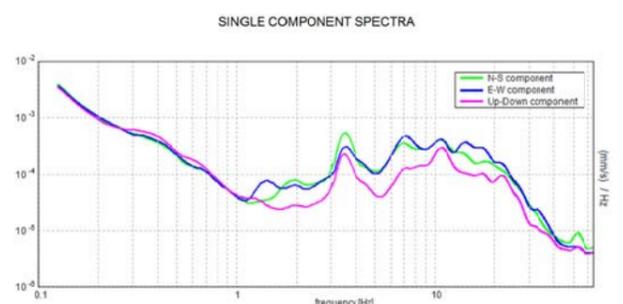
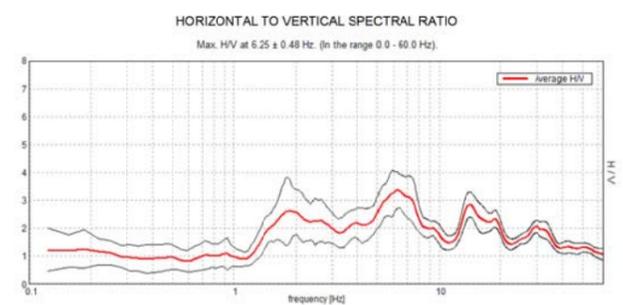
LEGENDA

- Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
- Ubicazione prova Masw
- Ubicazione misura HVSR
- Ubicazione sondaggio geognostico

Misura HVSR 37



Misura HVSR 38



CERTIFICATI LABORATORIO GEOTECNICO



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

116
certificato di prova n° 3218 del 13/10/2014
di 2



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

tipologia: indisturbato
contenitore: fustella metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: 2.5Y 5/6 "Light Olive Brown"

diametro nominale (mm): 89
lunghezza effettiva (cm): 51
classe di qualità: Q5

Descrizione del campione: limo giallo-verde con argilla, fratturato al quarto inferiore e disturbato all'estremità superiore. Frequenti straterelli color giallo pallido, marcatamente meno plastici del restante

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	300	770	
20	490	780	
30	580	740	
40	520	680	

commessa: settore: id. campione:
288-14 04 288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

117
certificato di prova n° 3218 del 13/10/2014
pag. 2 di 2

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

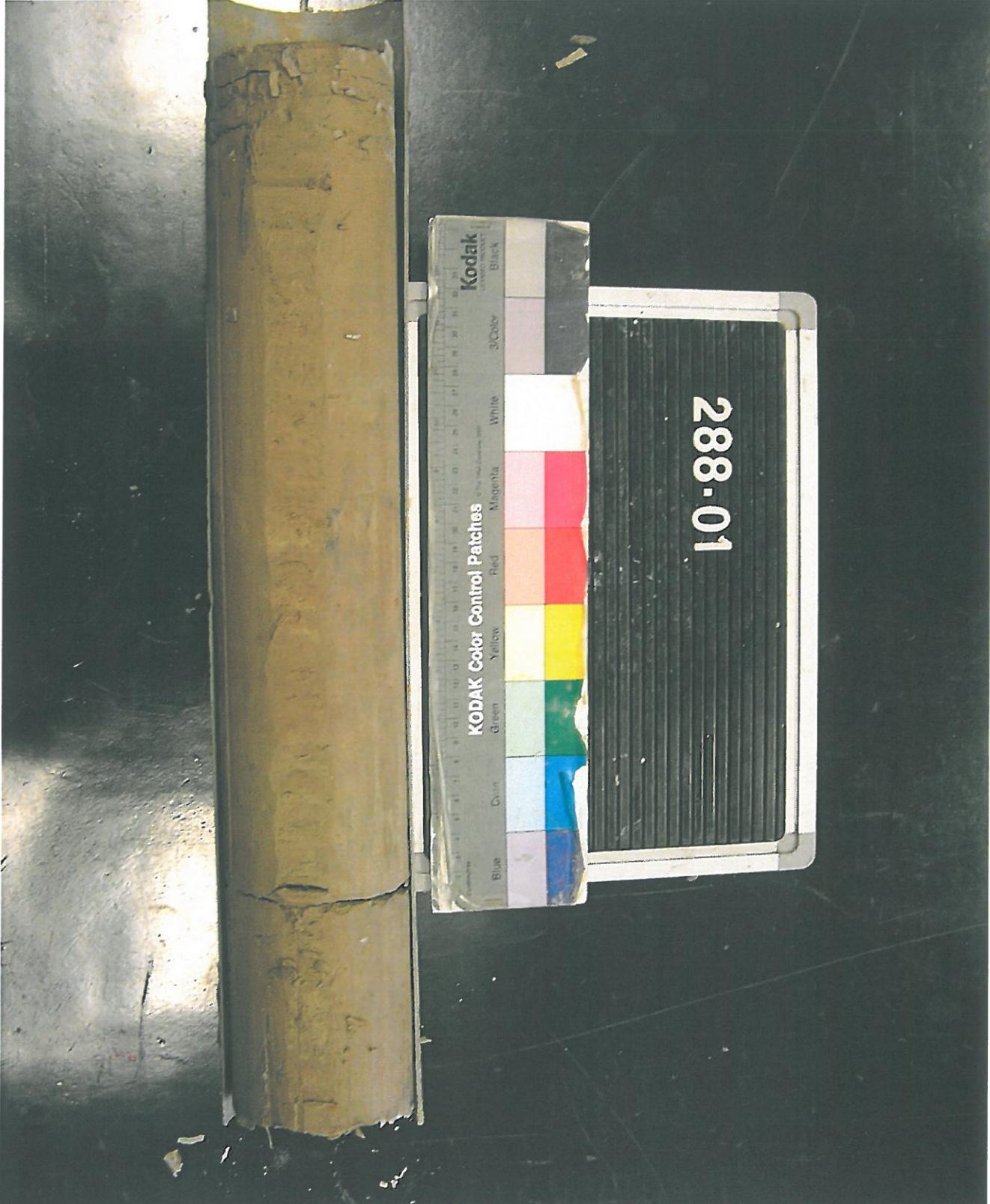
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

118
certificato di prova n° 3219 del 13/10/2014

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
72,00	145,34	taglio diretto consolidato drenato - provino 1	centro-superiore
72,00	140,99	taglio diretto consolidato drenato - provino 2	centrale
72,00	149,80	taglio diretto consolidato drenato - provino 3	centro-inferiore

Peso di volume ρ 2,02 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

119
certificato di prova n° 3220 del 13/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Le Vigne

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne

CAMPIONE: C1

PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

peso umido (g)	peso secco (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
70,54	57,17	taglio diretto consolidato drenato - provino 1	centro-superiore
69,99	57,22	taglio diretto consolidato drenato - provino 2	centrale
57,77	47,49	taglio diretto consolidato drenato - provino 3	centro-inferiore

Umidità allo stato naturale

W

22,45

%

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

120
certificato di prova n° 3221 del 13/10/2014
pag. 1 di 3



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 07/10/2014

massa terreno setacciato (g): 191,73

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
2	0,00	191,73	100,00
1	0,07	191,66	99,96
0,425	0,15	191,58	99,92
0,25	0,29	191,44	99,85
0,125	0,40	191,33	99,79
0,075	0,52	191,21	99,73

commessa: 288-14
settore: 04
id. campione: 288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

121
certificato di prova n° 3221 del 13/10/2014
pag. 2 di 3



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 08-09/10/2014
temperatura di prova (°C): 22,2

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 50,35

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,063	31,6	99,71
60	0,045	29,1	90,60
120	0,033	26,4	80,77
300	0,021	22,2	65,48
600	0,015	19,8	56,74
1200	0,011	17,3	47,63
2400	0,008	15,8	42,17
4800	0,006	14,3	36,71
14400	0,003	12,6	30,52
86400	0,001	10,9	24,33

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

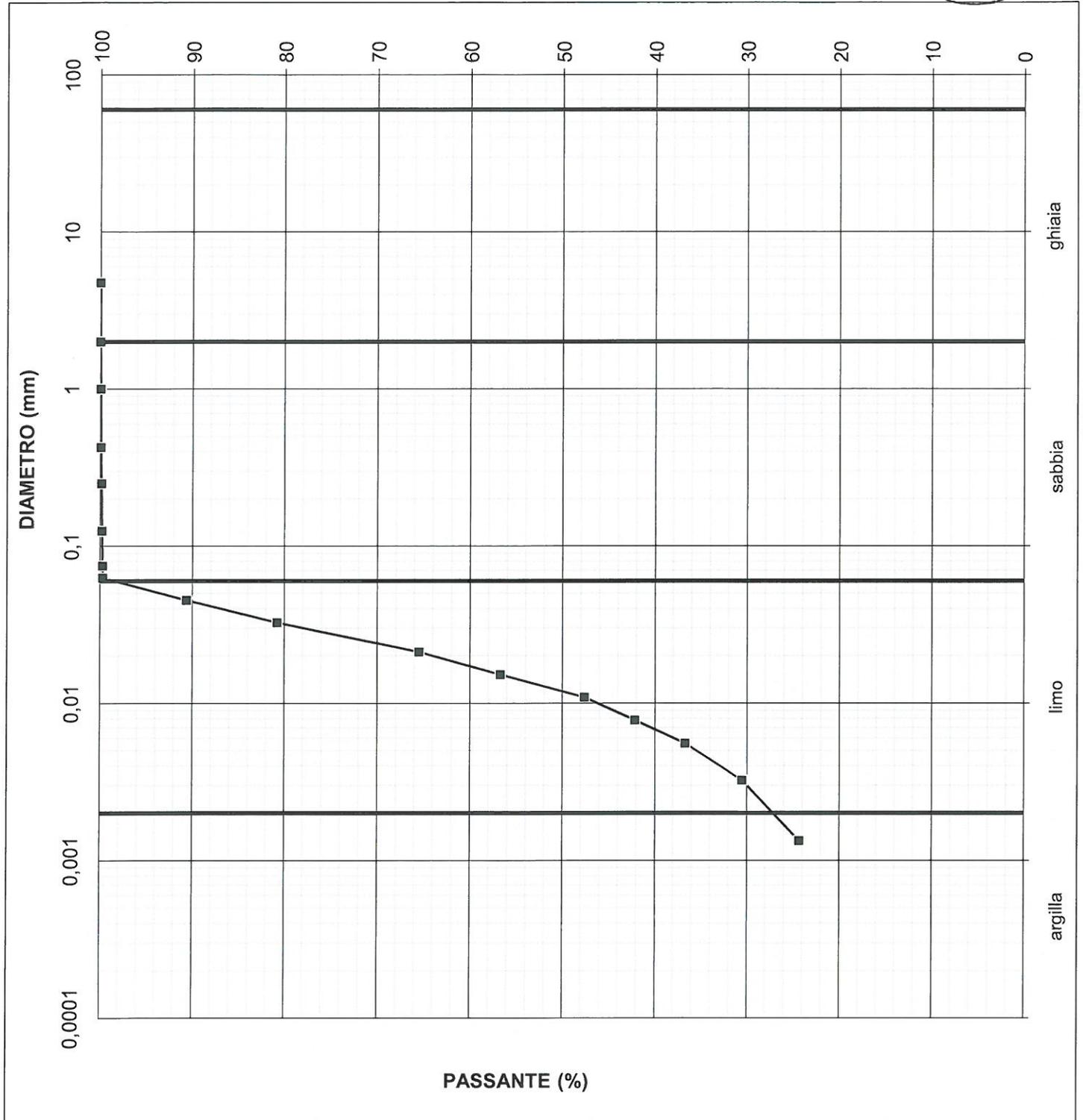
$C_t = 1,3$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,0
% sabbia	0,3
% limo	72,5
% argilla	27,2

commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini





CGG Testing s.r.l.

123
certificato di prova n° 3222 del 13/10/2014
pag. 1 di 2

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

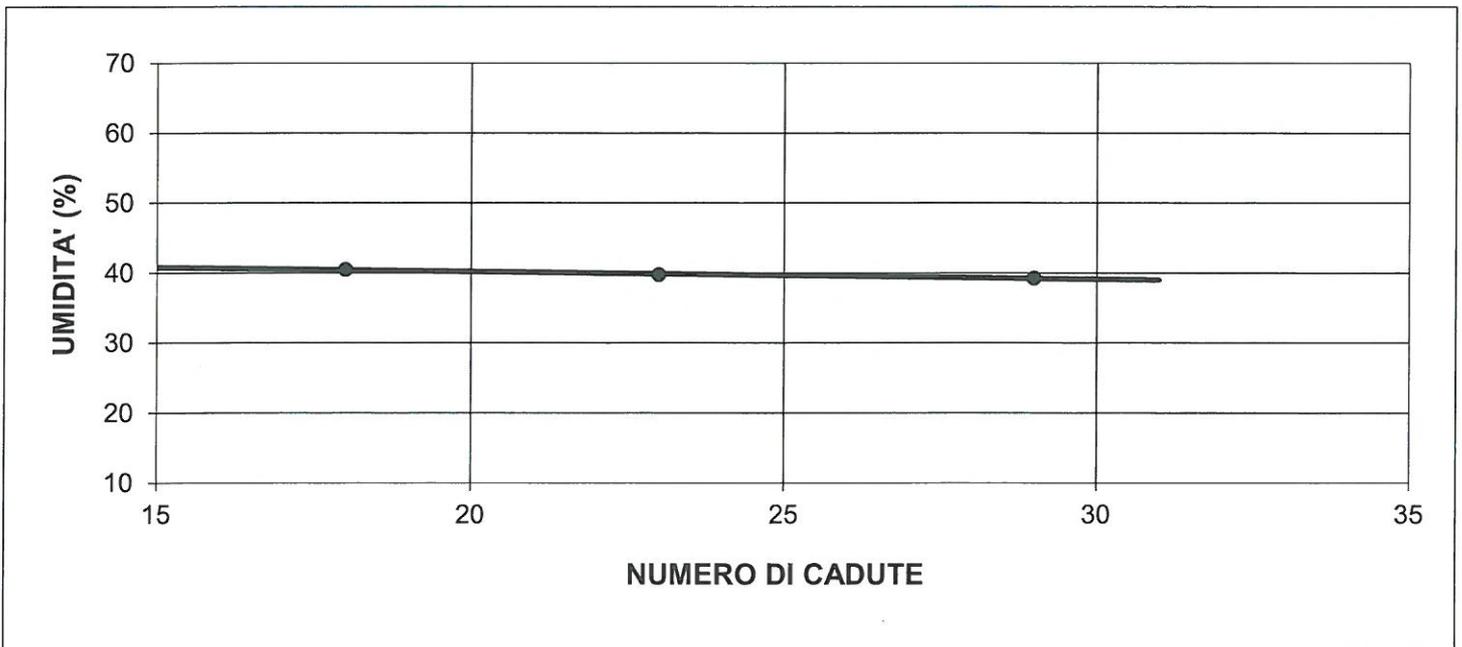
DATI DI PROVA

data di esecuzione: 08/10/2014

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
18	6,21	4,42	40,50	3,50	2,74	27,74
23	7,56	5,41	39,74	3,70	2,92	26,71
29	6,17	4,43	39,28			

limite di ritiro			
volume umido (cm³)	peso umido (g)	volume secco (cm³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	40 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	27 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	13

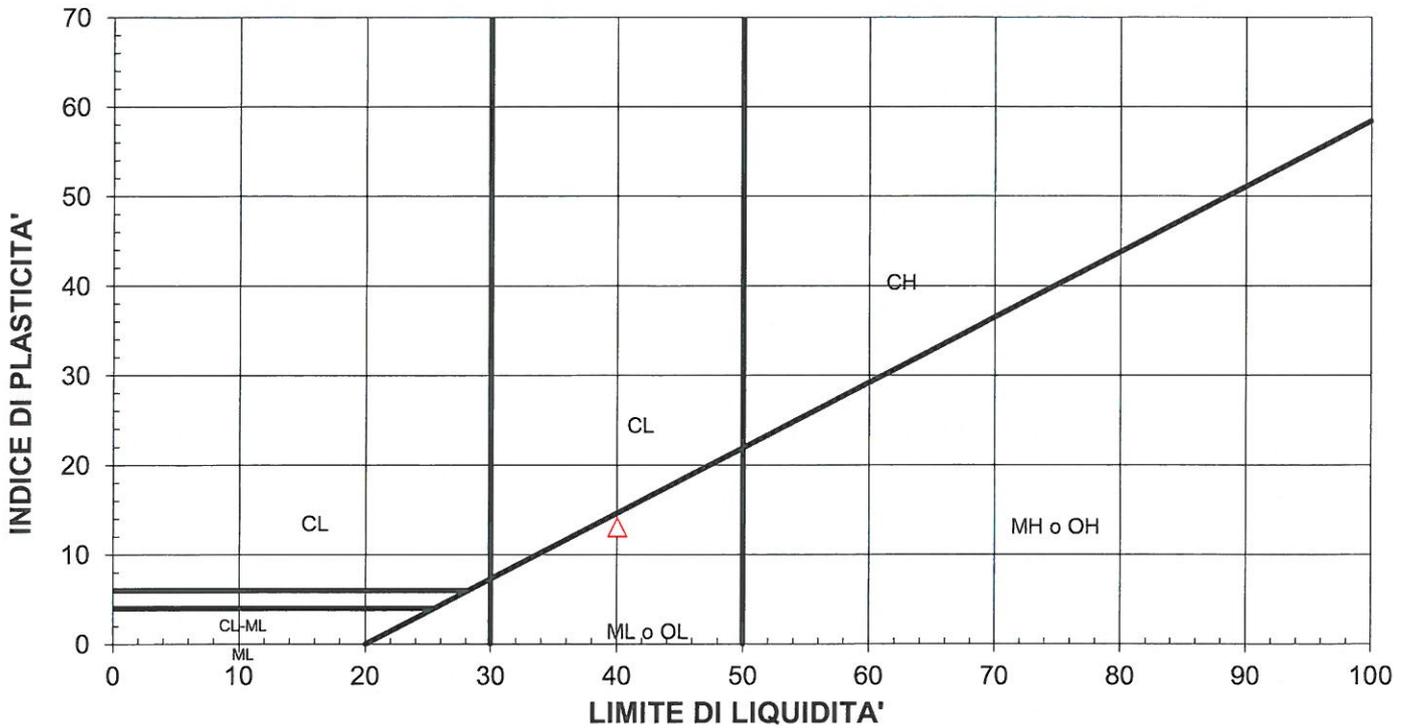


commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

CARTA DI PLASTICITA'



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Le Vigne

Data di accettazione: 17/09/2014

Data esecuzione prove: 7-10/10/2014

SONDAGGIO: Le Vigne

CAMPIONE: C1

PROFONDITÀ (m): 3,1 - 3,7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)	altezza finale (cm)	umidità finale (%)
provino 1	36,00	2,00	145,34	23,39	1,99	23,14
provino 2	36,00	2,00	140,99	22,32	1,95	24,02
provino 3	36,00	2,00	149,80	21,65	1,92	21,78

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 49 kPa

velocità di deformazione: 2,45E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,550	-0,047	176	50,2
0,048	-0,001	32	8,9	1,624	-0,045	176	50,2
0,112	-0,002	55	8,9	1,698	-0,043	176	50,3
0,182	-0,006	75	15,3	1,773	-0,042	175	50,1
0,253	-0,013	92	20,9	1,849	-0,041	175	50,2
0,320	-0,019	104	25,7	1,924	-0,039	175	50,2
0,388	-0,027	116	29,0	1,999	-0,038	174	50,0
0,457	-0,034	125	32,4	2,074	-0,037	174	50,1
0,526	-0,040	133	35,0	2,148	-0,035	174	50,1
0,595	-0,045	140	37,3	2,223	-0,033	173	49,9
0,667	-0,048	147	39,3	2,298	-0,032	173	50,0
0,738	-0,050	153	41,3	2,372	-0,031	173	50,0
0,810	-0,052	158	43,0	2,446	-0,029	173	50,1
0,882	-0,052	163	44,5	2,521	-0,027	172	49,9
0,955	-0,052	167	46,0	2,596	-0,025	172	49,9
1,030	-0,052	171	47,1	2,672	-0,024	171	49,7
1,104	-0,052	173	48,3	2,745	-0,023	171	49,8
1,178	-0,052	176	49,0	2,820	-0,023	171	49,8
1,253	-0,052	178	49,9	2,895	-0,022	171	49,9
1,328	-0,052	178	50,5	2,970	-0,020	170	49,7
1,402	-0,051	177	50,6	3,047	-0,020	170	49,7
1,476	-0,049	178	50,3	3,122	-0,019	169	49,5
1,550	-0,047	176	50,7	3,197	-0,018	168	49,3

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,272	-0,018	168	49,4	4,630	-0,010	164	49,4
3,348	-0,017	168	49,4	4,705	-0,009	165	49,7
3,422	-0,016	167	49,2	4,780	-0,009	165	49,8
3,497	-0,016	167	49,3	4,856	-0,009	164	49,6
3,572	-0,016	167	49,3	4,931	-0,008	165	49,9
3,648	-0,015	166	49,1	5,007	-0,008	164	49,7
3,724	-0,014	166	49,2	5,083	-0,007	164	49,8
3,801	-0,015	166	49,2	5,159	-0,007	164	49,8
3,877	-0,013	166	49,3	5,235	-0,007	164	49,9
3,953	-0,013	165	49,1	5,311	-0,007	164	50,0
4,029	-0,013	165	49,1	5,387	-0,007	163	49,7
4,104	-0,012	166	49,5	5,463	-0,007	163	49,8
4,179	-0,012	165	49,3	5,540	-0,007	163	49,9
4,255	-0,012	165	49,3	5,617	-0,007	164	50,3
4,330	-0,011	164	49,1	5,693	-0,007	163	50,0
4,405	-0,011	164	49,2	5,770	-0,007	163	50,1
4,479	-0,011	164	49,2	5,846	-0,007	162	49,9
4,555	-0,010	165	49,6	5,922	-0,007	162	49,9

provino 2

carico verticale applicato: 98 kPa

velocità di deformazione: 2,45E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,479	-0,129	233	66,4
0,030	-0,001	30	8,3	1,552	-0,135	237	67,6
0,075	-0,001	58	16,1	1,626	-0,139	240	68,5
0,126	-0,003	79	22,0	1,698	-0,144	244	69,8
0,180	-0,005	99	27,6	1,772	-0,153	248	71,0
0,238	-0,009	115	32,1	1,845	-0,161	250	71,6
0,306	-0,015	118	32,9	1,921	-0,166	252	72,3
0,380	-0,020	122	34,1	1,995	-0,170	254	73,0
0,437	-0,024	136	38,1	2,068	-0,174	256	73,6
0,498	-0,030	149	41,7	2,141	-0,183	259	74,6
0,562	-0,035	163	45,7	2,215	-0,188	261	75,3
0,628	-0,042	174	48,8	2,289	-0,192	262	75,7
0,695	-0,050	182	51,1	2,364	-0,196	263	76,1
0,762	-0,056	190	53,5	2,438	-0,200	264	76,4
0,831	-0,063	197	55,5	2,512	-0,206	267	77,4
0,900	-0,070	202	57,0	2,587	-0,211	268	77,8
0,972	-0,080	206	58,2	2,661	-0,215	270	78,5
1,044	-0,087	210	59,4	2,736	-0,219	271	78,9
1,116	-0,092	214	60,6	2,810	-0,221	272	79,3
1,187	-0,102	221	62,6	2,886	-0,224	273	79,7
1,260	-0,109	224	63,6	2,960	-0,230	275	80,4
1,333	-0,114	227	64,5	3,035	-0,234	276	80,8
1,406	-0,118	230	65,4	3,111	-0,236	277	81,2

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,186	-0,239	278	81,6	4,547	-0,277	282	84,8
3,260	-0,241	278	81,7	4,623	-0,278	282	84,9
3,337	-0,243	278	81,8	4,699	-0,279	281	84,7
3,412	-0,245	279	82,2	4,774	-0,281	282	85,1
3,487	-0,247	279	82,3	4,850	-0,282	281	84,9
3,564	-0,252	281	83,0	4,926	-0,284	281	85,0
3,639	-0,254	281	83,1	5,002	-0,285	279	84,5
3,715	-0,256	281	83,2	5,079	-0,286	279	84,7
3,791	-0,258	281	83,3	5,154	-0,287	281	85,4
3,867	-0,260	281	83,4	5,231	-0,291	281	85,5
3,944	-0,261	281	83,5	5,308	-0,292	281	85,6
4,019	-0,263	281	83,7	5,384	-0,293	278	84,8
4,095	-0,264	281	83,8	5,461	-0,294	278	85,0
4,169	-0,266	281	83,9	5,538	-0,296	277	84,8
4,245	-0,267	281	84,0	5,614	-0,297	278	85,2
4,320	-0,269	281	84,1	5,690	-0,298	278	85,3
4,396	-0,270	280	83,9	5,766	-0,299	278	85,4
4,471	-0,271	281	84,3				

provino 3

carico verticale applicato: 196 kPa
velocità di deformazione: 2,52E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,523	-0,153	393	112,0
0,036	-0,001	38	10,6	1,598	-0,158	394	112,4
0,111	-0,001	96	26,7	1,673	-0,161	395	112,9
0,170	-0,001	136	37,9	1,747	-0,168	397	113,6
0,206	-0,001	169	47,1	1,822	-0,173	396	113,4
0,252	-0,002	200	55,8	1,897	-0,177	398	114,2
0,304	-0,010	227	63,4	1,971	-0,182	401	115,2
0,363	-0,020	248	69,3	2,046	-0,184	402	115,6
0,426	-0,032	278	77,8	2,121	-0,189	403	116,0
0,494	-0,044	298	83,5	2,197	-0,192	403	116,2
0,560	-0,053	322	90,3	2,272	-0,196	404	116,6
0,629	-0,065	345	96,8	2,347	-0,199	408	117,9
0,699	-0,077	363	102,0	2,420	-0,203	407	117,8
0,769	-0,086	371	104,4	2,494	-0,207	408	118,2
0,839	-0,095	370	104,2	2,569	-0,210	408	118,4
0,914	-0,103	370	104,4	2,645	-0,213	409	118,9
0,988	-0,110	372	105,1	2,720	-0,217	410	119,3
1,065	-0,116	377	106,6	2,796	-0,220	411	119,7
1,141	-0,123	377	106,8	2,872	-0,224	410	119,6
1,216	-0,131	381	108,0	2,947	-0,226	410	119,8
1,294	-0,136	384	109,0	3,024	-0,229	411	120,2
1,370	-0,143	388	110,3	3,099	-0,232	414	121,3
1,447	-0,148	391	111,3	3,175	-0,235	415	121,7

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

128
certificato di prova n° 3223 del 13/10/2014
pag. 4 di 5

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,250	-0,238	415	121,9	4,614	-0,280	421	126,7
3,326	-0,241	414	121,7	4,691	-0,281	422	127,2
3,403	-0,244	414	121,9	4,765	-0,284	423	127,6
3,479	-0,247	414	122,1	4,841	-0,287	423	127,8
3,555	-0,250	413	121,9	4,917	-0,288	424	128,3
3,630	-0,253	412	121,8	4,993	-0,289	425	128,8
3,705	-0,255	414	122,6	5,068	-0,291	426	129,3
3,781	-0,258	415	123,0	5,143	-0,292	427	129,7
3,856	-0,260	415	123,2	5,220	-0,293	429	130,5
3,931	-0,262	416	123,7	5,296	-0,295	431	131,3
4,005	-0,264	416	123,8	5,372	-0,296	430	131,2
4,081	-0,268	415	123,7	5,447	-0,299	429	131,1
4,156	-0,270	416	124,2	5,525	-0,300	430	131,6
4,232	-0,271	415	124,0	5,602	-0,301	429	131,4
4,309	-0,272	415	124,2	5,679	-0,303	429	131,6
4,385	-0,275	417	125,0	5,755	-0,304	429	131,8
4,461	-0,276	418	125,4	5,831	-0,306	428	131,7
4,537	-0,278	418	125,6				

commessa:
288-14

settore:
04

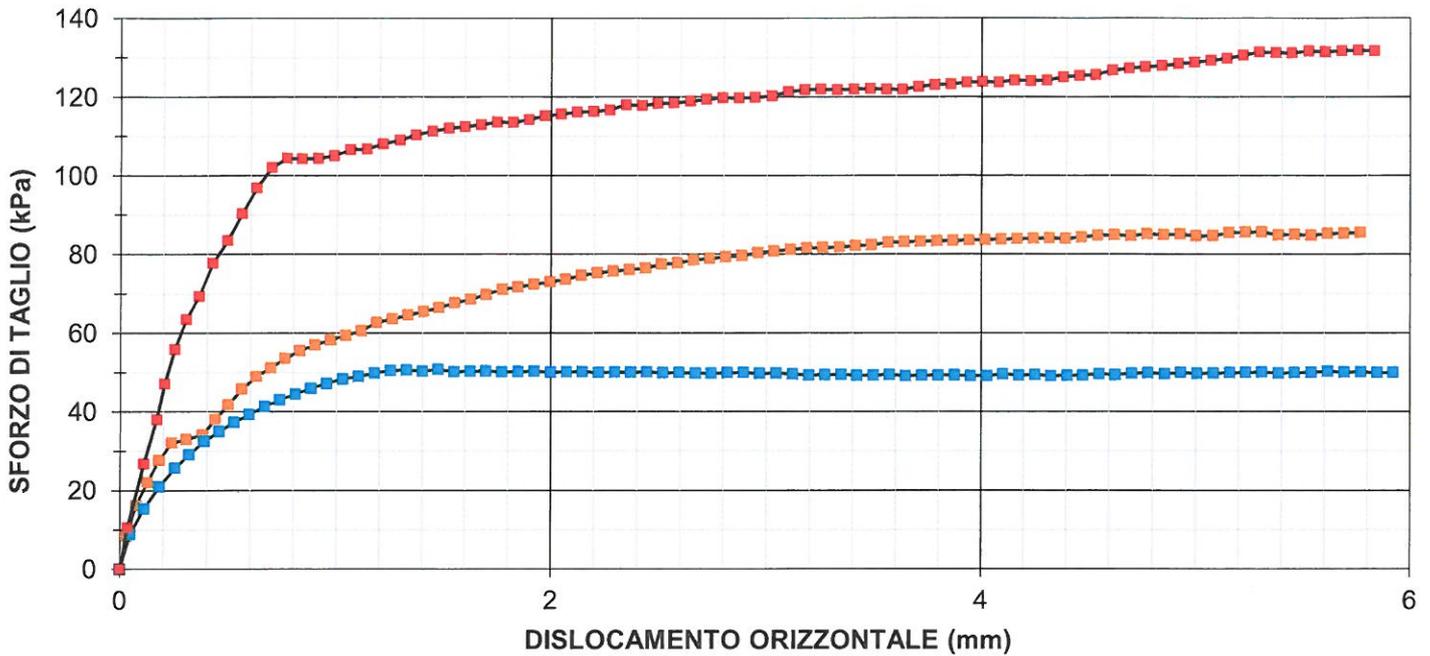
id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

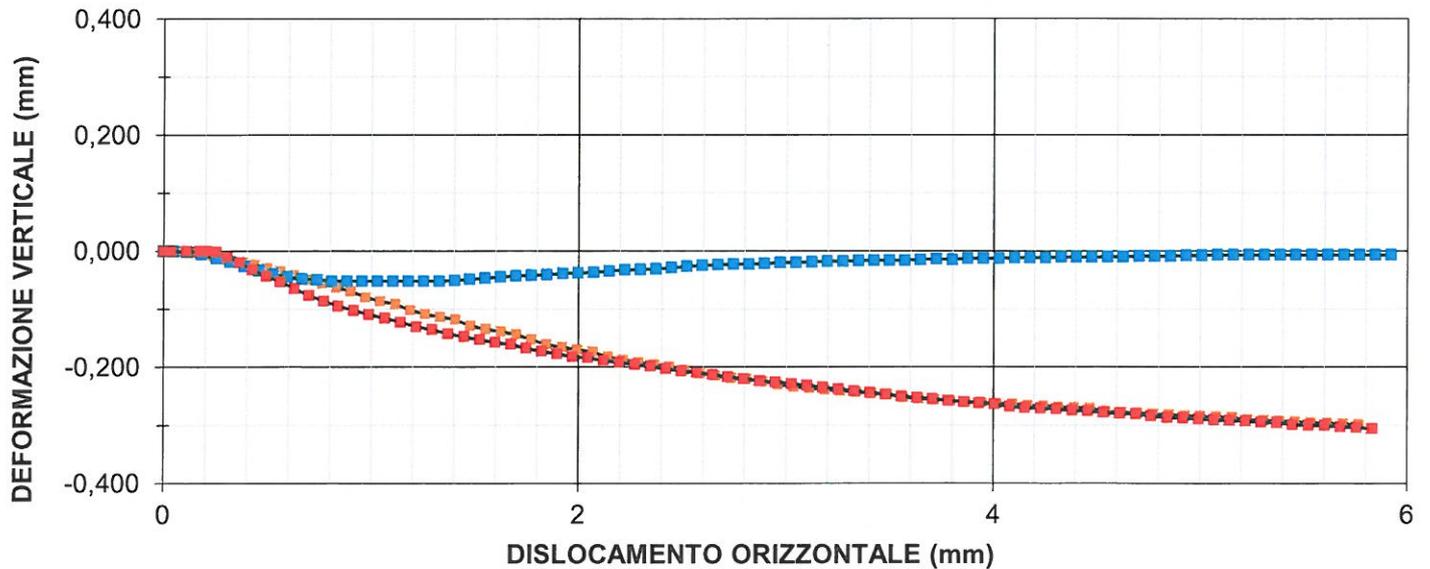
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CURVA DI ROTTURA - I



CURVA DI ROTTURA - II



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/01

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

130
certificato di prova n° 3078 del 07/10/2014
pag. 1 di 2



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Le Vigne

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 23/09/2014

tipologia: a disturbo limitato (porzione di carota)

contenitore: sacchetto e nastro adesivo

colore secondo Munsell: 5Y 5/3 "Olive"

diametro nominale (mm): 89

lunghezza effettiva (cm): 30

classe di qualità: Q4

Descrizione del campione: limo con argilla debolmente sabbioso, color grigio-verde

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

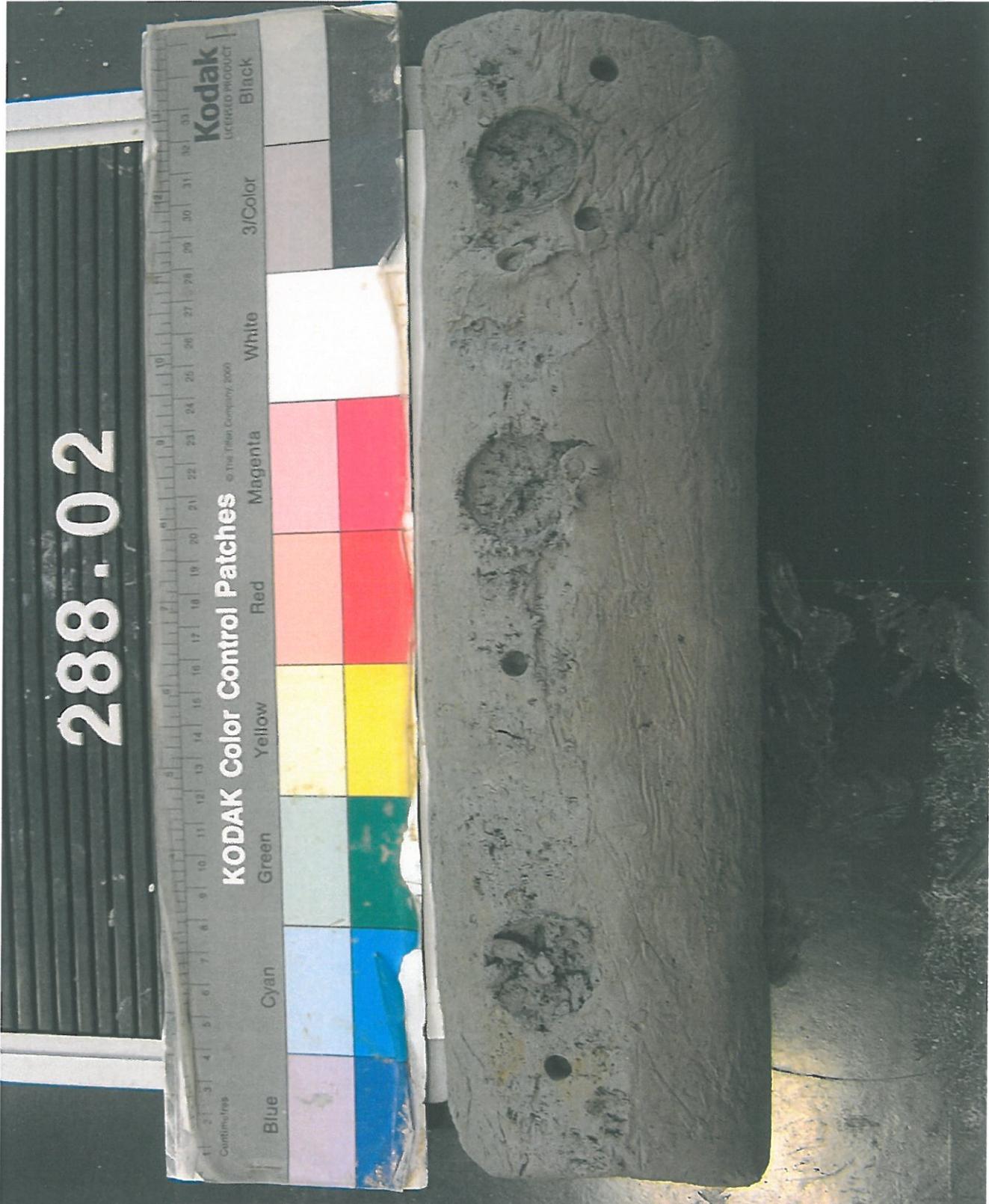
profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	105	630	
20	205	510	
30	145	410	

commessa: 288-14
settore: 04
id. campione: 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

132
certificato di prova n° 3079 del 07/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Le Vigne

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 23/09/2014

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
542,57	1133,30	colonna risonante	non identificabile (campione non orientato)

Peso di volume ρ 2,09 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

133
certificato di prova n° 3080 del 07/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C2
PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

Data di accettazione: 17/09/2014

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 23/09/2014

peso umido (g)	peso secco (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
52,57	43,13	colonna risonante	non identificabile (campione non orientato)

Umidità allo stato naturale W 21,89 %

commessa: settore: id. campione:
288-14 04 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

134
certificato di prova n° 3081 del 07/10/2014

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Le Vigne

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 29/09/2014

massa terreno setacciato (g): 200,58

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
2	1,91	198,67	99,05
1	3,93	196,65	98,04
0,425	6,46	194,12	96,78
0,25	8,32	192,26	95,85
0,125	12,43	188,15	93,80
0,075	15,40	185,18	92,32

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 01-02/10/2014

temperatura di prova (°C): 23,5

densimetro utilizzato: ASTM 151 H

massa terreno alla sedimentazione (g): 51,32

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,061	32,8	91,73
60	0,044	31,9	88,89
120	0,031	30,8	85,41
300	0,020	28,7	78,78
600	0,014	27,1	73,72
1200	0,010	24,3	64,87
2400	0,007	22,4	58,87
4800	0,005	19,9	50,97
14400	0,003	16,7	40,85
86400	0,001	13,1	29,48

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_l = 1,7$

composizione granulometrica	
% ghiaia	1,0
% sabbia	7,4
% limo	56,6
% argilla	35,1

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

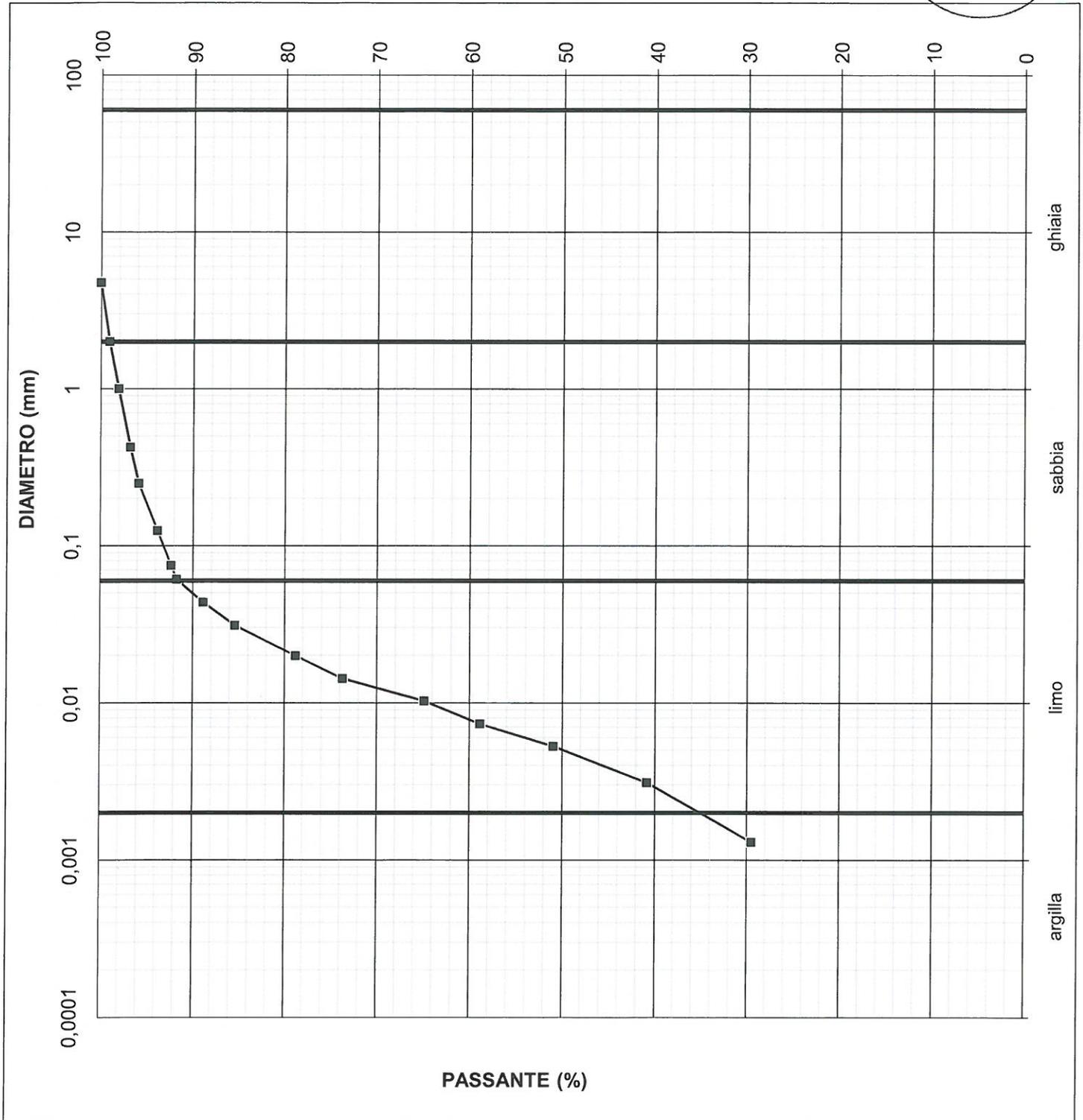
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

137
certificato di prova n° 3082 del 07/10/2014
pag. 1 di 2

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C2
PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

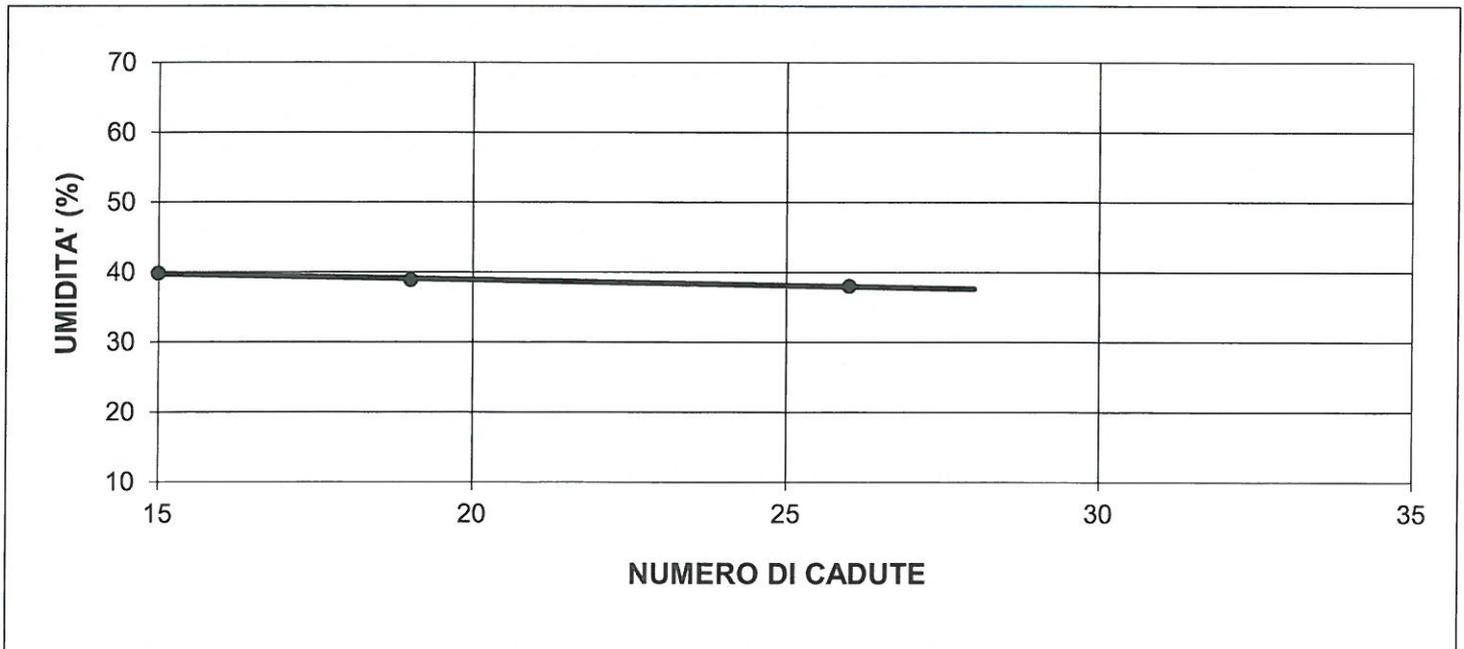
DATI DI PROVA

data di esecuzione: 01/10/2014

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
26	6,57	4,76	38,03	1,56	1,26	23,81
19	9,18	6,61	38,88	1,32	1,06	24,53
15	8,42	6,02	39,87			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	38 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	24 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	14



commessa: 288-14

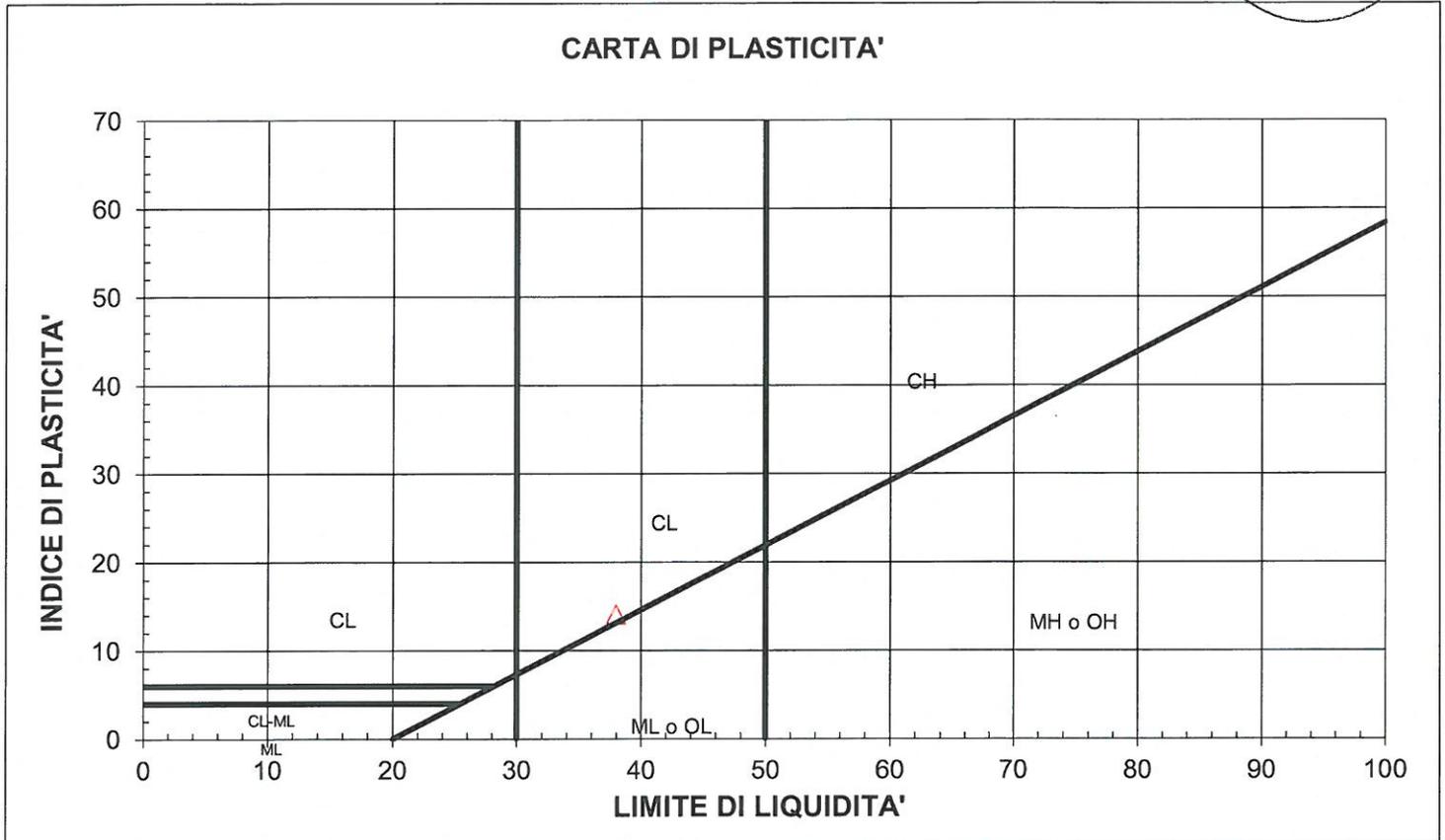
settore: 04

id. campione: 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

139
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 1 di 13



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Le Vigne
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Le Vigne
CAMPIONE: C2
PROFONDITÀ (m): 13,0 - 13,4

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)
38,48	14,10	1133,30	21,89

altezza finale (cm)	massa finale (g)	volume finale (cm ³)	umidità finale (%)
13,99	1127,04	530,10	21,03

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
 σ'_1 = pressione assiale efficace
BP = contropressione
B = parametro di Skempton

σ_3 = pressione di confinamento
 σ'_3 = pressione di confinamento efficace
dU = variazione di pressione interstiziale

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

data di esecuzione: 24-25/09/2014

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP iniziale (kPa)	BP finale (kPa)	durata della rampa (s)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
20	50	10	45	3600	10,0	45,0	0,620
50	100	45	45	120	45,0	76,0	
100	100	45	95	43200	76,0	95,0	0,924
100	150	95	95	120	95,0	141,2	
150	296	95	146	7200	141,2	146,0	

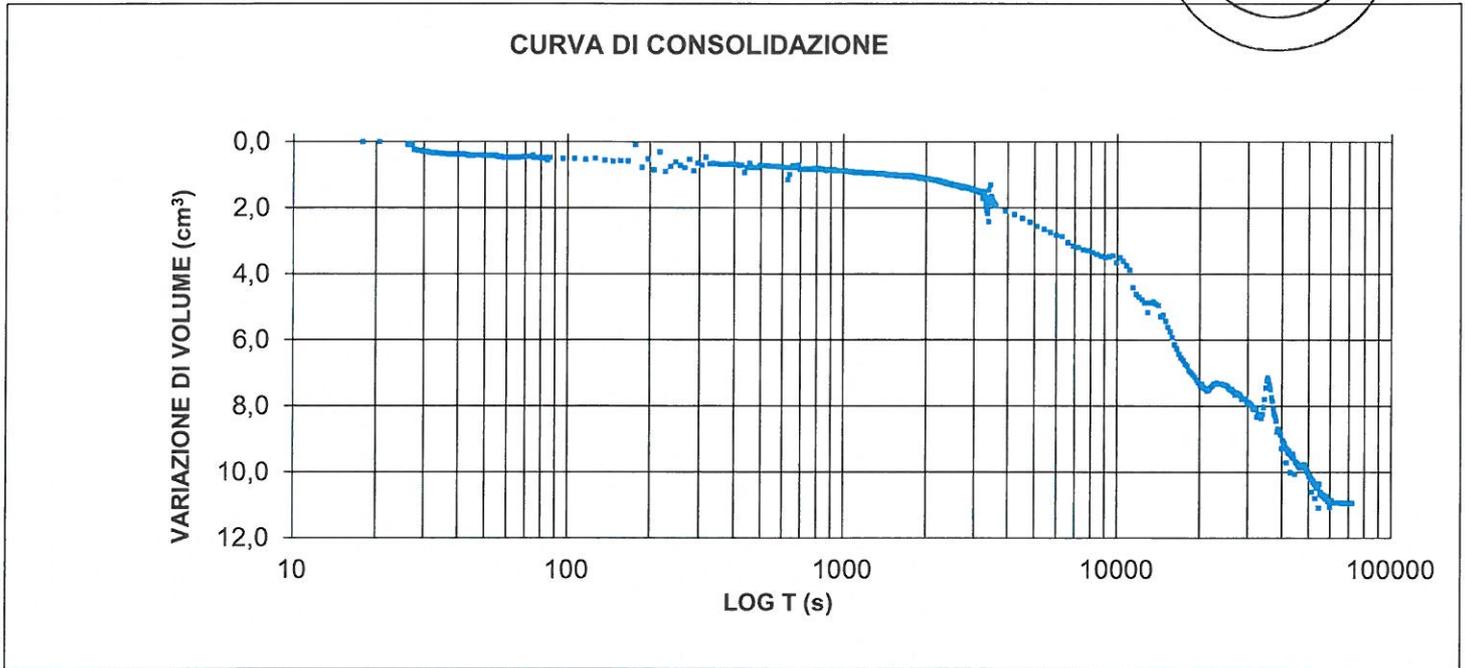
DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

data di esecuzione: 25-26/09/2014
durata della fase: 24 h
pressione di confinamento: 296 kPa
contropressione: 146 kPa
variazione di volume: 11,09 cm³
altezza finale: 14,00 cm
area corretta finale: 37,96 cm²
raggio corretto finale: 3,48 cm

commessa: 288-14
settore: 04
id. campione: 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



DATI DI PROVA: PRINCIPALI PARAMETRI DI RISPOSTA ALLE SOLLECITAZIONI ARMONICHE

data di esecuzione: 26/09/2014

pressione di confinamento: 296 kPa
contropressione: 146 kPa
raggio equivalente: 24,57 mm

SIMBOLOGIA ADOTTATA

v = frequenza di risonanza
M = momento imposto dal sistema
G = modulo dinamico di taglio
V_s = velocità delle onde di taglio

dθ = massima deformazione di taglio
D = fattore di smorzamento
G₀ = modulo dinamico di taglio al primo test

test n°	v (Hz)	M (N*m)	dθ (%)	V _s (m/s)	G (MPa)	G/G ₀	D (%)*
1	106	0,0078	1,7E-04	131,27	35,94	1,00	5,76
2	100	0,0312	2,9E-04	122,94	32,09	0,89	5,63
3	96	0,0624	1,6E-03	118,03	29,58	0,82	5,89
4	89	0,1248	3,7E-03	109,42	25,42	0,71	6,50
5	81	0,2184	6,7E-03	99,58	21,06	0,59	7,09
6	74	0,3432	1,1E-02	90,98	17,57	0,49	8,96
7	66	0,4680	1,7E-02	81,14	13,98	0,39	10,35
8	58	0,6240	2,6E-02	71,31	10,80	0,30	11,65
9	48	0,9360	4,8E-02	59,01	7,39	0,21	12,48
10	41	1,2480	8,1E-02	50,41	5,39	0,15	10,53
11	30	1,8720	1,9E-01	36,88	2,89	0,08	11,74

*nota: il fattore di smorzamento risulta dall'interpretazione grafica dell'andamento delle vibrazioni libere; in corsivo i valori calcolati invece con il metodo della semibanda di frequenza

commessa: 288-14
sette: 04
id. campione: 288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

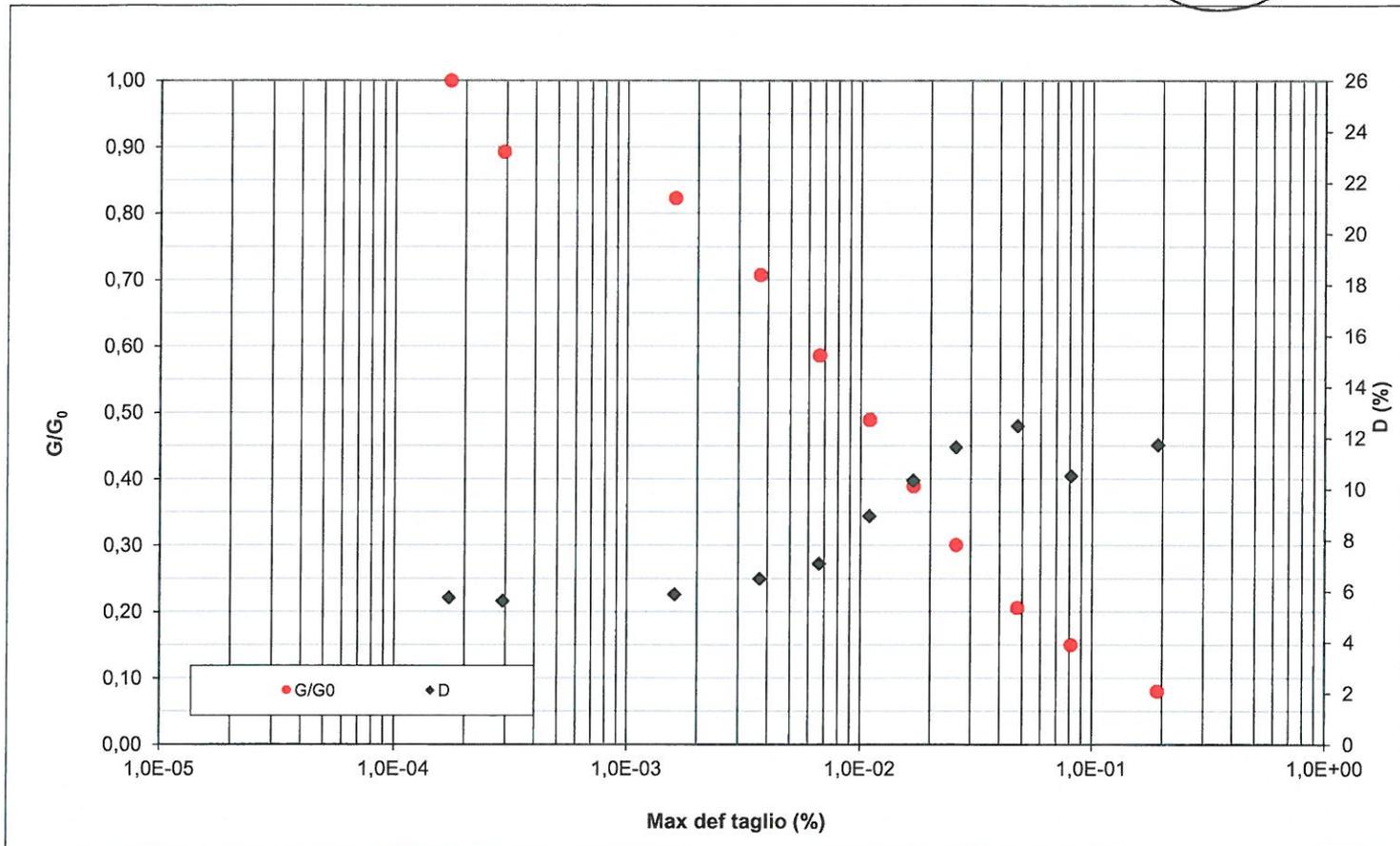
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



CURVA DI DECADIMENTO DEL TERRENO



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

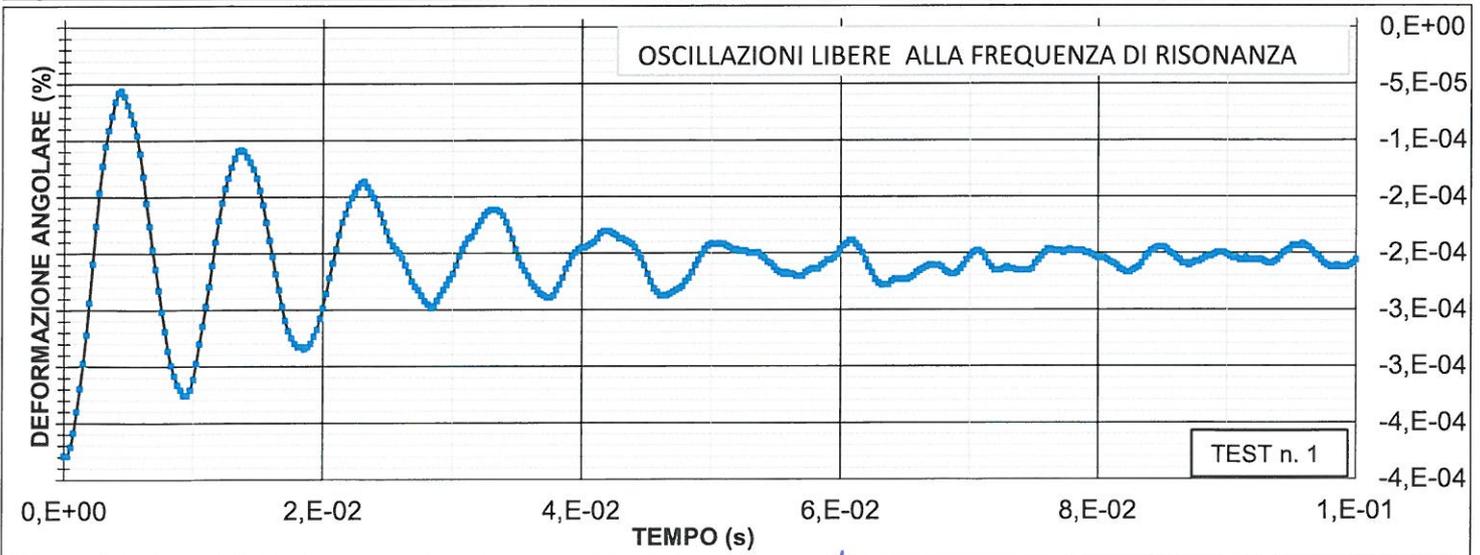
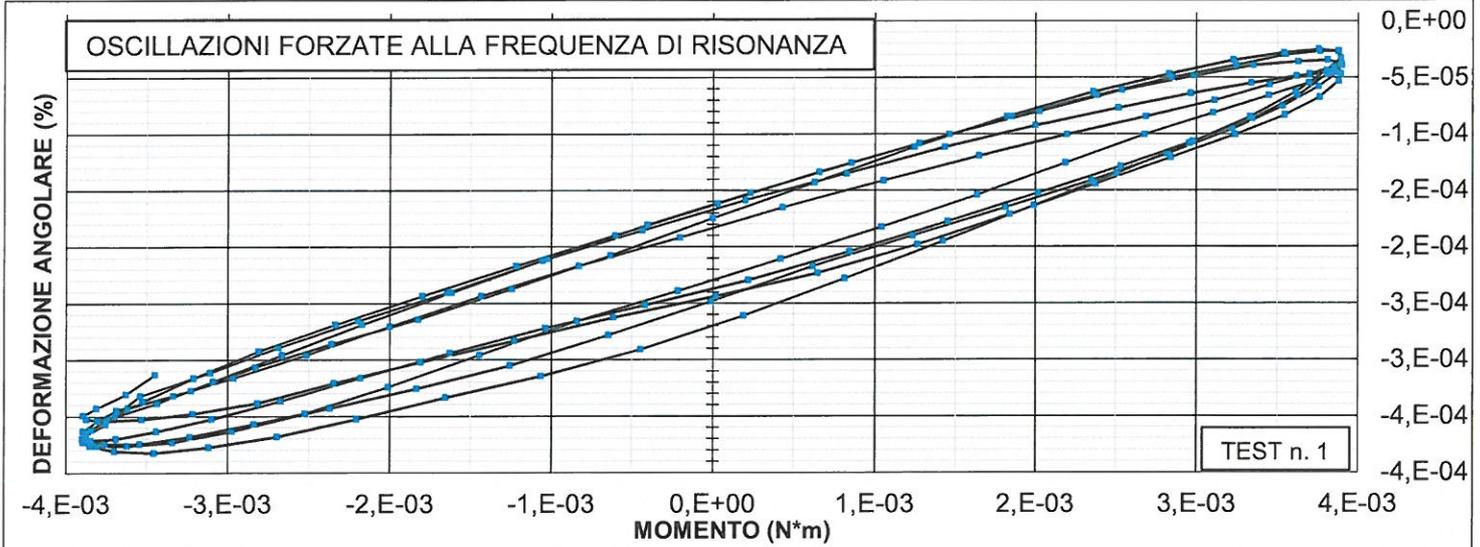
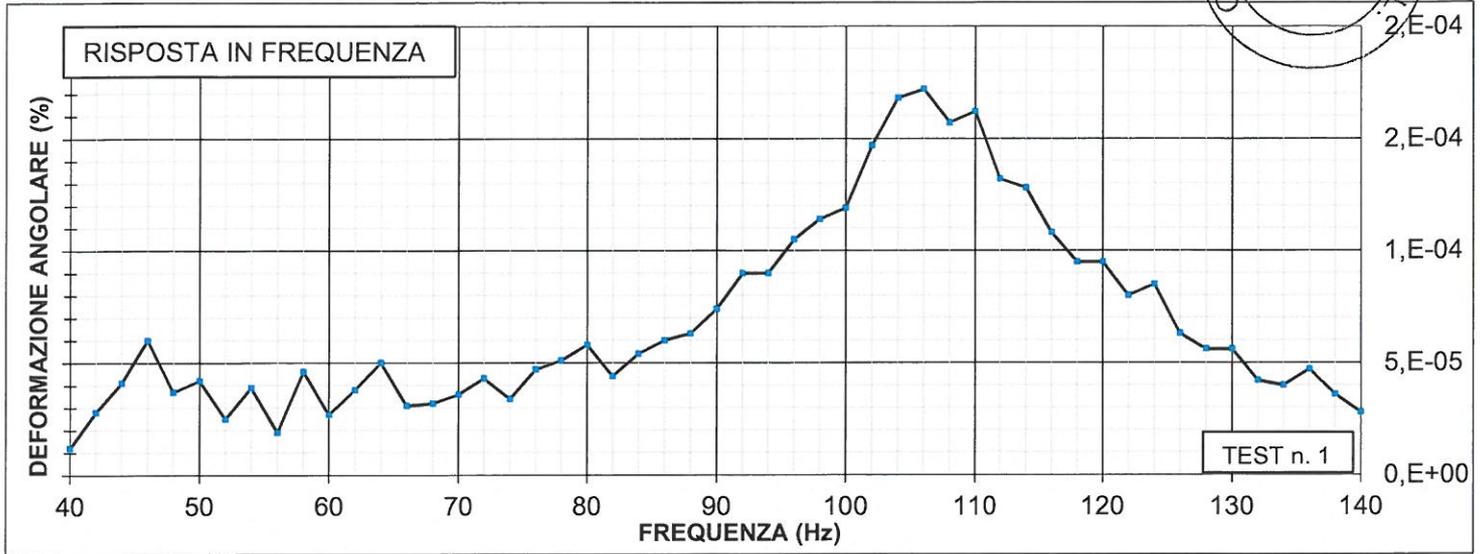
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

142
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 4 di 13



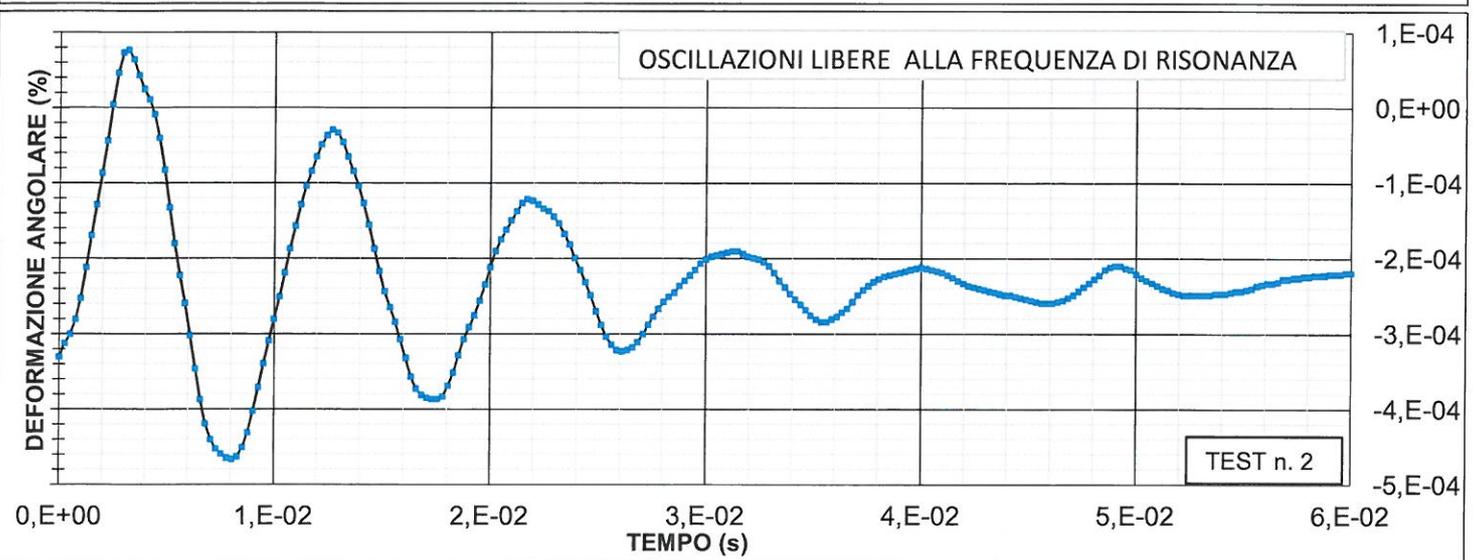
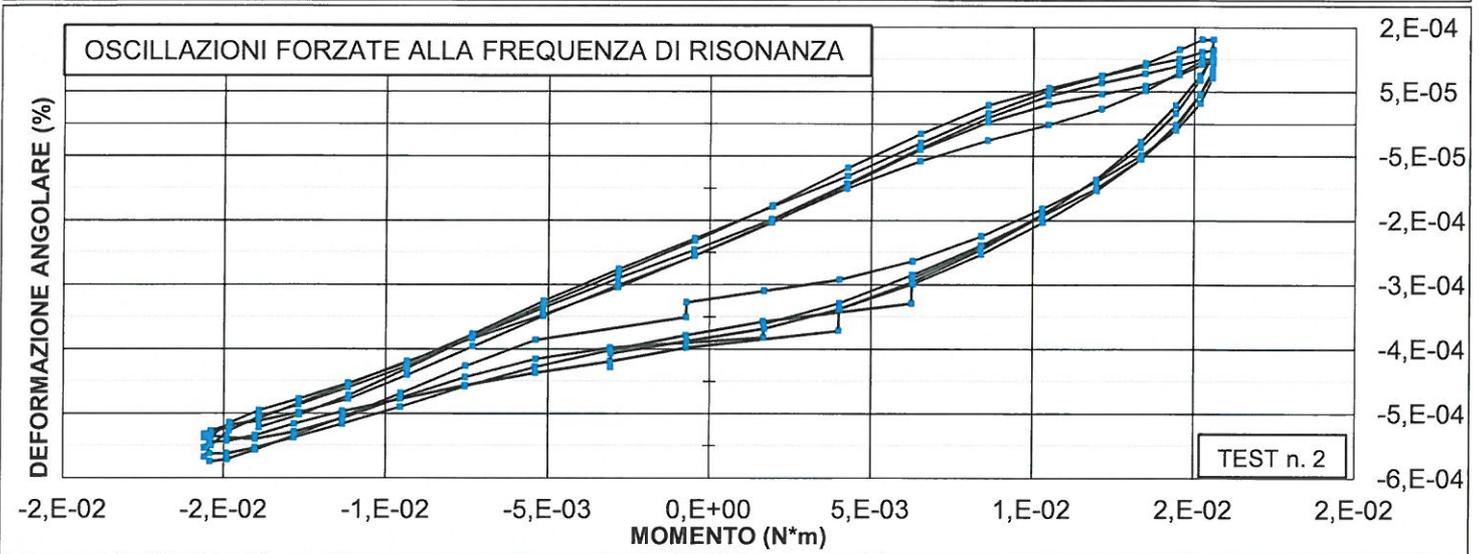
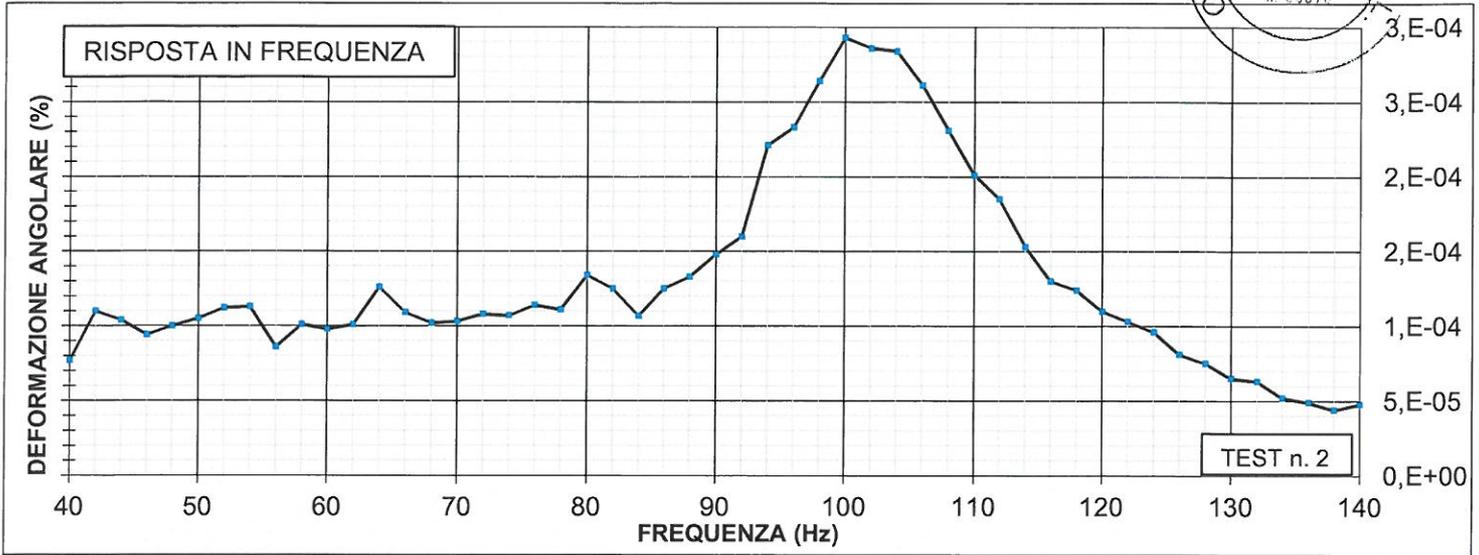
commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



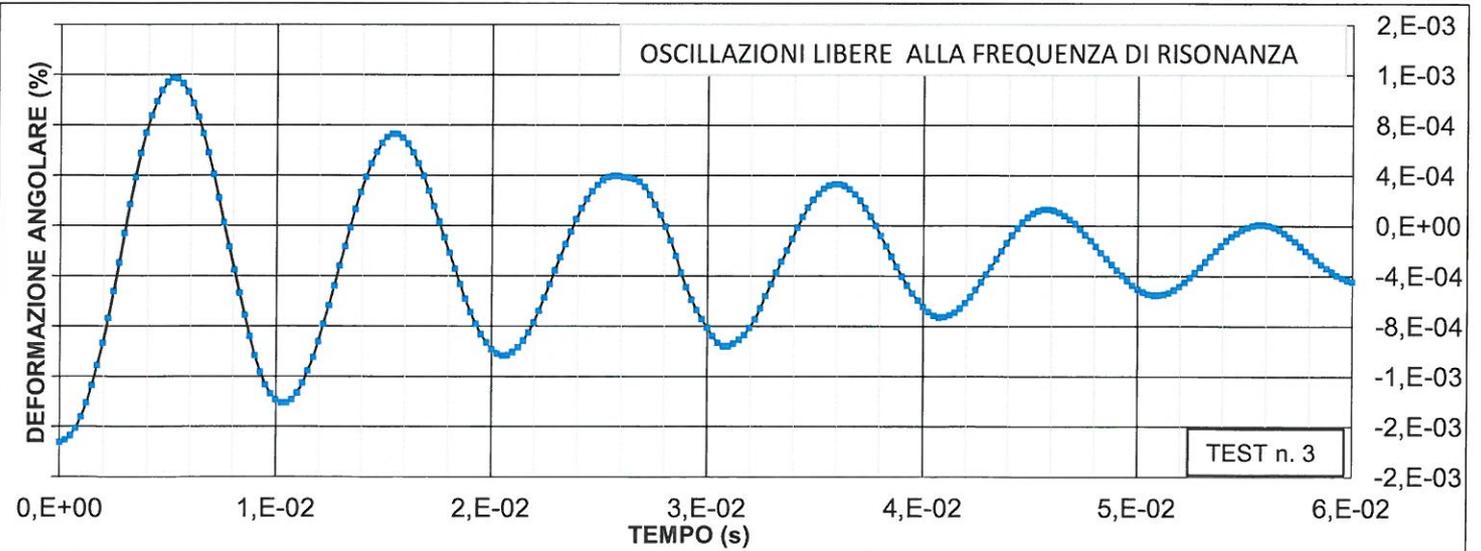
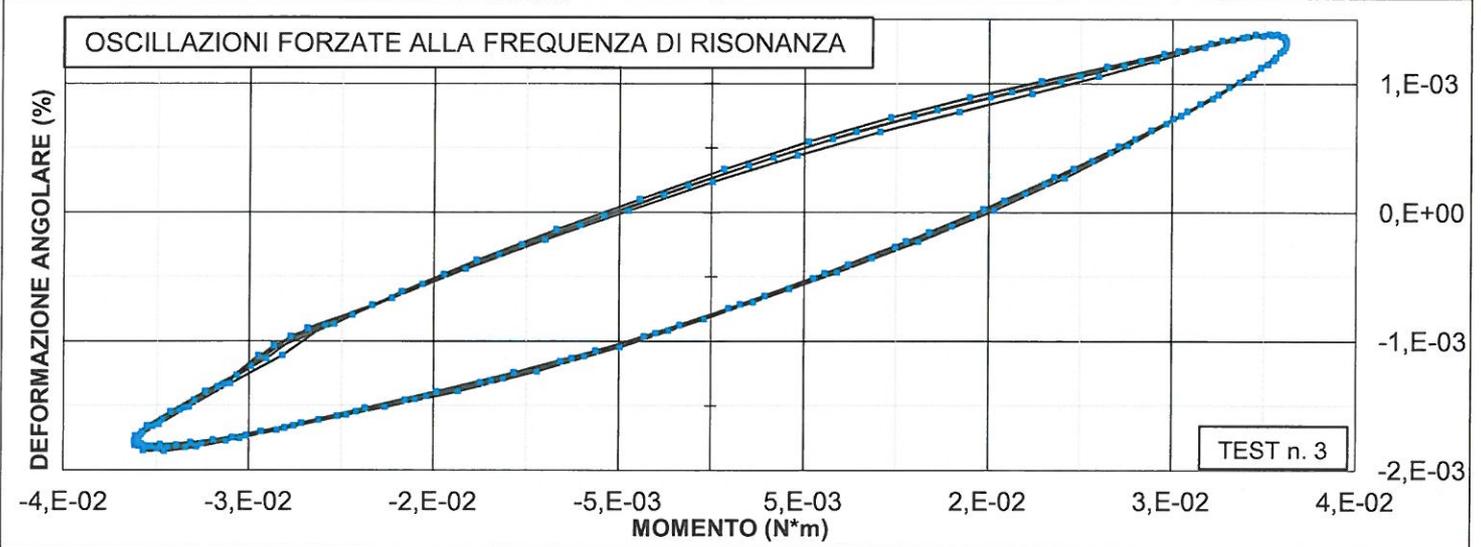
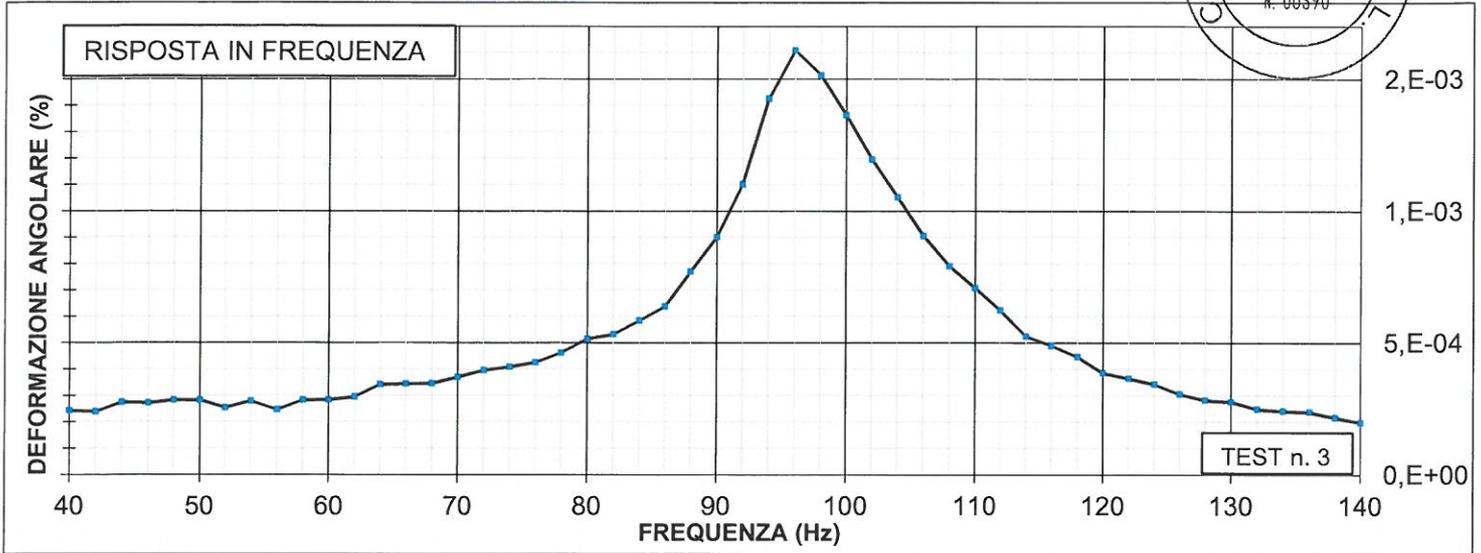
commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

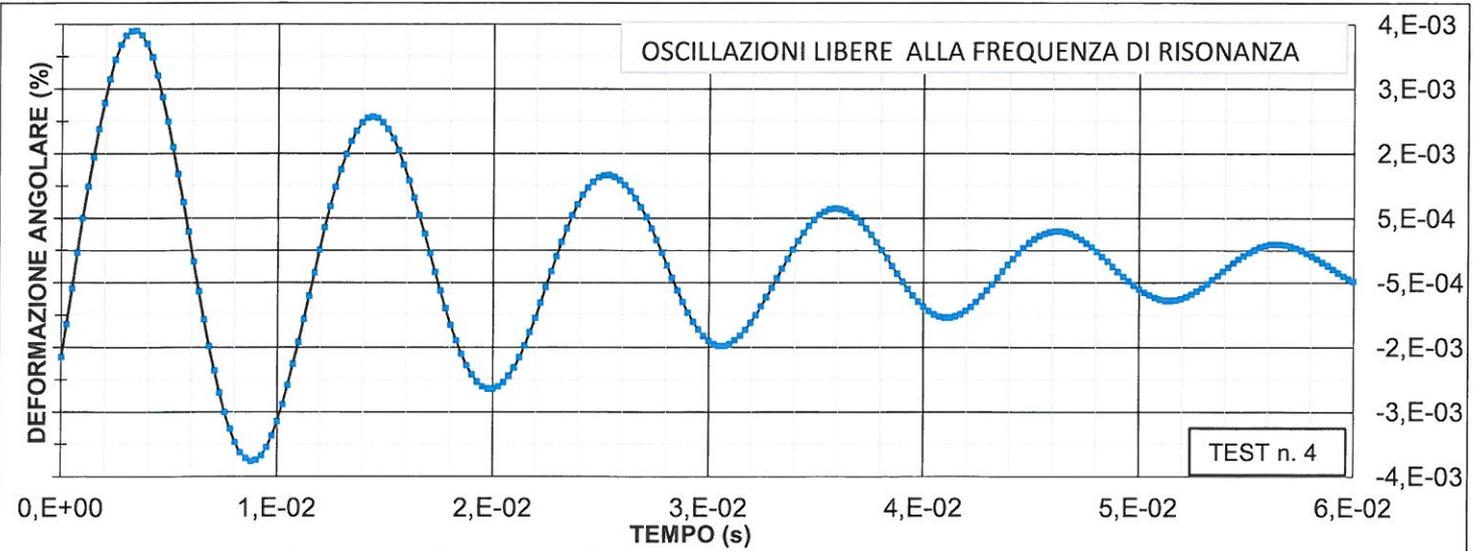
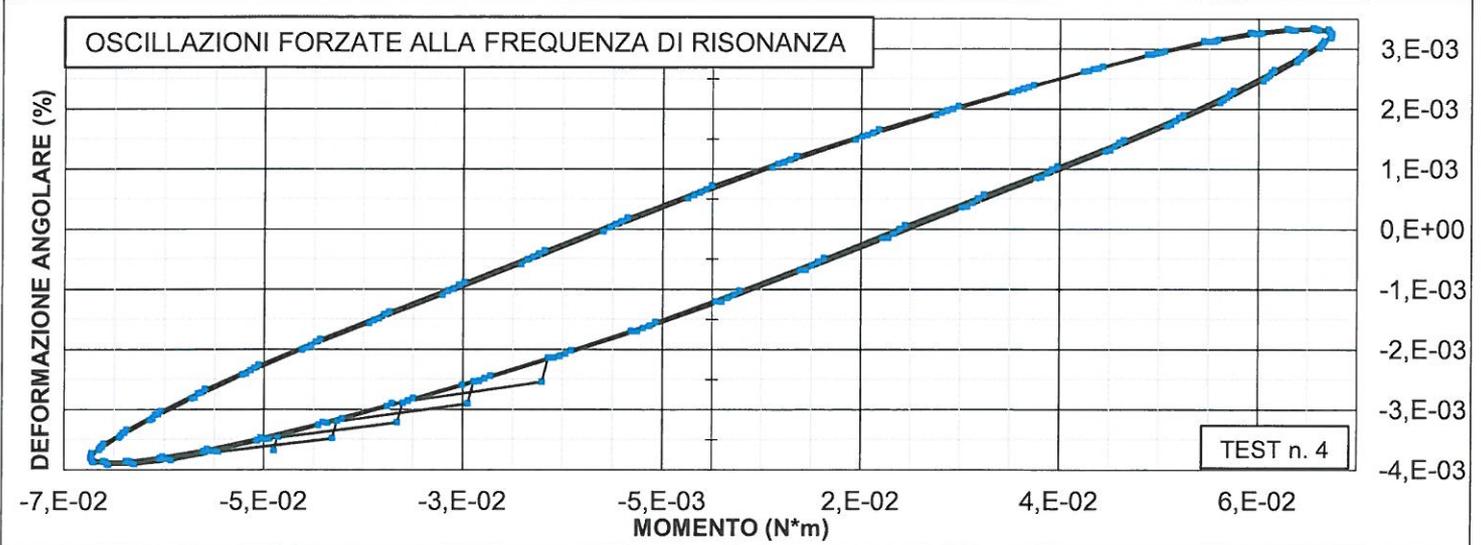
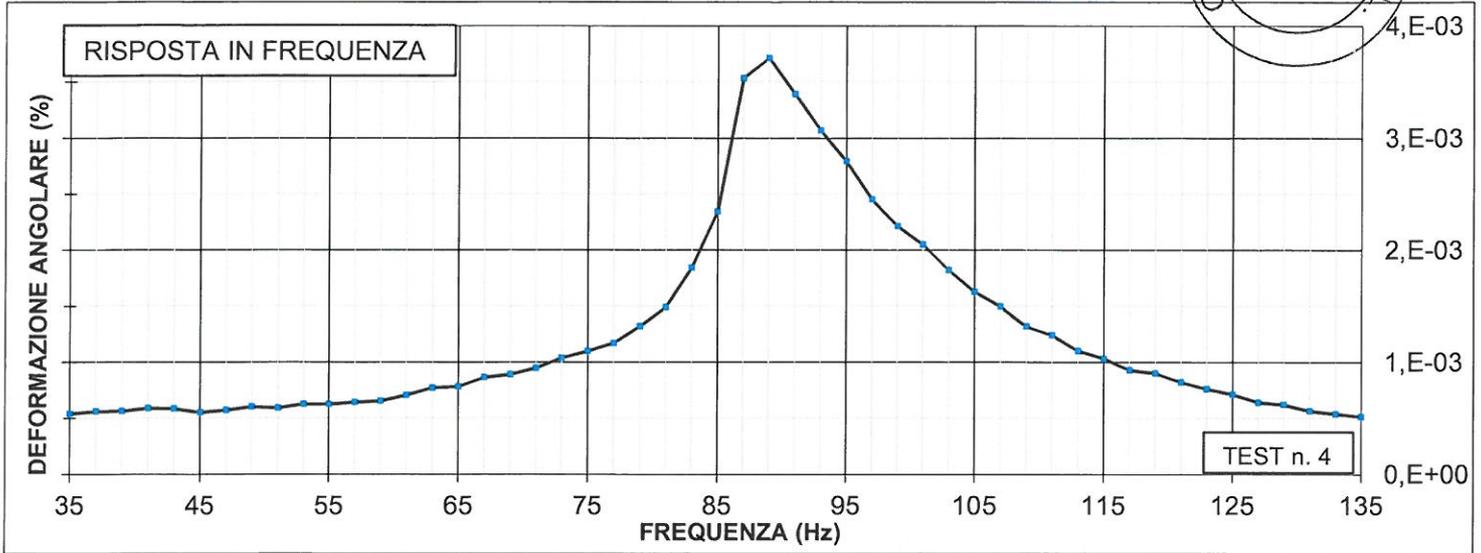
145
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 7 di 13

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

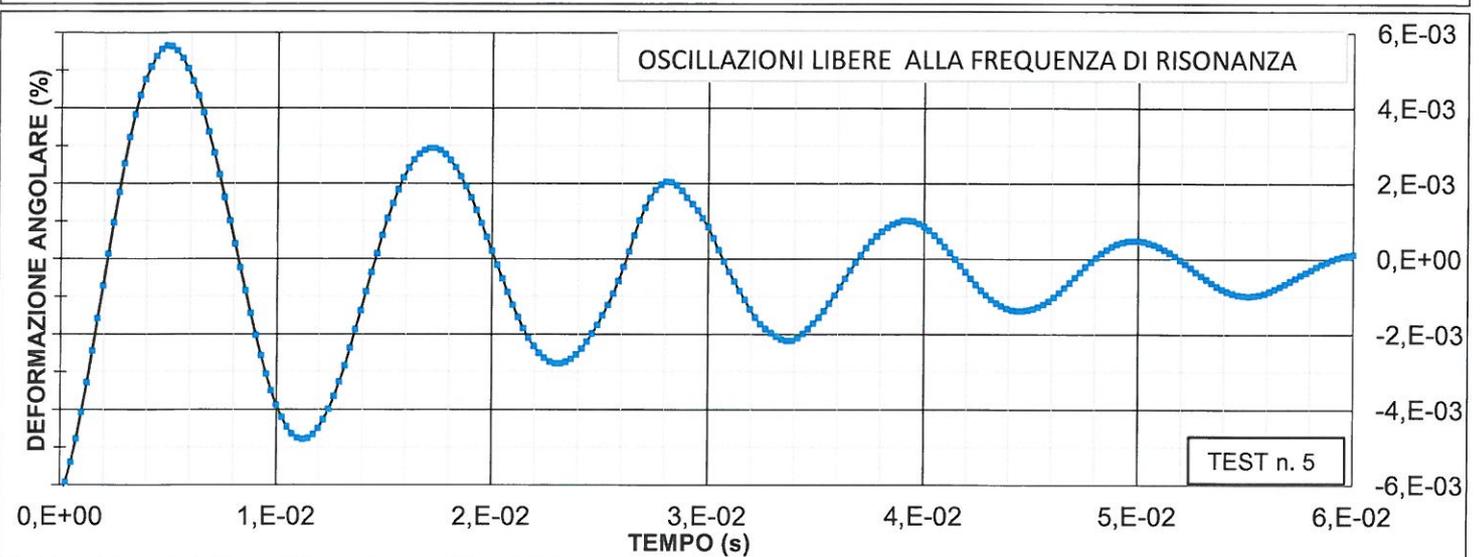
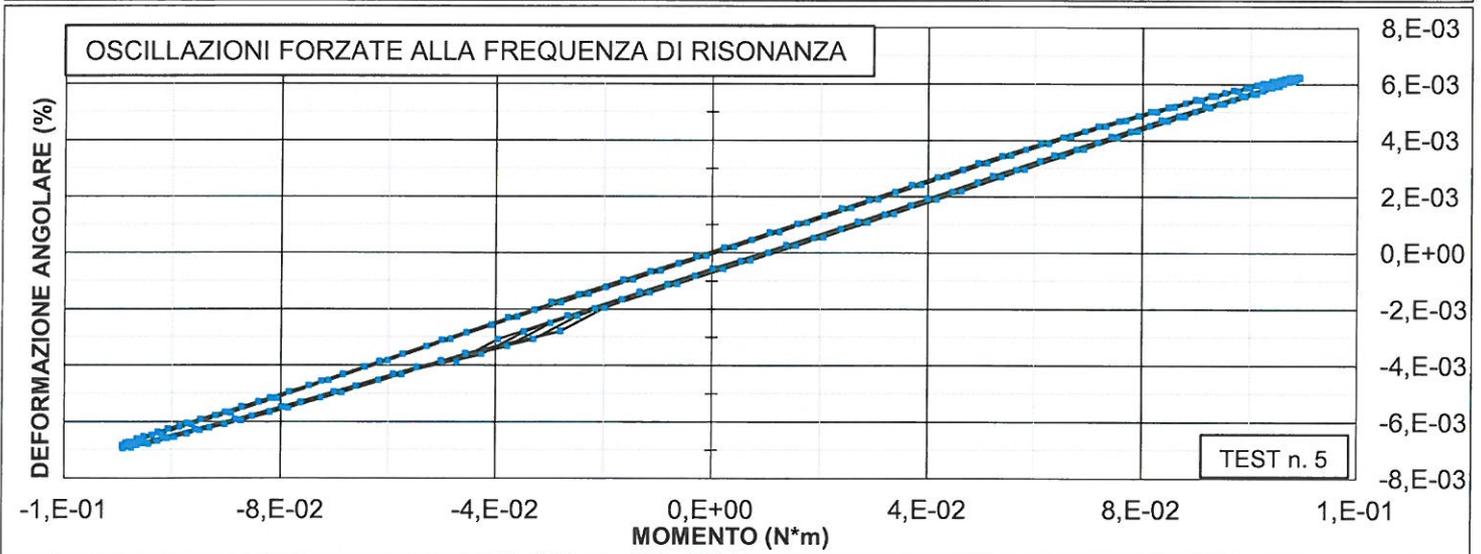
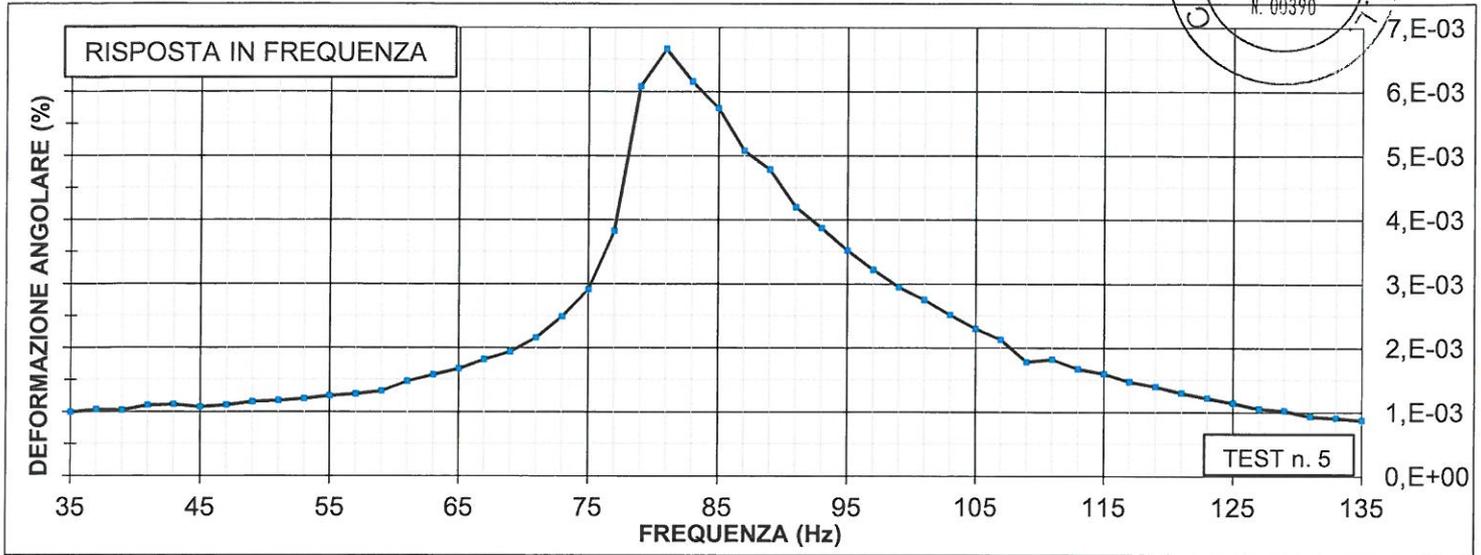
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



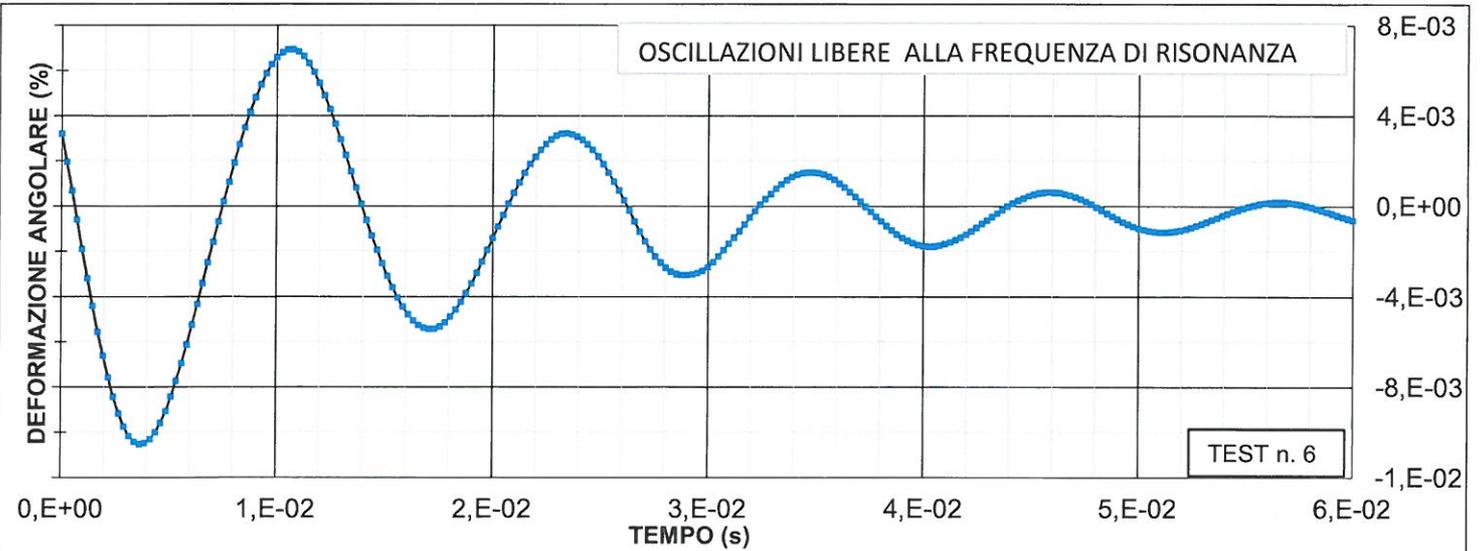
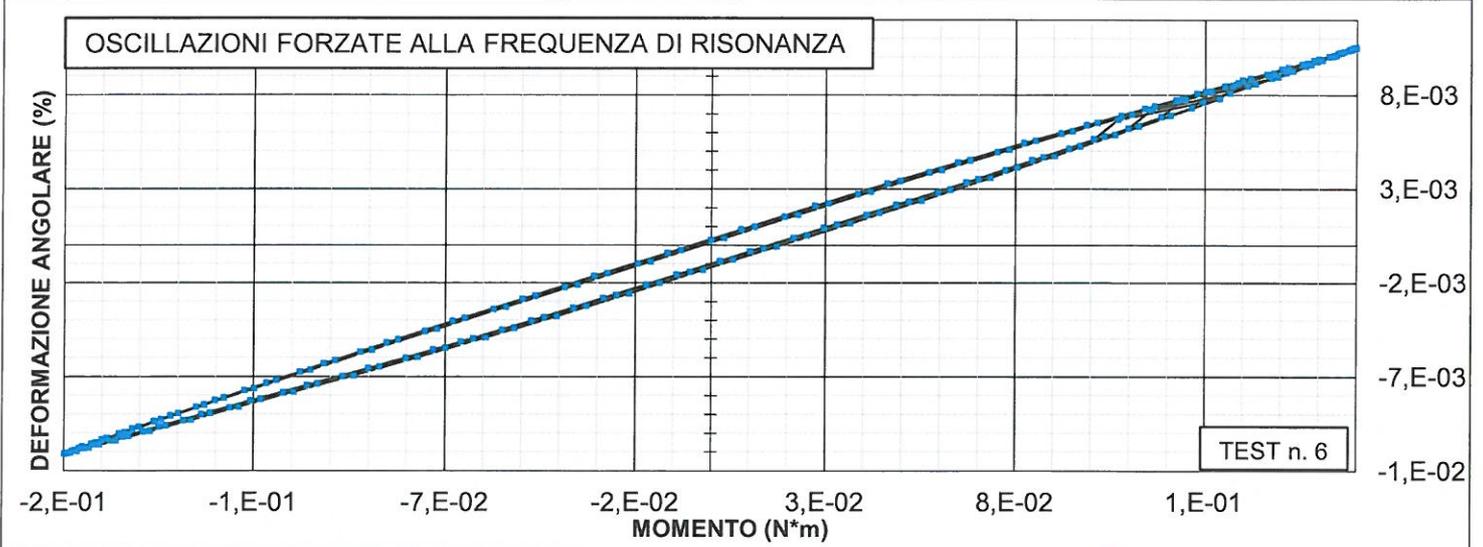
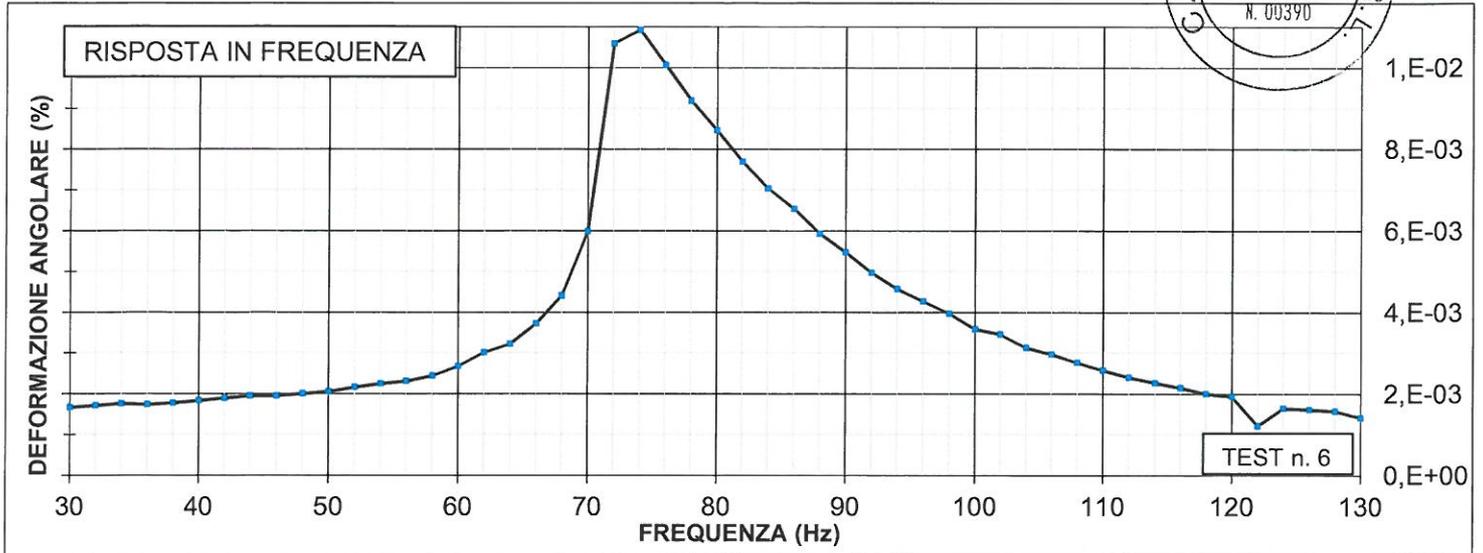
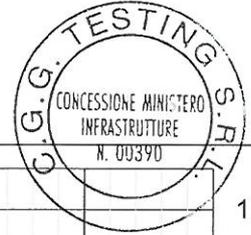
commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

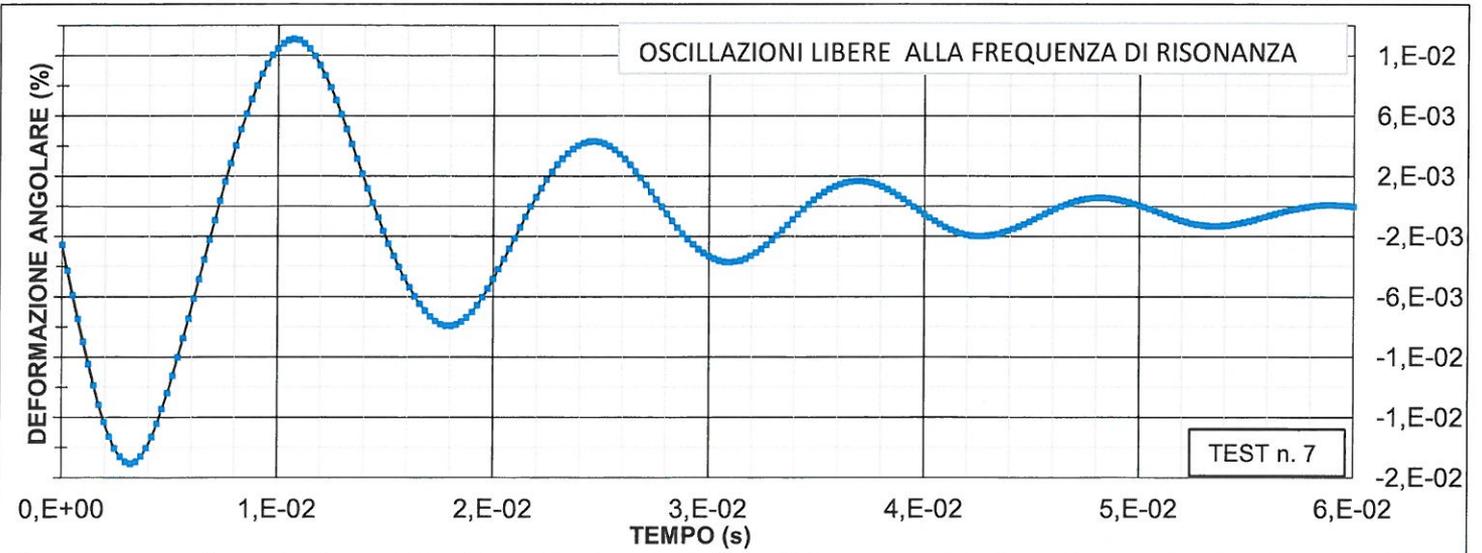
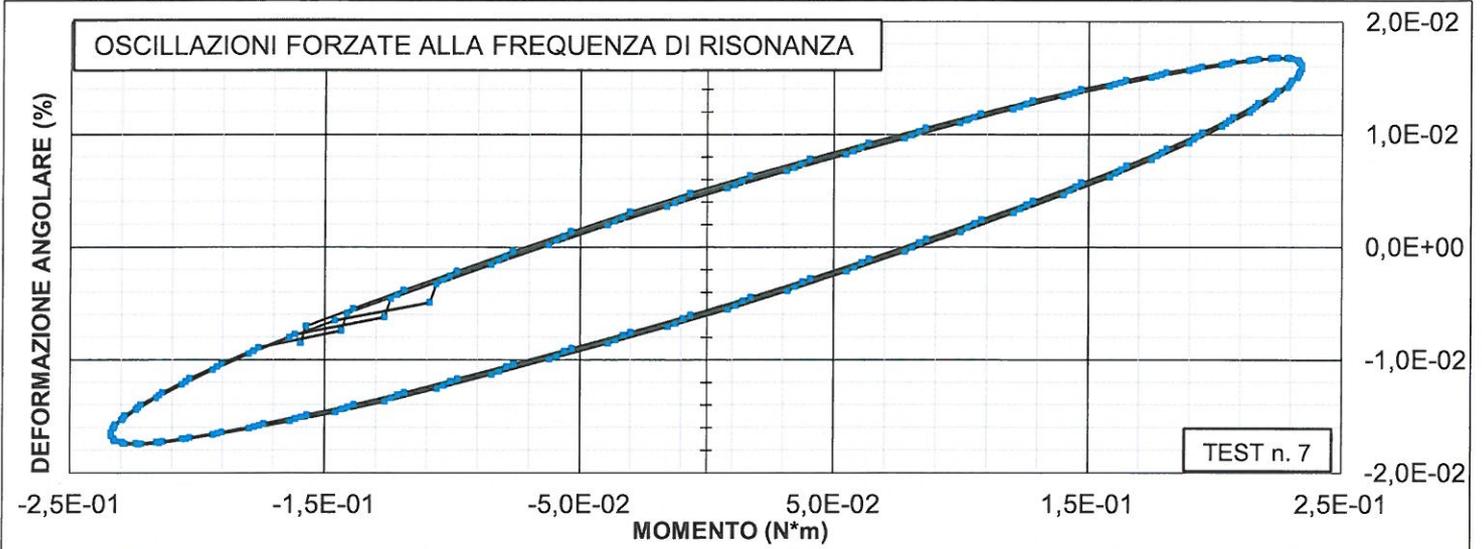
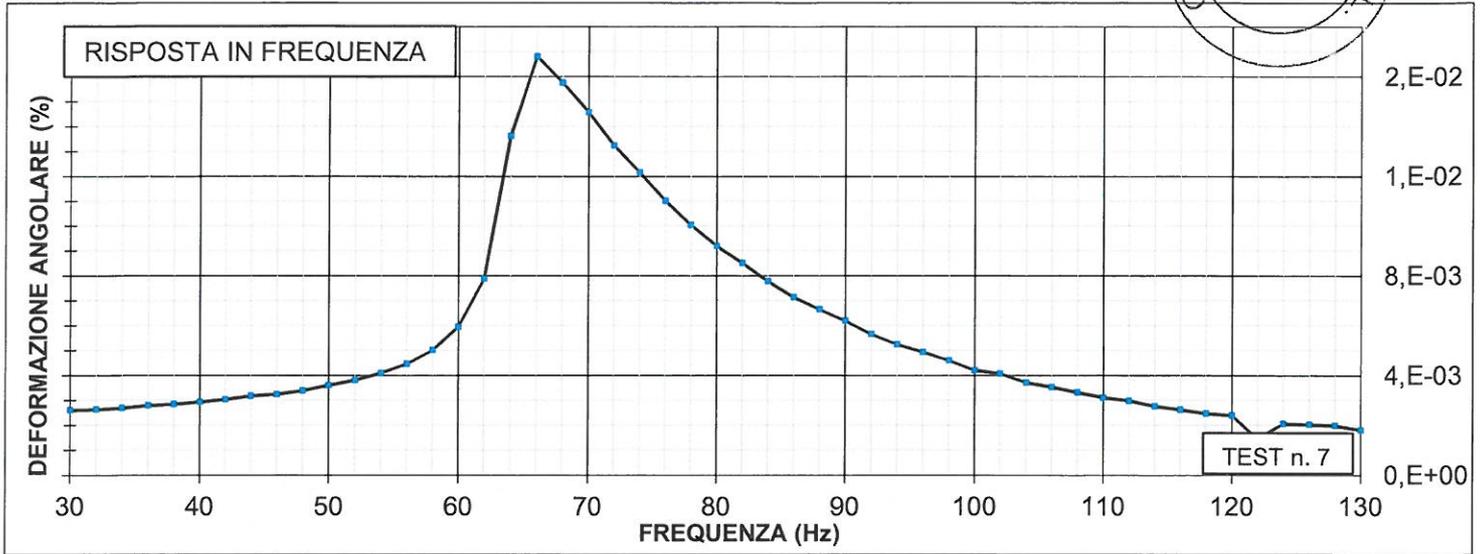
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

148
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 10 di 13



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

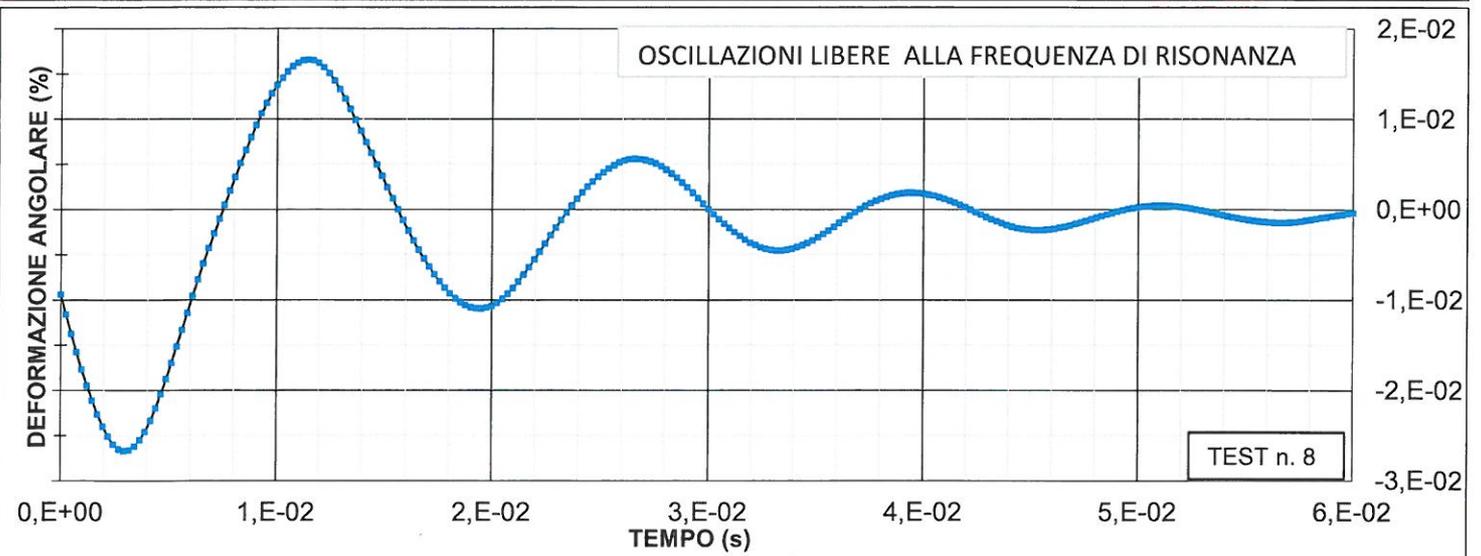
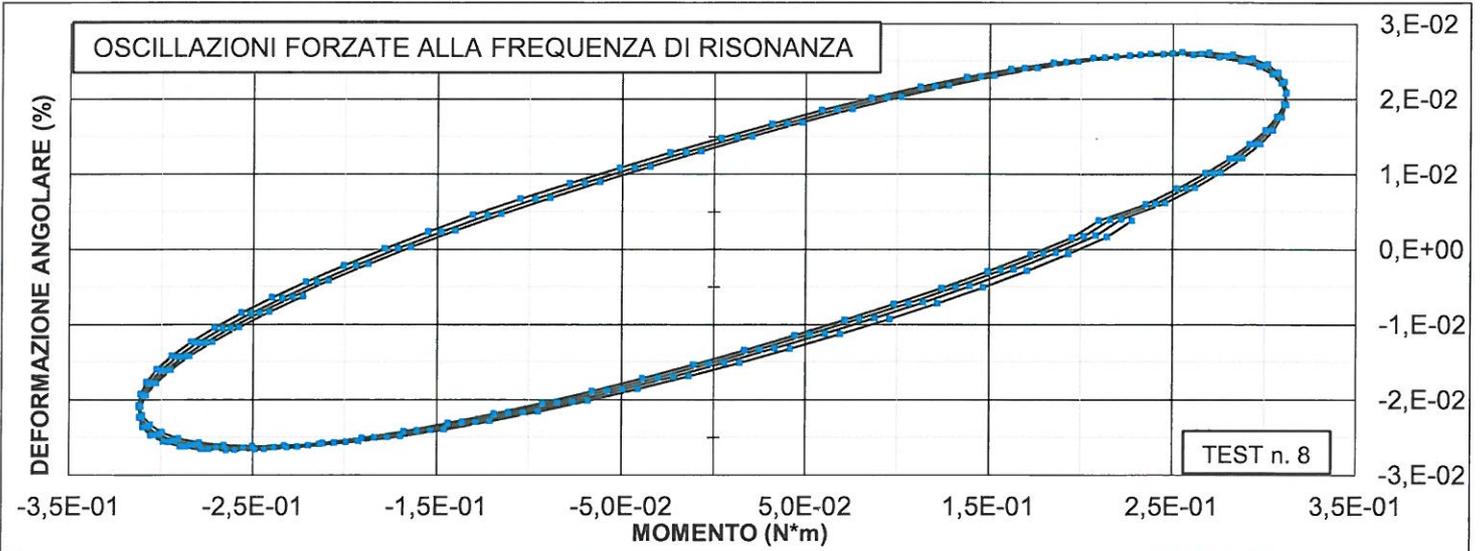
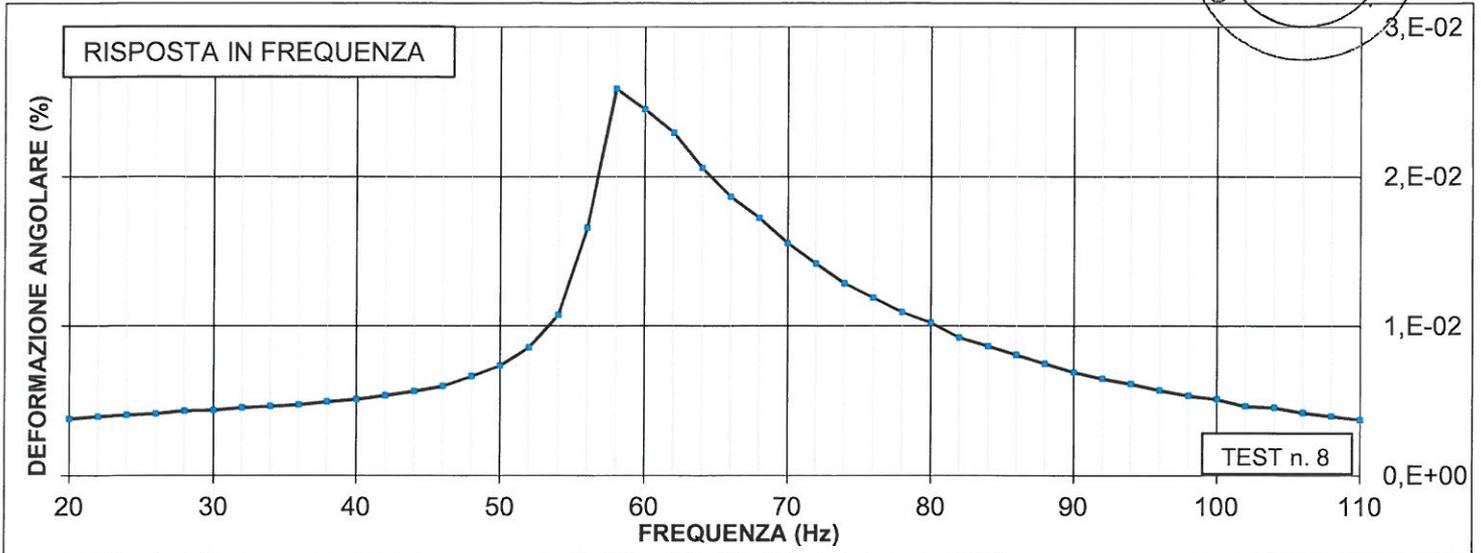
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

149
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 11 di 13



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

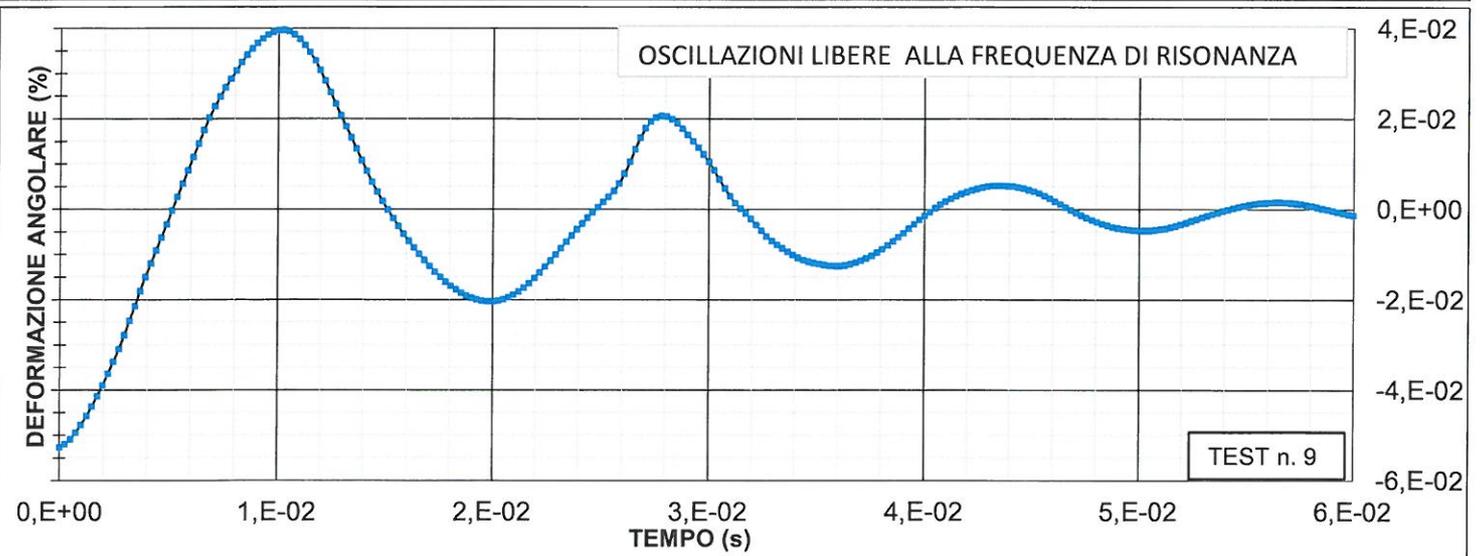
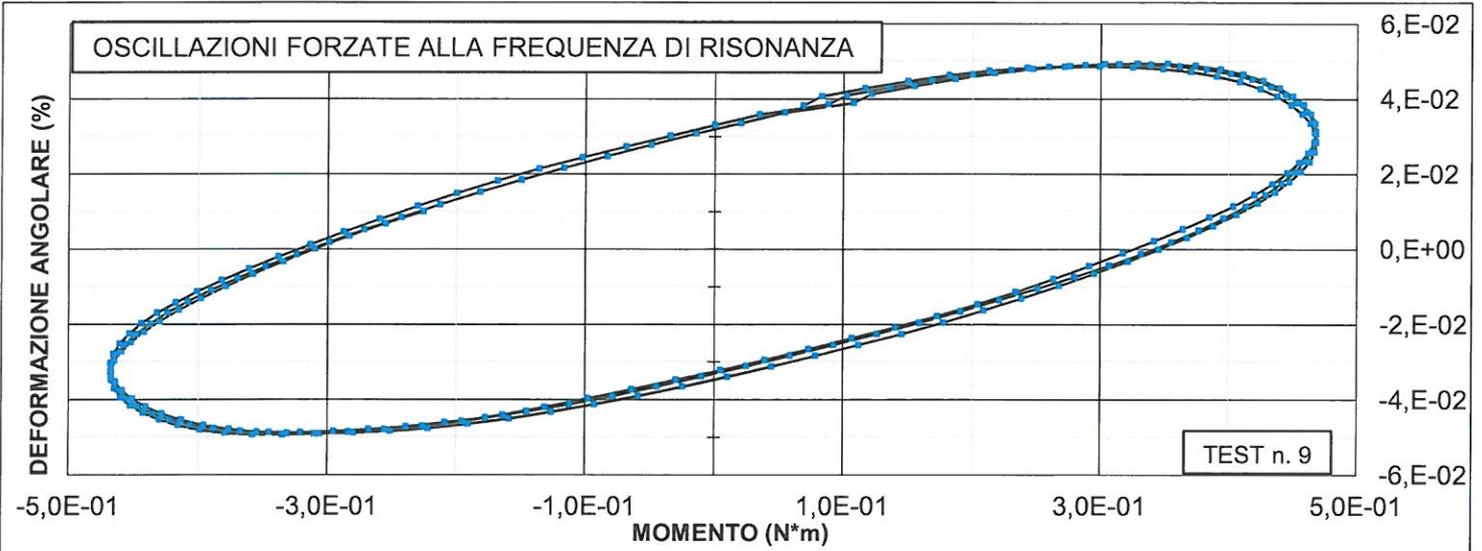
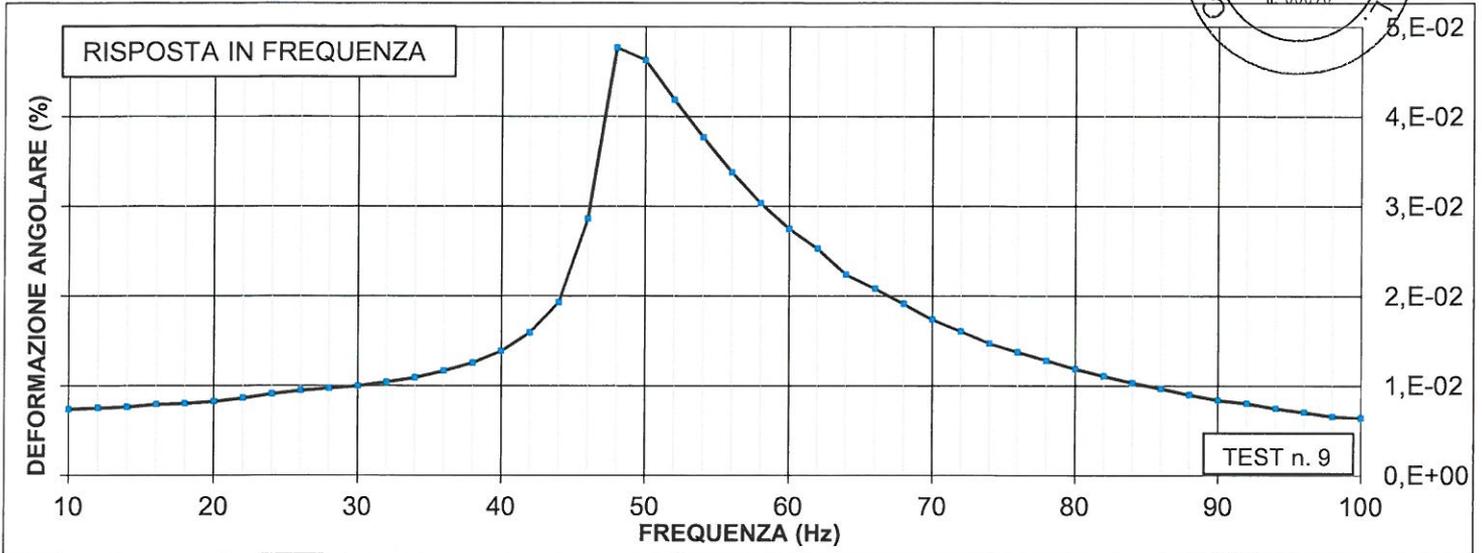
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

150
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 12 di 13

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

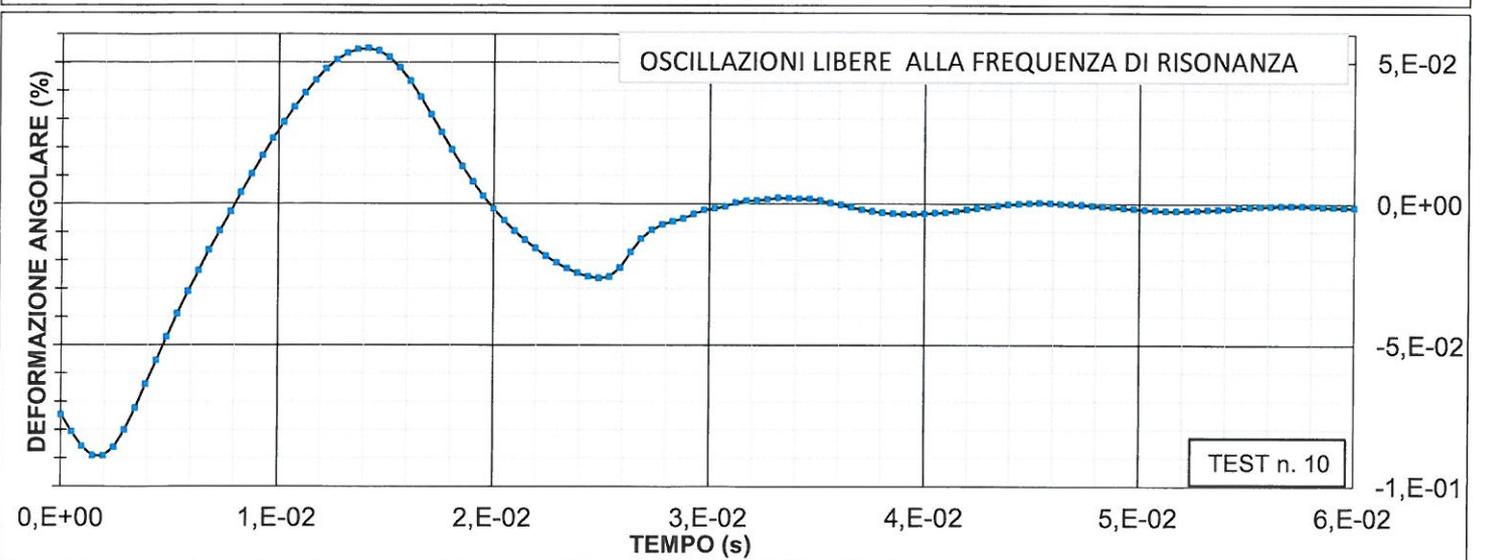
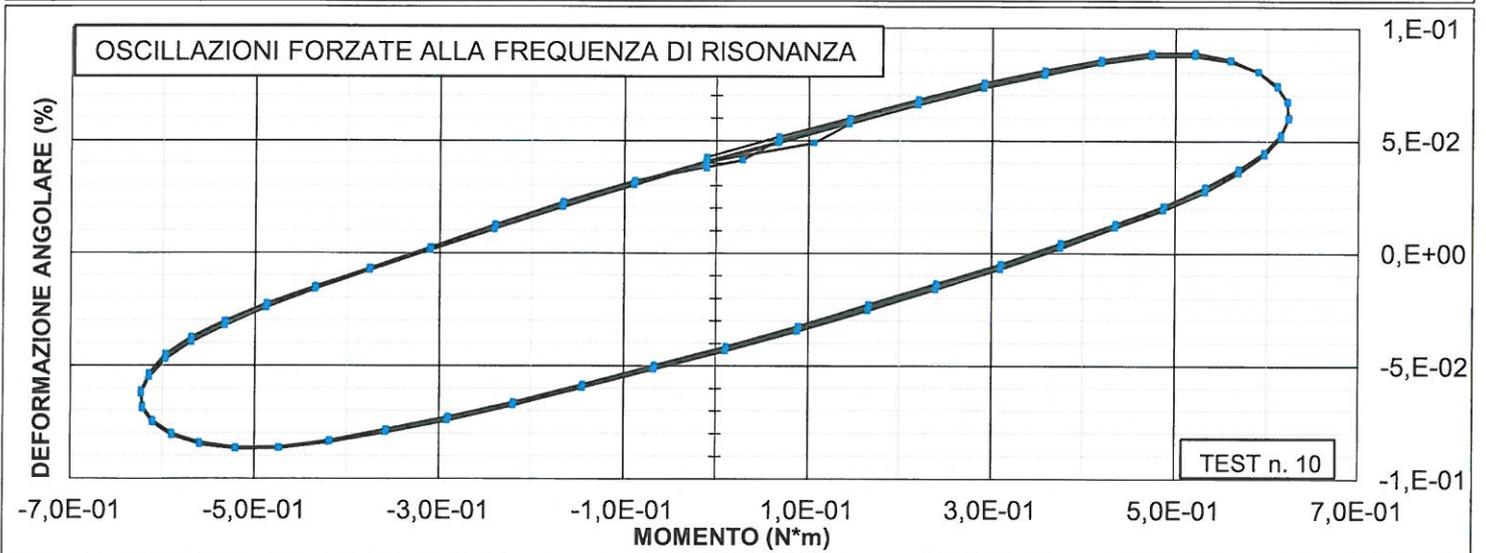
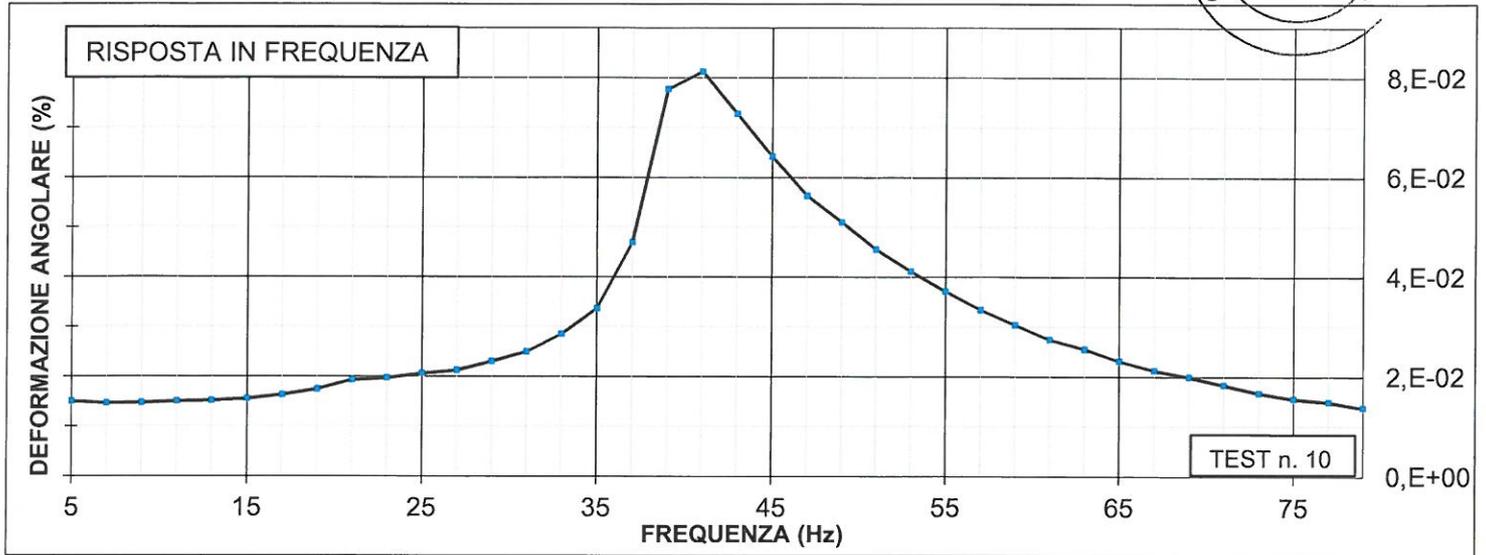
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

151
certificato di prova n° 3083 del 07/10/2014
pag. 13 di 13



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/02

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

152
certificato di prova n° 3111 del 08/10/2014
pag. 1 di 2



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Valgianna

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 29/09/2014

tipologia: indisturbato

contenitore: sacchetto e nastro adesivo

colore secondo Munsell: 2.5Y 4/3 "Olive Brown"

diametro nominale (mm): 89

lunghezza effettiva (cm): 56

classe di qualità: Q5

Descrizione del campione: limo argilloso sabbioso color grigio-verde

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	80	380	
20	90	350	
30	70	390	
40	60	330	

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

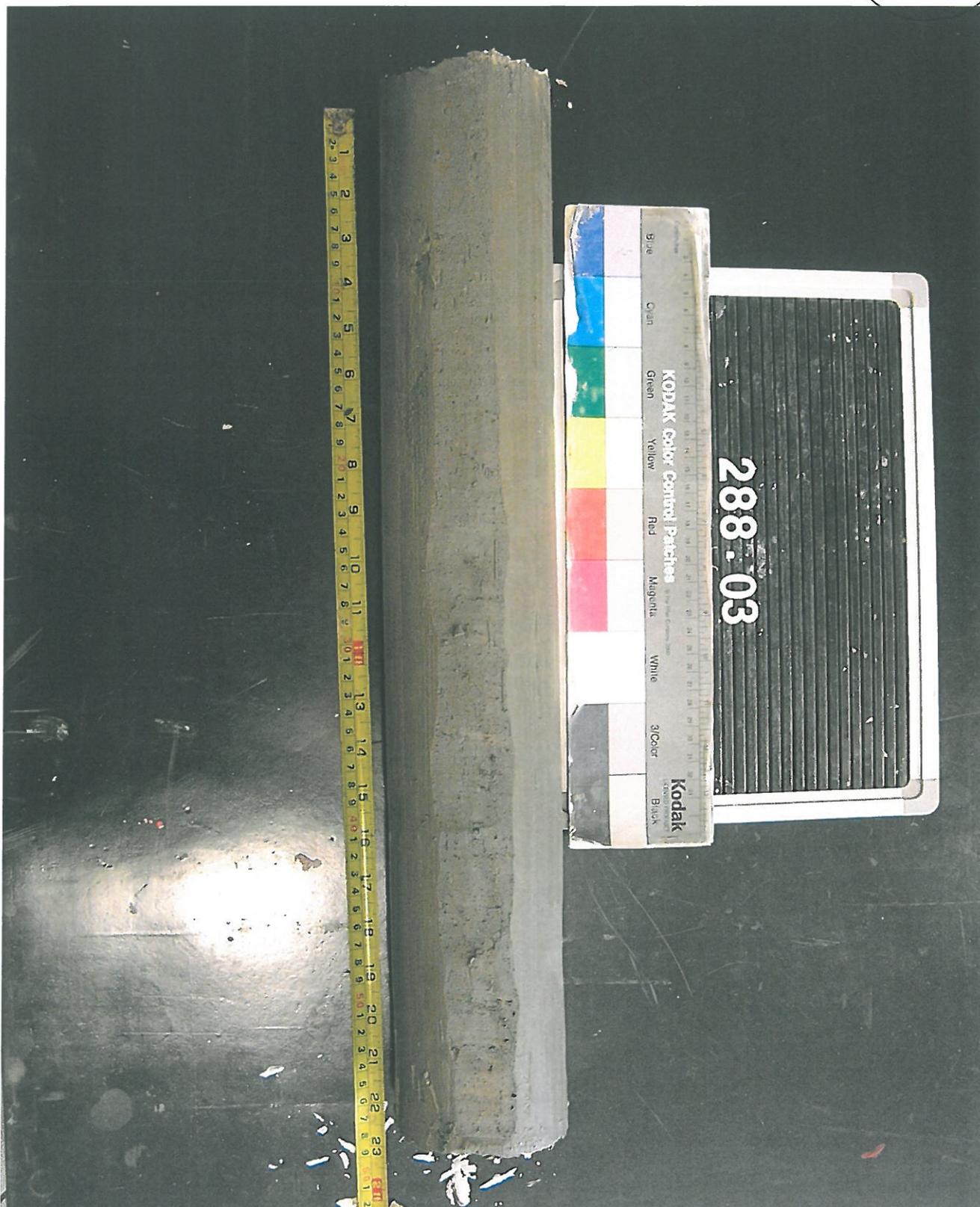
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

154
certificato di prova n° 3112 del 08/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Valgianna

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 23/09/2014

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
546,42	1004,42	colonna risonante	centro-superiore

Peso di volume ρ 1,84 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

155
certificato di prova n° 3113 del 08/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Valgianna
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna
CAMPIONE: C2
PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 23/09/2014

peso umido (g)	peso secco (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
162,87	112,45	colonna risonante	centro-superiore

Umidità allo stato naturale W 44,84 %

commessa: settore: id. campione:
288-14 04 288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

156
certificato di prova n° 3114 del 08/10/2014
pag. 1 di 3



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Valgianna

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 30/09/2014

massa terreno setacciato (g): 200,09

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
2	0,00	200,09	100,00
1	1,02	199,07	99,49
0,425	5,69	194,40	97,16
0,25	12,79	187,30	93,61
0,125	31,51	168,58	84,25
0,075	41,49	158,60	79,26

commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

157
certificato di prova n° 3114 del 08/10/2014
pag. 2 di 3

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 01-02/10/2014

temperatura di prova (°C): 23,5

densimetro utilizzato: ASTM 151 H

massa terreno alla sedimentazione (g): 50,97

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
30	0,062	32	77,34
60	0,044	30,5	73,23
120	0,032	28	66,38
300	0,020	26	60,90
600	0,015	24,5	56,79
1200	0,010	21,4	48,30
2400	0,008	19,3	42,54
4800	0,005	17,3	37,06
14400	0,003	14,4	29,12
86400	0,001	10,9	19,53

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$

$C_d = 5$

$C_t = 1,7$

composizione granulometrica	
% ghiaia	0,0
% sabbia	22,9
% limo	53,0
% argilla	24,1

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

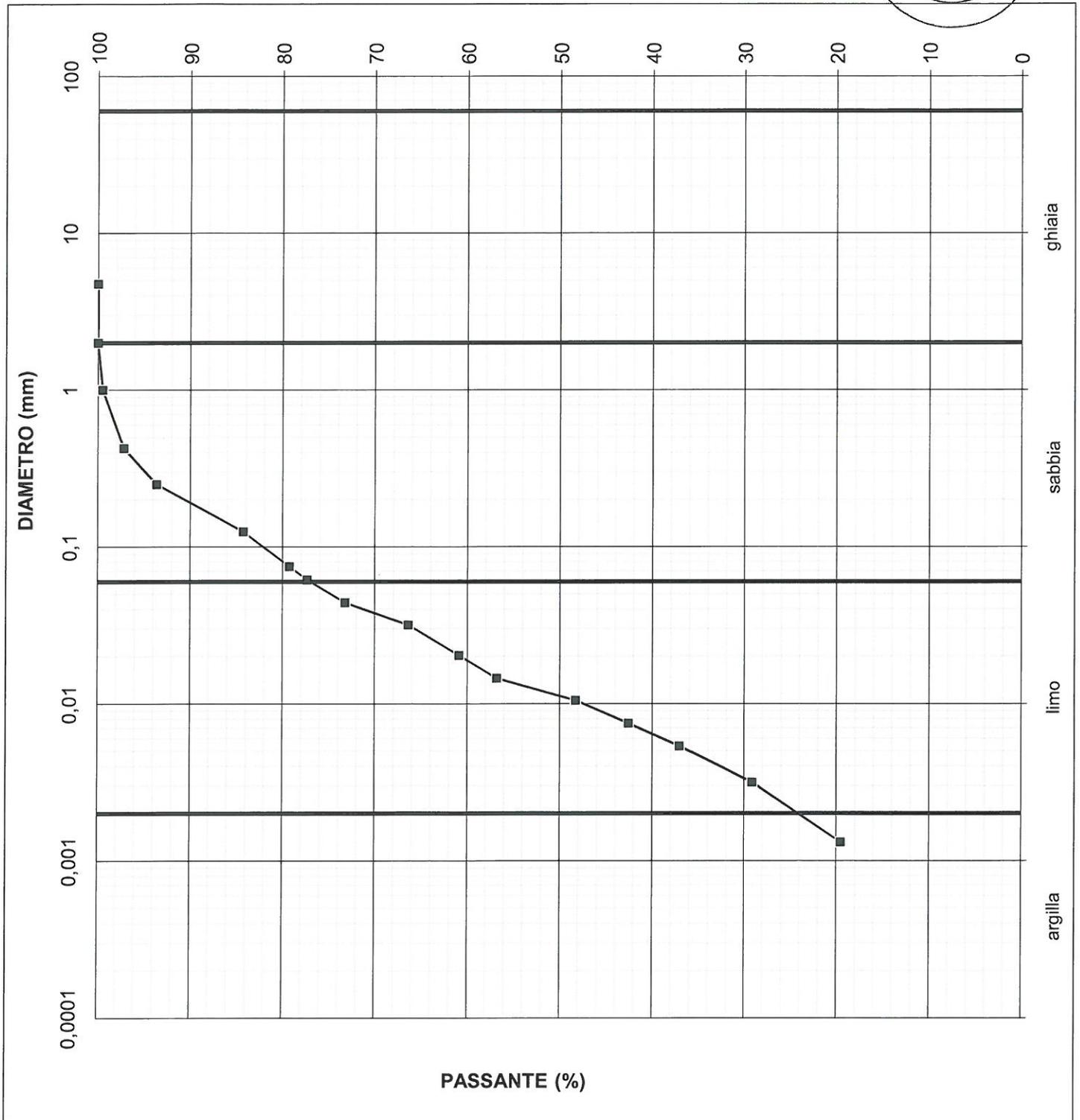
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

158
certificato di prova n° 3114 del 08/10/2014
pag. 3 di 3

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: via Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

159
certificato di prova n° 3115 del 08/10/2014
pag. 1 di 2

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Valgianna

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

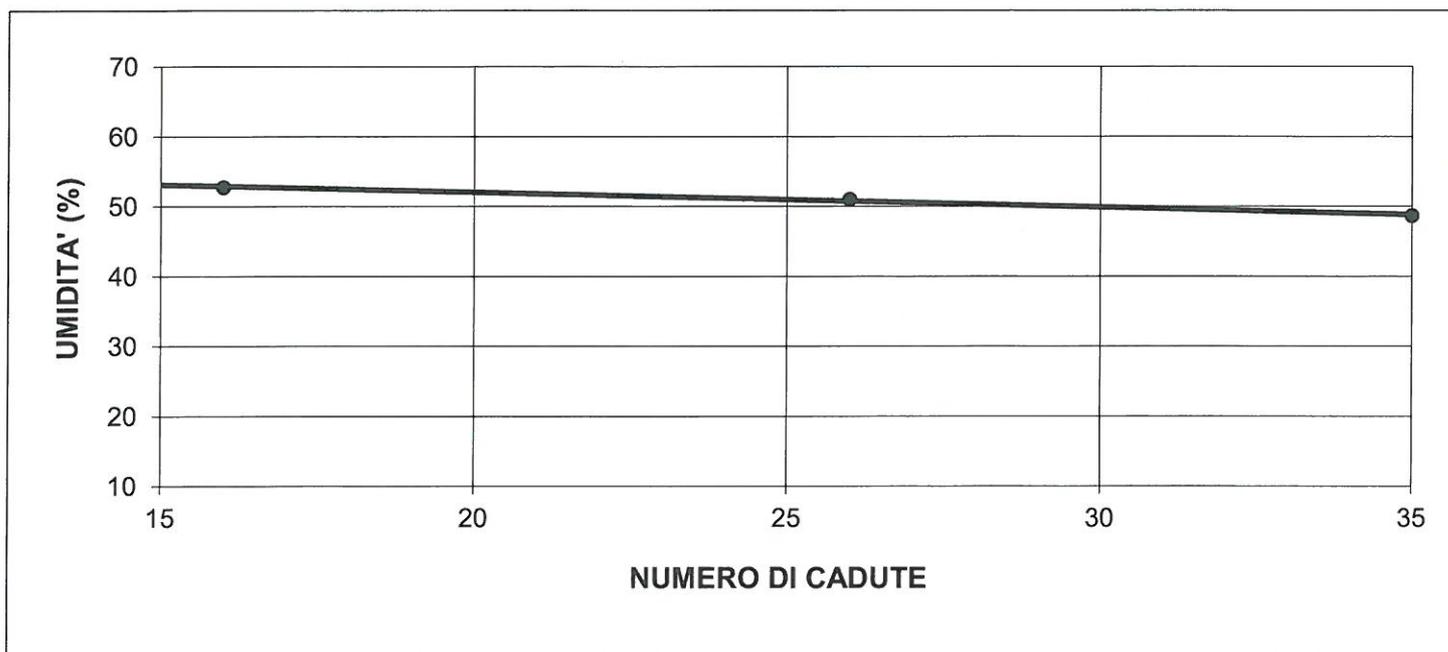
DATI DI PROVA

data di esecuzione: 01/10/2014

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
35	6,69	4,50	48,67	1,44	1,04	38,46
26	8,02	5,31	51,04	1,32	0,96	37,50
16	8,89	5,82	52,75			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	51 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	38 %
LIMITE DI RITIRO	Wr	
INDICE DI PLASTICITA'	IP	13



commessa: 288-14

settore: 04

id. campione: 288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

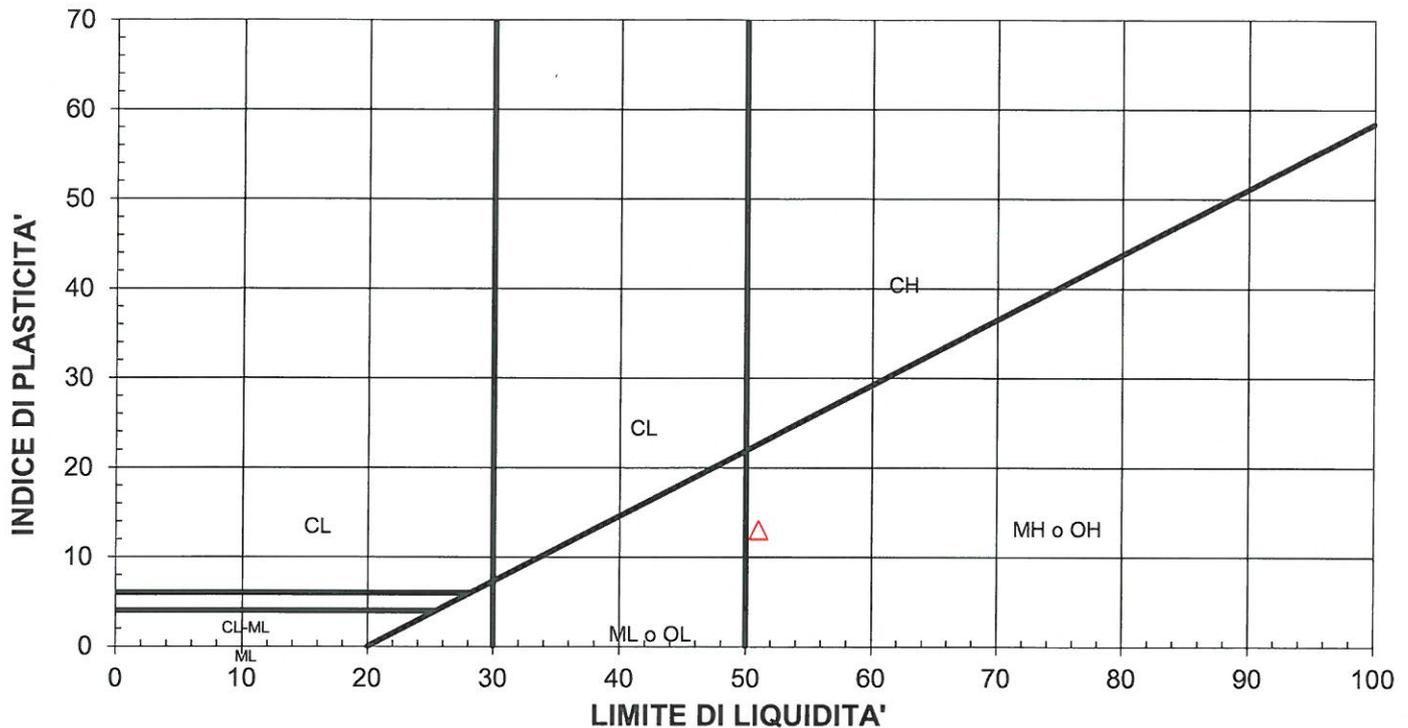
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



CARTA DI PLASTICITA'



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa: 288-14 settore: 04 id. campione: 288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

161
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 1 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Valgianna

Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Valgianna

CAMPIONE: C2

PROFONDITÀ (m): 5,0 - 5,6

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)
38,48	14,20	1004,42	44,84

altezza finale (cm)	massa finale (g)	volume finale (cm ³)	umidità finale (%)
14,09	999,05	533,95	44,84

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale

σ'_1 = pressione assiale efficace

BP = contropressione

B = parametro di Skempton

σ_3 = pressione di confinamento

σ'_3 = pressione di confinamento efficace

dU = variazione di pressione interstiziale

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

data di esecuzione: 29-30/09/2014

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP iniziale (kPa)	BP finale (kPa)	durata della rampa (s)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
20	50	10	45	3600	10,0	45,0	
50	100	45	45	120	45,0	60,0	0,300
100	100	45	95	7200	60,0	95,0	
100	150	95	95	120	95,0	112,0	0,340
150	150	95	145	7200	112,0	145,0	
150	200	145	145	120	145,0	163,5	0,370
200	200	145	195	43200	163,5	195,0	
200	250	195	195	120	195,0	241,4	0,928
250	325	245	245	7200	241,4	311,8	0,938

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

data di esecuzione: 30/09-2/10/2014

durata della fase: 48 h

variazione di volume: 1,98 cm³

altezza finale: 14,18 cm

pressione di confinamento: 325 kPa

contropressione: 245 kPa

area corretta finale: 38,39 cm²

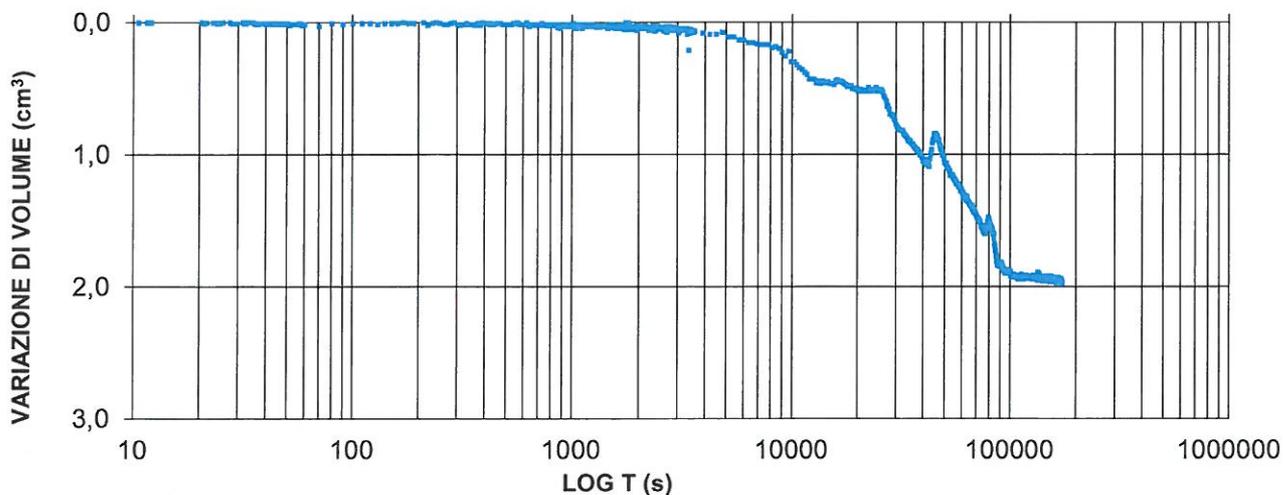
raggio corretto finale: 3,50 cm

commessa: settore: id. campione:
288-14 04 288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

CURVA DI CONSOLIDAZIONE



DATI DI PROVA: PRINCIPALI PARAMETRI DI RISPOSTA ALLE SOLLECITAZIONI ARMONICHE

data di esecuzione: 02/10/2014

pressione di confinamento: 325 kPa

contropressione: 245 kPa

raggio equivalente: 24,72 mm

SIMBOLOGIA ADOTTATA

ν = frequenza di risonanza

M = momento imposto dal sistema

G = modulo dinamico di taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

$d\theta$ = massima deformazione di taglio

D = fattore di smorzamento

G_0 = modulo dinamico di taglio al primo test

test n°	ν (Hz)	M (N*m)	$d\theta$ (%)	V_s (m/s)	G (MPa)	G/ G_0	D (%)*
1	66	0,0078	4,8E-04	85,77	13,82	1,00	5,57
2	62	0,0156	6,6E-04	80,58	12,20	0,88	6,04
3	62	0,0312	1,5E-03	80,58	12,20	0,88	5,27
4	60	0,0468	2,5E-03	77,98	11,42	0,83	6,81
5	58	0,0624	3,8E-03	75,38	10,67	0,77	7,61
6	54	0,1248	9,1E-03	70,18	9,25	0,67	8,42
7	48	0,2184	1,7E-02	62,38	7,31	0,53	8,97
8	44	0,3432	3,0E-02	57,18	6,14	0,44	10,78
9	40	0,4680	4,4E-02	51,98	5,08	0,37	11,56
10	36	0,6240	6,7E-02	46,79	4,11	0,30	12,93
11	30	0,9360	1,2E-01	38,99	2,86	0,21	13,45
12	26	1,2480	1,9E-01	33,79	2,15	0,16	13,41
13	24	1,5600	2,7E-01	31,19	1,83	0,13	11,82

*nota: il fattore di smorzamento risulta dall'interpretazione grafica dell'andamento delle vibrazioni libere; in corsivo i valori calcolati invece con il metodo della semibanda di frequenza

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



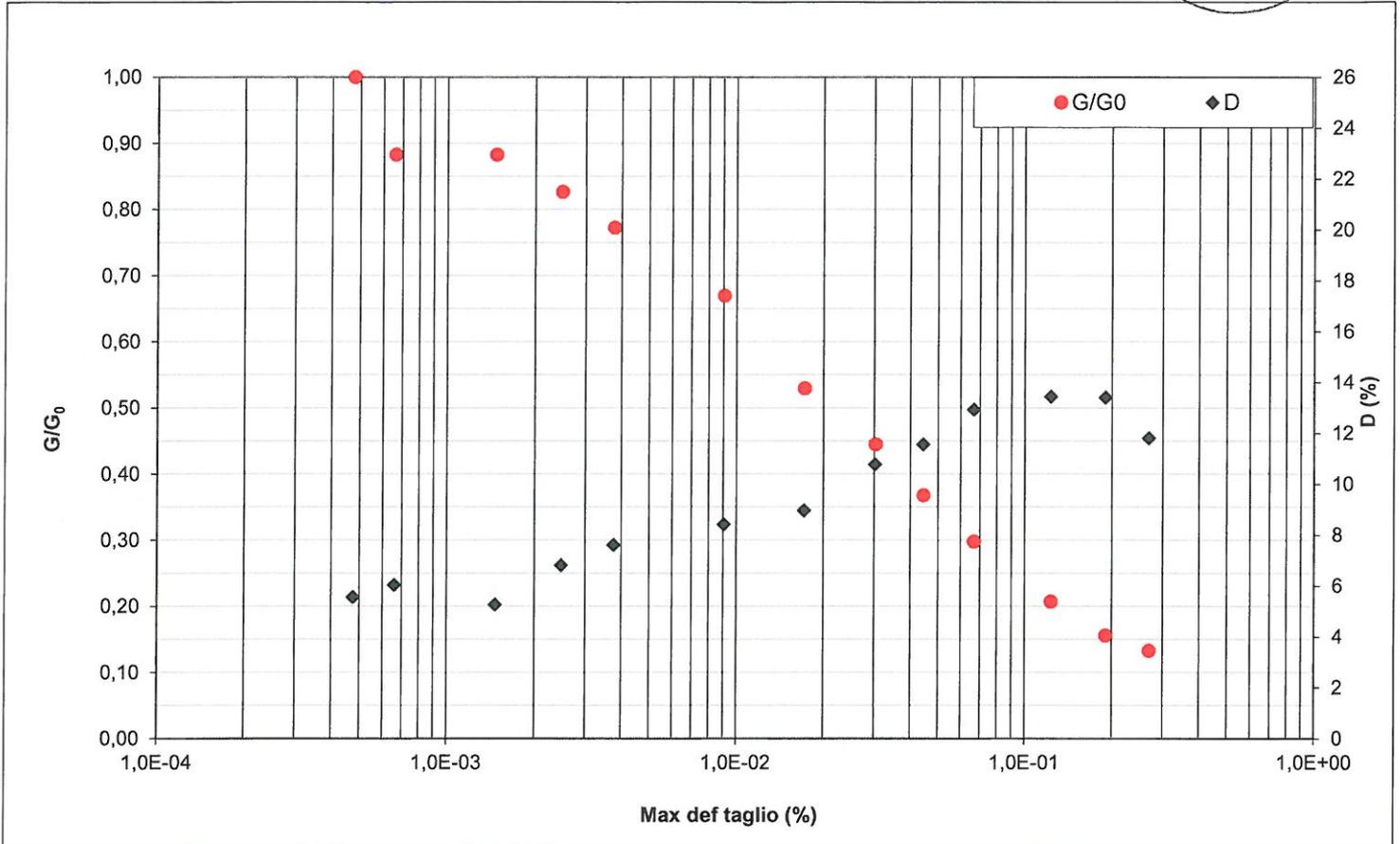
CGG Testing s.r.l.

163
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 3 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



CURVA DI DECADIMENTO DEL TERRENO



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

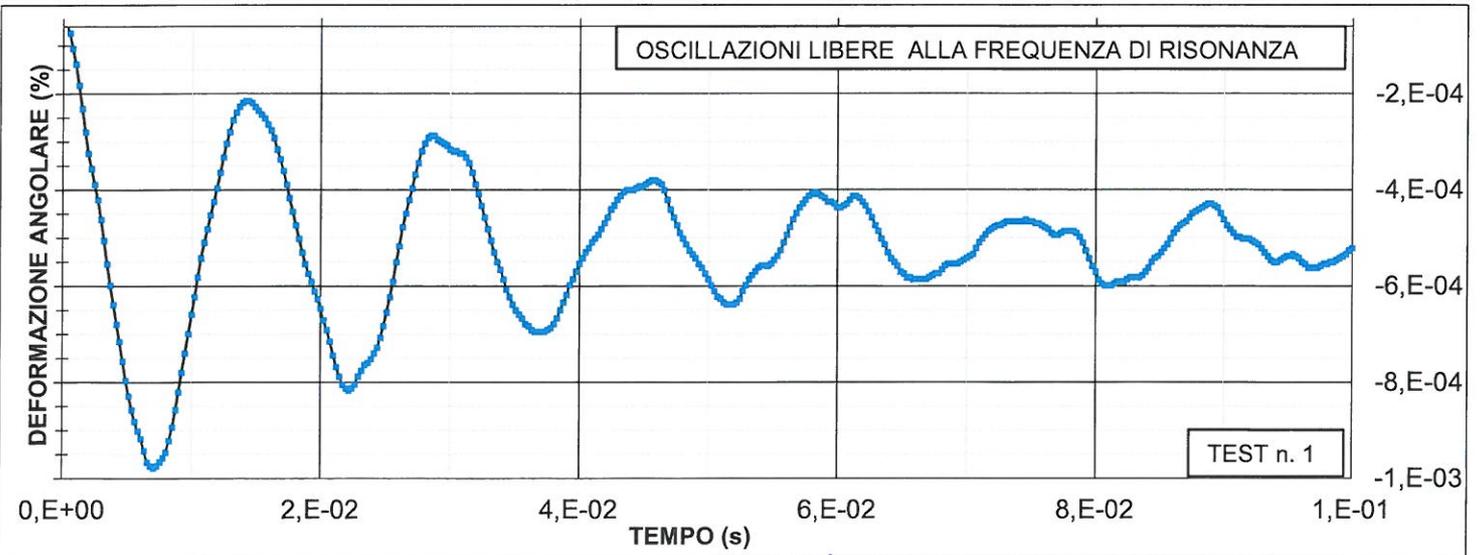
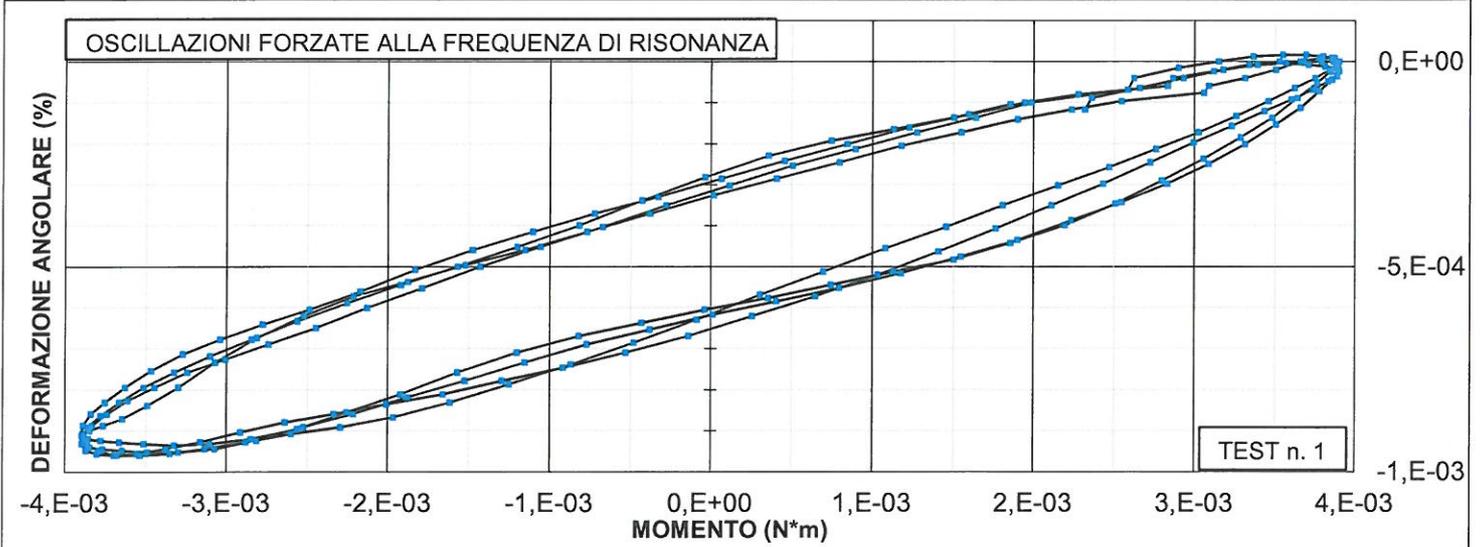
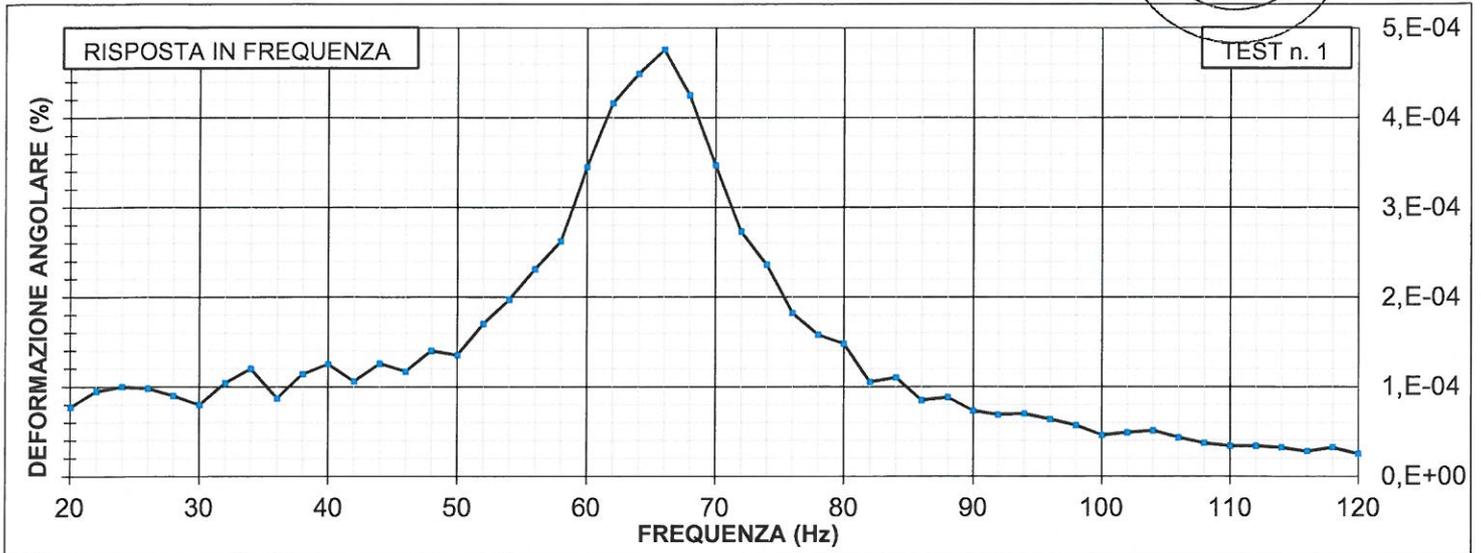
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

164
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 4 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

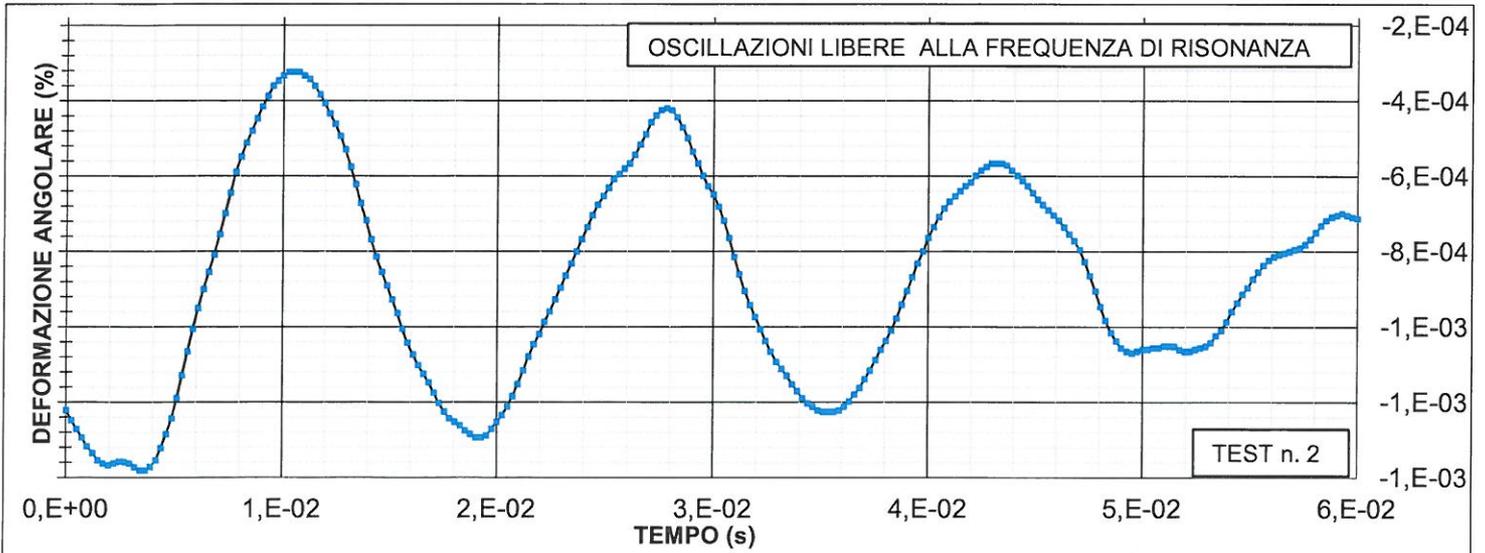
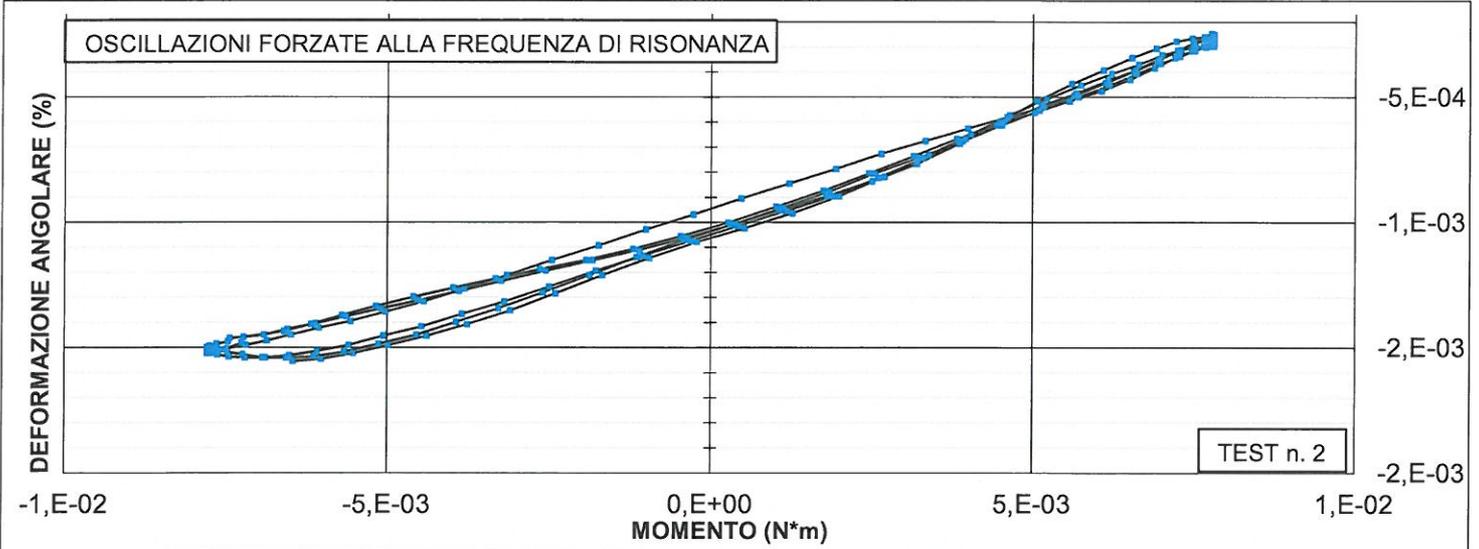
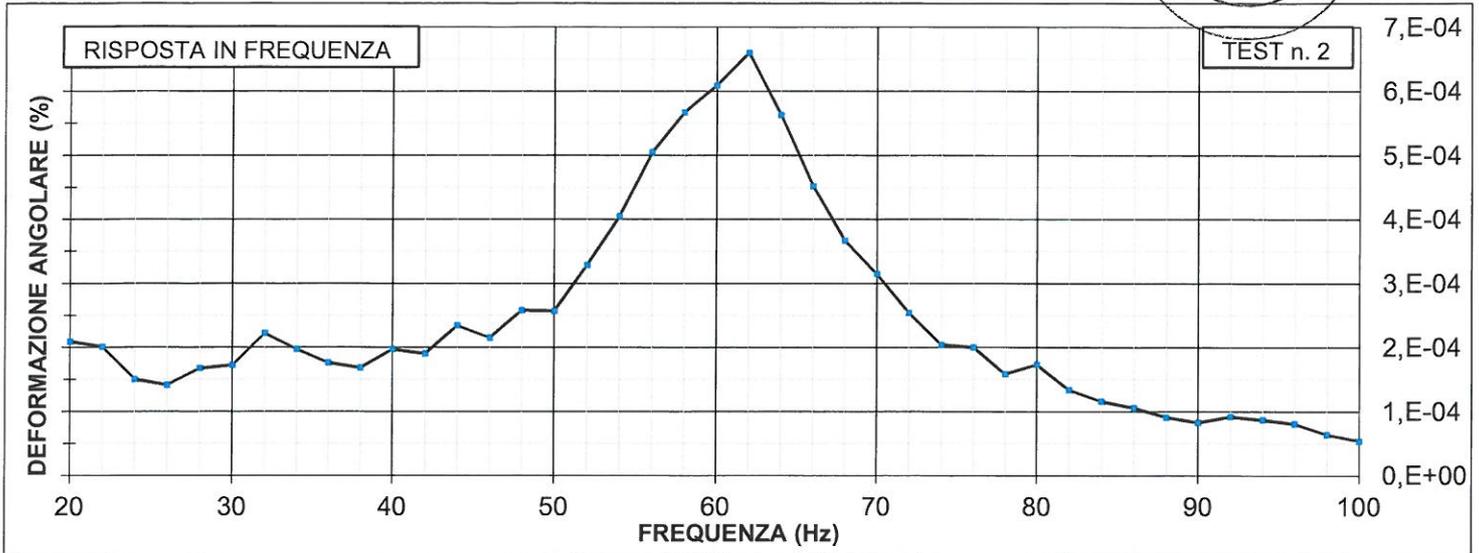
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

165
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 5 di 16



commessa:
288-14

settore:
04

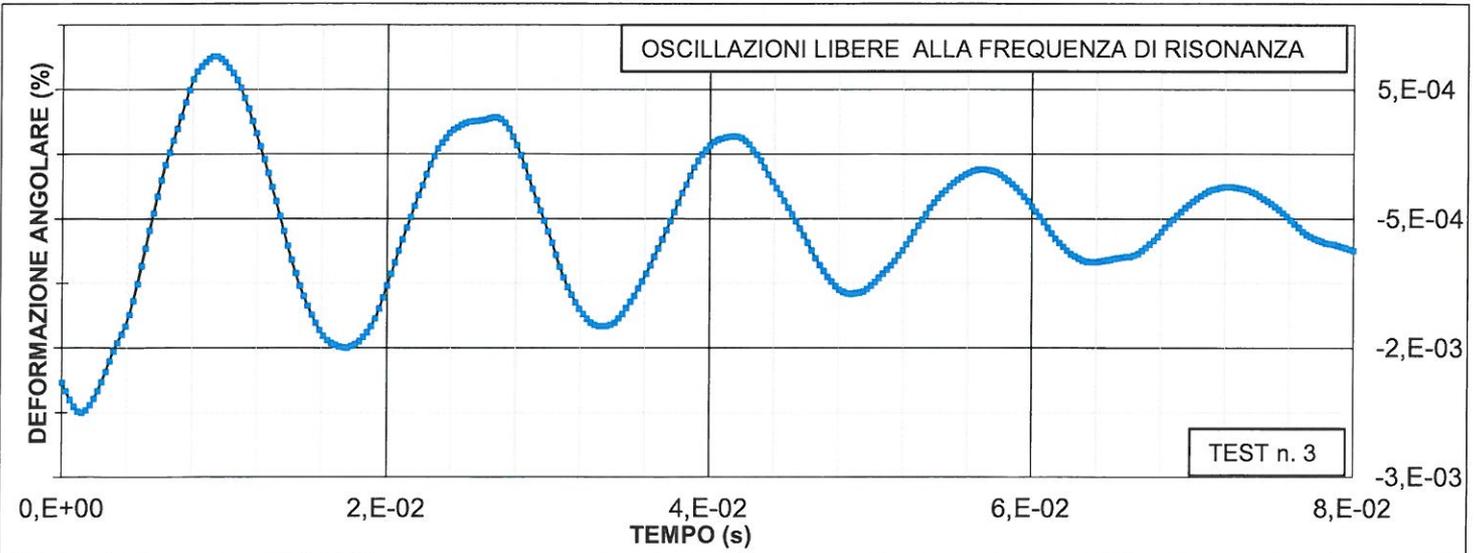
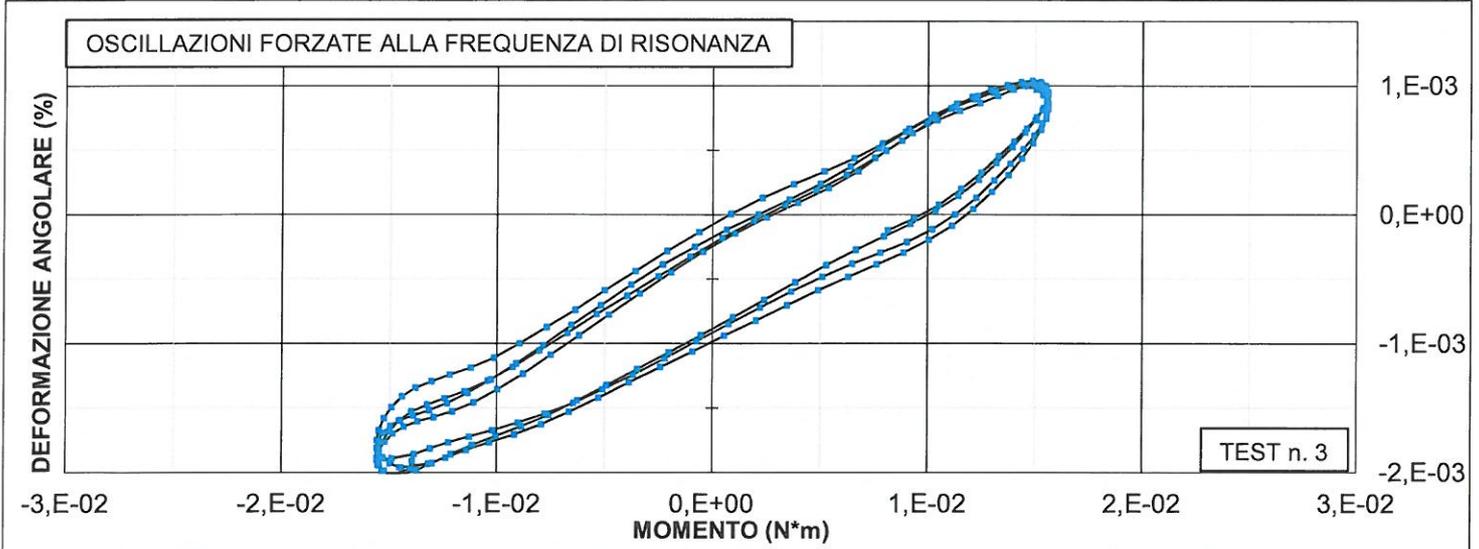
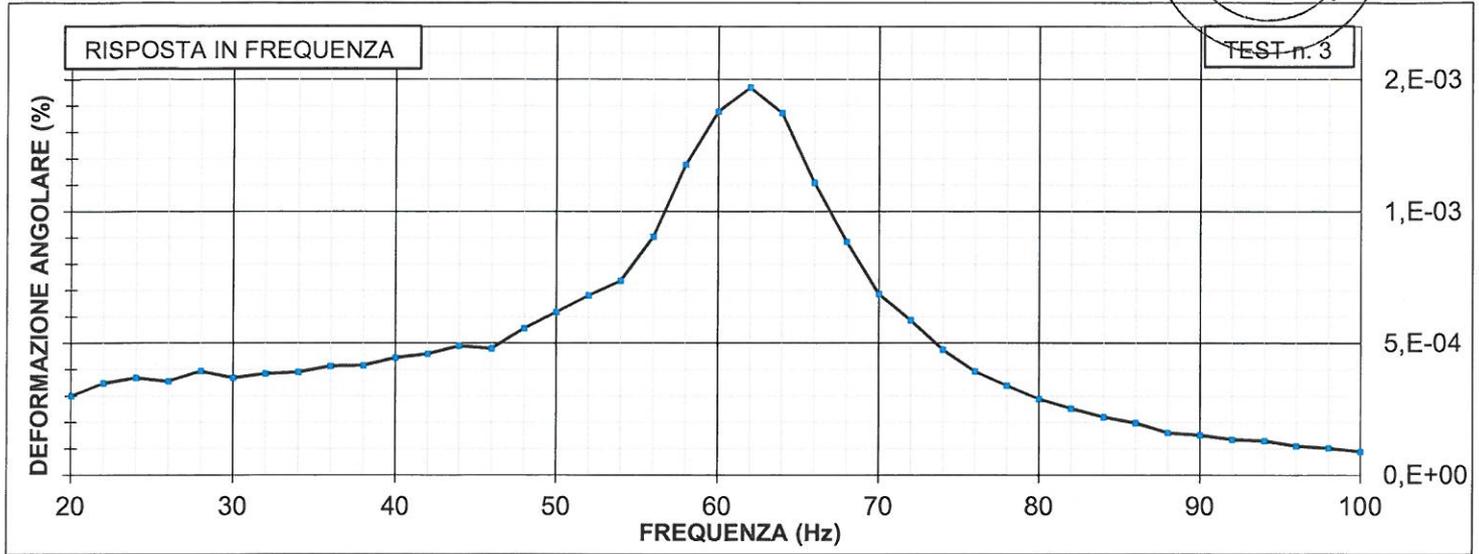
id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



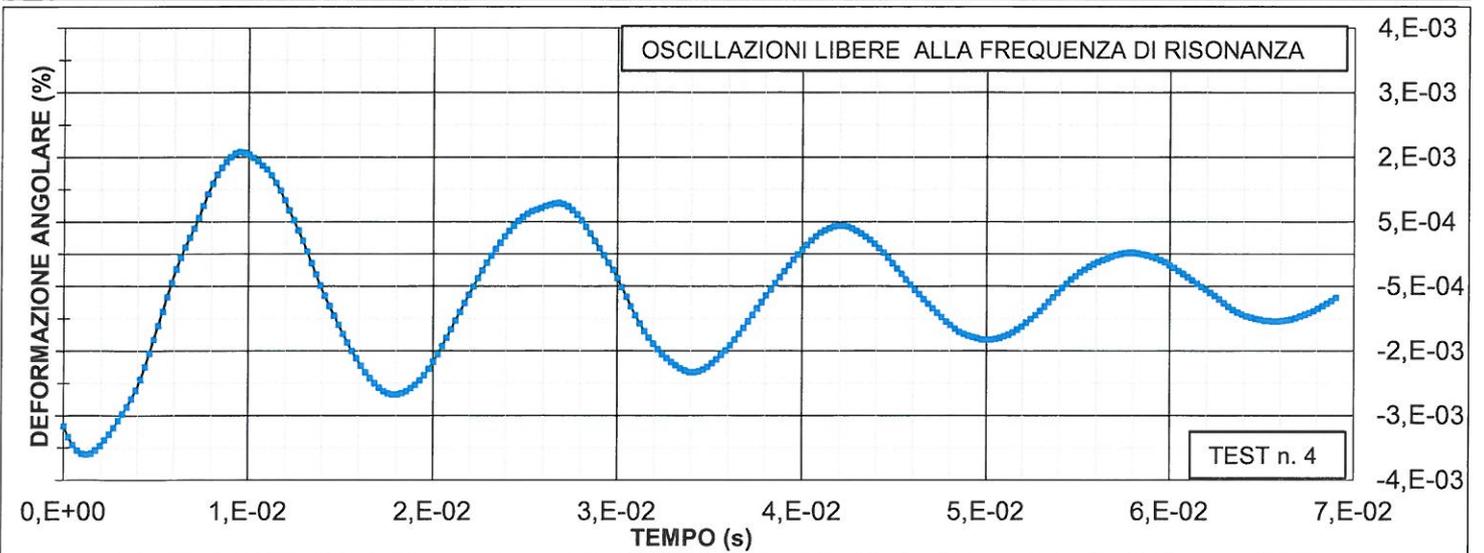
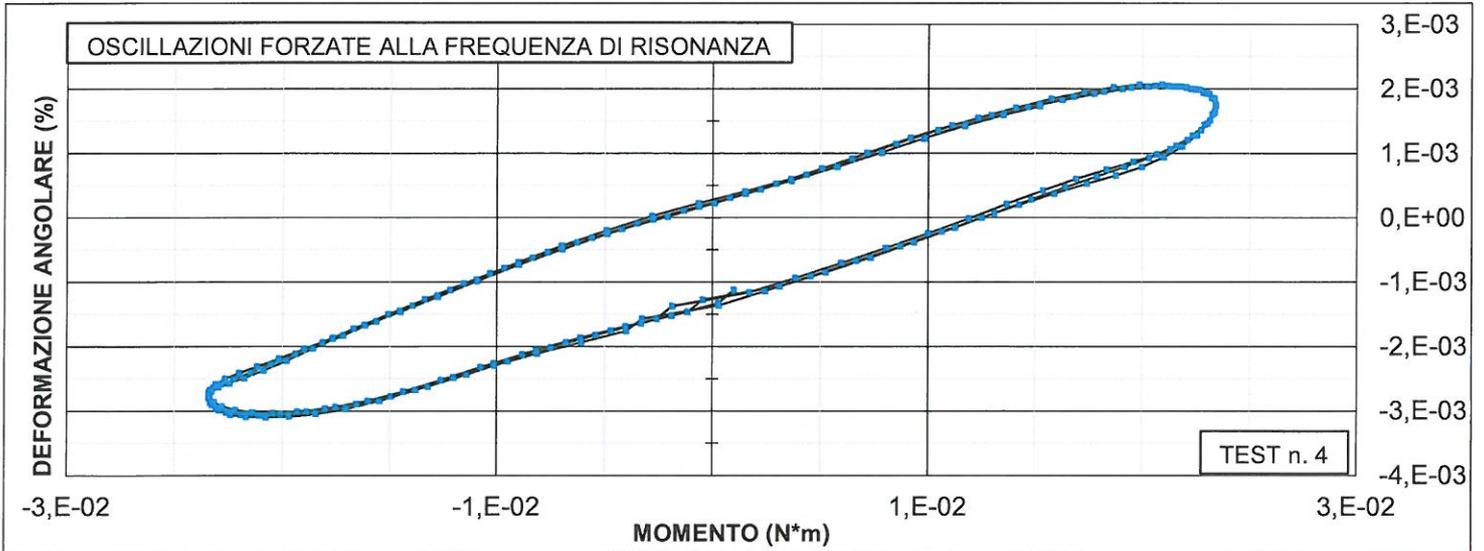
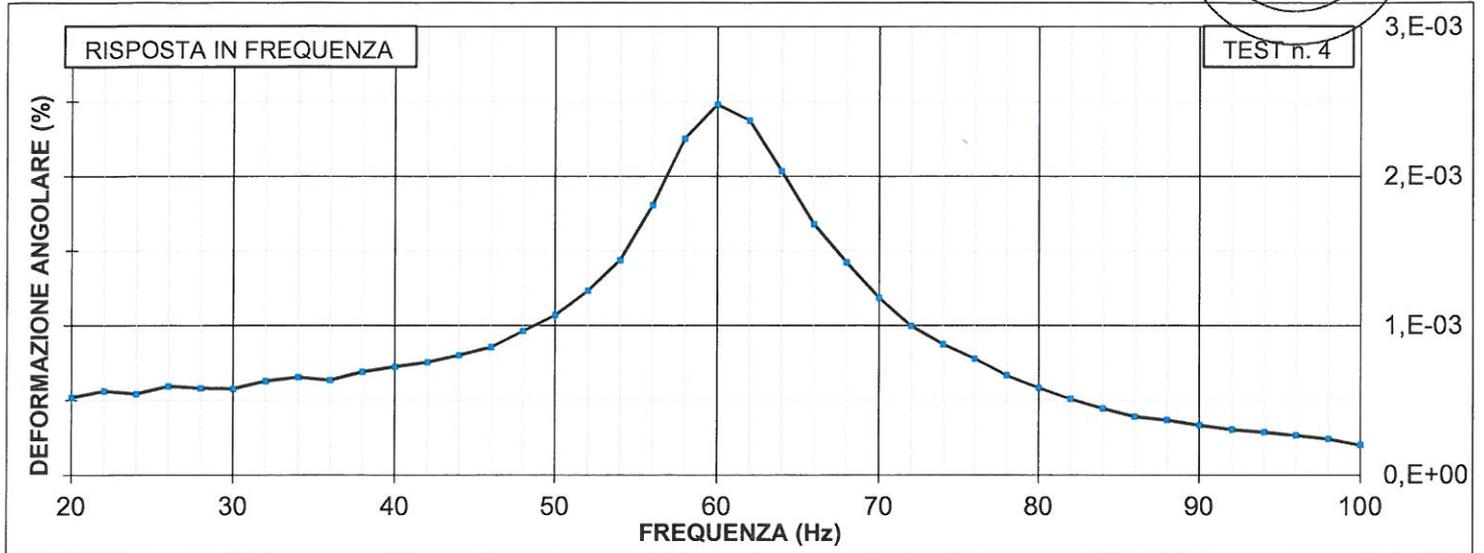
commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

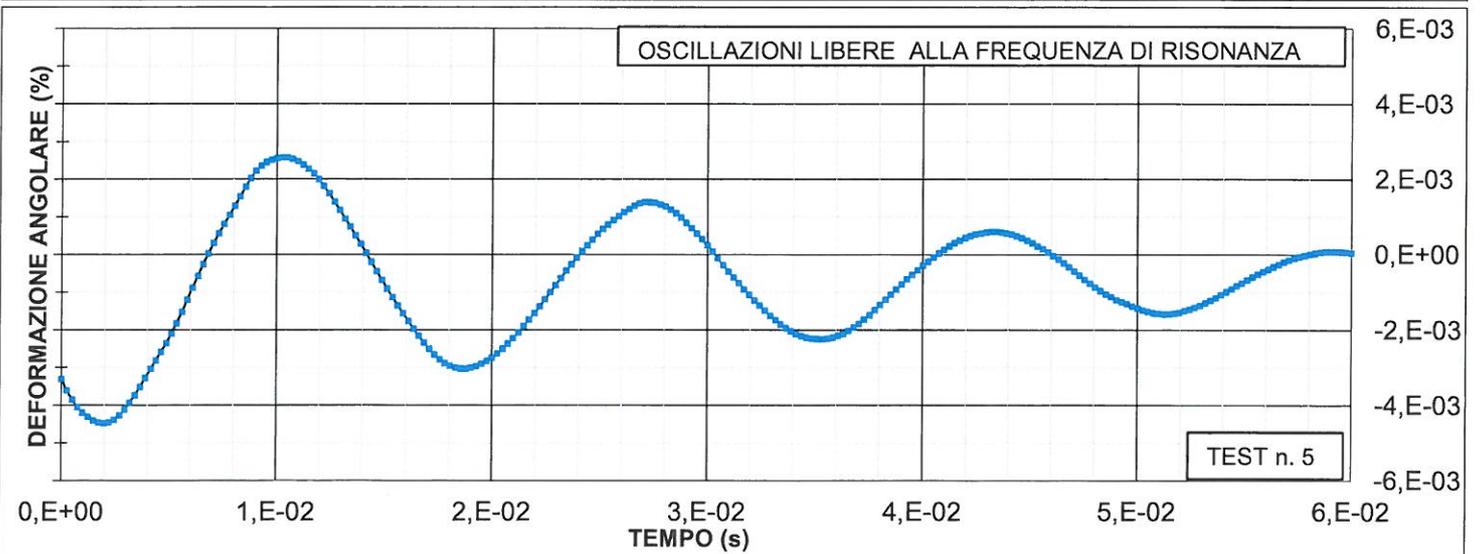
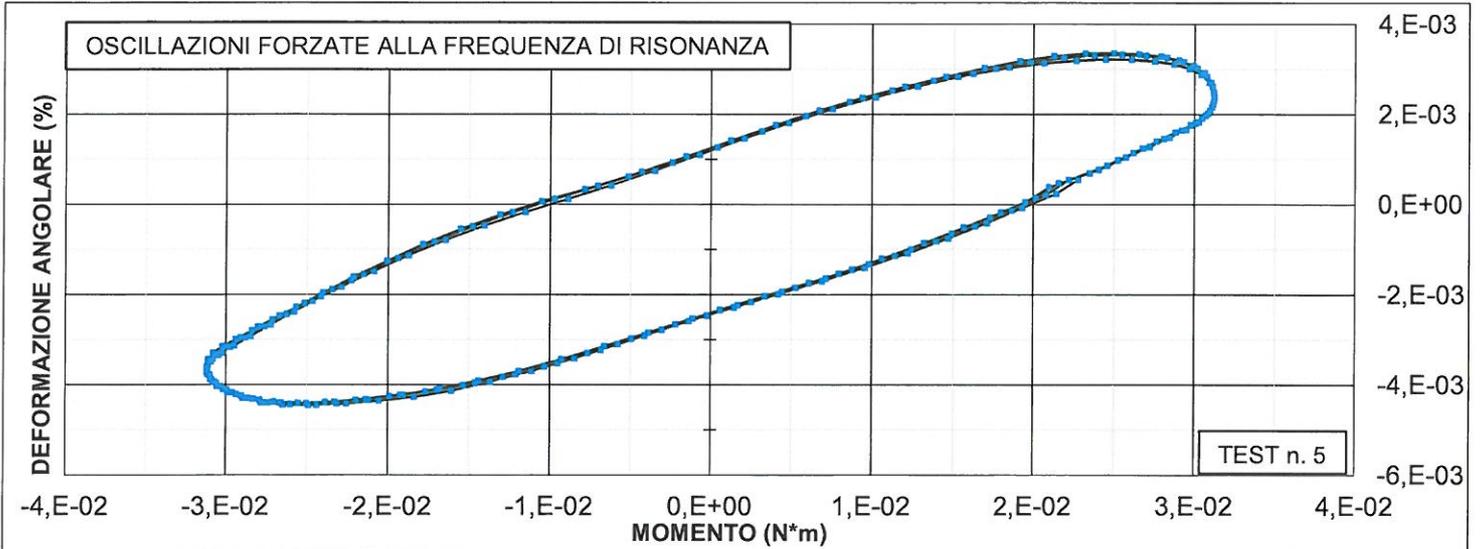
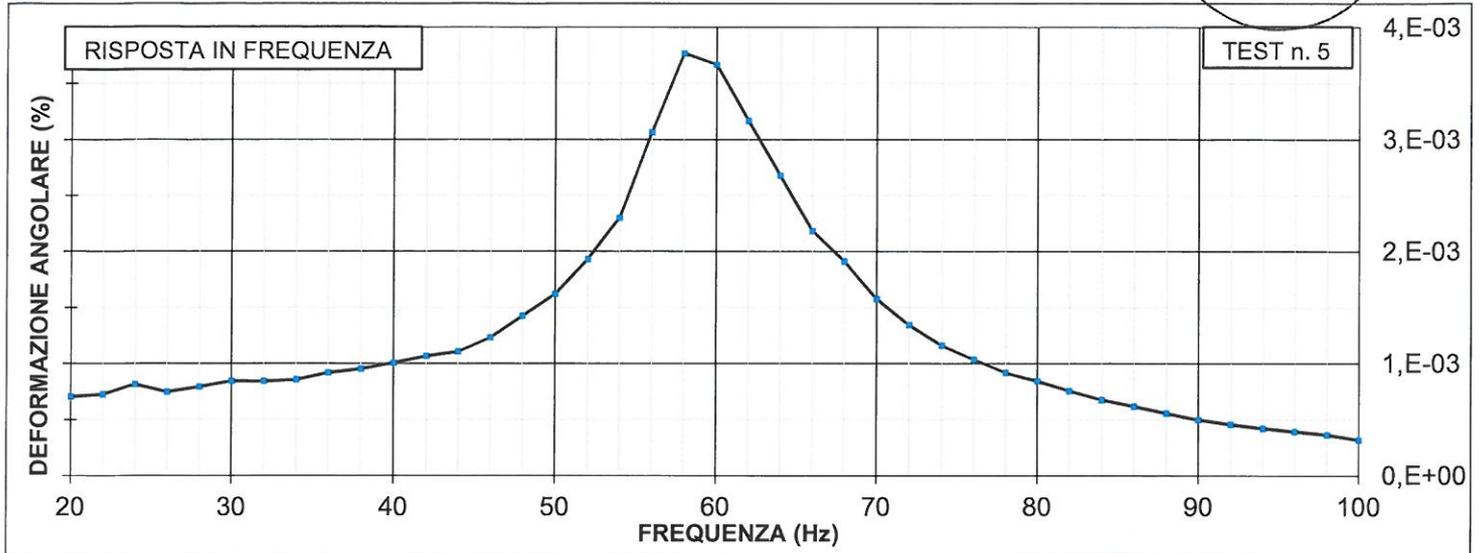
il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

168
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 8 di 16



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

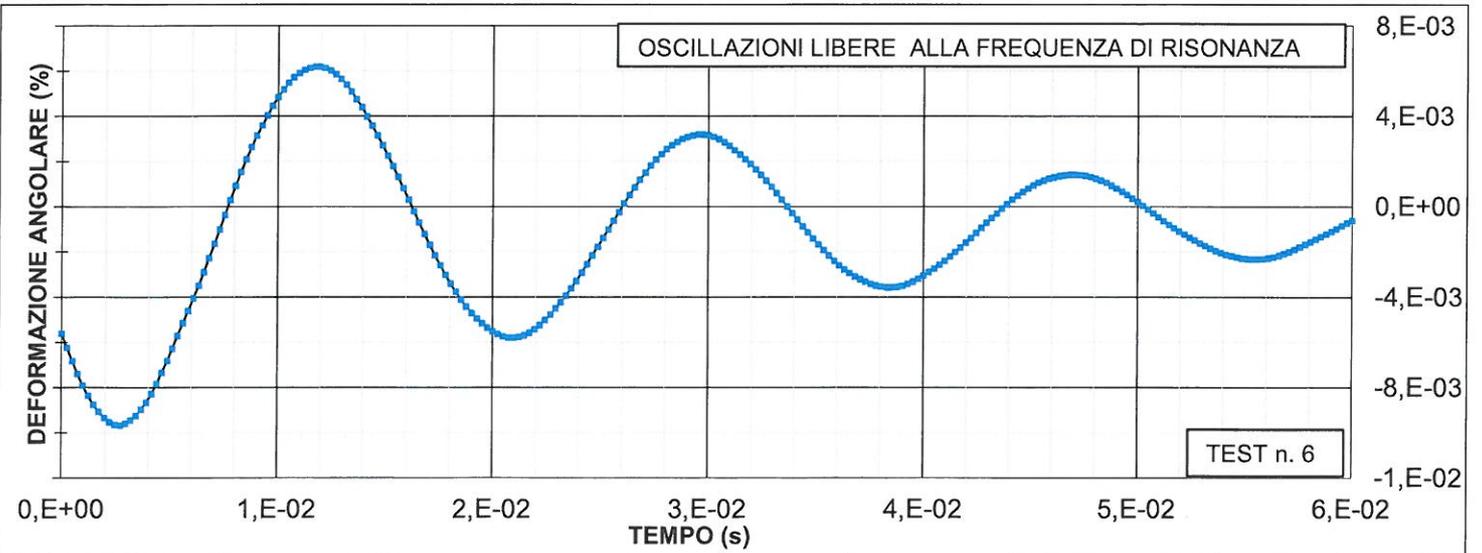
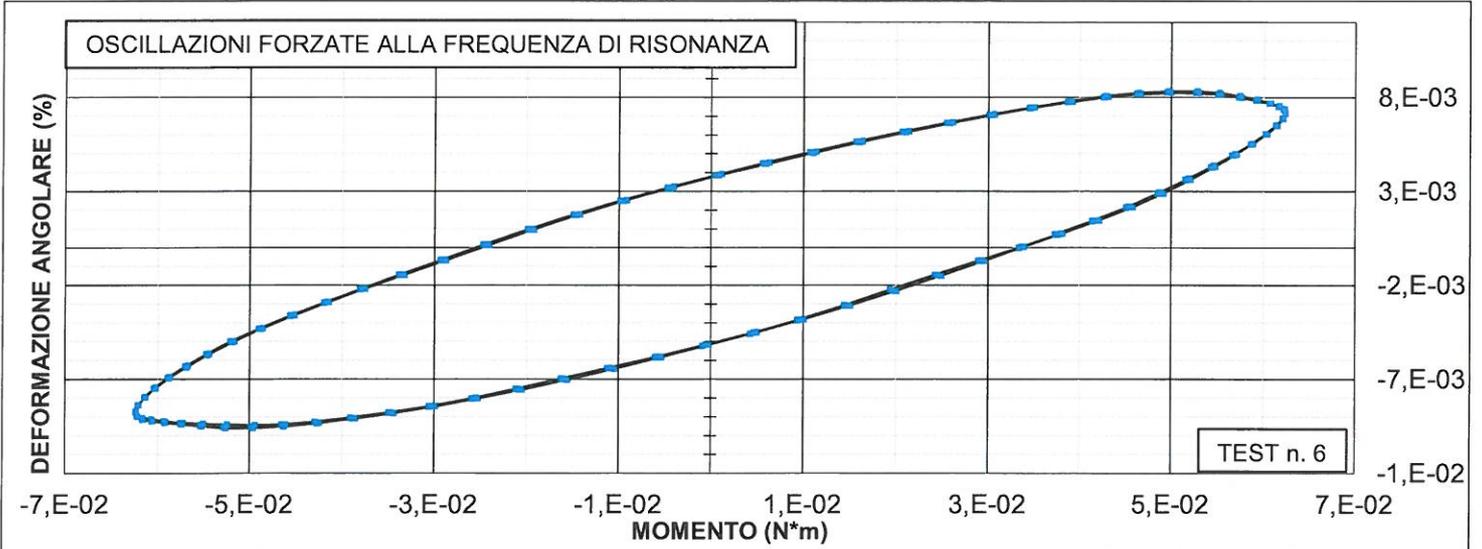
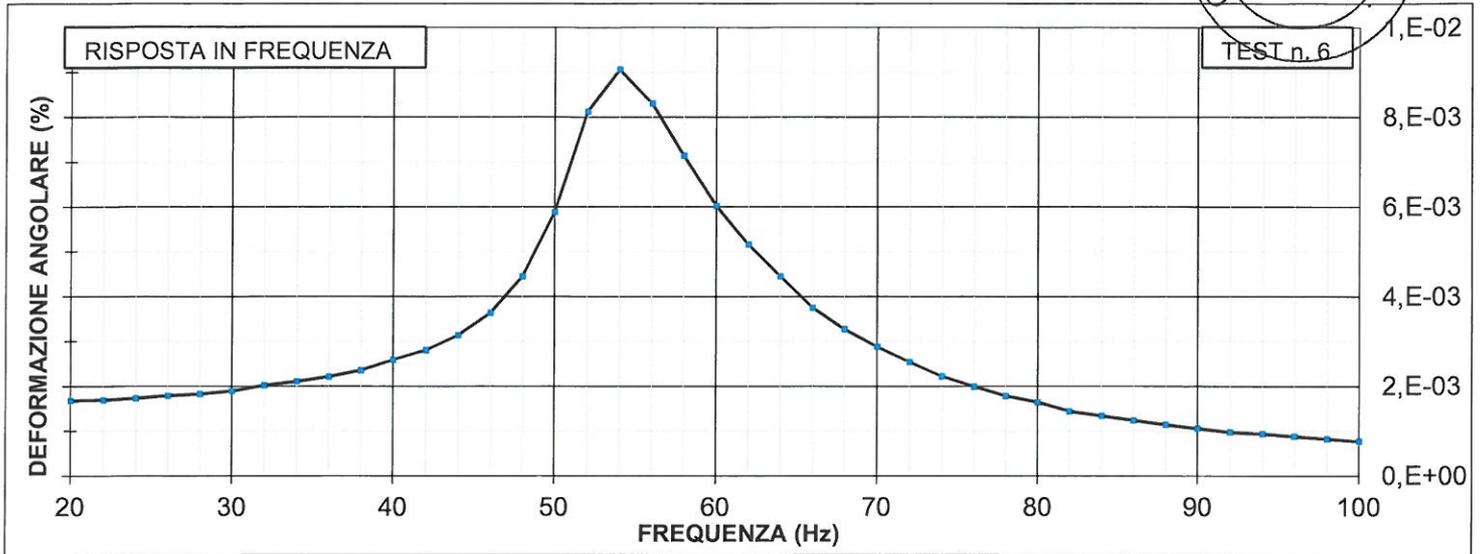
Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

169
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 9 di 16



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

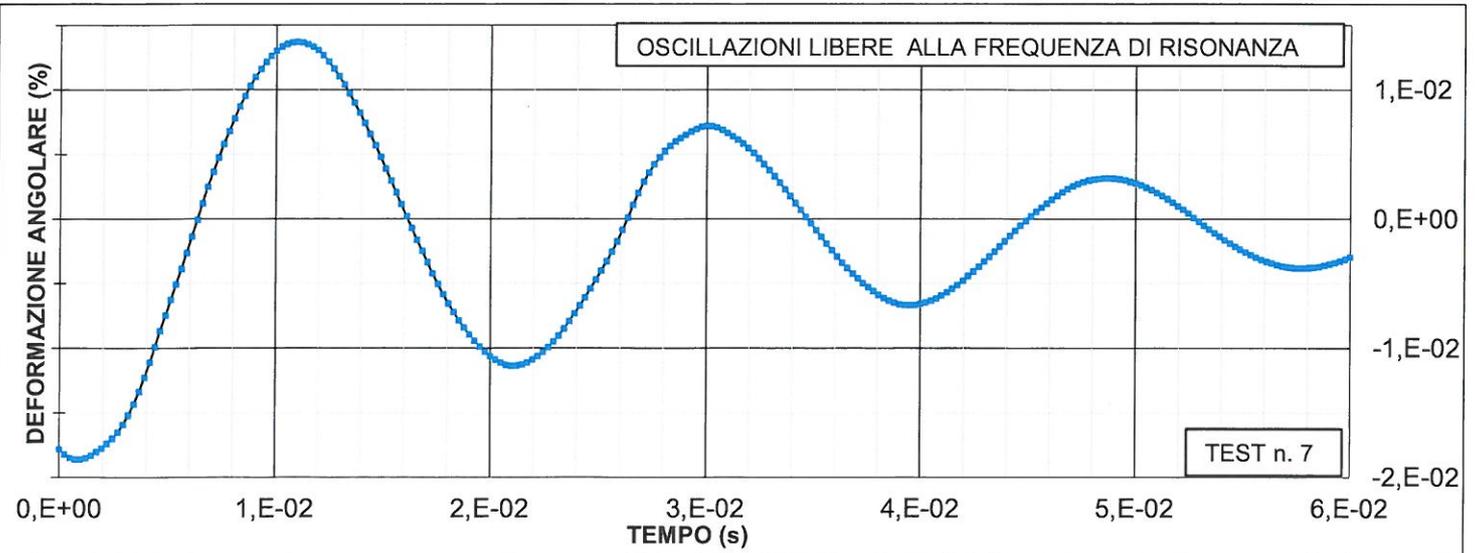
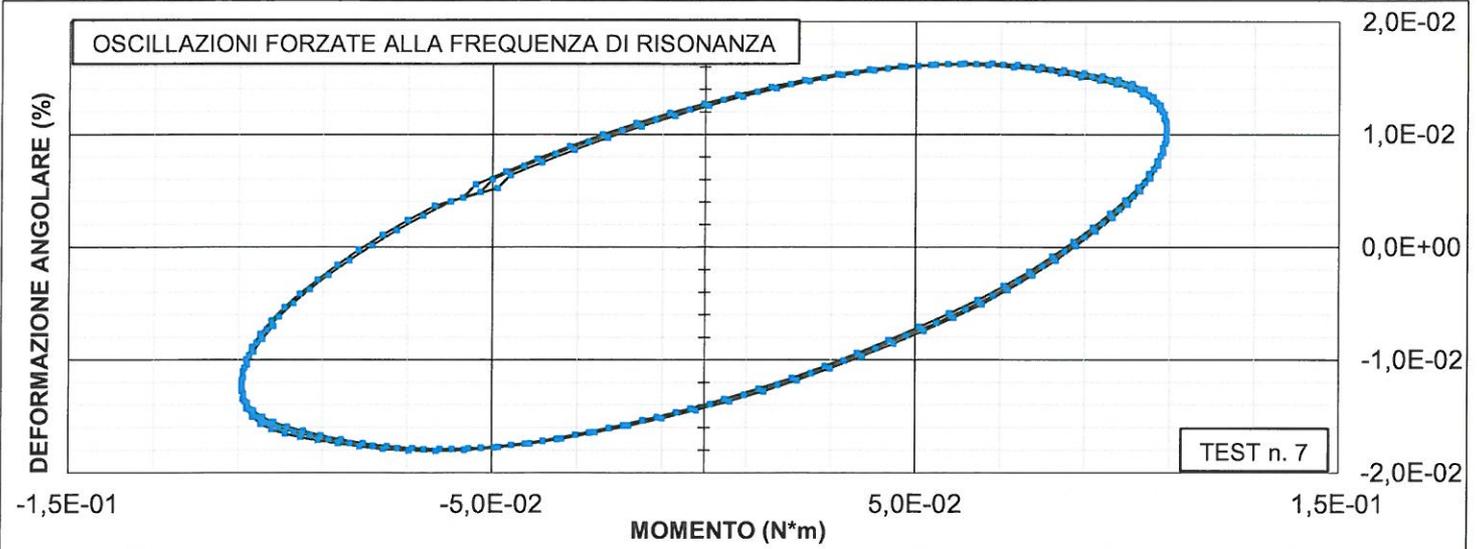
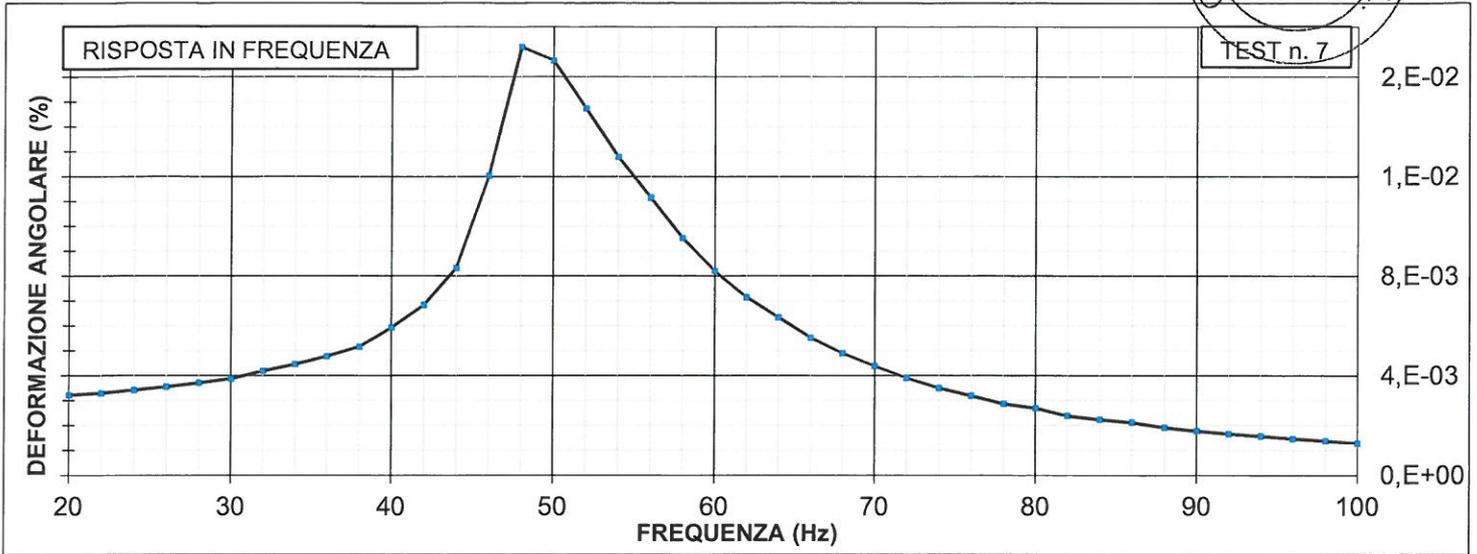
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

170
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 10 di 16



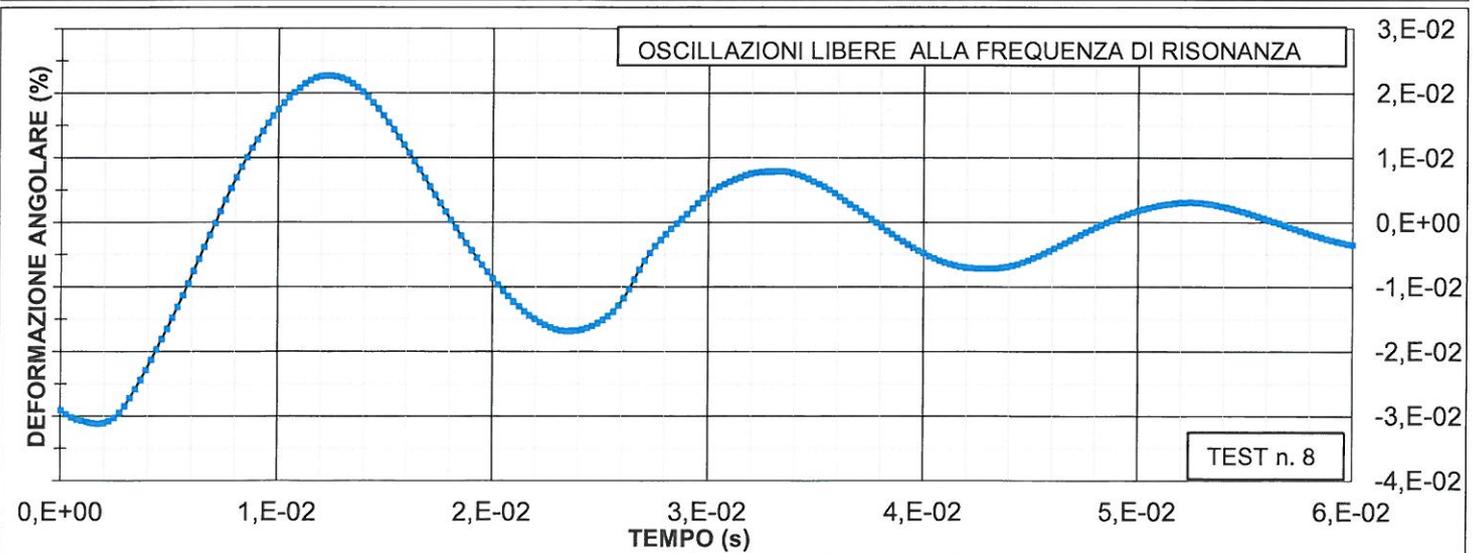
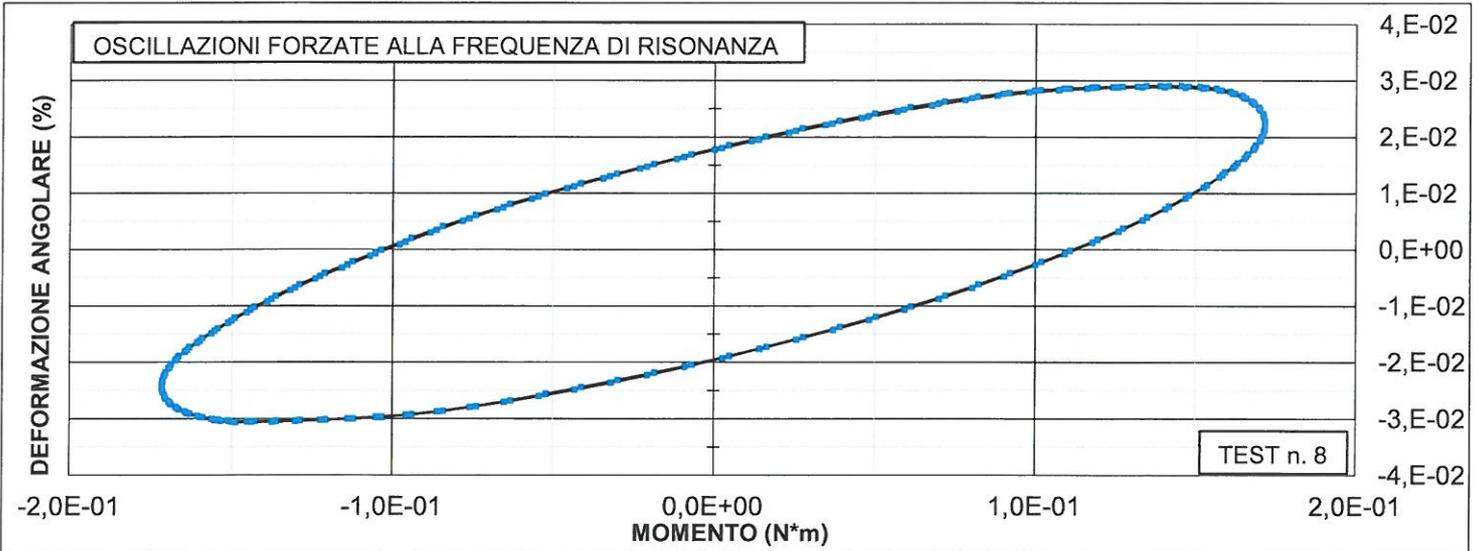
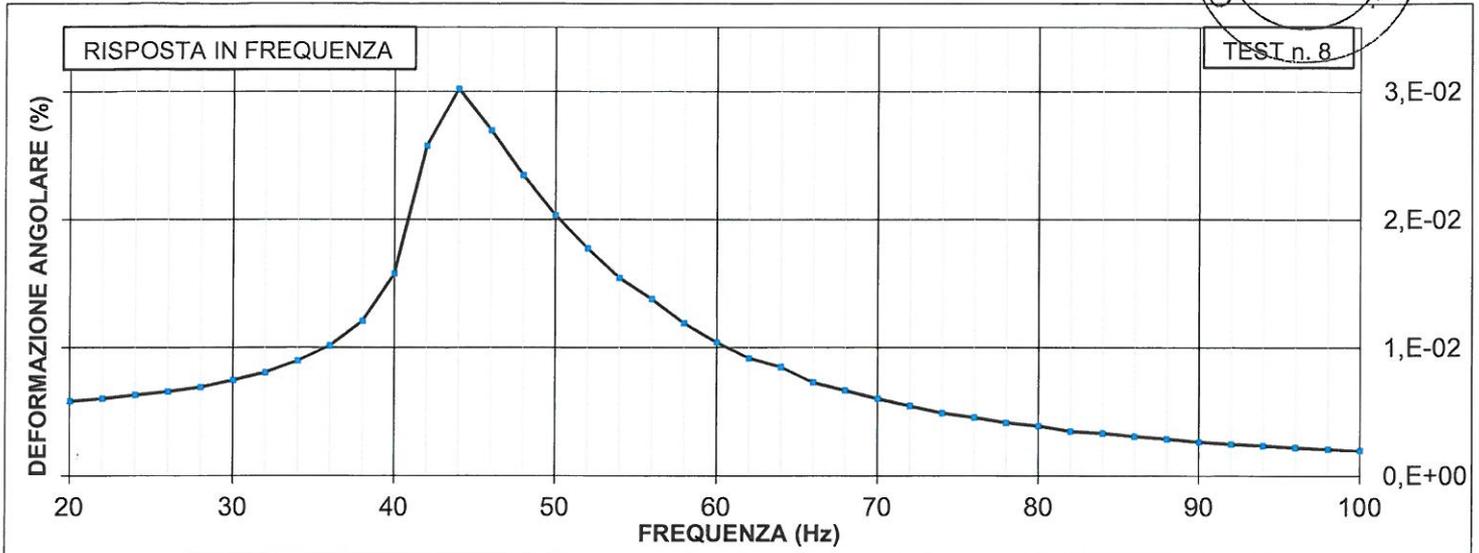
commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

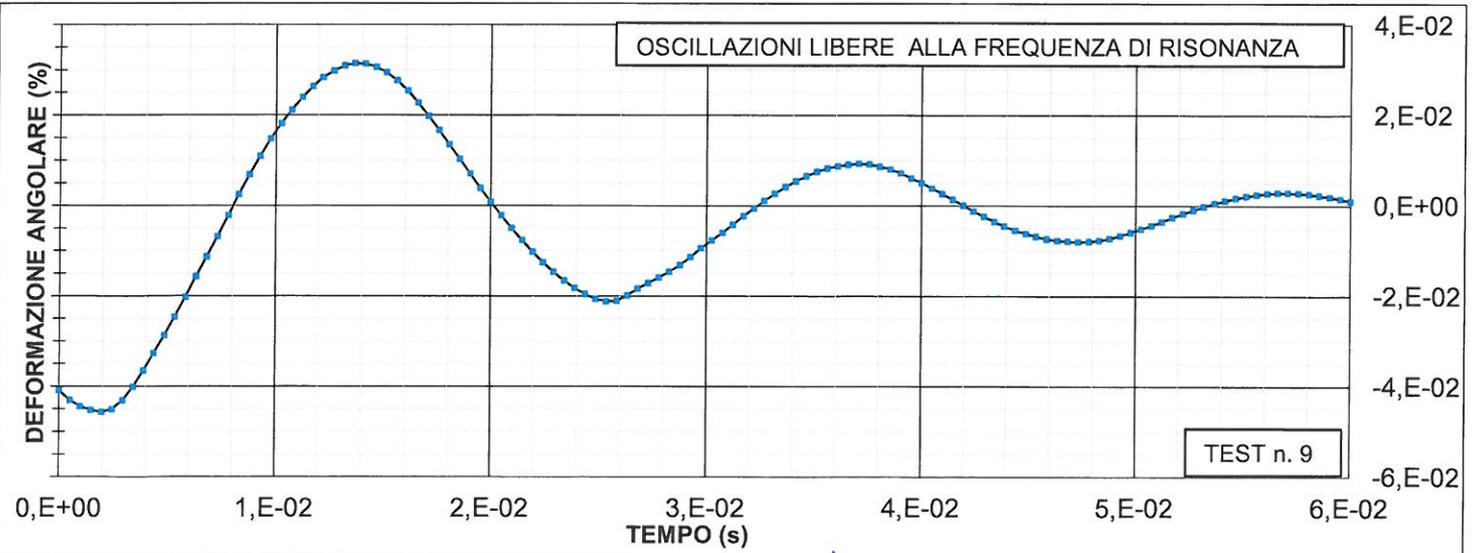
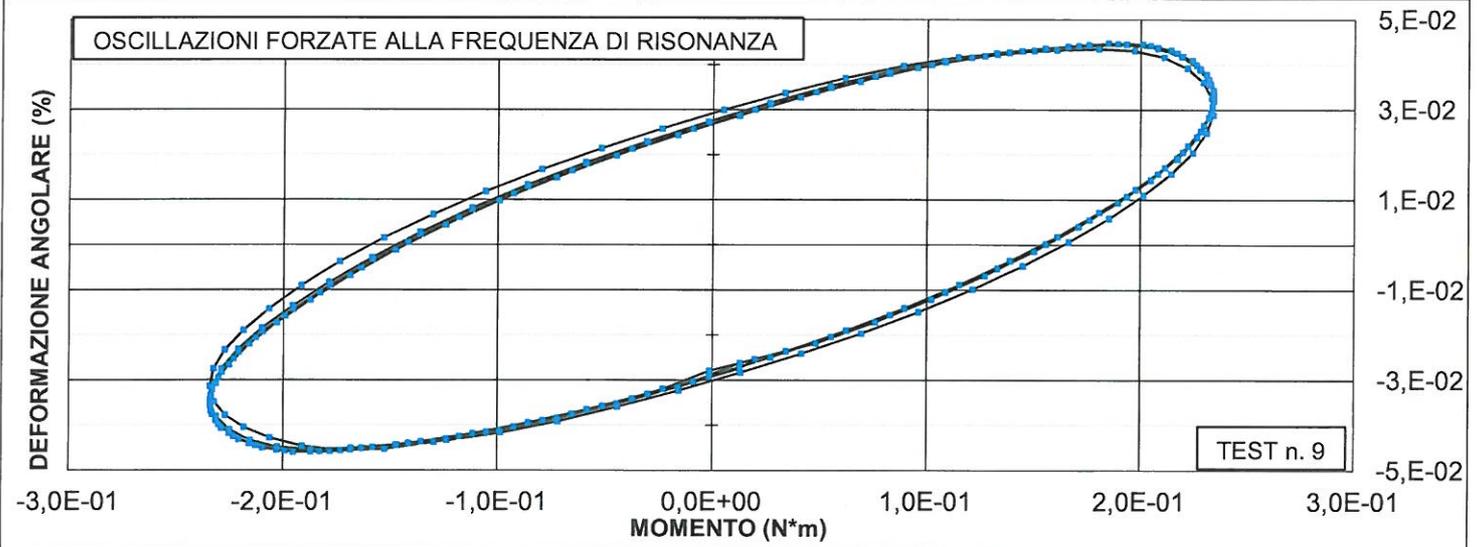
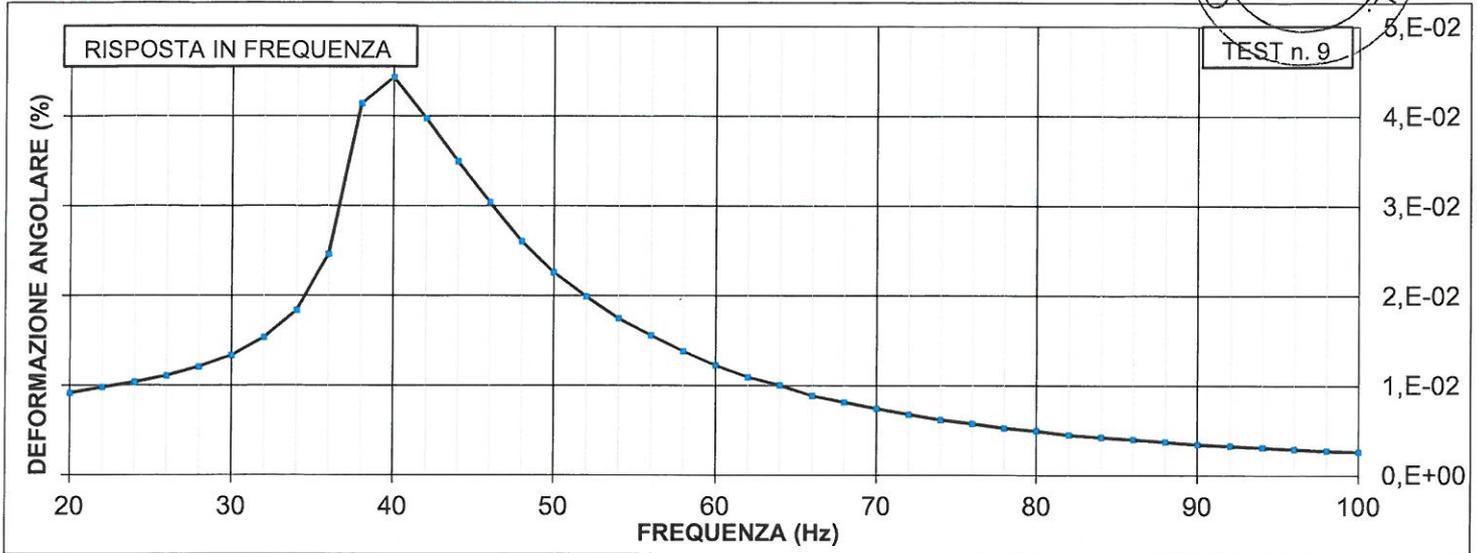
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

172
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 12 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

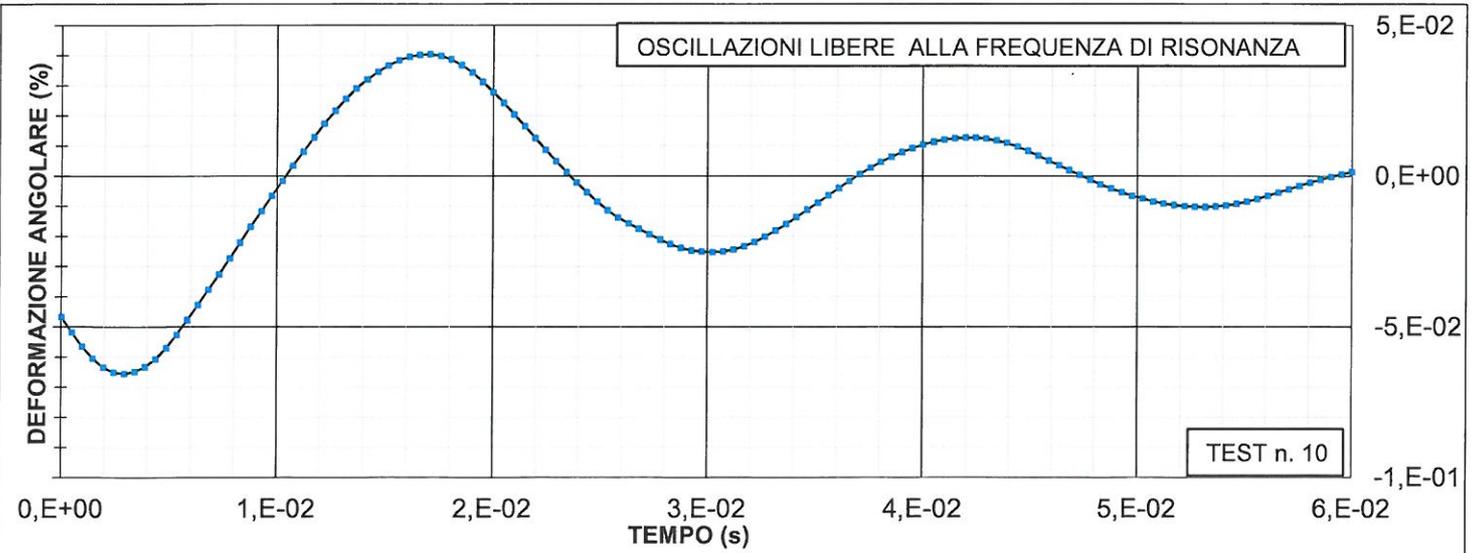
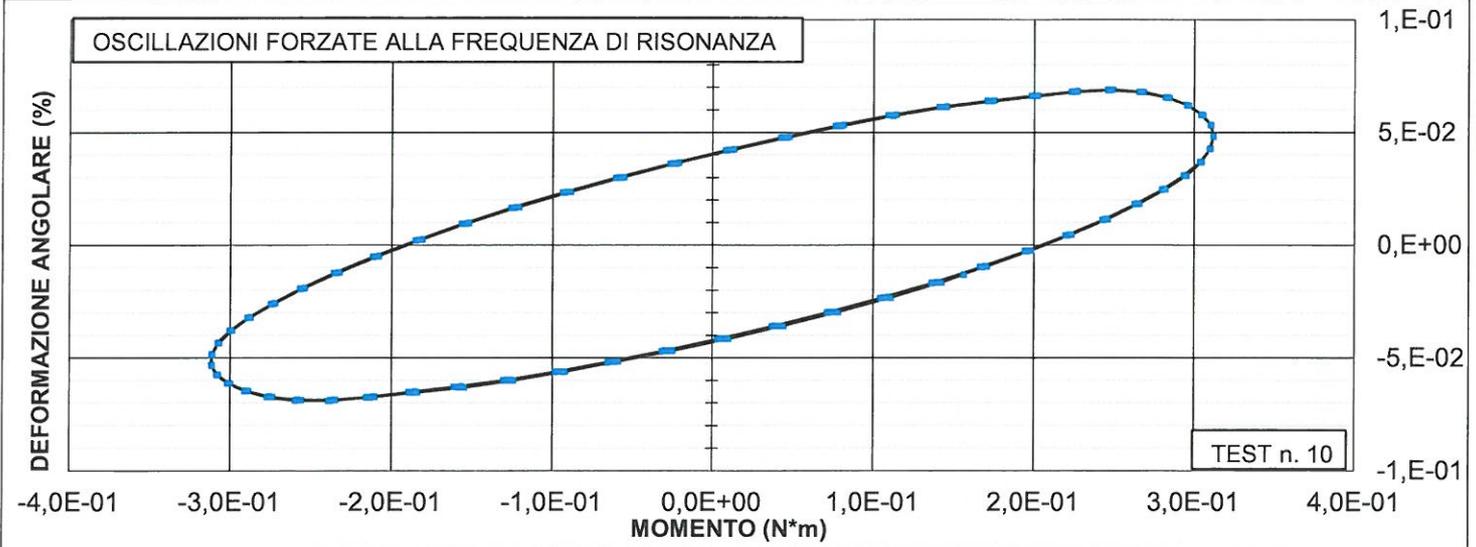
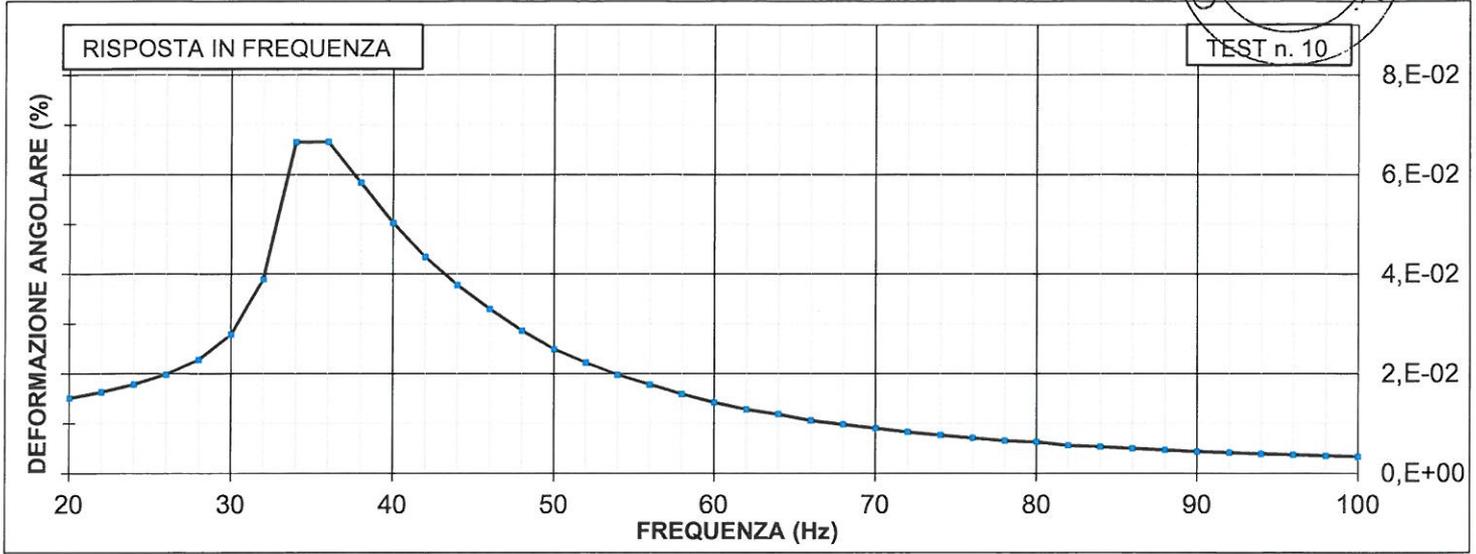
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

173
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 13 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

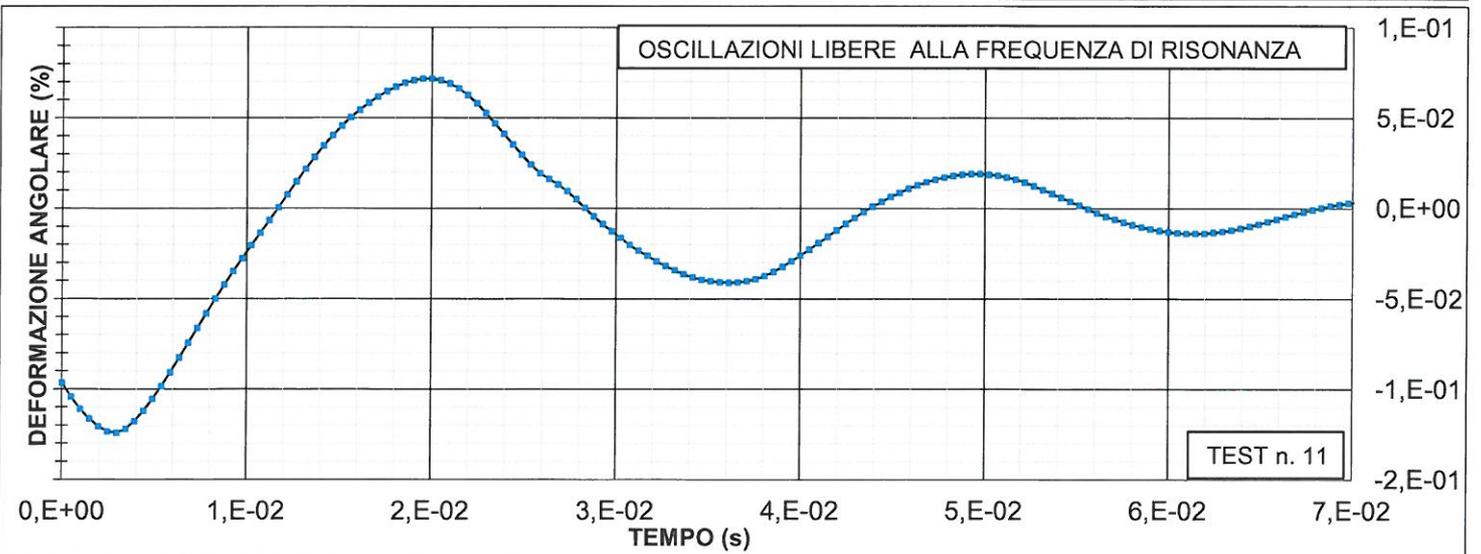
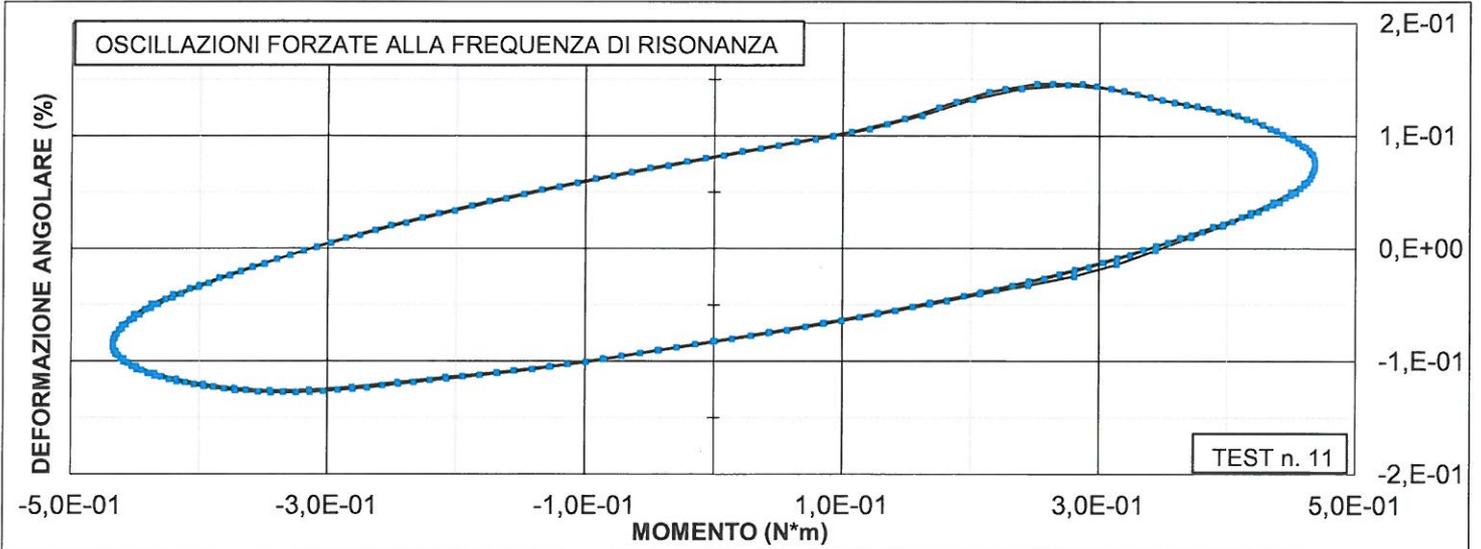
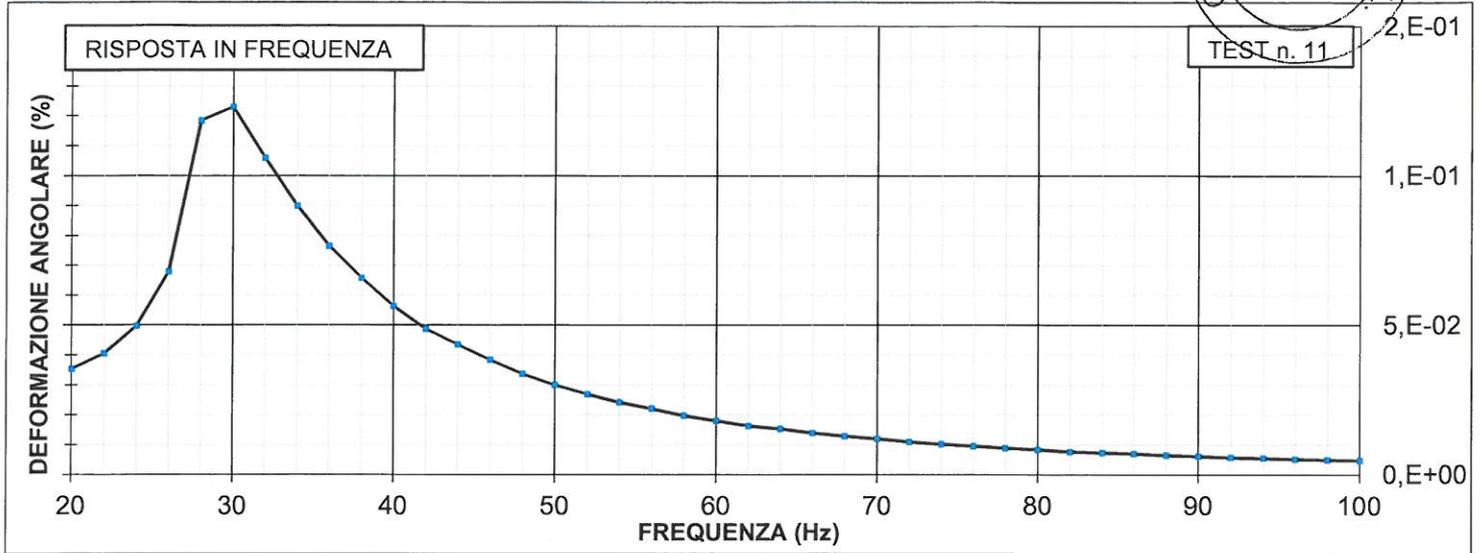
174
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 14 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

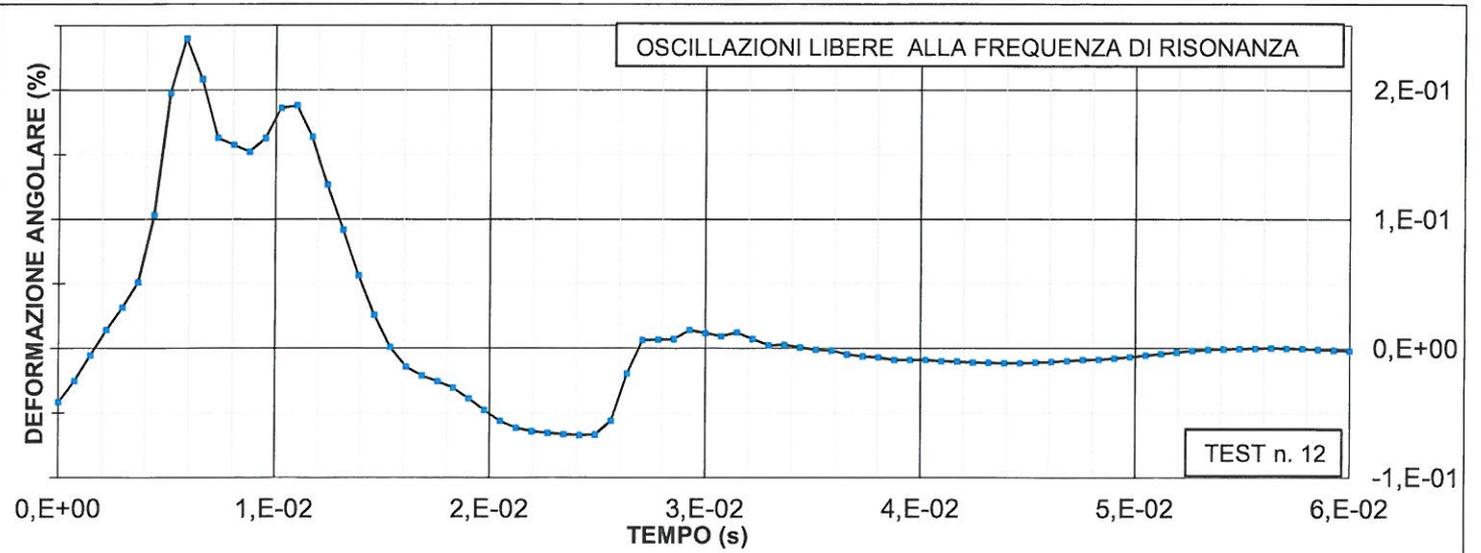
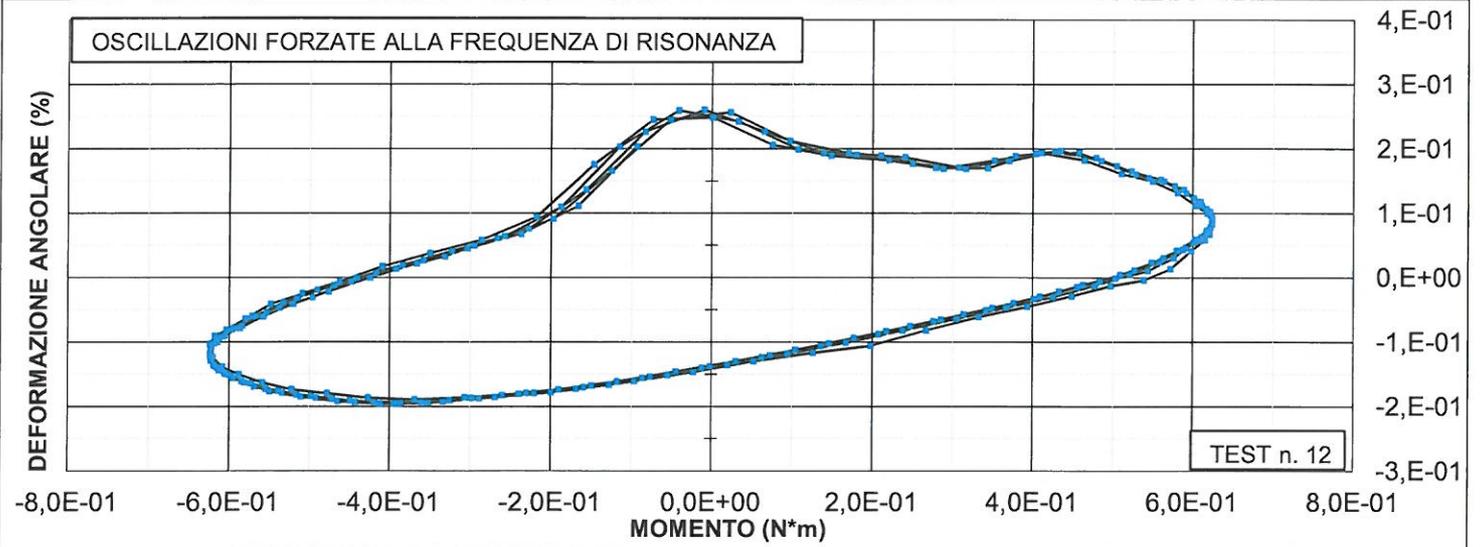
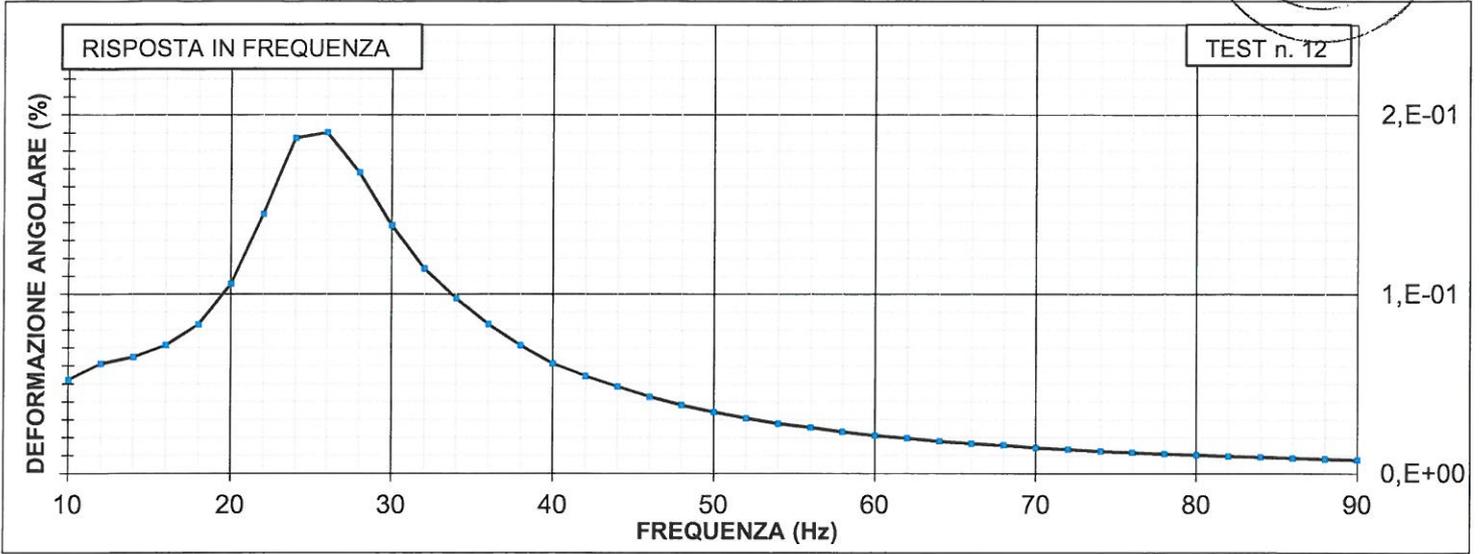
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

175
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 15 di 16



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

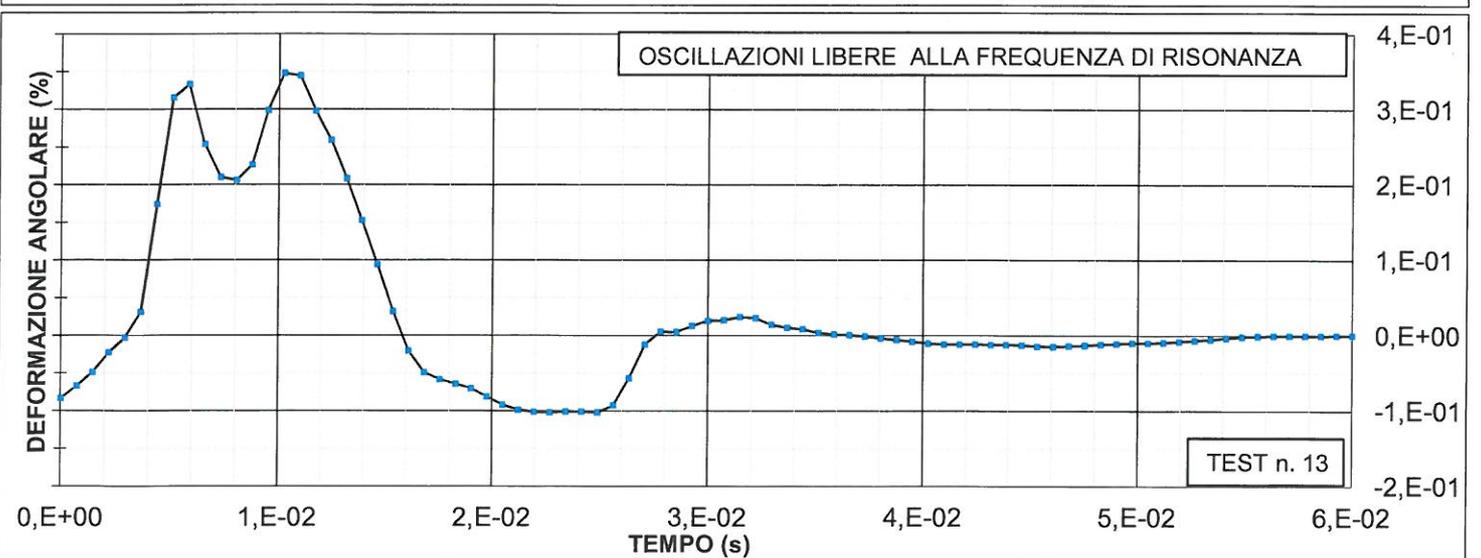
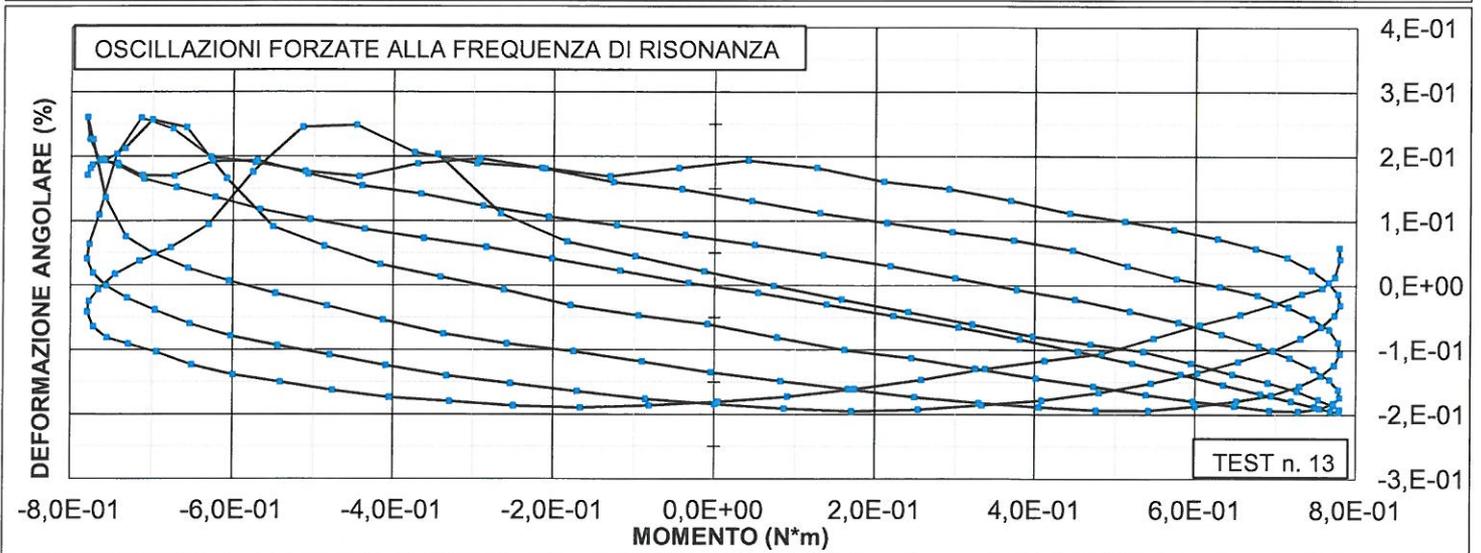
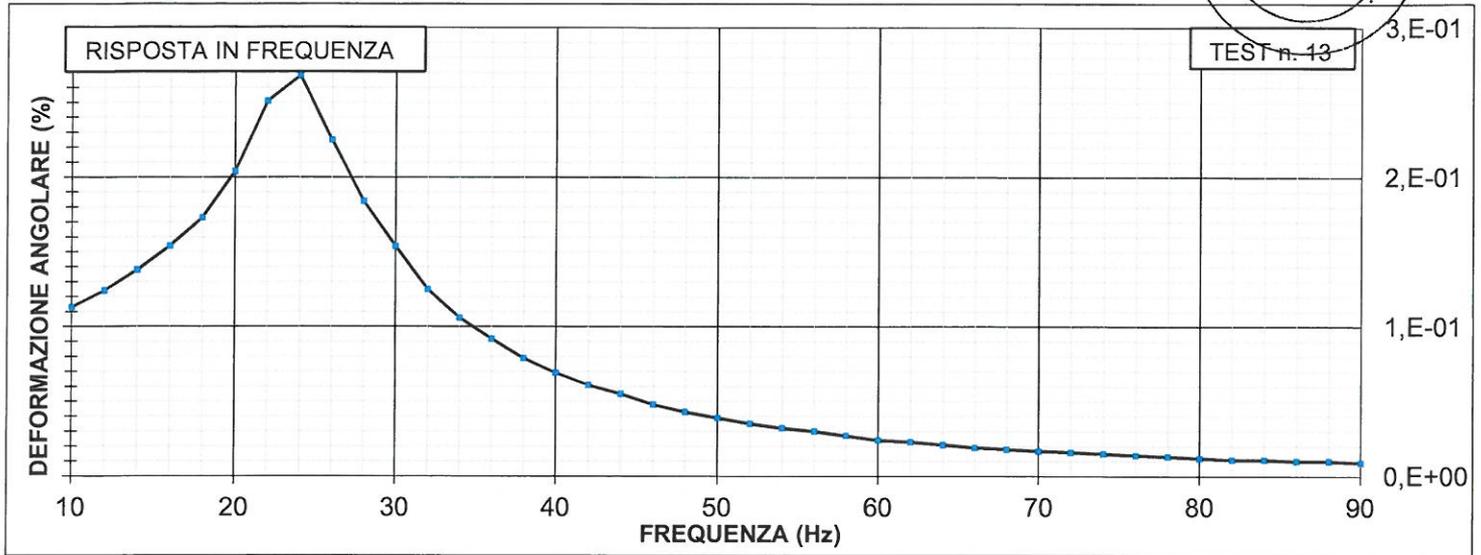
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

176
certificato di prova n° 3116 del 08/10/2014
pag. 16 di 16

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/03

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

177
certificato di prova n° 3224 del 13/10/2014



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Ca' di Bibo
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Ca' di Bibo
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 5,0-5,5

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

tipologia: indisturbato
contenitore: fustella metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: 10YR 3/1 "Very Dark Gray"

diametro nominale (mm): 89
lunghezza effettiva (cm): 59
classe di qualità: Q5

Descrizione del campione: **terreno coesivo grigio scuro con frequenti stratificazioni chiare, di natura più granulare dell'inglobante**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	lettura al penetrometro tascabile (kPa)	lettura allo scissometro tascabile (kPa)	note
10	350	230	
20	360	650	
30	410	450	
40	410	610	
50	340	630	

commessa: 288-14
settore: 04
id. campione: 288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

179
certificato di prova n° 3225 del 13/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Ca' di Bibo
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Ca' di Bibo
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 5,0-5,5

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

volume (cm ³)	peso umido (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
72,00	146,42	taglio diretto consolidato drenato - provino 1	centro-superiore
72,00	145,72	taglio diretto consolidato drenato - provino 2	centrale
72,00	148,36	taglio diretto consolidato drenato - provino 3	centro-inferiore

Peso di volume ρ 2,04 Mg/m³
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa: 288-14
settore: 04
id. campione: 288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091
Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna
Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it

180
certificato di prova n° 3226 del 13/10/2014
pag. 1 di 1



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica
LOCALITÀ: Bagno di Romagna
CANTIERE: Ca' di Bibò
Data di accettazione: 17/09/2014

SONDAGGIO: Ca' di Bibò
CAMPIONE: C1
PROFONDITÀ (m): 5,0-5,5

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 06/10/2014

peso umido (g)	peso secco (g)	test eseguito	localizzazione nel campione
552,21	458,80	taglio diretto consolidato drenato - provino 1	centro-superiore
1128,66	946,61	taglio diretto consolidato drenato - provino 2	centrale
1024,51	848,35	taglio diretto consolidato drenato - provino 3	centro-inferiore

Umidità allo stato naturale W 20,12 %

commessa: settore: id. campione:
288-14 04 288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CGG Testing s.r.l.

181
certificato di prova n° 3227 del 13/10/2014
pag. 1 di 5

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



COMMITTENTE: Studio di Geologia e Geofisica

LOCALITÀ: Bagno di Romagna

CANTIERE: Ca' di Bibo

Data di accettazione: 17/09/2014

Data esecuzione prove: 7-10/10/2014

SONDAGGIO: Ca' di Bibo

CAMPIONE: C1

PROFONDITÀ (m): 5,0-5,5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm ²)	altezza iniziale (cm)	massa iniziale (g)	umidità iniziale (%)	altezza finale (cm)	umidità finale (%)
provino 1	36,00	2,00	146,42	20,36	1,93	18,71
provino 2	36,00	2,00	145,72	19,23	1,94	22,27
provino 3	36,00	2,00	148,36	20,77	1,89	22,73

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 98 kPa

velocità di deformazione: 2,53E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,480	-0,140	206	58,7
0,020	0,010	5	1,4	1,560	-0,140	208	59,3
0,060	0,010	14	1,4	1,630	-0,140	209	59,7
0,110	0,010	43	3,9	1,710	-0,140	211	60,3
0,170	0,010	67	12,0	1,780	-0,150	213	61,0
0,230	0,010	89	18,7	1,860	-0,150	215	61,6
0,290	0,000	106	24,8	1,940	-0,150	216	62,0
0,360	-0,010	119	29,6	2,010	-0,150	217	62,4
0,430	-0,030	132	33,3	2,090	-0,150	218	62,7
0,500	-0,040	139	36,9	2,170	-0,150	219	63,1
0,570	-0,060	149	38,9	2,240	-0,150	219	63,2
0,650	-0,070	158	41,8	2,320	-0,150	221	63,9
0,720	-0,080	166	44,4	2,400	-0,150	221	63,9
0,800	-0,090	173	46,7	2,470	-0,150	222	64,3
0,880	-0,100	180	48,7	2,550	-0,150	222	64,4
0,950	-0,100	184	50,7	2,630	-0,150	223	64,8
1,030	-0,110	188	51,9	2,700	-0,150	223	64,9
1,100	-0,120	191	53,1	2,780	-0,150	224	65,2
1,180	-0,120	196	54,0	2,860	-0,150	223	65,0
1,250	-0,130	199	55,5	2,930	-0,140	223	65,1
1,330	-0,130	201	56,5	3,010	-0,140	223	65,2
1,410	-0,130	203	57,1	3,090	-0,140	224	65,6
1,480	-0,140	206	57,7	3,170	-0,140	223	65,4

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,250	-0,140	223	65,5	4,640	-0,090	216	65,0
3,320	-0,130	222	65,3	4,720	-0,090	215	64,8
3,400	-0,130	222	65,4	4,800	-0,090	215	64,9
3,480	-0,130	222	65,5	4,870	-0,090	214	64,7
3,560	-0,130	221	65,3	4,950	-0,080	214	64,8
3,640	-0,120	221	65,4	5,020	-0,080	213	64,6
3,720	-0,120	220	65,2	5,100	-0,080	213	64,7
3,790	-0,120	220	65,2	5,180	-0,080	212	64,5
3,870	-0,120	219	65,0	5,250	-0,070	212	64,5
3,950	-0,110	219	65,1	5,330	-0,070	211	64,3
4,030	-0,110	218	64,9	5,410	-0,070	211	64,4
4,110	-0,110	218	65,0	5,490	-0,070	210	64,2
4,180	-0,110	218	65,1	5,560	-0,060	210	64,3
4,260	-0,100	217	64,9	5,640	-0,060	210	64,4
4,340	-0,100	217	65,0	5,710	-0,060	209	64,2
4,420	-0,100	217	65,1	5,790	-0,060	209	64,3
4,490	-0,100	216	64,9	5,870	-0,060	209	64,4
4,570	-0,090	216	64,9	5,940	-0,060	209	64,4

provino 2

carico verticale applicato: 196 kPa
velocità di deformazione: 2,53E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,430	-0,140	377	107,3
0,010	0,000	6	1,7	1,510	-0,150	382	108,9
0,040	0,000	20	5,6	1,590	-0,150	386	110,1
0,070	0,010	74	20,6	1,660	-0,150	390	111,4
0,140	0,010	109	30,3	1,740	-0,160	392	112,1
0,200	0,010	139	38,7	1,820	-0,160	395	113,2
0,250	0,000	166	46,3	1,890	-0,160	397	113,9
0,310	0,000	191	53,3	1,970	-0,160	399	114,6
0,380	-0,020	215	60,1	2,050	-0,170	400	115,0
0,440	-0,030	219	61,3	2,120	-0,170	401	115,5
0,510	-0,040	246	68,9	2,200	-0,170	403	116,2
0,580	-0,050	263	73,8	2,280	-0,170	404	116,7
0,620	-0,060	278	78,0	2,350	-0,170	406	117,4
0,680	-0,070	293	82,3	2,430	-0,170	406	117,5
0,750	-0,080	307	86,4	2,510	-0,170	407	118,0
0,830	-0,090	318	89,6	2,580	-0,170	407	118,1
0,900	-0,100	327	92,2	2,660	-0,170	407	118,3
0,980	-0,110	336	94,9	2,730	-0,170	408	118,7
1,050	-0,110	344	97,3	2,810	-0,170	408	118,9
1,130	-0,120	352	99,7	2,890	-0,170	409	119,4
1,210	-0,130	359	101,8	2,970	-0,170	408	119,2
1,280	-0,130	366	103,9	3,040	-0,170	408	119,4
1,360	-0,140	372	105,7	3,120	-0,170	408	119,5

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,200	-0,170	408	119,7	4,590	-0,140	398	119,7
3,280	-0,170	407	119,6	4,670	-0,130	397	119,6
3,350	-0,170	407	119,7	4,740	-0,130	396	119,4
3,430	-0,160	407	119,9	4,820	-0,130	395	119,3
3,510	-0,160	406	119,8	4,900	-0,130	394	119,2
3,590	-0,160	406	120,0	4,970	-0,130	393	119,0
3,660	-0,160	405	119,8	5,050	-0,130	392	118,9
3,740	-0,160	405	120,0	5,120	-0,130	391	118,7
3,820	-0,160	404	119,9	5,200	-0,130	390	118,6
3,900	-0,150	403	119,7	5,280	-0,120	388	118,2
3,980	-0,150	402	119,6	5,350	-0,120	387	118,0
4,050	-0,150	402	119,7	5,430	-0,120	386	117,9
4,130	-0,150	401	119,6	5,510	-0,120	385	117,8
4,210	-0,140	400	119,5	5,580	-0,120	383	117,3
4,280	-0,140	400	119,6	5,660	-0,120	382	117,2
4,360	-0,140	399	119,5	5,740	-0,110	382	117,3
4,440	-0,140	398	119,4	5,810	-0,110	380	116,9
4,510	-0,140	398	119,5				

provino 3

carico verticale applicato: 294 kPa
velocità di deformazione: 2,53E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000	0	0,0	1,430	-0,140	462	131,5
0,010	-0,010	5	1,4	1,510	-0,150	471	134,2
0,020	-0,010	14	3,9	1,580	-0,150	480	136,9
0,070	-0,010	29	8,1	1,660	-0,150	480	137,1
0,130	-0,010	69	19,2	1,740	-0,150	484	138,5
0,190	-0,010	107	29,8	1,810	-0,160	489	140,1
0,230	-0,020	163	45,5	1,890	-0,160	491	140,8
0,260	-0,020	213	59,4	1,970	-0,160	494	141,9
0,320	-0,030	253	70,7	2,050	-0,160	496	142,7
0,390	-0,040	284	79,4	2,120	-0,170	499	143,7
0,460	-0,050	316	88,5	2,200	-0,170	501	144,5
0,530	-0,050	339	95,0	2,280	-0,170	501	144,7
0,610	-0,060	359	100,7	2,350	-0,170	506	146,3
0,680	-0,070	375	105,4	2,430	-0,180	508	147,1
0,750	-0,080	394	110,8	2,510	-0,180	508	147,3
0,830	-0,090	404	113,8	2,580	-0,180	511	148,3
0,900	-0,100	412	116,2	2,660	-0,180	513	149,1
0,980	-0,100	422	119,2	2,740	-0,180	515	149,9
1,050	-0,110	428	121,0	2,810	-0,180	513	149,5
1,130	-0,120	435	123,2	2,890	-0,180	513	149,7
1,200	-0,120	441	125,0	2,960	-0,180	514	150,2
1,280	-0,130	450	127,7	3,040	-0,180	515	150,7
1,350	-0,140	454	129,0	3,120	-0,180	519	152,1

commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini

Sede legale e laboratorio materiali: via G. Cherchi 17 - Loc. Montale 29122 Piacenza

Tel 0523/648231 - Fax 0523/574091

Sede operativa e laboratorio geotecnico: viale Alcide De Gasperi 28/G - 40132 Bologna

Tel. 051/756306 - Fax 051/757468 www.cgg.it - info@cgg.it



dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,200	-0,180	513	150,5	4,600	-0,180	502	151,0
3,270	-0,180	514	151,0	4,680	-0,180	501	150,9
3,350	-0,180	513	150,9	4,750	-0,180	500	150,8
3,430	-0,180	513	151,1	4,830	-0,180	500	151,0
3,500	-0,180	513	151,3	4,910	-0,180	496	150,1
3,580	-0,180	510	150,7	4,990	-0,180	495	150,0
3,660	-0,180	509	150,6	5,060	-0,180	493	149,6
3,740	-0,180	507	150,2	5,140	-0,180	492	149,5
3,820	-0,180	505	149,8	5,220	-0,180	490	149,1
3,900	-0,180	506	150,3	5,290	-0,180	491	149,6
3,980	-0,180	507	150,8	5,370	-0,180	489	149,2
4,050	-0,180	507	151,0	5,450	-0,180	490	149,7
4,130	-0,180	507	151,2	5,520	-0,180	490	149,9
4,210	-0,180	508	151,8	5,600	-0,180	487	149,2
4,290	-0,180	506	151,4	5,680	-0,180	486	149,1
4,360	-0,180	505	151,3	5,750	-0,180	486	149,3
4,440	-0,180	505	151,5	5,830	-0,170	486	149,5
4,520	-0,180	503	151,1				

commessa:
288-14

settore:
04

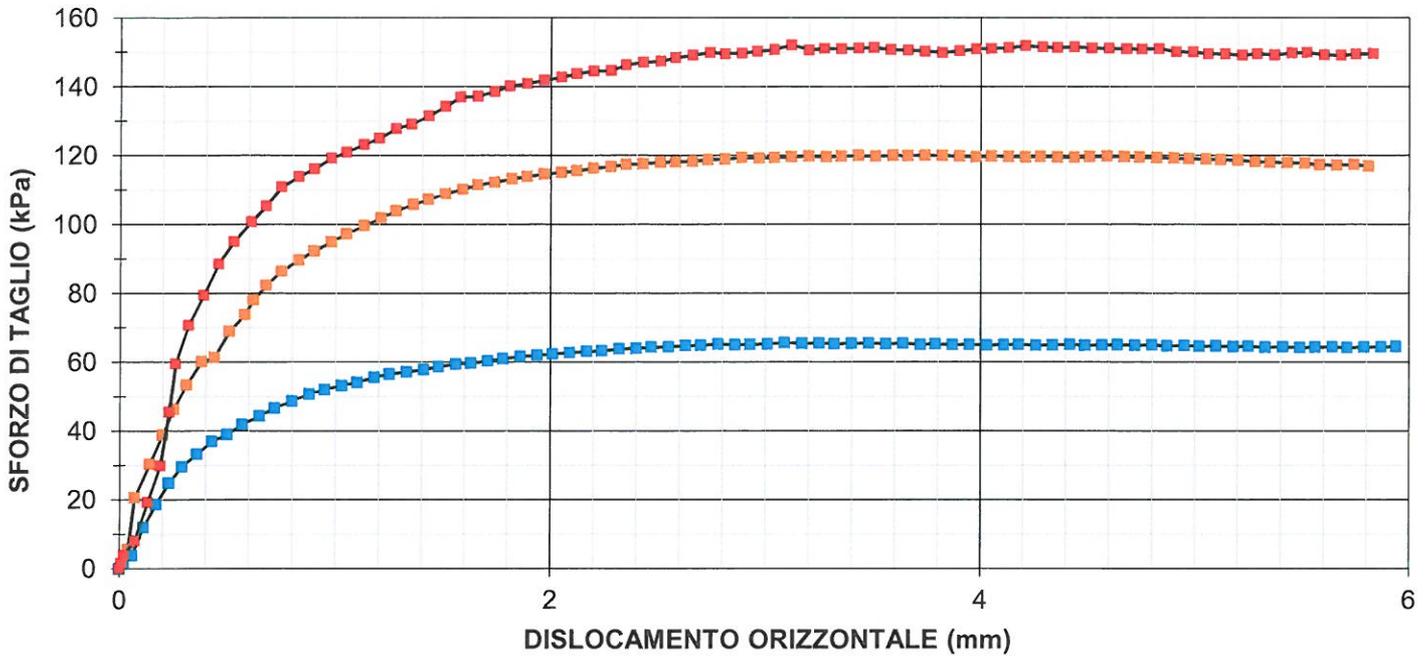
id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

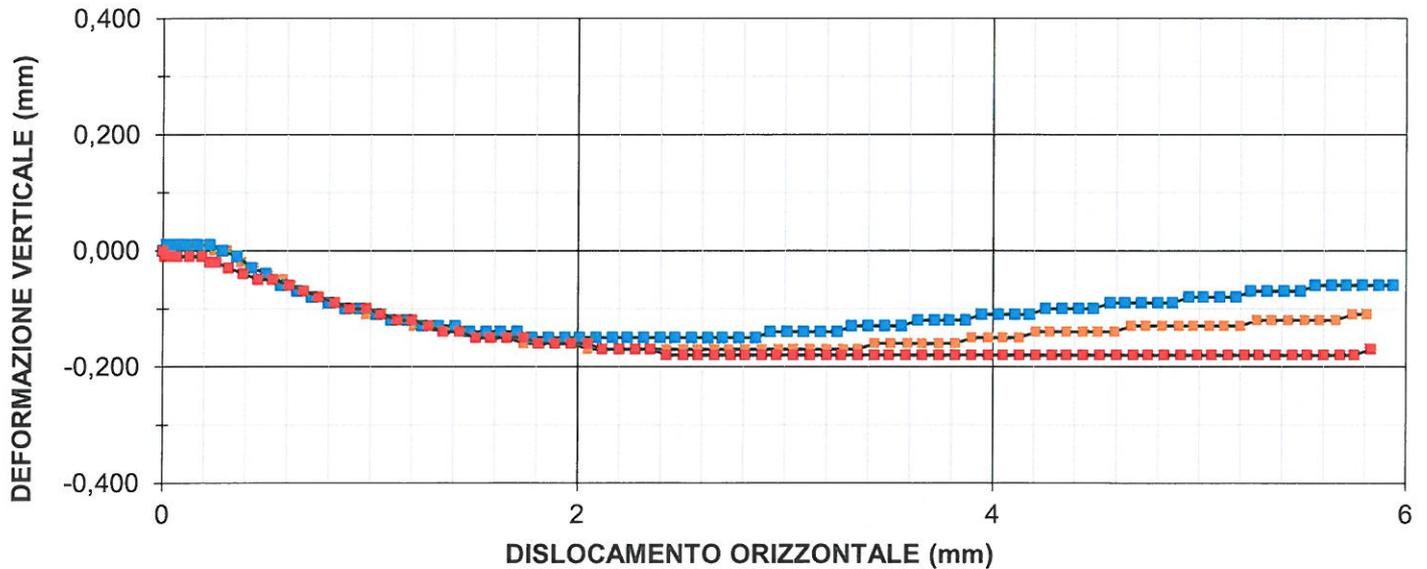
il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini



CURVA DI ROTTURA - I



CURVA DI ROTTURA - II



commessa:
288-14

settore:
04

id. campione:
288/04

lo sperimentatore:
Dott. Massimo Maugeri

il direttore del laboratorio:
Dott. Renzo Cavallini