



**COMUNE DI VERGHERETO
(PROVINCIA DI FORLI'-CESENA)**

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE TECNICA

Progettista responsabile
Antonio Maria Baldi (S.G.G. srl)

Gruppo di lavoro S.G.G. srl
Filippo Ricci (coordinatore e interpretazione) Duccio Notari (G.I.S. ed elaborazioni cartografiche)



INDICE

1	INTRODUZIONE	Pag. 4
2	SISMICITA' DEL COMUNE DI MERCATO SARACENO	Pag. 7
3	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	Pag. 11
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	Pag. 13
5	INDAGINI SVOLTE	
5.1	Indagini pregresse	Pag. 16
5.2	Indagini attuali	Pag. 17
6	ESECUZIONE DEI RILIEVI	Pag: 21
7	ANALISI DELLA DISPERSIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI	Pag. 25
8	ANALISI ED UTILIZZO DEI RAPPORTI SPETTRALI	Pag. 28
9	ANALISI DEI RISULTATI E RELATIVA CARTOGRAFIA	
9.1	Introduzione	Pag. 33
9.2	Carta Geologico-tecnica	Pag. 33
9.3	Carta delle frequenze	Pag. 37
9.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	Pag. 39
9.5	Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs)	Pag. 41
10	DETERMINAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA	Pag. 44
11	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO	Pag. 46
12	TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	
12.1	Introduzione ed inquadramento area	Pag. 49
12.2	Indagini integrative per il III° livello	Pag. 50
12.3	Dati di base	Pag. 55
12.4	Analisi di risposta sismica locale	Pag. 63
12.4.1	Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero3	Pag. 63
12.4.2	Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero4	Pag. 71



12.4.3	Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero5	Pag. 80
12.4.4	Analisi di risposta sismica locale del sito Montecoronaro	Pag. 88
12.5	Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti	Pag. 96

APPENDICE

Indagini I° e II° livello

- Prove Masw Pag. 102
- Misure HVSR Pag. 109
- Prove penetrometriche Pag. 116
-

Indagini III° livello Pag. 119

ELENCO ELABORATI

- Carta geologico-tecnica
- Carta delle indagini
- Carta delle frequenze
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- Carta della velocità delle onde di taglio s (V_s)
- Carta del fattore di amplificazione PGA
- Carta del fattore di amplificazione intensità spettrale $0,1s < T_0 < 0,5s$
- Carta del fattore di amplificazione intensità spettrale $0,5s < T_0 < 1,0s$

1 - INTRODUZIONE

Nel presente rapporto sono illustrati i risultati dell'indagine di microzonazione sismica eseguita per conto del Comune di Verghereto (FC).



Figura 1 – Indagine effettuata nel territorio di Verghereto

In accordo con l'Amministrazione Comunale lo studio di microzonazione sismica riguarda essenzialmente le zone urbanizzate e quelle limitrofe, tralasciando le parti prive di urbanizzazioni significative. La cartografia prodotta è in scala 1:5.000 e 1:10.000.

Lo scopo dello studio è quello di individuare le varie zone omogenee dal punto di vista sismico e di determinare l'amplificazione locale in ognuno di questi settori. Nello specifico le varie indagini e prospezioni hanno permesso di ricostruire, sulla base delle loro caratteristiche fisiche e meccaniche, i rapporti geometrici degli strati di terreno (definizione della profondità del bedrock sismico e dello spessore del deposito di copertura), i profili di velocità delle onde superficiali ed il computo del valore di V_{s30} e di V_{sH} . A tal scopo sono state realizzate su tutto il territorio comunale delle misure tomografiche HVSR, delle prove sismiche MASW e delle prove penetrometriche.

Ad integrazione e completamento di tali prove sono state riprese ed



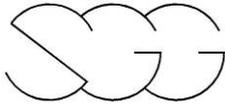
elaborate delle indagini in sito fornite dall'amministrazione comunale e costituite da sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prove MASW e misure tomografiche HVSR.

Nella presente relazione sono illustrate le metodologie esecutive ed interpretative delle misure geofisiche, i risultati di tutte le indagini ed in particolar modo le elaborazioni e la cartografia finale relativamente alla microzonazione sismica del territorio comunale di Verghereto.

Gli elaborati grafici sono forniti in formato shapefile georeferenziato nel sistema WGS84UTM33N, mentre i dati tabellari sono riportati in formato *mdb* seguendo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Versione2.0 (Giugno 2012).

Il presente studio è redatto in conformità alle seguenti normative ed indirizzi:

- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Gruppo di lavoro MS, 2008. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.
- OPCM 3907 del 13 novembre 2010 - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Allegati: "Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica" e "Simbologia per la stesura della carta delle indagini secondo quanto previsti dagli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica".
- Decreto ministeriale 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".
- Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1051 del 18/07/2011 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed

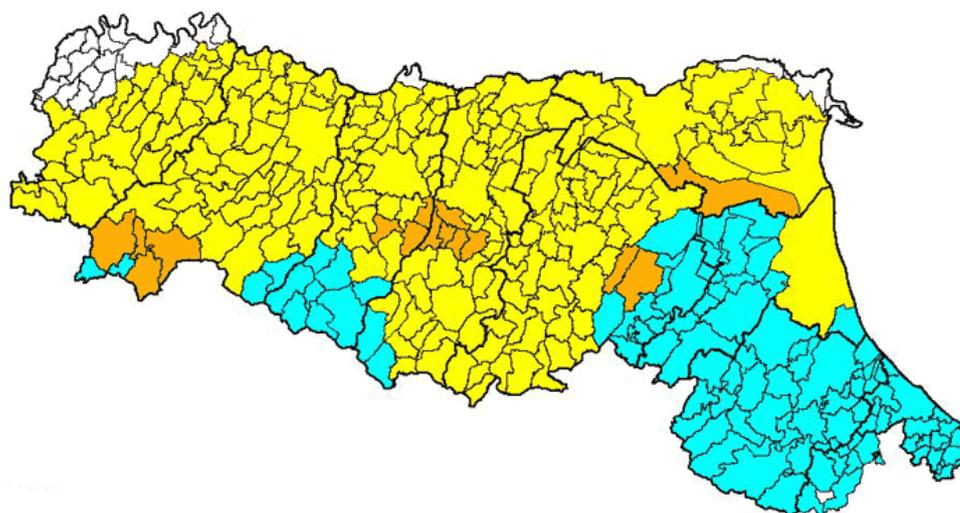


assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.”

- Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1302 del 10/09/2012 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli enti locali”

2 - SISMICITA' DEL COMUNE DI VERGHERETO

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, il Comune di Verghereto fa parte dei comuni sismici classificati in zona 2 (sismicità media).



Legenda

zona 2	96	precedente riclassificazione (1983-1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

Figura 2 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")

Attualmente la pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale è stata definita con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 attraverso la mappa di pericolosità sismica per il territorio nazionale (fig. 3). I valori di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni sono

riferiti a suoli rigidi di categoria A ($V_{s30} > 800$ m/s) e rappresentano la pericolosità sismica di base del territorio.

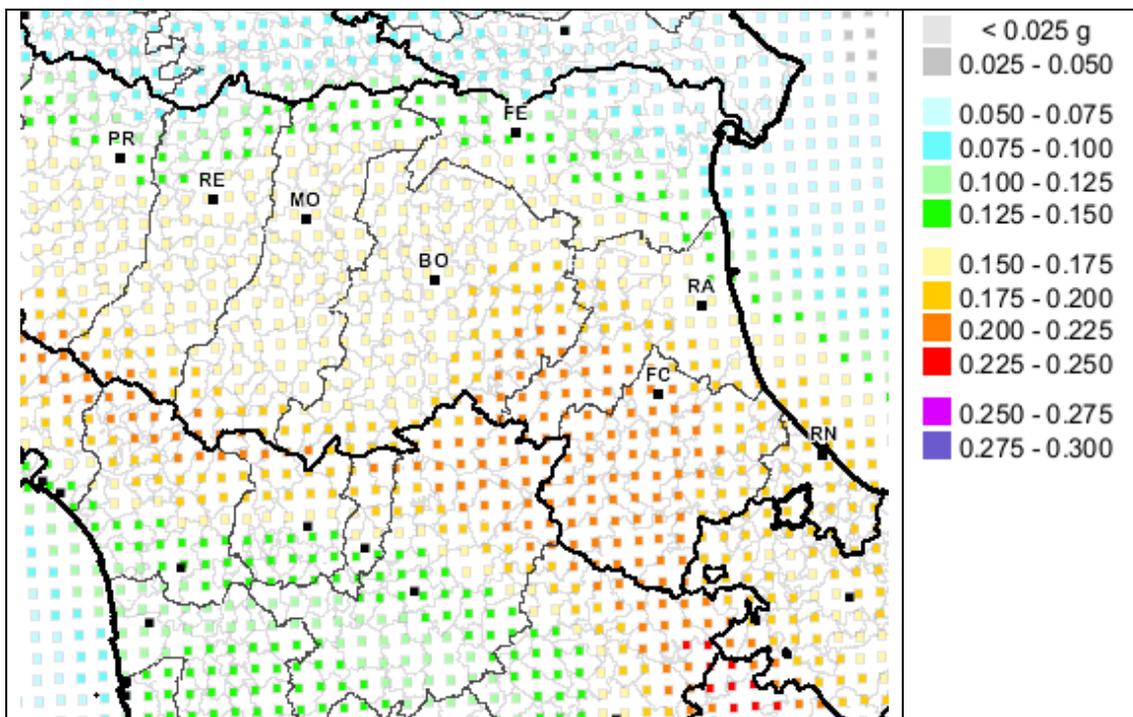


Figura 3 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005.)

Dalla carta sopra riportata è possibile dedurre che il territorio del Comune di Verghereto fa parte di un'area caratterizzata dai valori dell'accelerazione massima compresi nell'intervallo tra 0,200 e 0,225 g, con il valore di 0,207 g riscontrato come PGA per il capoluogo comunale.

Di seguito (fig. 4) viene riportato l'elenco dei terremoti che hanno interessato il territorio comunale di Verghereto, con evidenziato data, ora, epicentro e magnitudo.

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
7	1584	09	10	20	30	Appennino tosco-emiliano	18	9	5.97
F	1892	11	21			CITTA' DI CASTELLO	22	6-7	4.63
7	1918	11	10	15	12	Appennino romagnolo	95	8	5.79
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
4	1987	07	05	13	12	VALMARECCHIA	90	6	4.65
4-5	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05

Figura 4 Storia sismica di Verghereto, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>.

Ai fini della parametrizzazione sismica assume particolare importanza il valore della magnitudo attesa. Tale parametro entra in gioco in quanto, maggiore è la magnitudo maggiore è l'energia rilasciata e quindi la capacità di generare cicli di deformazione del terreno di numero ed ampiezza.

Secondo la mappa delle zone sismo genetiche, il territorio di Verghereto ricade prevalentemente all'interno della zona sismogenetica 915 (fig. 5) ed in maniera subordinata nella zona 914. La magnitudo attesa per l'area in studio, considerando cautelativamente il valore più elevato, risulta essere pari a 6,60 (fig. 6).

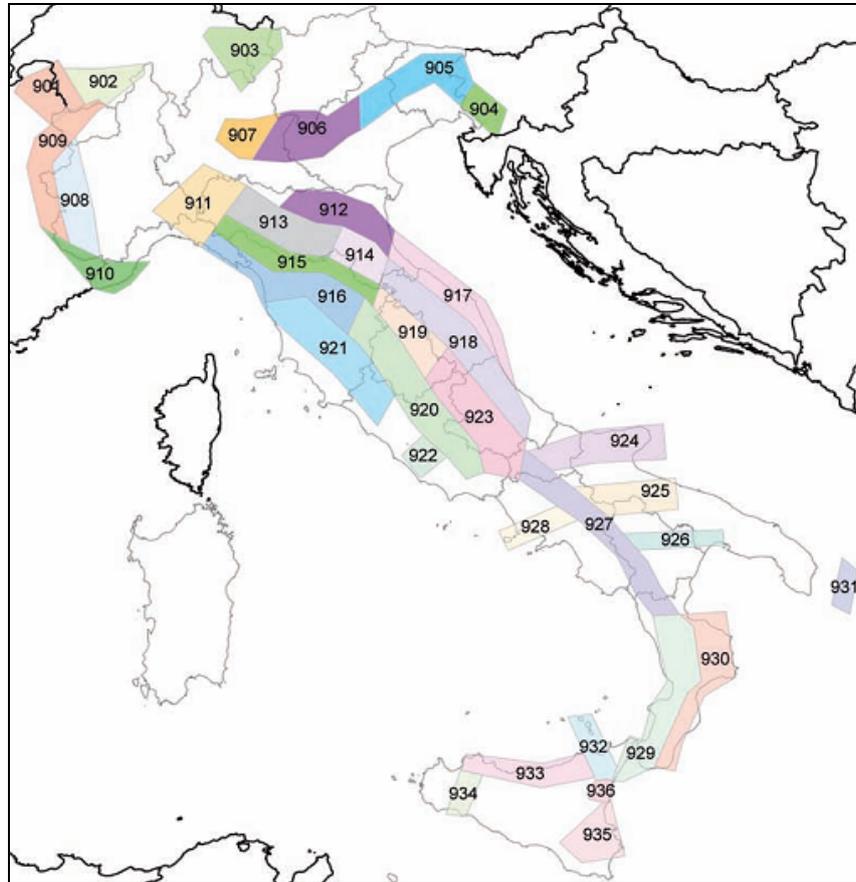


Figura 5 Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 6 Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche

3 - INQUADRAMENTO STRUTTURALE

Dal punto di vista tettonico-strutturale, nell'area in esame si verifica la presenza di strutture principali ad andamento appenninico (NO-SE) che testimoniano la presenza di una tettonica prevalentemente compressiva con strutture plicative, prevalenti sulle disgiuntive ad andamento antiappenninico. Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area risulta interessata da una fascia intramontana depressa con orientamento appenninico (NO-SE), costituita da terreni autoctoni della Serie Umbro-Marchigiano-Romagnola, e da anticlinali sviluppate lungo la medesima direzione appenninica. Lungo la principale depressione sopra citata si rileva l'affioramento di un grosso nucleo di terreni ascrivibili ai Complessi Tosco-Emiliani alloctoni che, con modalità di colata gravitativa, sono sovrascorsi sugli autoctoni.

I terreni affioranti nell'area di studio appartengono a depositi alluvionali terrazzati ricoprenti il bedrock costituito da terreni della Serie Umbro-Marchigiano-Romagnola della Formazione Marnoso Arenacea. Tale Formazione rappresenta un deposito costituito da tobiditi pelitico arenacee di piana bacinale (Burdigaliano sup. – Tortoniano sup.), e da depositi di scarpata e di piattaforma (Tortoniano sup. - Messiniano inf.).

I depositi turbiditici sono suddivisi in interni (riempimento avanfossa Langhiana e Serravalliana) ed in esterni (riempimento avanfossa serravalliana sup. e Tortoniana).

La sismicità della zona, dal punto di vista generale, è legata al sistema di grandi faglie inverse che interessano la Formazione Marnoso Arenacea. Si nota infatti che gli epicentri si allineano lungo tali discontinuità ed in particolare lungo la faglia di S.Sofia-Quarto e Marradi-S.Benedetto in Alpe.

Si tratta di faglie che presentano gli stessi caratteri geometrici e meccanici delle fratture interessanti l'area di studio. I meccanismi focali principali di queste strutture si attestano a profondità variabili, tra i 10 ed i 15 chilometri per la maggior parte degli eventi (dati da carta sismotettonica, 2004); nella stessa carta sono indicate anche fonti sismogenetiche a profondità superiori.

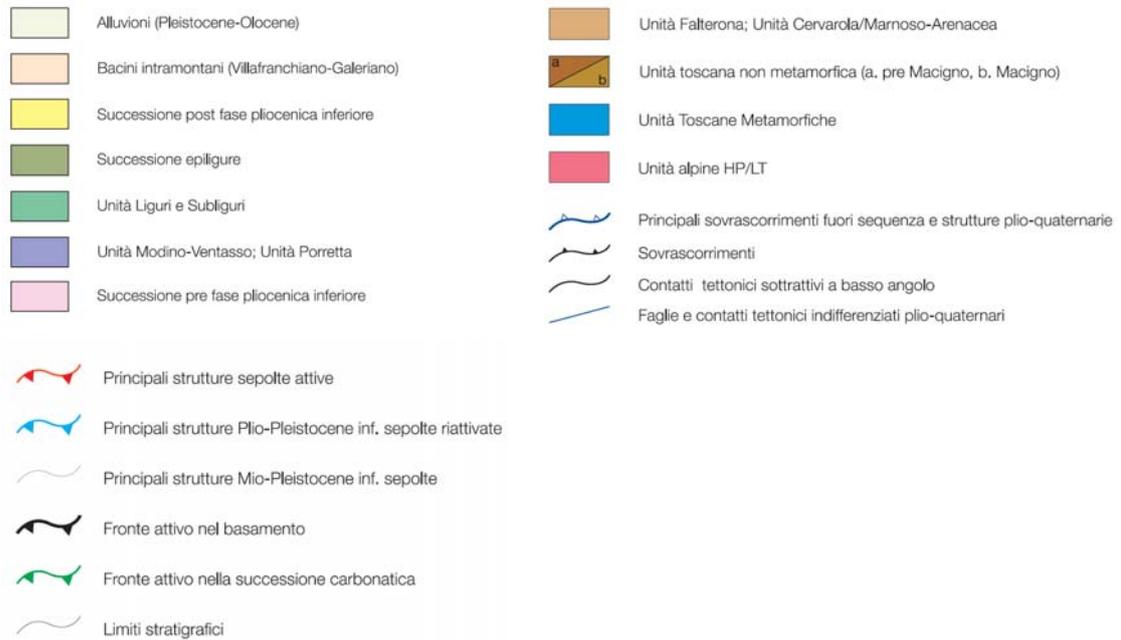
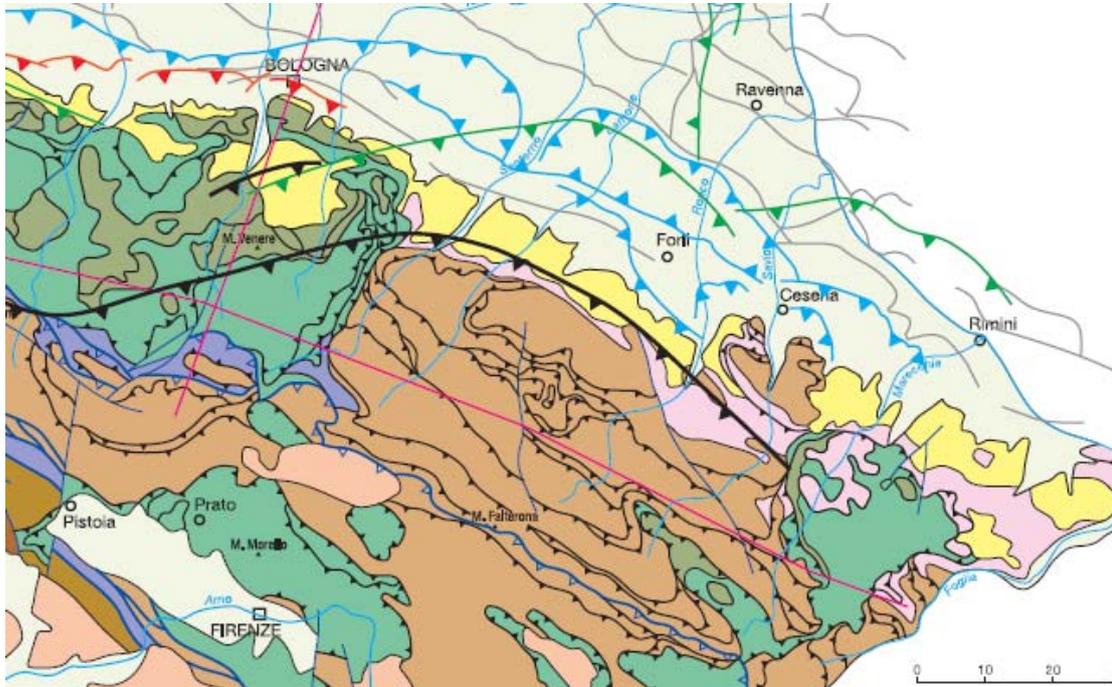
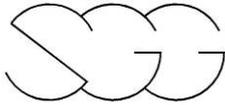


Figura 7 Schema tettonico tratto dalle note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna



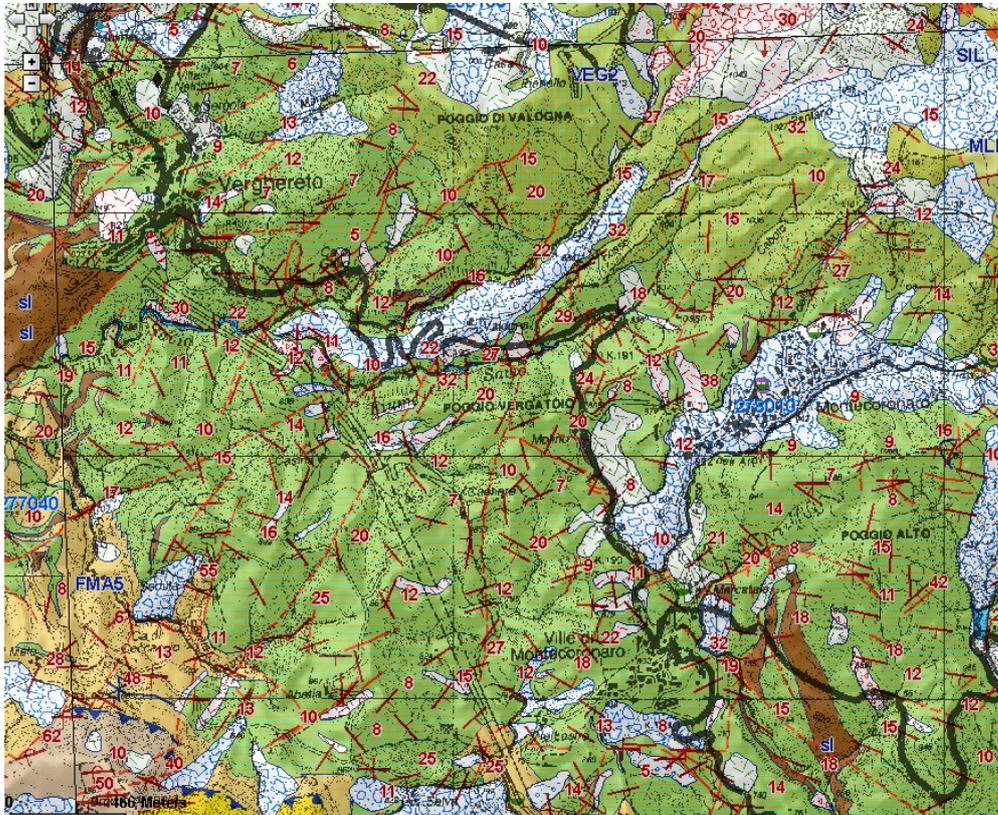
4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Verghereto è caratterizzato da un substrato geologico coincidente con la Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) del Burdigaliano superiore -Tortoniano superiore. La Formazione marnoso-arenacea è un flysch, costituito da alternanze di arenarie e peliti torbiditiche e di subordinate marne emipelagiche, in cui talvolta si riscontrano anche livelli torbiditici carbonatici. Le sue successioni sono normalmente caratterizzate da pacchi di strati paralleli di enorme spessore e di grande estensione areale, in cui le arenarie, più o meno calcaree, si alternano ritmicamente a peliti e marne. Le dimensioni dei livelli arenitici raramente scendono a valori inferiori ai venti centimetri e altrettanto di rado superano lo spessore di un metro. Gli spessori della parte marnoso - pelitica sono invece assai variabili. Essa può ridursi in modo estremo, oppure assumere una netta prevalenza. In casi limite si hanno rocce quasi completamente arenacee oppure decisamente marnose.

I vari membri della marnoso arenacea, come già detto, si distinguono in funzione della litofaces litoide (arenarie calcaree) e di quella pelitica. Nel territorio comunale i membri in cui prevale la litofaces litoide e quelli in cui prevale la litofaces pelitica sono circa equivalenti.

La Formazione Marnoso-Arenacea in vari settori del fondovalle, è coperta da depositi alluvionali recenti e terrazzati antichi dello spessore variabile; localmente sui versanti, la Formazione Marnoso-Arenacea è caratterizzata da numerosi corpi franosi di varia origine e dal diverso grado di attività. I depositi di frana, pur interessando marginalmente gli ambiti urbanizzati, rappresentano per questo territorio una problematica significativa.

La sottostante Carta Geologica (fig. 8) è prodotta dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna.



- Province
- Comuni
- Risorse e prospezioni (50K)**
 - ▲ cava attiva
 - ▼ cava inattiva
- Punti di osservaz. e misura (50K)**
 - ⊕ slumping intraformazionale non cartografabile
 - ⊥ stratificazione a polarità sconosciuta
 - ⊖ stratificazione contorta con valori medi di immersione ed inclinazione
 - ⊙ stratificazione dritta
 - + stratificazione orizzontale
 - stratificazione rovesciata
 - ⊙ stratificazione verticale a polarità sconosciuta
 - ⊖ stratificazione verticale con polarità
- Tracciati geologici (50K)**
 - traccia di sezione geologica
- Linee geomorf./antrop. (50K)**
 - orlo di terrazzo fluviale certo
 - - orlo di terrazzo fluviale incerto
 - + trincea di deformazione gravitativa profonda di versante certa
- Isolinee di unità del sottosuolo (50k)**
 - - - isobata della base del pliocene
- Elementi strutturali (50K)**
 - ⊕ traccia di superficie assiale di anticlinale con asse inclinato certa
 - ⊖ traccia di superficie assiale di anticlinale con asse orizzontale certa
 - ⊕ traccia di superficie assiale di anticlinale con asse orizzontale incerta
 - ⊖ traccia di superficie assiale di sinclinale con asse inclinato certa
 - ⊕ traccia di superficie assiale di sinclinale con asse orizzontale incerta
- Limiti di unità geologiche (50K)**
 - contatto stratigrafico o litologico certo
 - faglia certa
 - faglia diretta certa
 - - faglia incerta
 - ⊖ sovrascorrimento principale certo



Ambienti deposiz. e litologie (50K)	
	ghiaia sabbioso-argillosa di piana alluvionale
	limo argilloso-sabbioso di piana alluvionale
	sabbia limoso-argillosa di piana alluvionale
Unità geologiche (50K)	
	AES - Sintema emiliano-romagnolo superiore
	AES6 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Bazzano
	AES7 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Villa Verucchio
	AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	ANT - Formazione di Antognola
	AQV - Formazione di Acquaviva
	AQVa - Formazione di Acquaviva - litofacies conglomeratica
	AVR - Argille varicolori della Val Marecchia
	BAb - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-calcareo
	BABb - Formazione del Barbotto - litofacies marnoso-arenacea
	CGE - Argille di Casa i Gessi
	FAA - Formazione delle Argille Azzurre
	FAA2 - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello
	FAA2a - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies arenaceo-pelitica
	FAA2b - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies arenacea
	FAA2c - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies grossolana bioclastica
	FAA2d - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - litofacies conglomeratica
	FAA2e - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - olistostroma di S. Maria di Riopetra
	FAA2f - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - breccia a blocchi di Sogliano
	FAA2g - Formazione delle Argille Azzurre - Membro delle arenarie di Borello - breccia a matrice argillosa varicolorata
	FMA13b - Formazione Marnoso-Arenacea - Membro di Fontanelice - litofacies della Val Samoggia
	GES - Formazione delle Argille Azzurre - olistostromi della Formazione Gessoso-Solfifera
	IMO - Sabbie di Imola
	LAD - Arenarie di Lardiano
	MFU - Formazione di Monte Fumaiolo
	MLL - Formazione di Monte Morello
	SMN - Formazione di S. Marino
	SVG - Arenarie e argille di Savignano
	TCO - Marne di Corpolò
	a1 - Frana in evoluzione
	a2 - Frana quiescente
	a3 - Detrito di versante s.l.
	av - Formazione delle Argille Azzurre - argille varicolori
	gs - Membro delle arenarie di Borello - olistostroma di S. Maria di Riopetra - olistoliti di gesso
	i2 - Conoidi torrenziali inattive

Figura 8 - Estratto della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna

5 - INDAGINI SVOLTE

5.1 Indagini pregresse

La prima fase di tale incarico si è basata sulla raccolta dei dati esistenti ed in particolare sul reperimento dei risultati delle indagini precedentemente svolte nel territorio del Comune di Verghereto. L'amministrazione comunale ci ha fornito i dati relativi a delle prove, identificabili come indagini dirette (prove penetrometriche e sondaggi geognostici) e come indagini indirette (prove geofisiche MASW, prove Re.Mi).

L'elevato numero di prove disponibili e l'esistenza di specifici elaborati geologici di dettaglio ha perciò permesso di limitare le nuove indagini; per quest'ultime sono state preferite le misure tomografiche e quelle sismiche nei settori più scoperti dalle precedenti indagini, nelle aree urbanizzate ed in quelli in cui sono previste delle modifiche urbanistiche.

Complessivamente, le precedenti indagini sono così riassumibili:

Indagini dirette

- n° 26 sondaggi geognostici
- n° 31 prove penetrometriche CPT

Indagini indirette

- n° 3 prove MASW
- n° 17 prove HVSR

Gli elaborati grafici di tali prove non verranno consegnati su formato cartaceo, ma fanno parte del database GIS secondo quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Versione 2.0 (Giugno 2012).

Per ogni indagine puntuale o lineare è stato compilato il database, seguendo una maschera di immissione dati personalizzata.

Indagini_Puntuali		Indagini_Puntuali			
pkey_spu	pkey_indpu	classe_ind	tipo_ind	ID_INDP	
1	1	GS	CPTU	40004P001CPTU01	
id_indpuex		arch_ex			
B1 (1)		SPG			
note_ind					
prof_top		prof_bot		spessore	
0		-8,8		8,8	
quota_slm_top		quota_slm_bot		data_ind	doc_pag
186		177,2		17/01/2011	5
doc_ind					
..\..\Indagini\Documenti\B1.pdf					

Ad ogni entità inserita nel database, che è stato popolato secondo i campi previsti dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” Versione2.0 (Giugno 2012), è stato collegato con un oggetto nello shapefile puntuale o lineare come indicato dagli stessi standard. Sono stati inoltre aggiunti alcuni nuovi campi per facilitare le funzioni di elaborazione grafica ed al fine di aumentare le informazioni ottenibili dagli shapefile.

5.2 Indagini attuali

La prospezione geofisica e le misure tomografiche sono state eseguite nei giorni dal 6 al 15 Marzo 2013. L'ubicazione complessiva delle indagini è riportata in dettaglio nell'elaborato “Carta delle indagini”.

L'indagine geofisica e geotecnica si è svolta attraverso l'esecuzione di 6 prove MASW per l'acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh, con l'esecuzione di 6 misure HVSR (fig. 9) a stazione singola della durata di 20 minuti ciascuna e con 2 prove penetrometriche.



Figura 9 – Misura HVSR

Le prove vengono riassunte nelle successive tabelle con la sigla con cui sono contraddistinte nella “Carta delle Indagini”

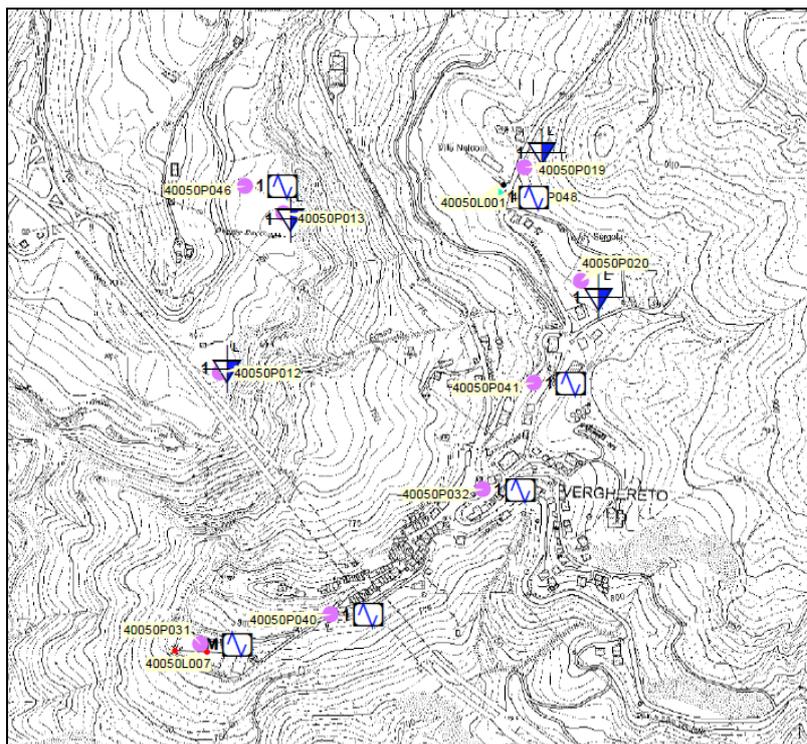
MASW 1	40050L001MASW01
MASW 2	40050L002MASW02
MASW 3	40050L003MASW03
MASW 4	40050L004MASW04
MASW 5	40050L005MASW05
MASW 6	40050L006MASW06

HVSR 1	40050P048HVSR53
HVSR 2	40050P049HVSR54
HVSR 3	40050P050HVSR55
HVSR 4	40050P051HVSR56
HVSR 5	40050P052HVSR57
HVSR 6	40050P053HVSR58

PROVA PENETROMETRICA 1	40050P056DP61
PROVA PENETROMETRICA 2	40050P057DP62

La carta delle indagini individua la posizione planimetrica di tutte le indagini svolte nell'ambito del progetto in esame. Tale carta, ed il relativo database, sono stati redatti, come già descritto in precedenza, secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Versione2.0 (Giugno 2012).

Di seguito viene riportata la legenda ed un estratto della Carta delle Indagini



Legenda

Indagini precedenti

- Ubicazione delle indagini puntuali
- Tipologie di indagini puntuali**
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
- Sondaggio con prelievo di campioni
- Sondaggio con piezometro
- Prova penetrometrica in foro (SPT)
- Prova penetrometrica dinamica pesante
- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Prova penetrometrica statica
- Prova penetrometrica statica con piezocono
- Stazione microtremore a stazione singola
- Sezione geologica
- Prove MASW

Indagini attuali

- Ubicazione delle indagini puntuali
- Stazione microtremore a stazione singola di nuova realizzazione
- Prova penetrometrica dinamica pesante di nuova realizzazione
- Prove MASW di nuova realizzazione

Figura 10 – Legenda della Carta delle indagini

6 – ESECUZIONE DEI RILIEVI

Prove Multi-channel Analysis of Surface Waves (“MASW”)

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005). Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell’effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base del valore della V_{sH} e della V_{s30} (il valore medio ponderato della VS nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}} \quad \text{eq. (1)}$$

in cui V_{si} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell’i-esimo strato

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d’inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

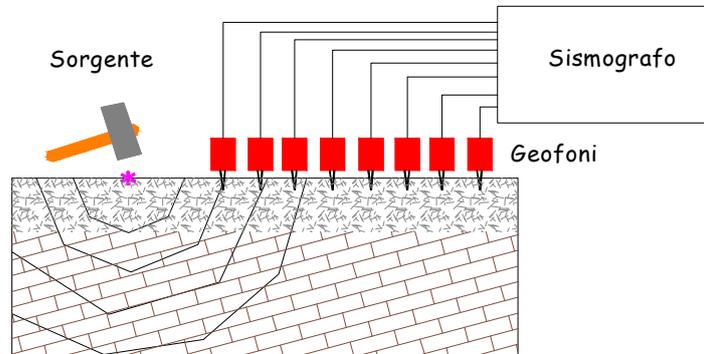


Figura 11 - Stendimento sismico

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori (fig. 11) le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

Curva HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente

L'idea di base è quella secondo cui il rapporto H/V consente in media di eliminare il ruolo delle variazioni di intensità delle sorgenti nel corso della registrazione mettendo in evidenza il ruolo della struttura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa a quella

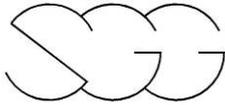
configurazione strutturale (con f_r circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Si osserva anche una certa correlazione (fortemente non lineare) fra l'entità della variazione di velocità responsabile dei fenomeni di risonanza e l'ampiezza del massimo della funzione H/V (maggiore è il contrasto di impedenza sismica, maggiore è l'entità del massimo).

La struttura del campo d'onde presente nel terreno (rumore sismico ambientale, microtremore, rumore sismico o seismic noise) è condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti che lo determinano (siano esse naturali o antropiche) e dalle proprietà meccaniche dei terreni. Infatti, ciascuna sorgente genera un treno d'onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di propagazione fra la sorgente e il sito in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza di variazioni delle proprietà meccaniche dei terreni nel sottosuolo. In genere, nel campo di rumore ambientale, saranno presenti sia onde di volume (P e S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh).

Se si considera un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine delle decine di minuti), le proprietà medie di un campo d'onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, distribuite casualmente attorno a un punto di misura, tendono ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti che hanno generato il campo, ma solo dalle proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dal livello energetico medio dell'attività antropica o naturale.

In particolare, si può immaginare che, in media, le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo tendano a essere sollecitate in modo equivalente, con un'ampiezza media pari al livello medio del rumore in quell'intervallo temporale. In questa ipotesi, i rapporti fra le ampiezze verticali e orizzontali del moto (H/V) saranno statisticamente indipendenti dalle caratteristiche delle sorgenti.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza ν_0 di una copertura



sedimentaria di spessore H sovrapposta a un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento (V_s) e 4 volte lo spessore H ($v_0 = V_s/4H$). Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio o, viceversa a questa ultima se lo spessore H è noto.

Studi teorici mostrano che se il rumore è effettivamente dominato da onde di volume emergenti da direzioni sub-verticali, l'andamento e l'ampiezza della funzione H/V riflettono quelle della funzione di risposta del deposito sedimentario analizzato. In caso contrario si vede che l'ampiezza dei massimi della funzione H/V è correlata (ma non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica presente alla base della copertura.

L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

Le registrazioni di microtremori, della durata di 20 minuti, sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO ENGY PLUS (specifiche tecniche su www.tromino.it), strumento appositamente progettato per questo scopo.

7 - ANALISI DELLA DISPERSIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Il metodo “MASW” consente di eseguire un’analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.

Per l’interpretazione dei dati sperimentali è stato utilizzato uno specifico programma (winMASW Professional Version 4.1).

Il profilo verticale di V_s è ottenuto tramite l’inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura si sviluppa in due fasi:

- Determinazione dello spettro della velocità sulla quale si identifica la curva di dispersione
- Inversione della curva di dispersione attraverso l’utilizzo di algoritmi genetici.

L’elaborazione del segnale consiste inizialmente nel calcolo dello spettro di velocità dei dati sismici acquisiti in campagna (fig. 12).

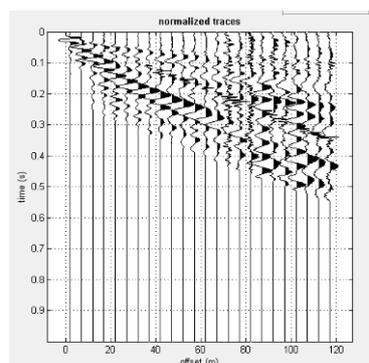


Figura 12: dati di campagna

Sullo spettro di velocità calcolato (fig. 13) è eseguito un “picking” della curva di dispersione (soprassegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (in questo caso al modo fondamentale) di propagazione dell’onda superficiale di Rayleigh.

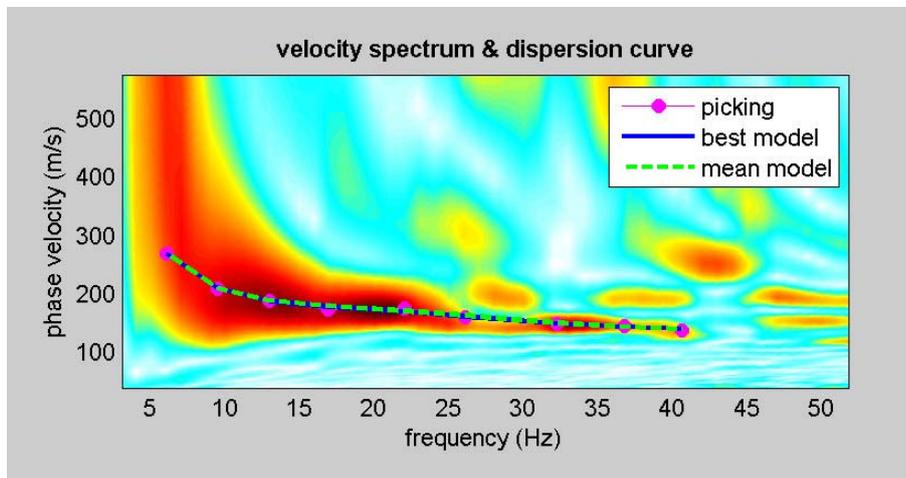


Figura 13: esempio di spettro di velocità tratto dalla prova MASW e relativo picking

Allo scopo di ottenere una prima valutazione del possibile modello del terreno è altresì effettuata una modellazione diretta del terreno tramite il calcolo di una curva di dispersione appartenente ad un modello a quattro strati, i cui valori di V_s e degli spessori sono definiti sulla base di osservazioni desunte e dalla tomografia sismica a rifrazione e delle stratigrafie delle prove penetrometriche.

Successivamente per ottenere il profilo verticale di V_s è eseguita l'inversione della curva di dispersione precedentemente individuata. Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di V_s e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalle prove penetrometriche e dai sondaggi geognostici.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui

(ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.

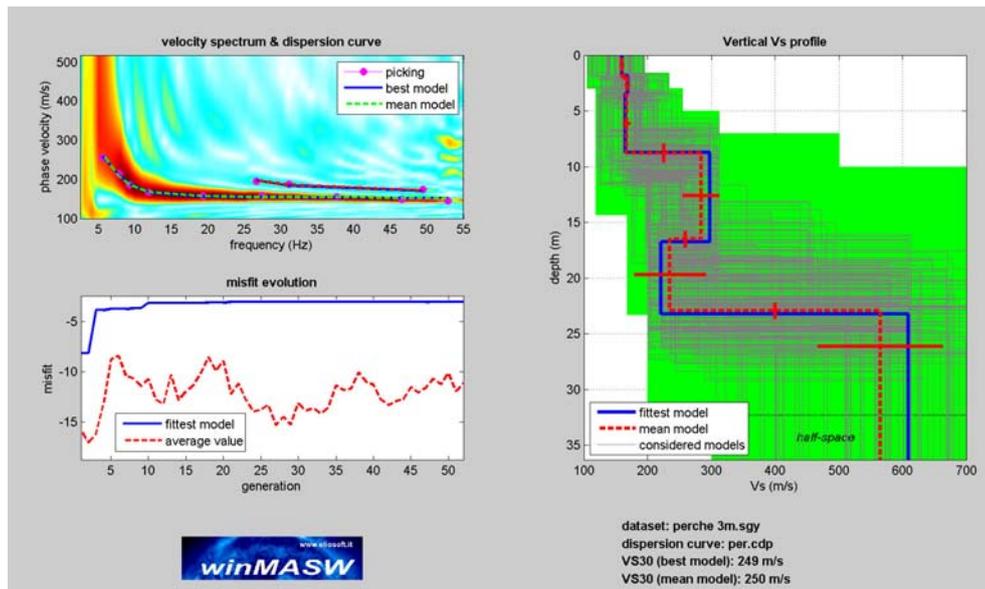


Figura 14: Esempio di risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" utile per la valutazione dei valori di deviazione standard tra il modello medio e quello migliore ai fini di verificare l'accettabilità del modello ottenuto (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

L'analisi dei dati attraverso l'uso di algoritmi genetici porta in ultima analisi alla definizione del profilo verticale della Vs (fig. 14) in funzione della profondità con associato il valore del V_{s30} o V_{sH} .

8 - ANALISI ED UTILIZZO DEI RAPPORTI SPETTRALI

La misura della funzione H/V è stata effettuata tramite l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per un tempo di venti minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio.

La misura è stata effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità.

I risultati di ogni analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software GRILLA, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 secondi) per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. Su ciascuna di queste finestre viene calcolato lo spettro di ampiezza del segnale nelle tre componenti. In questa fase è stato applicato un sistema di lisciamento (smoothing) triangolare del 10% adottato per la determinazione dello spettro.

L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una stima del relativo intervallo di confidenza.

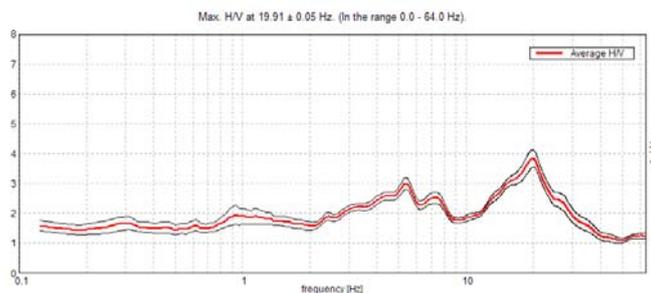
Di seguito sarà brevemente descritta la procedura di analisi seguita:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 20 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
 - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (detrend) e tapering delle estremità.
 - la trasformata di Fourier (FFT)
 - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale (in questo lavoro generalmente il 10%).

- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR (f), in ciascuna finestra temporale.
- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Lo spettro relativo alla componente orizzontale viene ottenuto effettuando la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale. La combinazione delle stime ottenute nelle diverse finestre temporali viene poi utilizzata per costruire la funzione H/V finale e stimare il relativo intervallo di confidenza. In particolare, la funzione H/V è ottenuta facendo la media dei valori delle funzioni H/V calcolate in ogni finestra temporale.

Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale (fig. 14). La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate (fig. 15).



H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V

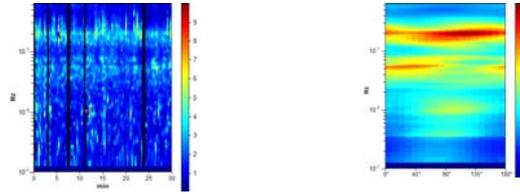


Figura 15: Esempio di risultati delle analisi di rumore sismico relative a una corretta misura H/V. In alto sono riportati i valori del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza con il relativo intervallo di confidenza al 95%. In basso a sinistra è riportato l'andamento nel tempo (ascissa) dei valori H/V (colori) in funzione della frequenza (ordinata). In basso a destra sono invece riportati i valori della funzione H/V (colore) in funzione della frequenza (in ordinata) al variare della direzione del segnale (ascissa)..

Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo.

Infine, un buon indicatore della qualità del picco H/V può essere ottenuto dall'esame degli spettri singoli. Infatti, massimi fisicamente significativi sono generalmente associati a valori di ampiezza spettrale minima sulla componente verticale. La curva sottostante può essere considerata come un esempio di picco H/V chiaro e fisicamente significativo (fig. 16).

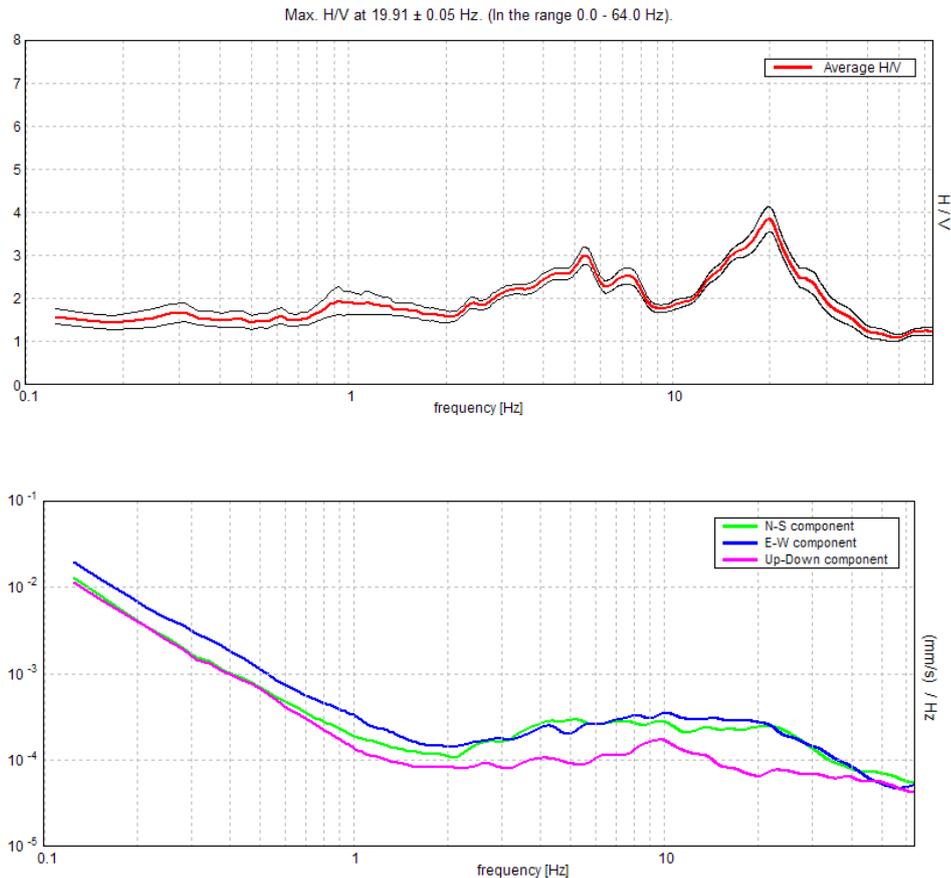
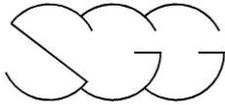


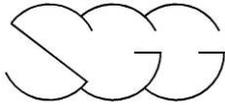
Figura 16: Esempio di andamento degli spettri relativi a una corretta misura H/V nella quale viene identificato un picco fisicamente significativo. Nella figura superiore è riportato l'andamento della curva H/V (curva rossa) e il relativo intervallo di confidenza (curve nere). Nella figura in basso sono riportati gli andamenti degli spettri di ampiezza del rumore sulla componente verticale (curva magenta) e sulle componenti orizzontali (curve verde e blu).

Come già ricordato, un picco chiaro e netto indica un buon contrasto di impedenza sismica; di conseguenza, un passaggio litologico significativo ad un litotipo avente spessori consistenti e che quindi può essere considerato sismicamente come il sub-strato.

Nel complesso le misure HVSR eseguite nel territorio del comune di Verghereto presentano un picco chiaro e netto corrispondente a frequenze di



risonanza fondamentali (F_0) comprese tra 1,5 e 6,5 Hz e subordinatamente maggiori di 9Hz. Le misure 40005P050, 400005P033 e 40005P046 identificano, inoltre, una frequenza di risonanza secondaria rispetto alla fondamentale (F_1). Le misure hanno pertanto evidenziato frequenze di risonanza del sottosuolo corrispondenti ad uno o più passaggi litologici significativi; in particolare le misure 40005P050, 40005P035, 40005P037, 40005P038 , 40005P039 sono caratterizzate da picchi di ampiezza notevole e pertanto individuano situazioni geologiche che possono determinare fenomeni di risonanza importanti nelle rispettive frequenze individuate. Solo in taluni casi (40005P051, 40005P052, 40005P040 e 40005P041) la curva HVSR mostra un andamento più o meno piatto corrispondente a situazioni litologiche caratterizzate dall'assenza di passaggi litologici netti nel sottosuolo.



9 - ANALISI DEI RISULTATI E RELATIVA CARTOGRAFIA

9.1 Introduzione

Come specificato negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” Versione2.0”, tutti gli elaborati GIS sono stati georeferenziati nel sistema WGS84UTM33N, e sono stati redatti in scala 1:5000 e 1: 10.000.

I progetti GIS sono stati realizzati utilizzando il software ArcMap v.10 della ESRI; gli shapefiles sono stati organizzati in geodatabase secondo quanto previsto dagli standard. Per ogni shapefile è stato comunque creato un file con estensione “.lyr” che permetterà la ricostruzione delle simbologie indipendentemente dalla versione di ArcMap utilizzata.

La topografia di base è stata fornita dalla committenza e, dopo le opportune modifiche, è stata inserita nella cartella denominata “Basi_Dati”

9.2 Carta geologico-tecnica

La carta geologico-tecnica rappresenta il documento di sintesi di tutti gli elementi geologici e geomorfologici che possono produrre modificazioni locali del moto sismico in superficie. In tale elaborato, redatto alla scala 1:5.000, sono state distinte le aree instabili con indicazione del grado di attività e della tipologia di movimento, i terreni di copertura e le aree caratterizzate dall’affioramento del substrato geologico. I terreni di copertura comprendono i depositi olocenici e pleistocenici, i depositi detritici di versante e di conoide.

TERRENI DI COPERTURA	
Unità di Modena	GM
Deposito alluvionale in evoluzione	GM
Deposito di versante	fd (GM)
Deposito eluvio-colluviale	ec (GM)
Detrito di falda	fd (GP)
Travertini	Zz



Deposito lacustre	Ic (OL)
Deposito antropico	RI

Il territorio del Comune di Verghereto è caratterizzato da un substrato geologico coincidente con la Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) del Burdigaliano superiore-Tortoniano superiore. La Formazione marnoso-arenacea è un flysch, costituito da alternanze di arenarie e peliti torbiditiche e di subordinate marne emipelagiche, in cui talvolta si riscontrano anche livelli torbiditici carbonatici. Le sue successioni sono normalmente caratterizzate da pacchi di strati paralleli di enorme spessore e di grande estensione areale, in cui le arenarie, più o meno calcaree, si alternano ritmicamente a peliti e marne. In casi limite si hanno rocce quasi completamente arenacee oppure decisamente marnose.

Il substrato geologico talvolta non corrisponde con il substrato sismico ed è proprio per tale motivo che l'attribuzione geologico-tecnica, in alcune delle formazioni sotto riportate coincide con un substrato non rigido (NRS); tale assegnazione è legata al fatto che, nonostante queste formazioni costituiscono il litotipo di base per l'intera area con caratteristiche geologiche da basamento, sono caratterizzate da velocità delle onde S Vs inferiori a 800 m/sec.

SUBSTRATO GEOLOGICO		
na	slump di Nasseto	NRS
VEG1	Marne di Verghereto - membro di Montecoronaro	NRS
SNEc	Formazione di Monte Senario - litofacies arenaceo-calcareo-marnosa	ALS
MFU	Formazione del Monte Fumaiolo	ALS
SNEa	Formazione di Monte Senario - litofacies arenacea	ALS
SMN	Formazione di San Marino	LPS
FMA1	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Biserno	NRS
cp	livello Fosso Caprie	NRS
fm	Livello Fiumicello	ALS
FMA5	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Collina	NRS
sl	Orizzonti caotici intraformazionali	NRS
AVS	Argille Varicolori della Val Samoggia	NRS



va	Colombina della Valbura	ALS
cs	Strato Contessa	ALS
df	Debris flow in SMN	NR
cz	Colombina di Cuzzano	ALS
ANT	Marne di Antognola	NRS
MLL	Formazione di Monte Morello	ALS
mt	Colombina di Montellero	ALS
FMA2	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Corniolo	ALS
FMA3	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Premilicure	ALS
FMA4	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Galeata	ALS
SMNb2	Formazione di San Marino - unitÓ dei calcari stratificati -litofacies biocalcarenitico - ruditica	LPS
ca	Strato Calanca	ALS
MFUb1	Formazione del Monte Fumaiolo - litofacies marnoso sabbiosa	NRS
SMNb1	Formazione di San Marino - unitÓ dei calcari stratificati - litofacies biocalcarenitica	LPS
MLLa	Formazione di Monte Morello - litofacies delle Marne Rosate	ALS
SIL	Formazione di Sillano	NRS
SMNa	Formazione di San Marino - unitÓ biocalcarenitica di S. Alberico	LPS
FMA5d	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Collina - litofacies pelitico-arenacea	NRS
SNEb	Formazione di Monte Senario - litofacies a brecciole	ALS
ss	slump di Susinello	NRS
VEG	Marne di Verghereto	NRS
FMA5c	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Collina - litofacies pelitico-arenacea di Poggio Castiglione	NRS
MFUb	Formazione del Monte Fumaiolo - litofacies arenitica di Monte Aquilone	LPS
CNA	Arenarie di Poggio Carnaio	ALS
fr	Colombina della Fratta	ALS
CAP	Formazione di Campaolo	ALS
VEG2	Marne di Verghereto - membro di San Paolo	NRS
MVS	Melange della Valle del Savio	NRS
MFUc	Formazione del Monte Fumaiolo - litofacies biocalcarenitica della Degenza	LPS

Legenda

Terreni di copertura

- OL Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Substrato geologico

- LPS Lapideo stratificato
- ALS Alternanza di litotipi stratificato
- NRS Substrato geologico non rigido stratificato

Instabilità di versante

- Crollo o ribaltamento - attiva
- Scorrimento - attiva
- Colamento - attiva
- Complessa - attiva
- Non definito - attiva
- Scorrimento - quiescente
- Colamento - quiescente
- Complessa - quiescente
- Non definito - quiescente
- Crollo o ribaltamento - inattiva

Forme di superficie e sepolte

- Falda detritica

Elementi lineari

- Traccia di sinclinale
- Traccia di anticlinale
- Traccia della sezione geologica

Faglie non attive

- Diretta/contatto tettonico (certa)
- Diretta/contatto tettonico (presunta)
- Inversa (certa)
- Trascorrente/obliqua/sovrascorrimento (certa)
- Trascorrente/obliqua/sovrascorrimento (presunta)

Elementi geologici e idrogeologici

- Giacitura strati
- Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo
- Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido

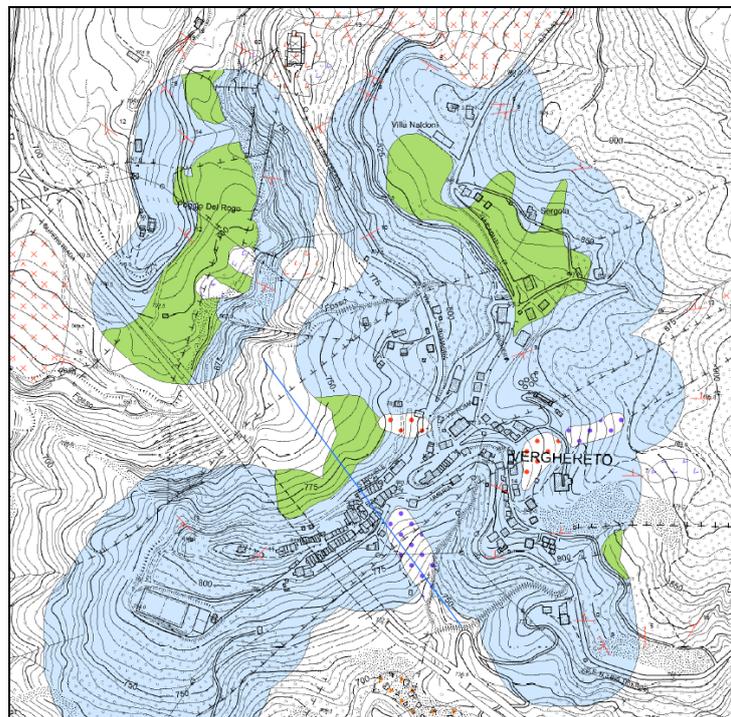


Figura 17: Legenda ed estratto della Carta Geologico- tecnica
Le sezioni riportate in tale cartografia sono alla scala 1:2.500.

9.3 Carta delle frequenze

Di seguito si riportano i risultati delle analisi HVSR delle registrazioni di rumore sismico ambientale.

Per ciascun sito di misura identificato dalla denominazione HVSR e da un numero progressivo, si riportano i valori delle frequenze di risonanza associate a picchi significativi della curva HVSR.

Con la denominazione F_0 (frequenza di risonanza fondamentale) sono state identificate le frequenze associate al picco principale della curva HVSR.

Nel caso in cui la curva HVSR abbia evidenziato un ulteriore picco significativo, questa frequenza di risonanza è stata identificata con la denominazione F_1 .

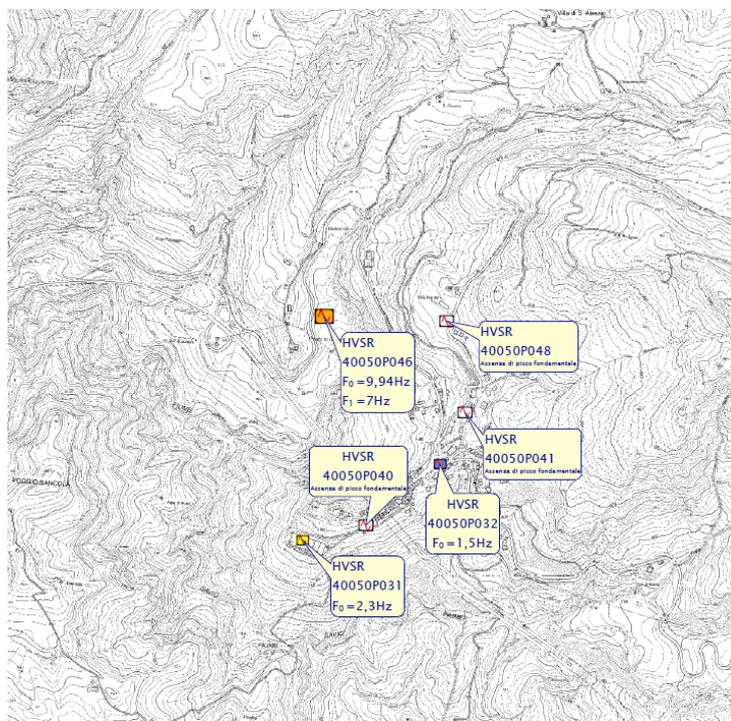
Per ciascuna prova tomografica, si riporta la frequenza di risonanza F_0 con relativa ampiezza del picco della curva HVSR e, quando presente, la frequenza di risonanza F_1 .

Misura HVSR	F_0 (Hz)	Ampiezza	F_1 (Hz)
40050P048	assente		
40050P049	6,6	<3	
40050P050	4,0	>3	3,2
40050P051	assente		
40050P052	assente		
40050P053	4,1	<3	
40050P031	2,3	<3	
40050P032	1,5	<3	
40050P033	4,8	>3	7,5
40050P034	7,2	<3	
40050P035	3,1	>3	
40050P036	3,1	<3	
40050P037	2,1	>3	
40050P038	2,4	>3	
40050P039	1,9	>3	
40050P040	assente		
40050P041	assente		

40050P042	1,7	>3	
40050P043	2,2	<3	
40050P044	4,9	>3	
40050P045	6,5	<3	
40050P046	9,9	>3	7,0
40050P047	19,6	>3	

I risultati delle prove HVSR basate su registrazioni del rumore di fondo vengono sintetizzati nella Carta delle Frequenze. Questo elaborato, così come tutti gli altri, vengono presentati sia in formato pdf che in formato vettoriale (shapefile).

Nella Carta delle Frequenze, redatta alla scala 1:10.000, sono stati riportati tutti i punti di misura con una simbologia tale da evidenziare i diversi valori delle frequenze di risonanza, espressa in Hz, e le relative ampiezze dei picchi.



Legenda

Punti di misura HVSR

Ampiezza HVSR >3

- 1 Hz < F_0 < 2 Hz
- 2 Hz < F_0 < 8 Hz
- $F_0 > 8\text{Hz}$

Ampiezza HVSR <3

- 2 Hz < F_0 < 8 Hz
- $F_0 > 8\text{Hz}$
- Assenza di picco di frequenza fondamentale

Figura 18 – Estratto e legenda della Carta delle frequenze

I differenti colori indicano l'intervallo di frequenza in cui ricade il punto di misura; la dimensione del simbolo indica l'ampiezza del picco. Nel caso in cui sia presente una seconda frequenza di risonanza oltre al valore di F_0 , è stato riportato anche il valore di F_1 .

9.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Questa cartografia rappresenta il documento fondamentale del livello 1 di microzonazione. In tale elaborato, redatto alla scala 1:5.000, sono individuate le aree omogenee dal punto di vista sismico e per le quali dovranno essere effettuate le indagini in applicazione al II° livello di microzonazione. Nell'intero territorio comunale sono presenti delle "zone stabili", delle "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" e delle "zone suscettibili di instabilità".

Tutte le aree omogenee in cui è stato suddiviso il territorio comunale cartografato sono evidenziate nella successiva legenda.

Legenda

Zone stabili

-  Substrato lapideo
-  Alternanze di litotipi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  Zona 1
-  Zona 2
-  Zona 3
-  Zona 4

Zone suscettibili di instabilità

-  Instabilità di versante: Attiva
-  Instabilità di versante: Quiescente
-  Instabilità di versante: Inattiva

Forme di superficie e sepolte

-  Falda detritica

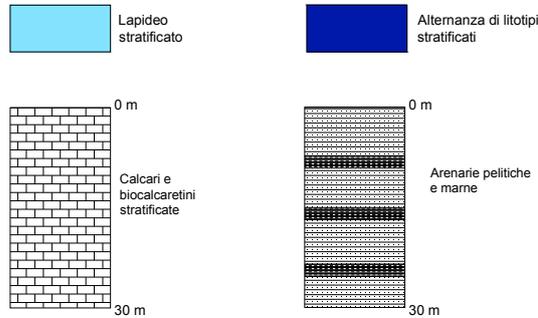
Elementi lineari

-  Traccia della sezione topografica

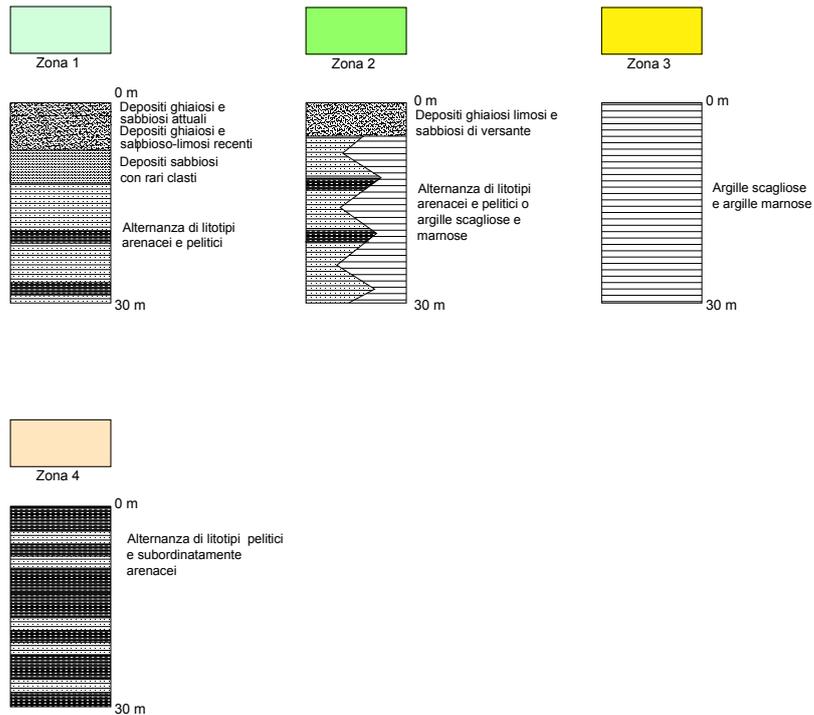
Figura 19 – Legenda della Carta MOPS

Ognuna delle aree in cui è stato suddiviso il territorio e riportate nella soprastante legenda fanno riferimento ad una successione stratigrafica tipo, che viene riportata di seguito.

ZONE STABILI



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Le limitatissime zone stabili lasciano uno spazio prevalente alle zone stabili suscettibili ad amplificazione; le numerose ed anche ampie zone suscettibili di instabilità sono riconducibili a frane attive ed a frane quiescenti.

Tra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale, le zone 2 e 4 sono le prevalenti.

9.5 Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs)

L'esecuzione della nuova campagna di indagini consistenti in 6 prove sismiche MASW e 6 misure HVSR, insieme alle altre indagini sismiche esistenti hanno permesso, per le verticali indagate, la ricostruzione della velocità delle onde S (Vs) con il variare della profondità.

Le curve HVSR caratterizzate da picchi chiari e netti sono stati utilizzate ai fini della definizione del profilo di Vs, attraverso il processo di inversione implementato nel software GRILLA, esclusivamente nelle aree del territorio comunale non coperte da altre indagini sismiche.

In appendice sono riportati i risultati delle prove MASW e delle misure HVSR utilizzate ai fini della definizione del profilo verticale di Vs.

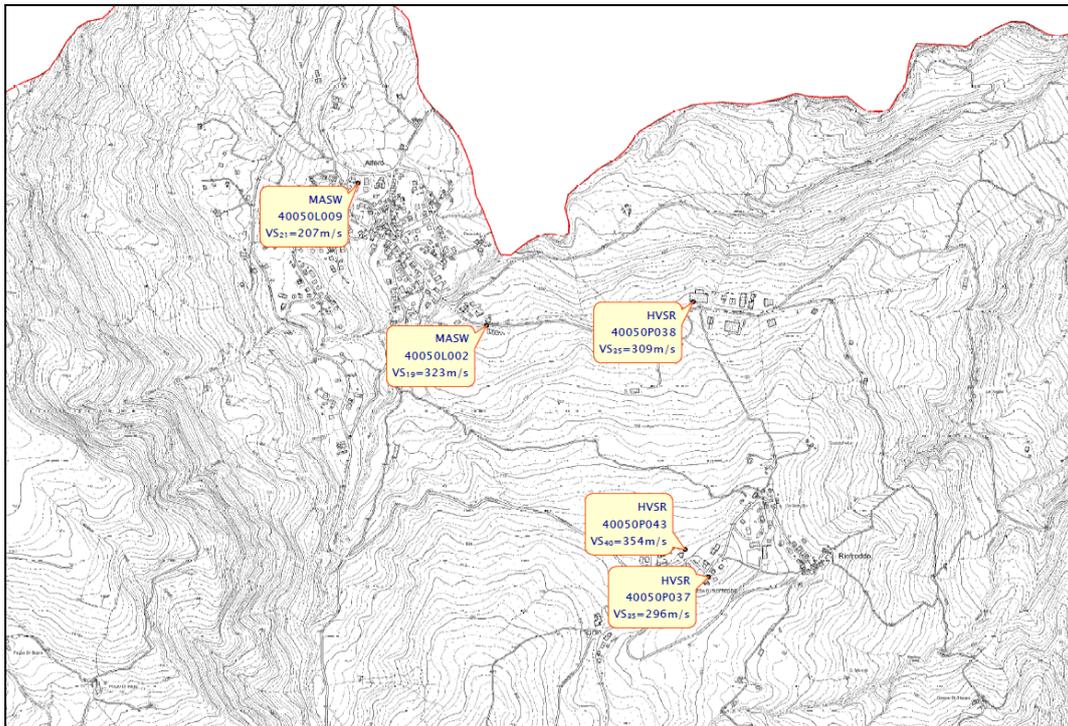
Non essendo la Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs) prevista nelle specifiche redatte dalla Protezione Civile, si è cercato di creare una struttura del database che fosse omogenea con gli standard nazionali.

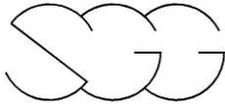
Nella Carta della velocità delle onde S viene riportata, per ogni prova sismica il valore del V_{S30} nel caso in cui non ci siano contrasti di impedenza significativi (substrato profondo) o il valore di V_{SH} dove H è lo spessore della copertura posta al di sopra del substrato.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i risultati delle prove sismiche, espressi in termini di V_{S30} o di V_{SH} .

Indagine	Tipologia indagine	Vs
40050L001MASW01	masw	$V_{S10} = 764$
40050L002MASW02	masw	$V_{S19} = 323$
40050L003MASW03	masw	$V_{S25} = 364$
40050L004MASW04	masw	$V_{S14} = 231$
40050L005MASW05	masw	$V_{S10} = 242$
40050L006MASW06	masw	$V_{S6} = 254$
40050L007MASW07	masw	$V_{S40} = 377$
40050L008MASW08	masw	$V_{S40} = 236$

40050L009MASW09	masw	$V_{s21} = 207$
40050P053HVSER58	HVSR	$V_{s16} = 290$
40050P032HVSER37	HVSR	$V_{s17} = 235$
40050P033HVSER38	HVSR	$V_{s8} = 235$
40050P034HVSER39	HVSR	$V_{s9} = 235$
40050P036HVSER41	HVSR	$V_{s35} = 348$
40050P037HVSER42	HVSR	$V_{s35} = 296$
40050P038HVSER43	HVSR	$V_{s35} = 309$
40050P040HVSER45	HVSR	$V_{s30} = 465$
40050P041HVSER46	HVSR	$V_{s30} = 477$
40050P042HVSER47	HVSR	$V_{s40} = 220$
40050P043HVSER48	HVSR	$V_{s40} = 354$





Legenda

- Punto di misura delle VS con indicazione del tipo di indagine, del codice identificativo e del valore della velocità riferito alla profondità del substrato

Figura 20 – Estratto e legenda della Carta della velocità delle onde di taglio S

10 - DETERMINAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA

Il calcolo dell'amplificazione sismica ed in particolare dei fattori di amplificazione, sono stati effettuati secondo quanto stabilito nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico n. 112/2007, ovvero utilizzando le metodologie concordate dal servizio preposto dalla Regione Emilia Romagna.

Per la determinazione dei fattori di amplificazione sono state utilizzate le tabelle dell'allegato A2 contenute nell'atto sopra citato, facendo riferimento ai valori riferiti all'ambito "APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO" di seguito riportate.

Appennino e Margine Appenninico – Padano

In caso di substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	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	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

In caso di substrato affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s

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 - $0.1s < T_o < 0.5s$

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 - $0.5s < T_o < 1.0s$

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

F.A. P.G.A.

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

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

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

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

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

Per le varie prove sismiche, conoscendo la stratigrafia puntuale, è stato scelto caso per caso il valore di V_{sH} o di V_{s30} . Utilizzando le tabelle relative all'ambito individuato è possibile trovare il valore del fattore di amplificazione, al variare della V_s che può essere relativa ad un preciso spessore H (V_{sH}) o ai primi 30 metri di profondità (V_{s30}).

11 - CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO (FATTORE DI AMPLIFICAZIONE)

L'elaborato conclusivo dello studio di microzonazione sismica di II° livello del comune di Verghereto, è costituito dalla realizzazione delle carte dei *fattori di amplificazione* espressi sia in termini di P.G.A. sia in termini di Intensità di Housner.

La definizione dei fattori di amplificazione sismica è stata eseguita mediante l'applicazione delle tabelle in funzione dei valori di V_{sH} e V_{s30} ottenuti elaborando i dati delle prove sismiche (MASW, HVSR). Questi fattori sono stati espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di Intensità di spettrale per intervalli di tempo compresi tra $0.1s < T_0 < 0.5s$ e $0.5s < T_0 < 1.0s$.

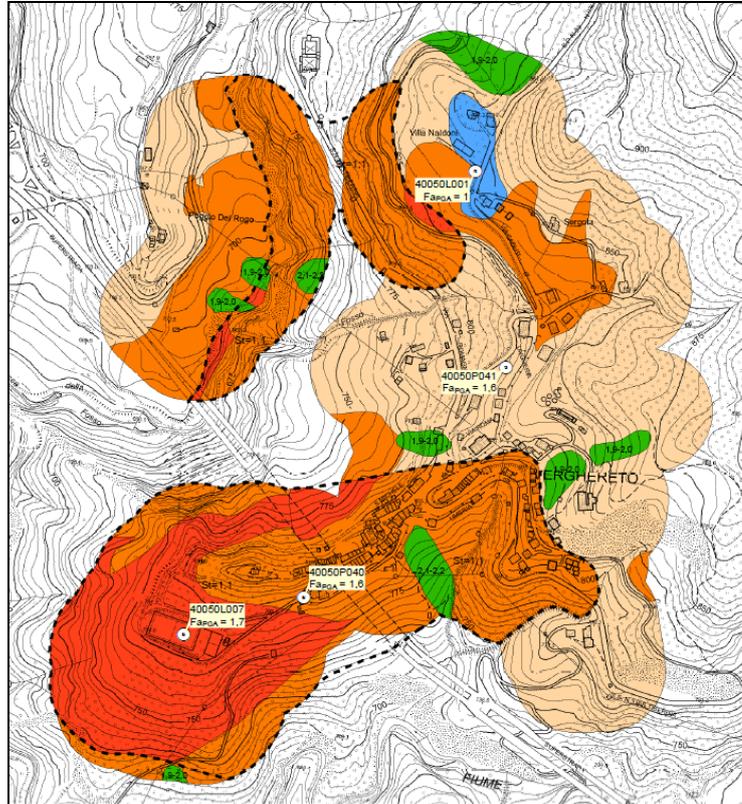
Il risultato finale è costituito pertanto nella produzione di tre carte di microzonazione, dove tramite campitura in colori diversi, è stato attribuita a ciascuna porzione di territorio comunale urbanizzato ed urbanizzabile il valore del fattore di amplificazione locale.

L'attribuzione dei fattori di amplificazione è stato effettuato sulla base delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel primo livello di approfondimento, attraverso i valori derivati dalle indagini puntuali. Sono stati valutati statisticamente i valori di FA per le diverse zone omogenee, preferendo per l'attribuzione il criterio della distanza rispetto a quello della media del valore; nei casi in cui non si aveva uno specifico valore per una certa area, l'attribuzione è stata determinata in riferimento alla corrispondente zona omogenea ed in particolare riferendosi alle zone con caratteristiche di successione stratigrafica e di dimensione simili a quella in esame.

Nella successiva tabella sono riportati i fattori di amplificazione, in coincidenza delle varie prove, per la PGA e per i due intervalli di intensità spettrale ($0,1s < T_0 < 0,5s$) e ($0,5s < T_0 < 1,0s$).

Indagine	PGA	0,1 < To < 0,5	0,5 < To < 1,0
40050L001MASW01	1,0	1,0	1,0
40050L002MASW02	2,1	2,2	1,7
40050L003MASW03	1,9	2,0	1,2
40050L004MASW04	2,2	2,2	1,7
40050L005MASW05	2,0	1,9	1,5
40050L006MASW06	1,7	1,5	1,4
40050L007MASW07	1,7	2,1	1,9
40050L008MASW08	1,9	2,0	3,0
40050L009MASW09	2,3	2,6	2,1
40050P053HVSr58	1,9	1,9	1,5
40050P032HVSr37	2,2	2,2	1,7
40050P033HVSr38	1,9	1,6	1,0
40050P034HVSr39	2,0	1,9	1,5
40050P036HVSr41	1,9	2,2	2,1
40050P037HVSr42	2,0	2,3	2,7
40050P038HVSr43	1,9	2,3	2,3
40050P040HVSr45	1,6	1,7	1,5
40050P041HVSr46	1,6	1,7	1,5
40050P042HVSr47	1,7	1,8	3,1
40050P043HVSr48	1,8	2,3	2,3

L'elaborazione di tali valori ha permesso la redazione delle carte tematiche nelle quali si evidenzia il fattore di amplificazione a cui è soggetta una determinata porzione di territorio. Nel caso specifico, di seguito, viene riportata la legenda utilizzata nella carta di microzonazione sismica Livello 2 (F_{aPGA}) (fig. 21).



Legenda

Zone stabili

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

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

1,5 - 1,6

1,7 - 1,8

1,9 - 2,0

2,1 - 2,2

Zone suscettibili ad amplificazione topografica con relativo fattore St

Zone suscettibili di instabilità

Instabilità di versante e relativo valore di amplificazione locale

Indagine di sito con relativo fattore di amplificazione derivato

Figura 21: Estratto e Legenda della Carta del fattore di amplificazione PGA

12 - TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

12.1 Introduzione ed inquadramento 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 nel livello precedente 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 due aree coincidenti con le frazioni di Alfero e di Montecoronaro.

Tali aree, così come evidenziato nelle figure sottostanti, coincidono in entrambi i casi con frane quiescenti di grandi dimensioni.

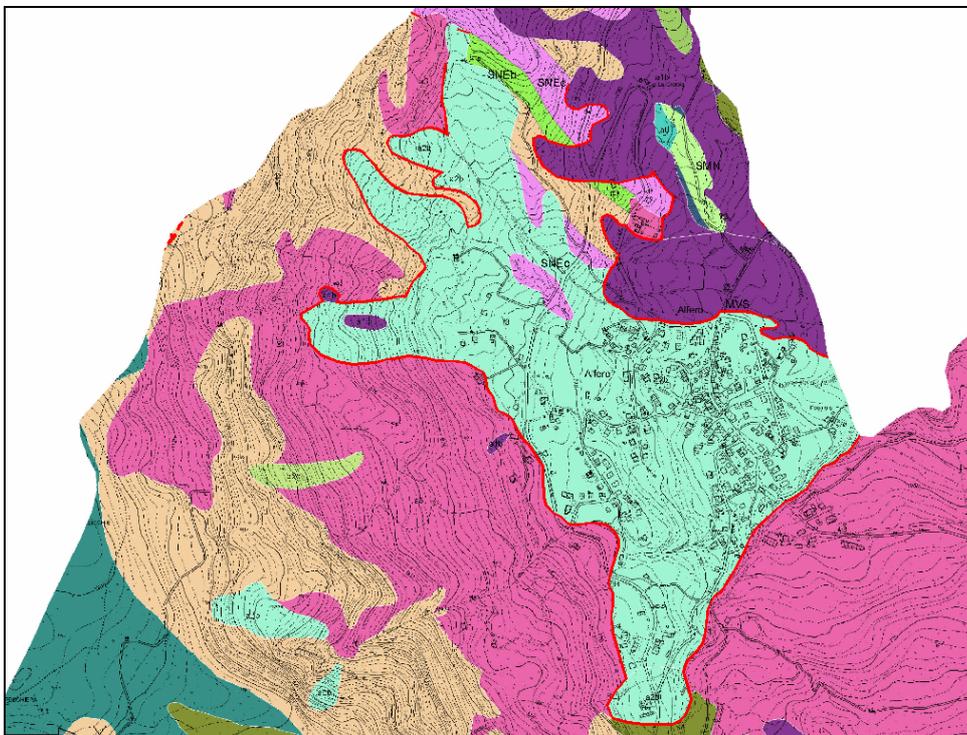


Figura 22: Estratto della Carta Geologica Regione Emilia Romagna - Loc. Alfero

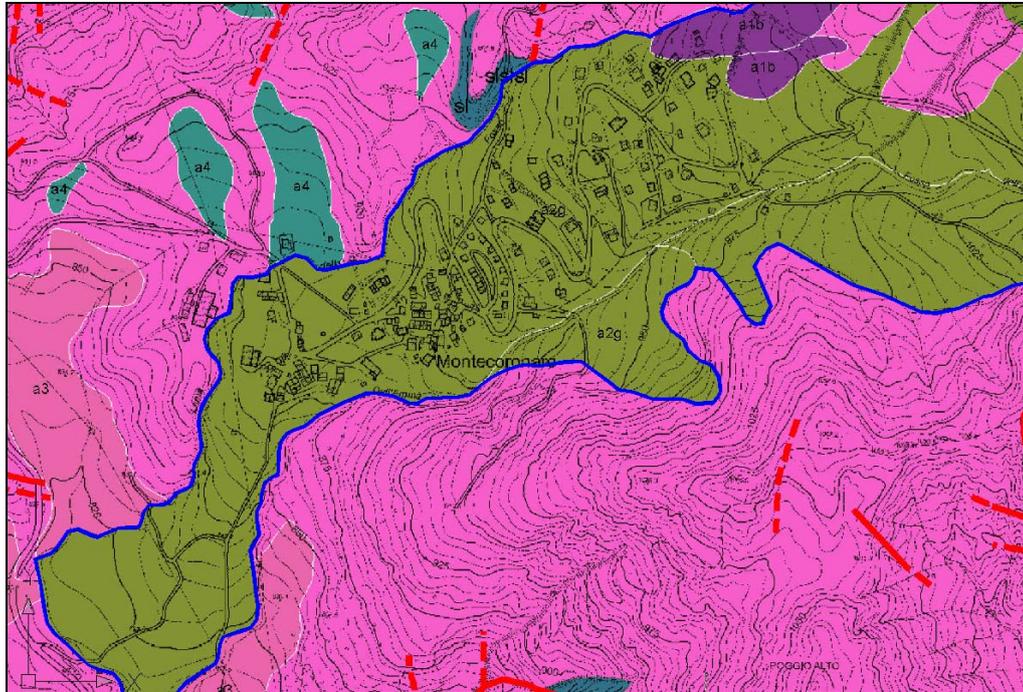


Figura 23: Estratto della Carta Geologica Regione Emilia Romagna - Loc. Montecoronaro

12.2 Indagini integrative per il III° livello

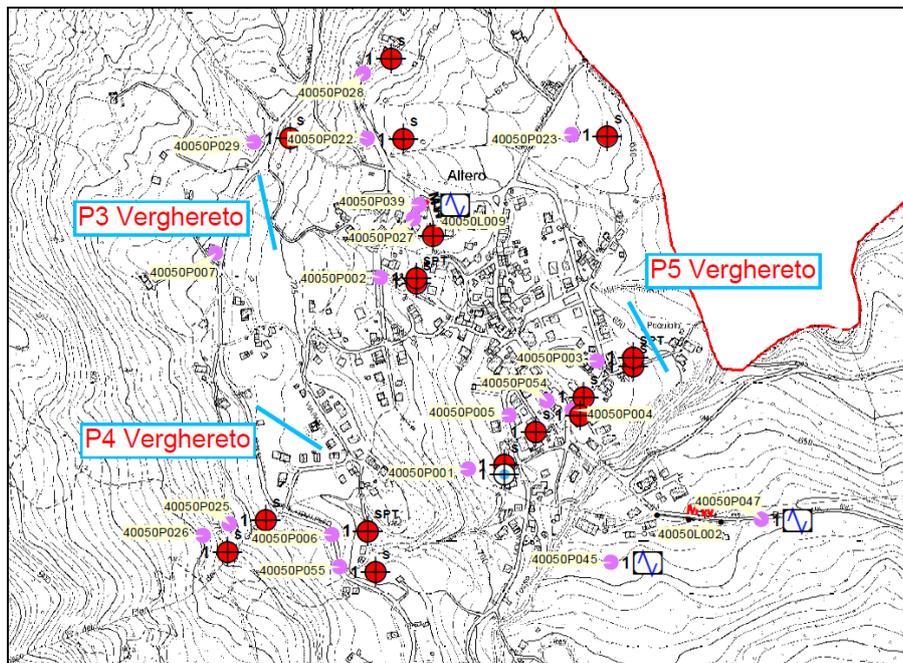
Per poter eseguire gli approfondimenti richiesti, oltre alle indagini raccolte ed a quelle eseguite nell'ambito dei precedenti livelli, sono state eseguite delle ulteriori indagini.

In particolare per ciò che riguarda la frazione di Alfero sono stati eseguiti n° 3 profili sismici di 120 m, 3 prove MASW e 3 misure HVSR eseguite circa al centro del profilo sismico.

A Montecoronaro è stato eseguito un sondaggio geognostico comprensivo del prelievo di campioni indisturbati per le prove di laboratorio, n° 2 profili sismici di 120 m, 2 prove MASW e 2 misure HVSR eseguite circa al centro del profilo sismico.



Figura 24: Sonda posizionata per il sondaggio geognostico in Loc. Montecoronaro



Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

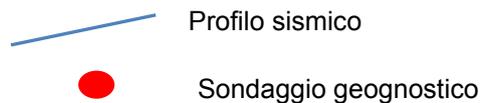
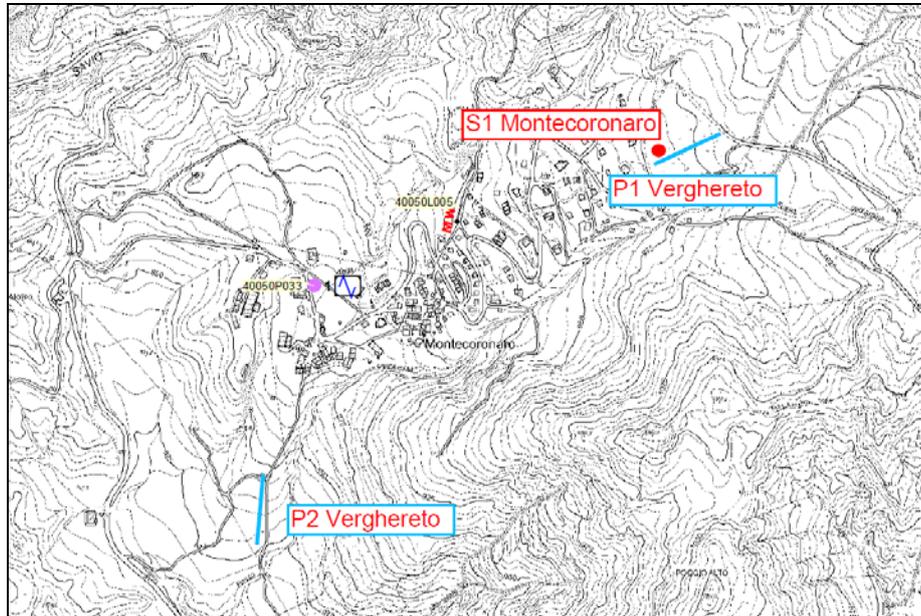


Figura 25: Estratto della Carta delle indagini comprensiva delle indagini integrative per il III° (nella pag. precedente la frazione di Alfero, sopra la frazione di Montecoronaro)

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 esame. La frana di Alfero avendo grandi dimensioni non risulta omogenea come spessore, anche se la parte quiescente è caratterizzata mediamente da spessori tra 4 e 7 metri.

Per tale frana, data la complessità del movimento franoso non vengono eseguite delle specifiche verifiche di stabilità che risulterebbero parziali e significative solo per una porzione del territorio.

Di seguito sono riportati i profili sismici onde P ed il relativo MASW eseguiti in località Alfero.

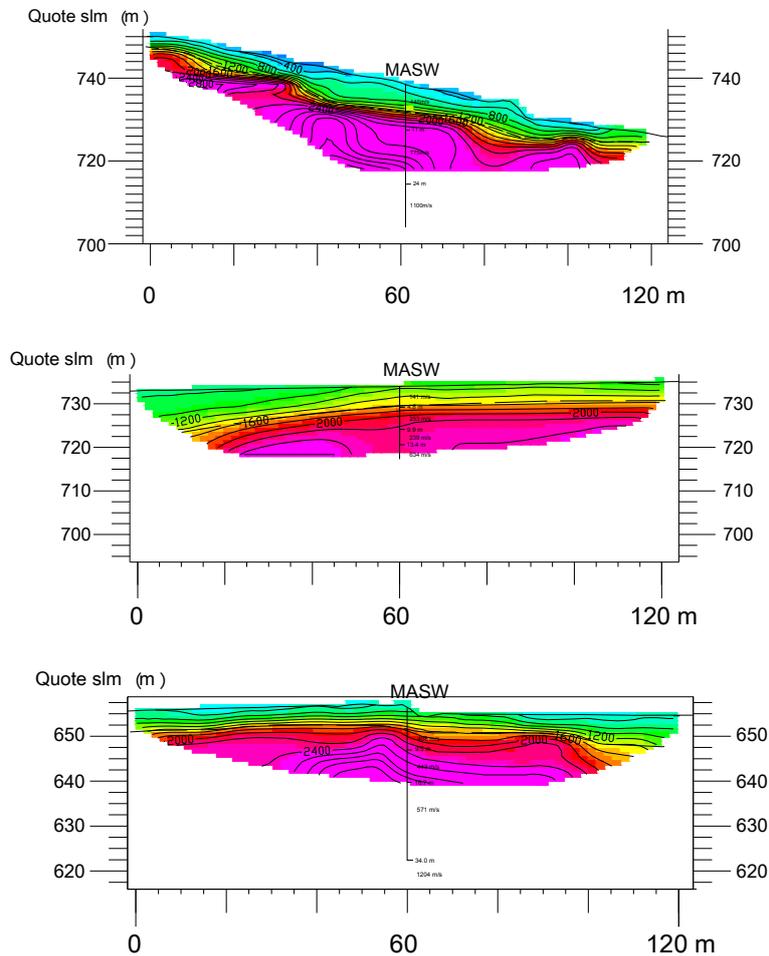


Figura 26: Profili sismici P3 Alfero – P4 Alfero – P5 Alfero

Per ciò che riguarda Montecoronaro, la frana quiescente è stata investigata attraverso le prove sismiche ed il sondaggio geognostico. Il movimento franoso avendo grandi dimensioni non risulta omogeneo come spessore, presentando spessori medi di 7-8 metri ma arrivando localmente anche ai 15 metri.

Di seguito vengono riportati i profili sismici onde P ed il relativo MASW eseguiti in località Montecoronaro.

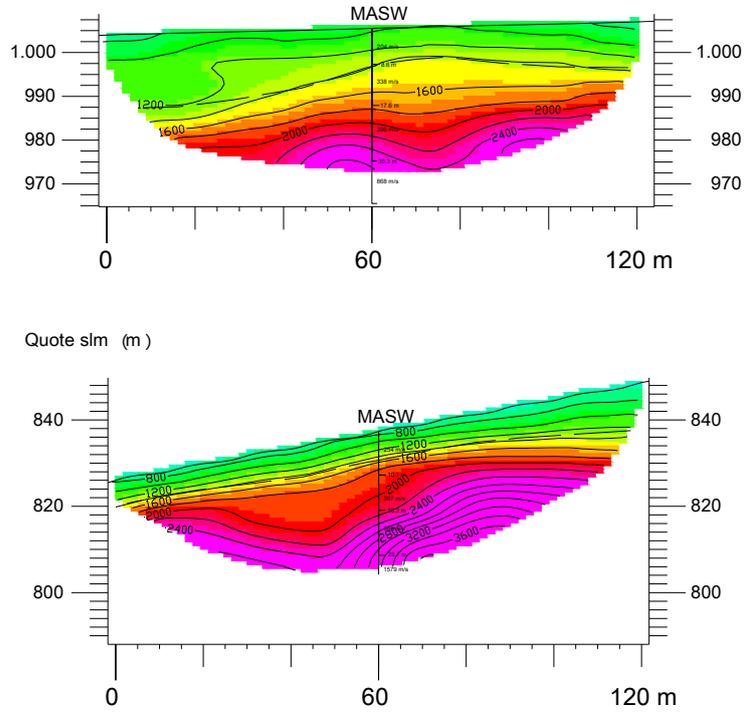


Figura 27: Profili sismici P1 Montecoronaro – P2 Montecoronaro

12.3 Dati di base

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 Verghereto dalla Regione Emilia Romagna pari a 0.207 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.28) e lo spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Roncofreddo (fig.29);
- 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 Roncofreddo dagli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna.

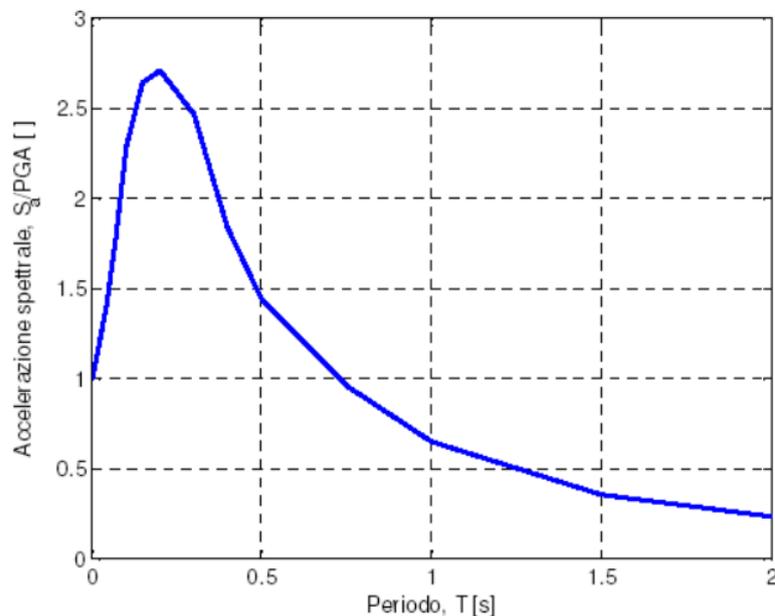


Fig.28 Spettro di risposta normalizzato ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia Romagna

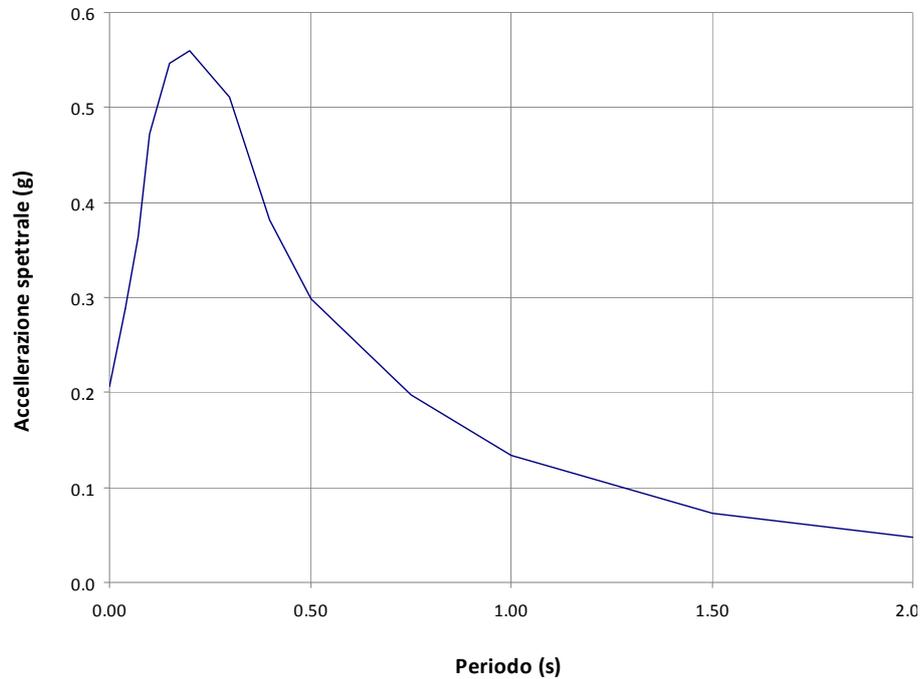


Fig.29 Spettro di risposta a probabilità uniforme ($T_r = 475$ anni, smorzamento = 5%) per il Comune di Roncofreddo

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 tabellazioni:

**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 - $0.1s < T_o < 0.5s$

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 - $0.5s < T_o < 1.0s$

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” (Alfero 3 e Alfero 4), della “Formazione del Melange” (Alfero 5) e della “Formazione delle Marne di Verghereto” a Montecoronaro.

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 disponibili in letteratura e corrispondenti a litologie analoghe a quelle analizzate.

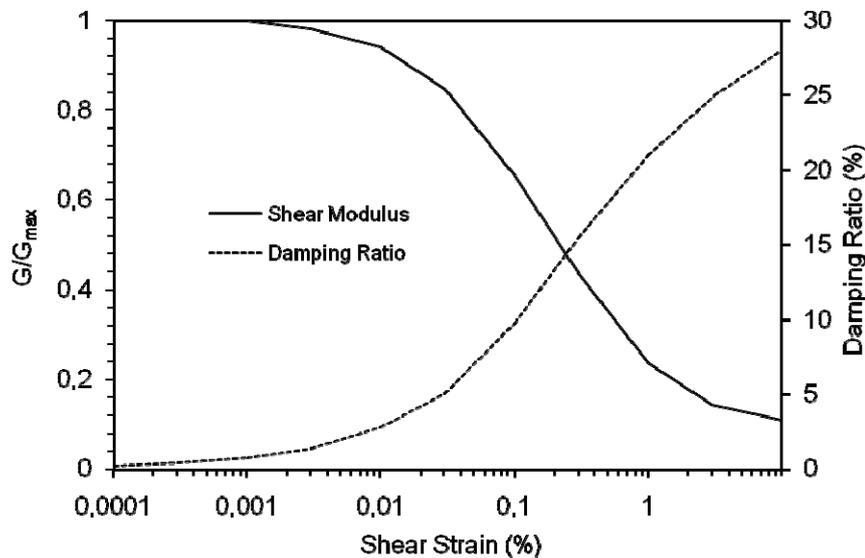


Figura 30 Curve di degrado e smorzamento per le sabbie (Seed & Idriss 1970)

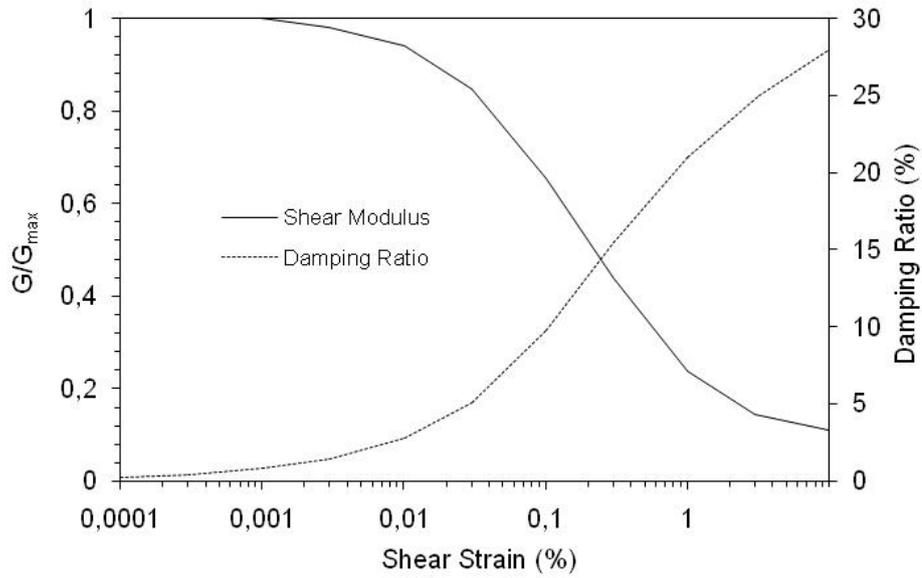


Figura 31 Curve di degrado e smorzamento per le argille (Seed & Sun 1989)

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	17/11/06	Angeloni	Floravante

Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova: 116/06/A/40
N° verbale di accettazione: 116/2006

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	PRATOVECCHIO
Sondaggio:	S4
Campione:	SH1
Profondità prova [m]:	3.46 - 3.56
Prova:	RC
Provino:	1
Data prova:	17/11/06

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati di prova								Informazioni generali			
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	tipo di provino	
mm	mm	kNm ³	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kNm ³	%	-	metodo di preparazione	
50,00	98,60	19,64	26,7	0,708	70,0	70,0	1,0	300,0	0,53	50,0	98,6	19,74	27,3	0,708	INDISTURBATO	FUSTELLAZIONE
															superficie di appoggio	PIETRA POROSA
															eccitazione	TORSIONALE

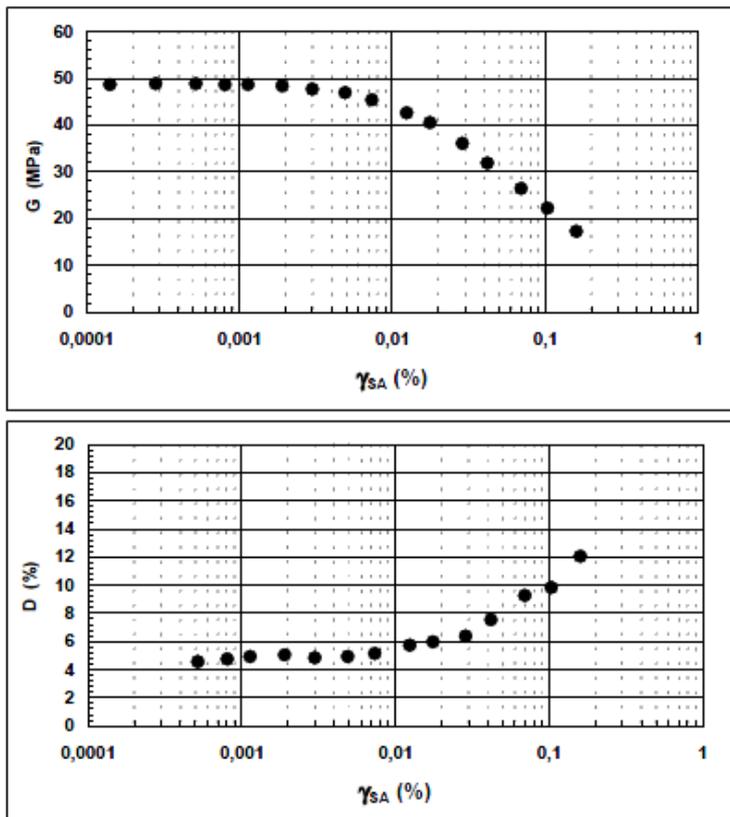
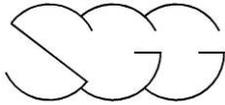


Figura 32: Curve di degrado e smorzamento disponibili da Progetto VEL. Sondaggio S4 Comune di Pratovecchio. Campione costituito da argilla limosa con abbondanti elementi poligenici di arenaria

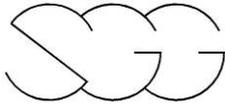


Nel corso del sondaggio eseguito in località Montecoronaro sono stati prelevati dei campioni da sottoporre, tra le altre, anche a prove dinamiche di laboratorio. Purtroppo la tipologia del campione caratterizzato da numerosi clasti ha reso impossibile l'esecuzione della prova di colonna risonante ed è per questo che sono state utilizzate le curve di degrado/smorzamento note in letteratura.

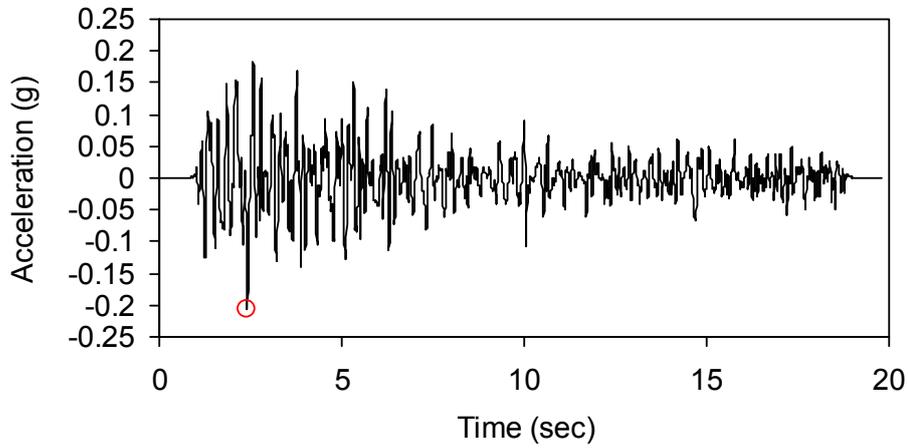
Il moto di input, che viene assegnato al tetto del semispazio che rappresenta il substrato di riferimento, e' rappresentato da onde S incidenti verticalmente, ed e' applicato alla profondità' alla quale, in relazione al gradiente di velocità' del locale substrato, si raggiunge il valore di velocità'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

Di seguito si riportano i segnali di riferimento per il comune di Verghereto ovvero i 3 accelerogrammi selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database " attraverso una procedura che valuta la similarità 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, già scalati per il comune di riferimento, all'indirizzo

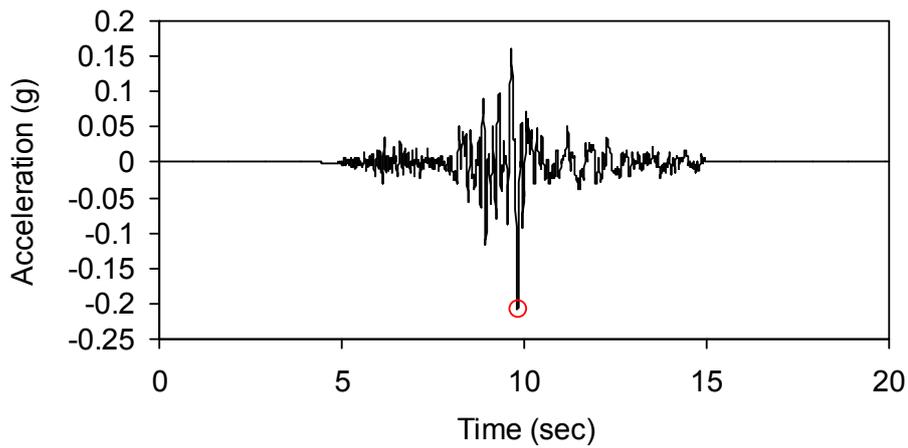
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/gli-indirizzi-per-gli-studi-di-microzonazione-sismica-in-emilia-romagna-per-la-pianificazione-territoriale-e-urbanistica>.



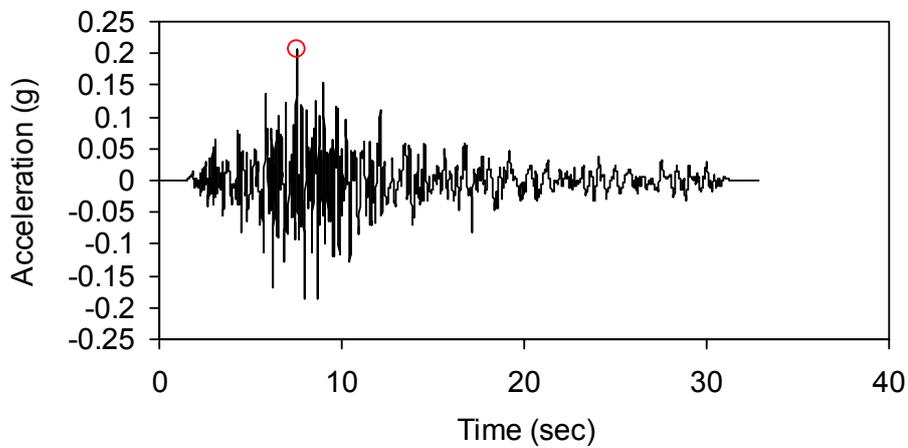
00046xa_040050Verghereto



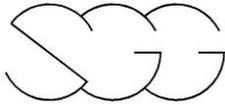
000126xa_040050Verghereto



000354xa_040050Verghereto



Comune di Verghereto (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica



12.4 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, è 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 Verghereto.

Lo spettro di risposta al sito è 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 è stato discretizzato il sottosuolo dalla quota dell'input del moto sismico alla superficie, è 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.

12.4.1 Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero 3

La stratigrafia del sito Alfero 3 è caratterizzato dalle seguenti litologie:

a) materiale in frana costituito da sabbia e ghiaia con spessore mediamente pari a 7 metri



- b) porzione sismicamente allentata della formazione delle Arenarie di Monte Senario fino a profondità di 11 metri
- c) Formazione delle Arenarie di Monte Senario

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

$V_{sH} = 450$ 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) = 1.4, FA IS (0.1-0.5 sec)= 1.4, FA IS (0.5-1.0 sec)= 1.3

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) = 0.16
Average shear wave velocity (m/sec) = 583.54
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	2	7.0	285.42		17.50	400			3.5	61.25
	2	2	4.0	405.32		18.00	470			9.0	158.50
	3	2	6.0	796.76		18.50	650			14.0	250.00
	4	2	7.0	1132.68		18.50	775			20.5	370.25
Bedrock	5	3		2466.87		20.00	1100	Outcrop		24.0	435.00

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

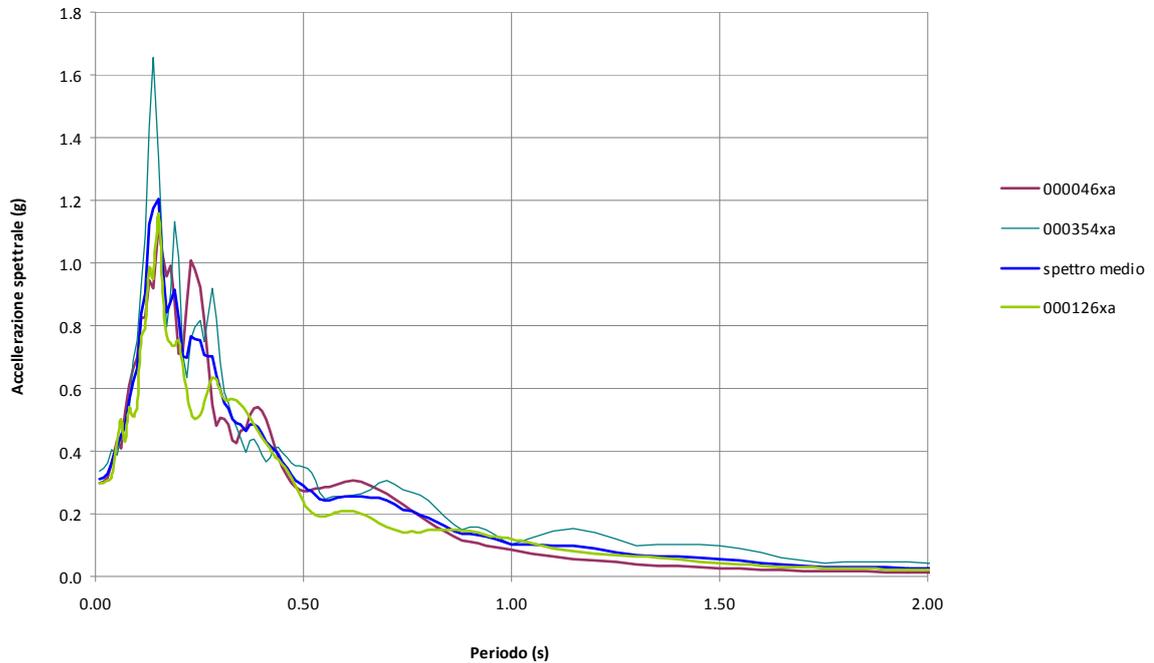


Figura 33 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Verghereto (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito Alfero3.

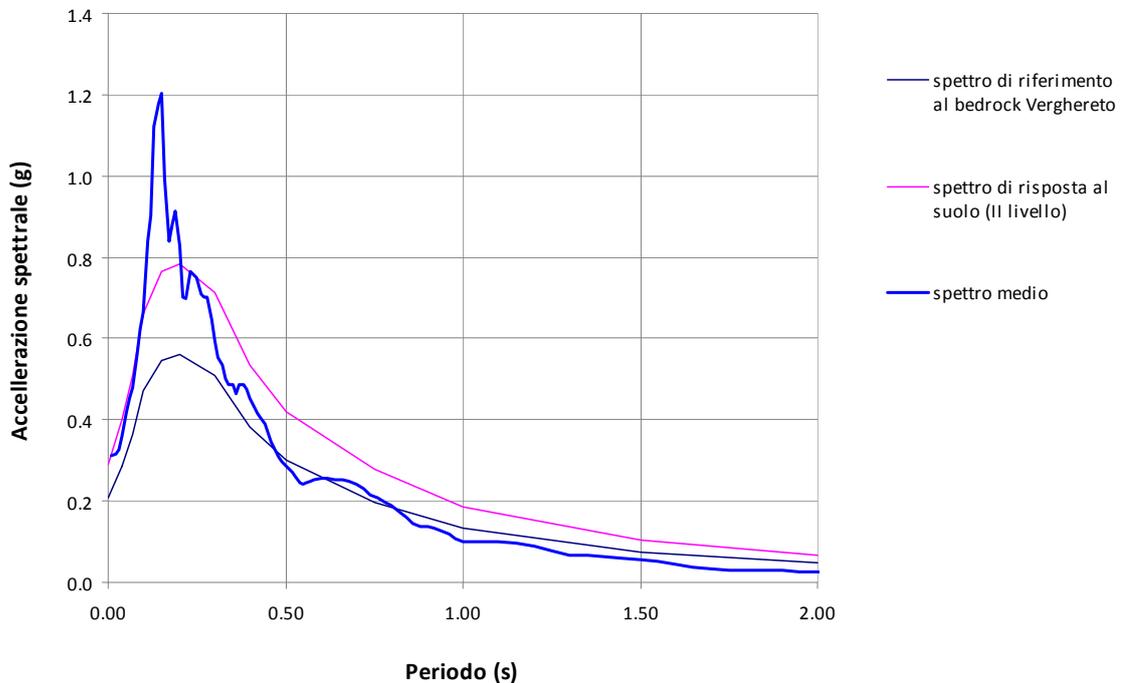


Figura 34 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall' analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Verghereto e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito Alfero3.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.203g** 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 **0.310g**.

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	1960.20	785.30	2.50
000126xa	1673.36	727.41	2.30
000354xa	2004.62	793.57	2.53
		media	2.44

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s			
accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	874.64	605.15	1.45
000126xa	642.32	501.79	1.28
000354xa	914.07	686.62	1.33
		media	1.35

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)			
accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.463	0.207	2.24
000126xa	0.527	0.207	2.55
000354xa	0.516	0.207	2.49
		media	2.43

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



000046x a		000126x a		000354x a		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleratio n (g)	Period (sec)	Absolute Acceleratio n (g)	Period (sec)	Absolute Acceleratio n (g)	Period (sec)	Absolute Acceleratio n (g)
0.0100	0.2974	0.0100	0.2976	0.0100	0.3357	0.0100	0.3102
0.0200	0.3036	0.0200	0.2999	0.0200	0.3436	0.0200	0.3157
0.0300	0.3165	0.0300	0.3043	0.0300	0.3598	0.0300	0.3269
0.0400	0.3637	0.0400	0.3157	0.0400	0.4064	0.0400	0.3619
0.0500	0.4357	0.0500	0.4312	0.0500	0.3878	0.0500	0.4182
0.0600	0.4073	0.0600	0.5010	0.0600	0.4473	0.0600	0.4519
0.0700	0.5250	0.0700	0.4282	0.0700	0.4870	0.0700	0.4801
0.0800	0.6075	0.0800	0.5373	0.0800	0.5340	0.0800	0.5596
0.0900	0.6644	0.0900	0.5125	0.0900	0.6895	0.0900	0.6222
0.1000	0.6992	0.1000	0.5383	0.1000	0.7523	0.1000	0.6633
0.1100	0.8252	0.1100	0.7648	0.1100	0.9293	0.1100	0.8398
0.1200	0.8263	0.1200	0.7920	0.1200	1.0839	0.1200	0.9008
0.1300	0.9462	0.1300	0.9838	0.1300	1.4350	0.1300	1.1217
0.1400	0.9197	0.1400	0.9516	0.1400	1.6558	0.1400	1.1757
0.1500	1.1191	0.1500	1.1557	0.1500	1.3364	0.1500	1.2037
0.1600	1.0271	0.1600	0.9059	0.1600	1.0405	0.1600	0.9912
0.1700	0.9562	0.1700	0.7701	0.1700	0.7958	0.1700	0.8407
0.1800	0.9895	0.1800	0.7437	0.1800	0.9027	0.1800	0.8786
0.1900	0.8747	0.1900	0.7356	0.1900	1.1299	0.1900	0.9134
0.2000	0.7125	0.2000	0.7540	0.2000	1.0158	0.2000	0.8274
0.2100	0.7213	0.2100	0.6746	0.2100	0.7082	0.2100	0.7014
0.2200	0.8714	0.2200	0.5939	0.2200	0.6345	0.2200	0.6999
0.2300	1.0097	0.2300	0.5261	0.2300	0.7577	0.2300	0.7645
0.2400	0.9776	0.2400	0.5002	0.2400	0.7940	0.2400	0.7573
0.2500	0.9223	0.2500	0.5147	0.2500	0.8175	0.2500	0.7515
0.2600	0.8166	0.2600	0.5577	0.2600	0.7489	0.2600	0.7077
0.2700	0.6791	0.2700	0.5965	0.2700	0.8326	0.2700	0.7027
0.2800	0.5481	0.2800	0.6347	0.2800	0.9204	0.2800	0.7011
0.2900	0.4793	0.2900	0.6290	0.2900	0.8251	0.2900	0.6445
0.3000	0.5057	0.3000	0.5944	0.3000	0.6822	0.3000	0.5941
0.3100	0.5025	0.3100	0.5668	0.3100	0.5875	0.3100	0.5523
0.3200	0.4866	0.3200	0.5622	0.3200	0.5544	0.3200	0.5344



0.3300	0.4344	0.3300	0.5676	0.3300	0.5046	0.3300	0.5022
0.3400	0.4239	0.3400	0.5636	0.3400	0.4766	0.3400	0.4880
0.3500	0.4654	0.3500	0.5494	0.3500	0.4432	0.3500	0.4860
0.3600	0.4706	0.3600	0.5292	0.3600	0.3951	0.3600	0.4650
0.3700	0.5138	0.3700	0.5066	0.3700	0.4348	0.3700	0.4851
0.3800	0.5375	0.3800	0.4839	0.3800	0.4377	0.3800	0.4864
0.3900	0.5420	0.3900	0.4628	0.3900	0.4190	0.3900	0.4746
0.4000	0.5277	0.4000	0.4438	0.4000	0.3885	0.4000	0.4533
0.4100	0.5002	0.4100	0.4266	0.4100	0.3675	0.4100	0.4314
0.4200	0.4634	0.4200	0.4092	0.4200	0.3771	0.4200	0.4166
0.4300	0.4225	0.4300	0.3890	0.4300	0.4072	0.4300	0.4062
0.4400	0.3825	0.4400	0.3757	0.4400	0.4108	0.4400	0.3897
0.4500	0.3468	0.4500	0.3587	0.4500	0.3958	0.4500	0.3671
0.4600	0.3177	0.4600	0.3377	0.4600	0.3767	0.4600	0.3440
0.4700	0.2966	0.4700	0.3141	0.4700	0.3608	0.4700	0.3239
0.4800	0.2831	0.4800	0.2887	0.4800	0.3538	0.4800	0.3085
0.4900	0.2760	0.4900	0.2627	0.4900	0.3532	0.4900	0.2973
0.5000	0.2738	0.5000	0.2385	0.5000	0.3499	0.5000	0.2874
0.5100	0.2745	0.5100	0.2182	0.5100	0.3428	0.5100	0.2785
0.5200	0.2765	0.5200	0.2034	0.5200	0.3316	0.5200	0.2705
0.5300	0.2789	0.5300	0.1949	0.5300	0.3077	0.5300	0.2605
0.5400	0.2811	0.5400	0.1922	0.5400	0.2665	0.5400	0.2466
0.5500	0.2833	0.5500	0.1936	0.5500	0.2479	0.5500	0.2416
0.5600	0.2851	0.5600	0.1971	0.5600	0.2494	0.5600	0.2438
0.5700	0.2877	0.5700	0.2014	0.5700	0.2545	0.5700	0.2478
0.5800	0.2949	0.5800	0.2054	0.5800	0.2557	0.5800	0.2520
0.6000	0.3036	0.6000	0.2101	0.6000	0.2574	0.6000	0.2571
0.6200	0.3053	0.6200	0.2083	0.6200	0.2584	0.6200	0.2573
0.6400	0.3008	0.6400	0.1996	0.6400	0.2618	0.6400	0.2541
0.6600	0.2913	0.6600	0.1862	0.6600	0.2779	0.6600	0.2518
0.6800	0.2782	0.6800	0.1709	0.6800	0.2988	0.6800	0.2493
0.7000	0.2629	0.7000	0.1587	0.7000	0.3077	0.7000	0.2431
0.7200	0.2463	0.7200	0.1488	0.7200	0.2948	0.7200	0.2299
0.7400	0.2286	0.7400	0.1400	0.7400	0.2751	0.7400	0.2146
0.7600	0.2106	0.7600	0.1436	0.7600	0.2684	0.7600	0.2075
0.7800	0.1927	0.7800	0.1419	0.7800	0.2587	0.7800	0.1978
0.8000	0.1752	0.8000	0.1471	0.8000	0.2416	0.8000	0.1880
0.8200	0.1585	0.8200	0.1497	0.8200	0.2167	0.8200	0.1750
0.8400	0.1427	0.8400	0.1494	0.8400	0.1897	0.8400	0.1606



0.8600	0.1280	0.8600	0.1474	0.8600	0.1647	0.8600	0.1467
0.8800	0.1169	0.8800	0.1429	0.8800	0.1488	0.8800	0.1362
0.9000	0.1107	0.9000	0.1429	0.9000	0.1583	0.9000	0.1373
0.9200	0.1047	0.9200	0.1398	0.9200	0.1577	0.9200	0.1340
0.9400	0.0990	0.9400	0.1334	0.9400	0.1475	0.9400	0.1266
0.9600	0.0935	0.9600	0.1264	0.9600	0.1316	0.9600	0.1172
0.9800	0.0884	0.9800	0.1223	0.9800	0.1148	0.9800	0.1085
1.0000	0.0835	1.0000	0.1179	1.0000	0.1039	1.0000	0.1018
1.0500	0.0726	1.0500	0.1048	1.0500	0.1233	1.0500	0.1002
1.1000	0.0632	1.1000	0.0913	1.1000	0.1433	1.1000	0.0993
1.1500	0.0561	1.1500	0.0790	1.1500	0.1522	1.1500	0.0958
1.2000	0.0500	1.2000	0.0734	1.2000	0.1417	1.2000	0.0884
1.2500	0.0447	1.2500	0.0689	1.2500	0.1197	1.2500	0.0778
1.3000	0.0401	1.3000	0.0641	1.3000	0.0965	1.3000	0.0669
1.3500	0.0361	1.3500	0.0590	1.3500	0.1004	1.3500	0.0652
1.4000	0.0326	1.4000	0.0537	1.4000	0.1035	1.4000	0.0632
1.4500	0.0295	1.4500	0.0482	1.4500	0.1020	1.4500	0.0599
1.5000	0.0268	1.5000	0.0430	1.5000	0.0960	1.5000	0.0553
1.5500	0.0245	1.5500	0.0383	1.5500	0.0885	1.5500	0.0504
1.6000	0.0225	1.6000	0.0343	1.6000	0.0751	1.6000	0.0440
1.6500	0.0206	1.6500	0.0311	1.6500	0.0608	1.6500	0.0375
1.7000	0.0191	1.7000	0.0285	1.7000	0.0498	1.7000	0.0325
1.7500	0.0176	1.7500	0.0265	1.7500	0.0439	1.7500	0.0294
1.8000	0.0164	1.8000	0.0249	1.8000	0.0452	1.8000	0.0289
1.8500	0.0153	1.8500	0.0237	1.8500	0.0479	1.8500	0.0290
1.9000	0.0143	1.9000	0.0226	1.9000	0.0483	1.9000	0.0284
1.9500	0.0134	1.9500	0.0216	1.9500	0.0464	1.9500	0.0271
2.0000	0.0126	2.0000	0.0207	2.0000	0.0430	2.0000	0.0254
2.0500	0.0118	2.0500	0.0198	2.0500	0.0389	2.0500	0.0235
2.1000	0.0112	2.1000	0.0189	2.1000	0.0347	2.1000	0.0216
2.1500	0.0106	2.1500	0.0181	2.1500	0.0327	2.1500	0.0204
2.2000	0.0100	2.2000	0.0172	2.2000	0.0306	2.2000	0.0193
2.2500	0.0095	2.2500	0.0164	2.2500	0.0287	2.2500	0.0182
2.3000	0.0090	2.3000	0.0156	2.3000	0.0286	2.3000	0.0178
2.3500	0.0086	2.3500	0.0149	2.3500	0.0282	2.3500	0.0172
2.4000	0.0082	2.4000	0.0142	2.4000	0.0270	2.4000	0.0165
2.5000	0.0076	2.5000	0.0129	2.5000	0.0236	2.5000	0.0147
2.6000	0.0070	2.6000	0.0118	2.6000	0.0209	2.6000	0.0133
2.7000	0.0065	2.7000	0.0109	2.7000	0.0199	2.7000	0.0124



2.8000	0.0061	2.8000	0.0101	2.8000	0.0199	2.8000	0.0120
2.9000	0.0057	2.9000	0.0093	2.9000	0.0203	2.9000	0.0118
3.0000	0.0053	3.0000	0.0087	3.0000	0.0196	3.0000	0.0112
3.1000	0.0050	3.1000	0.0081	3.1000	0.0183	3.1000	0.0105
3.2000	0.0047	3.2000	0.0076	3.2000	0.0186	3.2000	0.0103
3.3000	0.0045	3.3000	0.0070	3.3000	0.0177	3.3000	0.0097
3.4000	0.0042	3.4000	0.0066	3.4000	0.0155	3.4000	0.0088
3.5000	0.0040	3.5000	0.0061	3.5000	0.0128	3.5000	0.0076
3.6000	0.0038	3.6000	0.0057	3.6000	0.0117	3.6000	0.0071
3.7000	0.0036	3.7000	0.0054	3.7000	0.0114	3.7000	0.0068
3.8000	0.0034	3.8000	0.0050	3.8000	0.0110	3.8000	0.0065
3.9000	0.0033	3.9000	0.0047	3.9000	0.0105	3.9000	0.0062
4.0000	0.0031	4.0000	0.0044	4.0000	0.0100	4.0000	0.0059
4.1000	0.0030	4.1000	0.0042	4.1000	0.0095	4.1000	0.0056
4.2000	0.0029	4.2000	0.0040	4.2000	0.0090	4.2000	0.0053
4.3000	0.0028	4.3000	0.0037	4.3000	0.0085	4.3000	0.0050
4.4000	0.0026	4.4000	0.0036	4.4000	0.0081	4.4000	0.0048
4.5000	0.0025	4.5000	0.0034	4.5000	0.0076	4.5000	0.0045
4.6000	0.0024	4.6000	0.0032	4.6000	0.0071	4.6000	0.0043
4.7000	0.0024	4.7000	0.0031	4.7000	0.0067	4.7000	0.0041
4.8000	0.0023	4.8000	0.0030	4.8000	0.0063	4.8000	0.0038
4.9000	0.0022	4.9000	0.0029	4.9000	0.0059	4.9000	0.0036
5.0000	0.0021	5.0000	0.0027	5.0000	0.0055	5.0000	0.0035
5.1000	0.0020	5.1000	0.0027	5.1000	0.0052	5.1000	0.0033
5.2000	0.0020	5.2000	0.0026	5.2000	0.0049	5.2000	0.0031
5.4000	0.0019	5.4000	0.0024	5.4000	0.0043	5.4000	0.0029
5.6000	0.0017	5.6000	0.0023	5.6000	0.0039	5.6000	0.0026
5.8000	0.0016	5.8000	0.0021	5.8000	0.0035	5.8000	0.0024
6.0000	0.0016	6.0000	0.0020	6.0000	0.0032	6.0000	0.0023
6.2000	0.0015	6.2000	0.0019	6.2000	0.0029	6.2000	0.0021
6.4000	0.0014	6.4000	0.0019	6.4000	0.0027	6.4000	0.0020
6.6000	0.0013	6.6000	0.0018	6.6000	0.0025	6.6000	0.0019
6.8000	0.0013	6.8000	0.0017	6.8000	0.0024	6.8000	0.0018
7.0000	0.0012	7.0000	0.0016	7.0000	0.0022	7.0000	0.0017
7.2000	0.0012	7.2000	0.0016	7.2000	0.0021	7.2000	0.0016
7.4000	0.0011	7.4000	0.0015	7.4000	0.0020	7.4000	0.0016
7.6000	0.0011	7.6000	0.0015	7.6000	0.0019	7.6000	0.0015
7.8000	0.0011	7.8000	0.0014	7.8000	0.0018	7.8000	0.0014
8.0000	0.0010	8.0000	0.0014	8.0000	0.0017	8.0000	0.0014



8.5000	0.0009	8.5000	0.0013	8.5000	0.0016	8.5000	0.0013
9.0000	0.0009	9.0000	0.0012	9.0000	0.0014	9.0000	0.0011
9.5000	0.0008	9.5000	0.0011	9.5000	0.0013	9.5000	0.0011
10.0000	0.0008	10.0000	0.0010	10.0000	0.0012	10.0000	0.0010

12.4.2 Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero 4

La stratigrafia del sito Alfero 4 è caratterizzato dalle seguenti litologie:

- a) materiale in frana costituito da sabbia e ghiaia con spessore mediamente pari a 5 metri
- b) porzione sismicamente allentata della formazione delle Arenarie di Monte Senario fino a profondità di 14 metri
- c) Formazione delle Arenarie di Monte Senario

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

$V_{sH} = 200$ m/sec ed H media = 15 m.

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

FA (PGA) = 2.5, FA IS (0.1-0.5 sec)= 2.6, FA IS (0.5-1.0 sec)= 2.9

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) = 0.24
Average shear wave velocity (m/sec) = 337.75
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	2	5.0	40.14		17.50	150			2.5	43.75
	2	2	5.0	117.45		18.00	253			7.5	132.50
	3	2	4.0	108.62		18.50	240			12.0	214.50
	4	2	6.0	748.49		18.50	630			17.0	307.00
Bedrock	5	3		1304.79		20.00	800	Outcrop		20.0	362.50

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

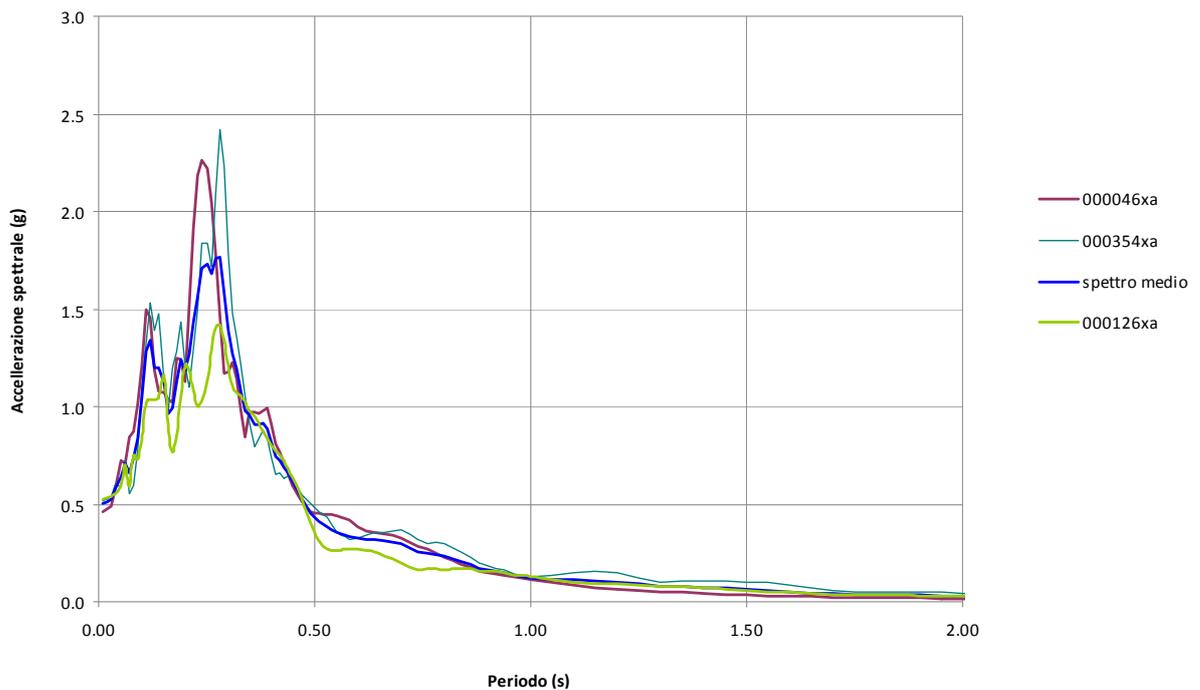


Figura 35 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Verghereto (000046xa, 000354xa, 000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito **Alfero4**.

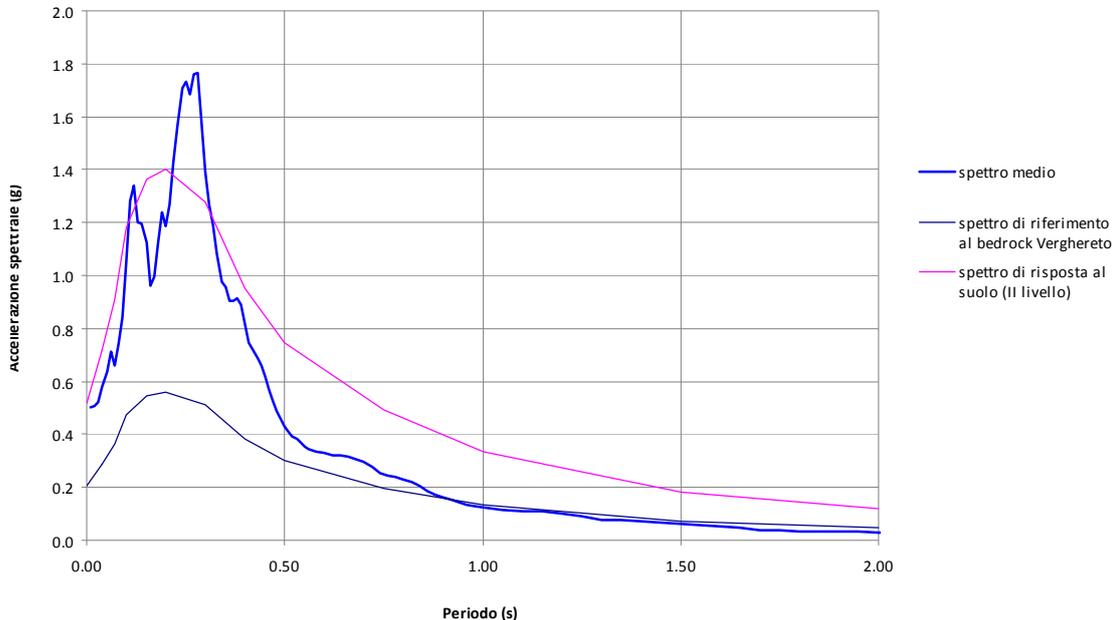


Figura 36 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Verghereto e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito **Alfero4**.

L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.766g** 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 **0.502g**.

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	1960.20	785.30	2.50
000126xa	1673.36	727.41	2.30
000354xa	2004.62	793.57	2.53



media 2.44

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

accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	874.64	605.15	1.45
000126xa	642.32	501.79	1.28
000354xa	914.07	686.62	1.33
		media	1.35

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)

accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.463	0.207	2.24
000126xa	0.527	0.207	2.55
000354xa	0.516	0.207	2.49
		media	2.43

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

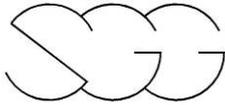
000046xa		000126xa		000354xa		SPETTRO MEDIO	
Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)	Period (sec)	Absolute Acceleration (g)
0.0100	0.4628	0.0100	0.5269	0.0100	0.5163	0.0100	0.5020
0.0200	0.4723	0.0200	0.5299	0.0200	0.5235	0.0200	0.5086
0.0300	0.4909	0.0300	0.5363	0.0300	0.5373	0.0300	0.5215
0.0400	0.5828	0.0400	0.5543	0.0400	0.6045	0.0400	0.5805
0.0500	0.7244	0.0500	0.5992	0.0500	0.5898	0.0500	0.6378
0.0600	0.7104	0.0600	0.7030	0.0600	0.7231	0.0600	0.7122
0.0700	0.8461	0.0700	0.5868	0.0700	0.5539	0.0700	0.6623
0.0800	0.8730	0.0800	0.7535	0.0800	0.5926	0.0800	0.7397
0.0900	1.0128	0.0900	0.7300	0.0900	0.7769	0.0900	0.8399
0.1000	1.2161	0.1000	0.8333	0.1000	1.1041	0.1000	1.0512
0.1100	1.4986	0.1100	1.0211	0.1100	1.3276	0.1100	1.2824
0.1200	1.4538	0.1200	1.0375	0.1200	1.5300	0.1200	1.3405



0.1300	1.1831	0.1300	1.0353	0.1300	1.3876	0.1300	1.2020
0.1400	1.0762	0.1400	1.0424	0.1400	1.4771	0.1400	1.1986
0.1500	1.0705	0.1500	1.1661	0.1500	1.1308	0.1500	1.1225
0.1600	1.0321	0.1600	0.8769	0.1600	0.9826	0.1600	0.9639
0.1700	1.0196	0.1700	0.7629	0.1700	1.2003	0.1700	0.9943
0.1800	1.2452	0.1800	0.8512	0.1800	1.2824	0.1800	1.1263
0.1900	1.2383	0.1900	1.0470	0.1900	1.4305	0.1900	1.2386
0.2000	1.1302	0.2000	1.2104	0.2000	1.2145	0.2000	1.1850
0.2100	1.5202	0.2100	1.1844	0.2100	1.1009	0.2100	1.2685
0.2200	1.9157	0.2200	1.0823	0.2200	1.2975	0.2200	1.4319
0.2300	2.1860	0.2300	1.0004	0.2300	1.4965	0.2300	1.5610
0.2400	2.2643	0.2400	1.0258	0.2400	1.8385	0.2400	1.7095
0.2500	2.2219	0.2500	1.1345	0.2500	1.8355	0.2500	1.7306
0.2600	2.0458	0.2600	1.2925	0.2600	1.7130	0.2600	1.6838
0.2700	1.7761	0.2700	1.4027	0.2700	2.1026	0.2700	1.7605
0.2800	1.4624	0.2800	1.4209	0.2800	2.4162	0.2800	1.7665
0.2900	1.1678	0.2900	1.3439	0.2900	2.2361	0.2900	1.5826
0.3000	1.1799	0.3000	1.2115	0.3000	1.7785	0.3000	1.3900
0.3100	1.2281	0.3100	1.1070	0.3100	1.4759	0.3100	1.2703
0.3200	1.1432	0.3200	1.0689	0.3200	1.3563	0.3200	1.1895
0.3300	0.9779	0.3300	1.0547	0.3300	1.2108	0.3300	1.0811
0.3400	0.8461	0.3400	1.0268	0.3400	1.0576	0.3400	0.9768
0.3500	0.9732	0.3500	0.9812	0.3500	0.9201	0.3500	0.9582
0.3600	0.9735	0.3600	0.9501	0.3600	0.7923	0.3600	0.9053
0.3700	0.9649	0.3700	0.9136	0.3700	0.8374	0.3700	0.9053
0.3800	0.9804	0.3800	0.8756	0.3800	0.8802	0.3800	0.9121
0.3900	0.9911	0.3900	0.8383	0.3900	0.8380	0.3900	0.8891
0.4000	0.9109	0.4000	0.8044	0.4000	0.7402	0.4000	0.8185
0.4100	0.8063	0.4100	0.7762	0.4100	0.6518	0.4100	0.7448
0.4200	0.7643	0.4200	0.7495	0.4200	0.6567	0.4200	0.7235
0.4300	0.7104	0.4300	0.7199	0.4300	0.6332	0.4300	0.6878
0.4400	0.6524	0.4400	0.6832	0.4400	0.6453	0.4400	0.6603
0.4500	0.5966	0.4500	0.6368	0.4500	0.6213	0.4500	0.6183
0.4600	0.5475	0.4600	0.5818	0.4600	0.5835	0.4600	0.5709
0.4700	0.5090	0.4700	0.5214	0.4700	0.5469	0.4700	0.5258
0.4800	0.4816	0.4800	0.4603	0.4800	0.5218	0.4800	0.4879
0.4900	0.4642	0.4900	0.4030	0.4900	0.5046	0.4900	0.4573
0.5000	0.4548	0.5000	0.3534	0.5000	0.4850	0.5000	0.4311



0.5100	0.4506	0.5100	0.3144	0.5100	0.4635	0.5100	0.4095
0.5200	0.4496	0.5200	0.2869	0.5200	0.4462	0.5200	0.3942
0.5300	0.4484	0.5300	0.2710	0.5300	0.4291	0.5300	0.3829
0.5400	0.4467	0.5400	0.2636	0.5400	0.3999	0.5400	0.3701
0.5500	0.4427	0.5500	0.2624	0.5500	0.3580	0.5500	0.3544
0.5600	0.4360	0.5600	0.2641	0.5600	0.3375	0.5600	0.3459
0.5700	0.4267	0.5700	0.2669	0.5700	0.3310	0.5700	0.3415
0.5800	0.4151	0.5800	0.2695	0.5800	0.3219	0.5800	0.3355
0.6000	0.3861	0.6000	0.2710	0.6000	0.3283	0.6000	0.3285
0.6200	0.3601	0.6200	0.2656	0.6200	0.3416	0.6200	0.3224
0.6400	0.3579	0.6400	0.2526	0.6400	0.3523	0.6400	0.3209
0.6600	0.3501	0.6600	0.2367	0.6600	0.3546	0.6600	0.3138
0.6800	0.3380	0.6800	0.2185	0.6800	0.3597	0.6800	0.3054
0.7000	0.3227	0.7000	0.1989	0.7000	0.3673	0.7000	0.2963
0.7200	0.3054	0.7200	0.1797	0.7200	0.3511	0.7200	0.2787
0.7400	0.2869	0.7400	0.1633	0.7400	0.3160	0.7400	0.2554
0.7600	0.2678	0.7600	0.1684	0.7600	0.2996	0.7600	0.2452
0.7800	0.2483	0.7800	0.1677	0.7800	0.3019	0.7800	0.2393
0.8000	0.2289	0.8000	0.1652	0.8000	0.2980	0.8000	0.2307
0.8200	0.2101	0.8200	0.1691	0.8200	0.2790	0.8200	0.2194
0.8400	0.1918	0.8400	0.1702	0.8400	0.2528	0.8400	0.2049
0.8600	0.1746	0.8600	0.1667	0.8600	0.2253	0.8600	0.1889
0.8800	0.1585	0.8800	0.1594	0.8800	0.2008	0.8800	0.1729
0.9000	0.1482	0.9000	0.1571	0.9000	0.1811	0.9000	0.1621
0.9200	0.1400	0.9200	0.1526	0.9200	0.1704	0.9200	0.1543
0.9400	0.1323	0.9400	0.1456	0.9400	0.1596	0.9400	0.1458
0.9600	0.1249	0.9600	0.1375	0.9600	0.1436	0.9600	0.1353
0.9800	0.1180	0.9800	0.1343	0.9800	0.1346	0.9800	0.1290
1.0000	0.1115	1.0000	0.1294	1.0000	0.1278	1.0000	0.1229
1.0500	0.0969	1.0500	0.1138	1.0500	0.1336	1.0500	0.1148
1.1000	0.0846	1.1000	0.1003	1.1000	0.1508	1.1000	0.1119
1.1500	0.0742	1.1500	0.0953	1.1500	0.1594	1.1500	0.1096
1.2000	0.0653	1.2000	0.0909	1.2000	0.1476	1.2000	0.1013
1.2500	0.0579	1.2500	0.0859	1.2500	0.1231	1.2500	0.0890
1.3000	0.0516	1.3000	0.0805	1.3000	0.1008	1.3000	0.0776
1.3500	0.0462	1.3500	0.0747	1.3500	0.1044	1.3500	0.0751
1.4000	0.0416	1.4000	0.0686	1.4000	0.1081	1.4000	0.0728
1.4500	0.0377	1.4500	0.0625	1.4500	0.1067	1.4500	0.0690
1.5000	0.0343	1.5000	0.0565	1.5000	0.1000	1.5000	0.0636



1.5500	0.0313	1.5500	0.0510	1.5500	0.0963	1.5500	0.0596
1.6000	0.0288	1.6000	0.0462	1.6000	0.0829	1.6000	0.0526
1.6500	0.0266	1.6500	0.0422	1.6500	0.0680	1.6500	0.0456
1.7000	0.0246	1.7000	0.0389	1.7000	0.0563	1.7000	0.0399
1.7500	0.0229	1.7500	0.0363	1.7500	0.0485	1.7500	0.0359
1.8000	0.0213	1.8000	0.0342	1.8000	0.0468	1.8000	0.0341
1.8500	0.0200	1.8500	0.0324	1.8500	0.0495	1.8500	0.0339
1.9000	0.0187	1.9000	0.0309	1.9000	0.0496	1.9000	0.0331
1.9500	0.0176	1.9500	0.0295	1.9500	0.0475	1.9500	0.0315
2.0000	0.0166	2.0000	0.0282	2.0000	0.0442	2.0000	0.0297
2.0500	0.0157	2.0500	0.0270	2.0500	0.0402	2.0500	0.0276
2.1000	0.0150	2.1000	0.0258	2.1000	0.0356	2.1000	0.0255
2.1500	0.0144	2.1500	0.0247	2.1500	0.0329	2.1500	0.0240
2.2000	0.0138	2.2000	0.0236	2.2000	0.0314	2.2000	0.0229
2.2500	0.0132	2.2500	0.0225	2.2500	0.0316	2.2500	0.0225
2.3000	0.0127	2.3000	0.0215	2.3000	0.0320	2.3000	0.0221
2.3500	0.0122	2.3500	0.0205	2.3500	0.0315	2.3500	0.0214
2.4000	0.0118	2.4000	0.0196	2.4000	0.0302	2.4000	0.0205
2.5000	0.0109	2.5000	0.0180	2.5000	0.0265	2.5000	0.0185
2.6000	0.0102	2.6000	0.0165	2.6000	0.0236	2.6000	0.0168
2.7000	0.0095	2.7000	0.0153	2.7000	0.0224	2.7000	0.0157
2.8000	0.0089	2.8000	0.0142	2.8000	0.0223	2.8000	0.0151
2.9000	0.0084	2.9000	0.0132	2.9000	0.0221	2.9000	0.0146
3.0000	0.0079	3.0000	0.0123	3.0000	0.0212	3.0000	0.0138
3.1000	0.0075	3.1000	0.0116	3.1000	0.0195	3.1000	0.0128
3.2000	0.0071	3.2000	0.0108	3.2000	0.0186	3.2000	0.0122
3.3000	0.0067	3.3000	0.0102	3.3000	0.0181	3.3000	0.0116
3.4000	0.0064	3.4000	0.0095	3.4000	0.0161	3.4000	0.0107
3.5000	0.0061	3.5000	0.0090	3.5000	0.0134	3.5000	0.0095
3.6000	0.0058	3.6000	0.0084	3.6000	0.0119	3.6000	0.0087
3.7000	0.0056	3.7000	0.0079	3.7000	0.0116	3.7000	0.0084
3.8000	0.0053	3.8000	0.0075	3.8000	0.0112	3.8000	0.0080
3.9000	0.0051	3.9000	0.0071	3.9000	0.0108	3.9000	0.0076
4.0000	0.0049	4.0000	0.0067	4.0000	0.0103	4.0000	0.0073
4.1000	0.0047	4.1000	0.0063	4.1000	0.0098	4.1000	0.0069
4.2000	0.0045	4.2000	0.0060	4.2000	0.0093	4.2000	0.0066
4.3000	0.0044	4.3000	0.0057	4.3000	0.0089	4.3000	0.0063
4.4000	0.0042	4.4000	0.0055	4.4000	0.0084	4.4000	0.0060
4.5000	0.0041	4.5000	0.0052	4.5000	0.0079	4.5000	0.0057



4.6000	0.0039	4.6000	0.0050	4.6000	0.0075	4.6000	0.0055
4.7000	0.0038	4.7000	0.0048	4.7000	0.0070	4.7000	0.0052
4.8000	0.0037	4.8000	0.0046	4.8000	0.0066	4.8000	0.0050
4.9000	0.0035	4.9000	0.0045	4.9000	0.0062	4.9000	0.0047
5.0000	0.0034	5.0000	0.0043	5.0000	0.0058	5.0000	0.0045
5.1000	0.0033	5.1000	0.0042	5.1000	0.0055	5.1000	0.0043
5.2000	0.0032	5.2000	0.0040	5.2000	0.0052	5.2000	0.0041
5.4000	0.0031	5.4000	0.0038	5.4000	0.0046	5.4000	0.0038
5.6000	0.0029	5.6000	0.0036	5.6000	0.0041	5.6000	0.0035
5.8000	0.0027	5.8000	0.0034	5.8000	0.0037	5.8000	0.0033
6.0000	0.0026	6.0000	0.0032	6.0000	0.0034	6.0000	0.0031
6.2000	0.0025	6.2000	0.0031	6.2000	0.0031	6.2000	0.0029
6.4000	0.0024	6.4000	0.0029	6.4000	0.0029	6.4000	0.0027
6.6000	0.0023	6.6000	0.0028	6.6000	0.0028	6.6000	0.0026
6.8000	0.0022	6.8000	0.0027	6.8000	0.0026	6.8000	0.0025
7.0000	0.0022	7.0000	0.0026	7.0000	0.0025	7.0000	0.0024
7.2000	0.0021	7.2000	0.0025	7.2000	0.0024	7.2000	0.0023
7.4000	0.0020	7.4000	0.0024	7.4000	0.0023	7.4000	0.0022
7.6000	0.0020	7.6000	0.0023	7.6000	0.0022	7.6000	0.0022
7.8000	0.0019	7.8000	0.0022	7.8000	0.0021	7.8000	0.0021
8.0000	0.0018	8.0000	0.0021	8.0000	0.0021	8.0000	0.0020
8.5000	0.0017	8.5000	0.0020	8.5000	0.0019	8.5000	0.0019
9.0000	0.0016	9.0000	0.0018	9.0000	0.0017	9.0000	0.0017
9.5000	0.0015	9.5000	0.0017	9.5000	0.0016	9.5000	0.0016
10.0000	0.0014	10.0000	0.0016	10.0000	0.0015	10.0000	0.0015

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 T23 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento.

Le frequenze di risonanza caratteristiche del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincidono con i valori tra 3 e 5 Hz, corrispondenti al passaggio litologico tra la porzione allentata e la porzione compatta della Formazione di Monte Senario.

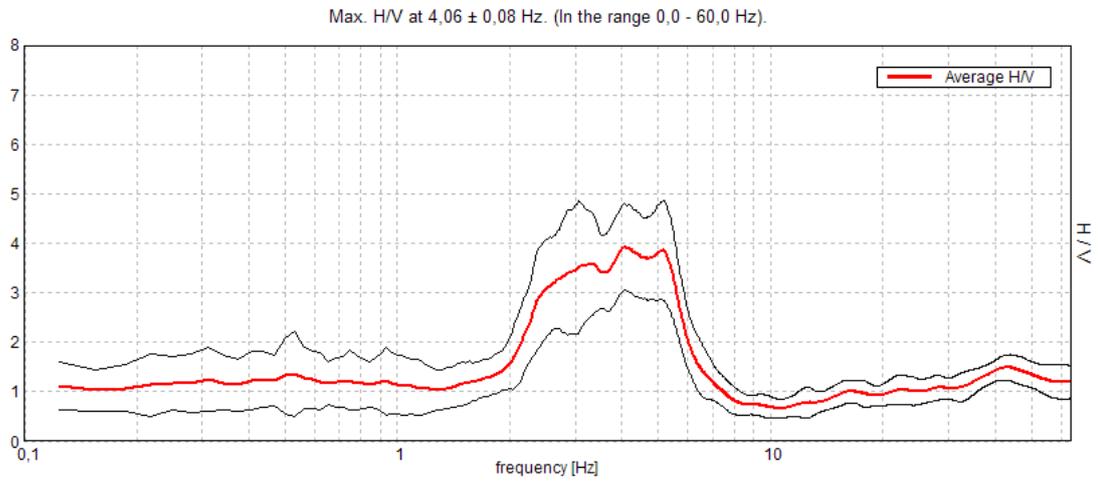


Figura 37 Misura HVRS T23 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento nel settore centrale del profilo sismico P4

12.4.3 Analisi di risposta sismica locale del sito Alfero 5

La stratigrafia del sito Alfero 5 è caratterizzato dalle seguenti litologie:

- a) materiale in frana costituito da sabbia e limi con spessore mediamente pari a 5 metri
- b) Alternanza di livelli con trovanti arenacei in matrice limoso-argilloso-sabbiosa e subordinatamente livelli argilloso-limosi, riconducibili alla Formazione del Melange

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

$V_{sH} = 450$ m/sec ed H media = 35 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) = 1.8, FA IS (0.5-1.0 sec) = 1.6

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) = 0.28
Average shear wave velocity (m/sec) = 490.91
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	4	5.0	231.19		17.50	360			2.5	43.75
	2	4	4.0	308.44		18.00	410			7.0	123.50
	3	4	8.0	360.09		18.00	443			13.0	231.50
	4	4	17.0	598.24		18.00	571			25.5	456.50
Bedrock	5	3		1239.55		19.00	800	Outcrop		34.0	609.50

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

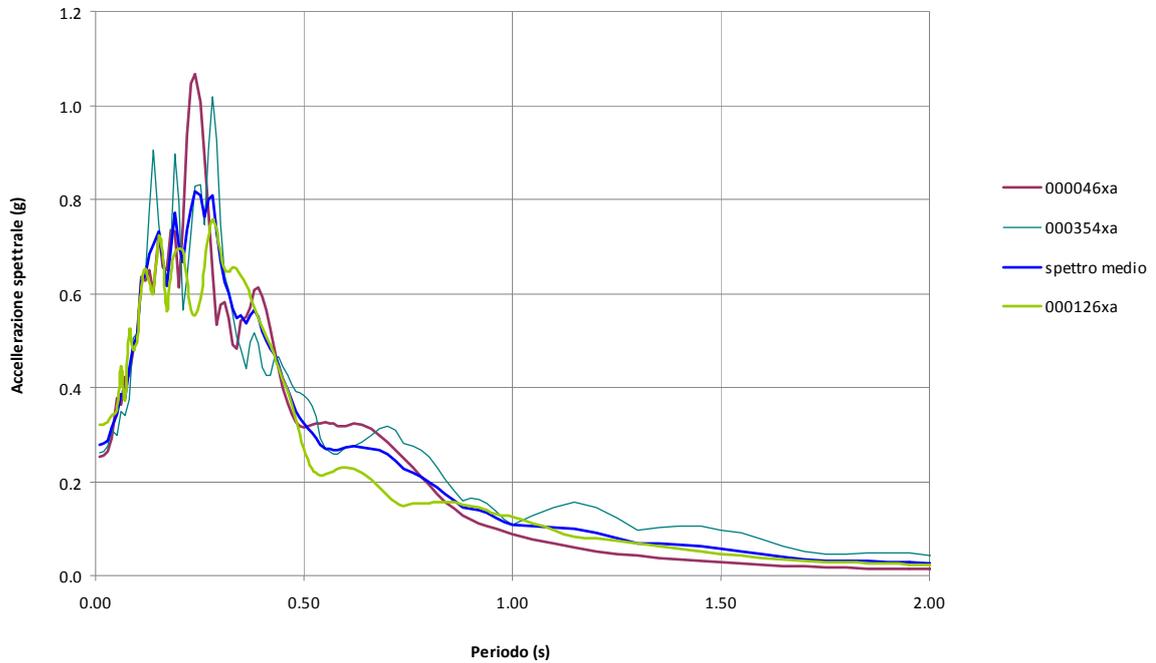


Figura 38 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Verghereto (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito **Alfero5**.

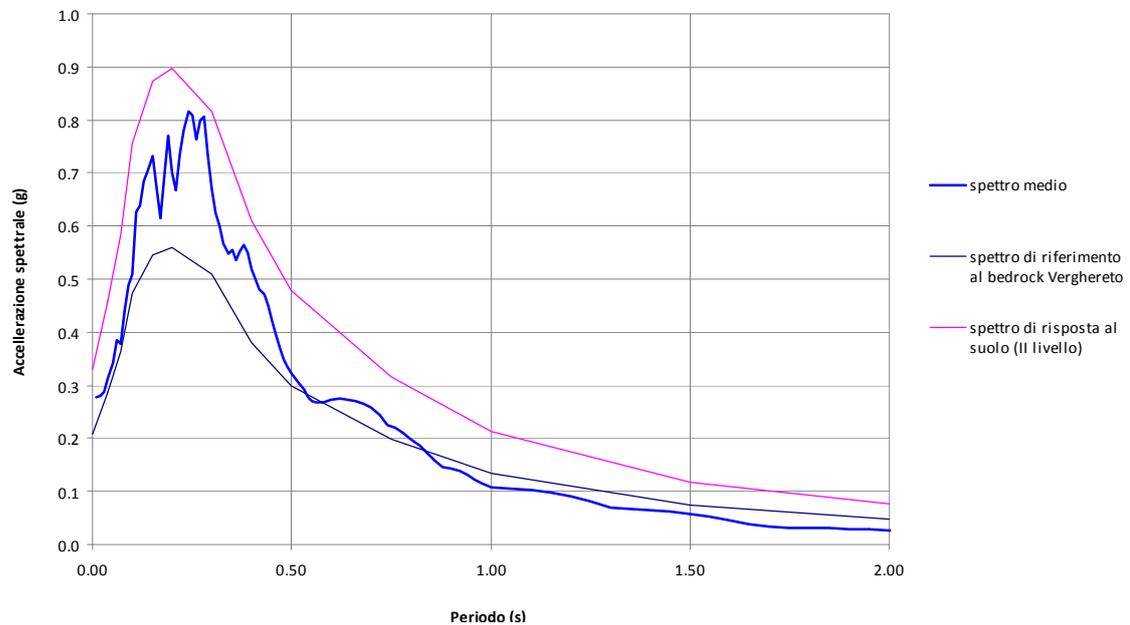
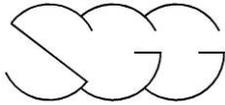


Figura 39 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall' analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Verghereto e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito **Alfero5**.



L'analisi determina un valore di ag_{max} di **0.816** al periodo di 0.28 sec, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di ag_0 di **0.277g**. Lo spettro medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale risulta essere ad ogni frequenza minore dello spettro derivato dall'analisi semplificata di secondo livello.

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	1081.21	785.30	1.38
000126xa	1040.15	727.41	1.43
000354xa	1087.22	793.57	1.37
		media	1.39

Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s			
accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	707.03	605.15	1.17
000126xa	567.43	501.79	1.13
000354xa	768.19	686.62	1.12
		media	1.14

Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)			
accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0.252	0.207	1.22
000126xa	0.319	0.207	1.54
000354xa	0.260	0.207	1.26
		media	1.34

Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di



Verghereto (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)
0.0100	0.2518	0.0100	0.3193	0.0100	0.2601	0.0100	0.2771
0.0200	0.2558	0.0200	0.3213	0.0200	0.2640	0.0200	0.2804
0.0300	0.2631	0.0300	0.3253	0.0300	0.2750	0.0300	0.2878
0.0400	0.2927	0.0400	0.3397	0.0400	0.3087	0.0400	0.3137
0.0500	0.3784	0.0500	0.3527	0.0500	0.2973	0.0500	0.3428
0.0600	0.3630	0.0600	0.4459	0.0600	0.3483	0.0600	0.3857
0.0700	0.4234	0.0700	0.3708	0.0700	0.3400	0.0700	0.3781
0.0800	0.4250	0.0800	0.5223	0.0800	0.3758	0.0800	0.4410
0.0900	0.4797	0.0900	0.4781	0.0900	0.5051	0.0900	0.4876
0.1000	0.5156	0.1000	0.4971	0.1000	0.5169	0.1000	0.5099
0.1100	0.6366	0.1100	0.6135	0.1100	0.6338	0.1100	0.6280
0.1200	0.6268	0.1200	0.6519	0.1200	0.6345	0.1200	0.6377
0.1300	0.6493	0.1300	0.6241	0.1300	0.7783	0.1300	0.6839
0.1400	0.6019	0.1400	0.6024	0.1400	0.9040	0.1400	0.7028
0.1500	0.7301	0.1500	0.7204	0.1500	0.7472	0.1500	0.7325
0.1600	0.6560	0.1600	0.6873	0.1600	0.6722	0.1600	0.6719
0.1700	0.6506	0.1700	0.5612	0.1700	0.6310	0.1700	0.6142
0.1800	0.7350	0.1800	0.6402	0.1800	0.7074	0.1800	0.6942
0.1900	0.7306	0.1900	0.6852	0.1900	0.8966	0.1900	0.7708
0.2000	0.6122	0.2000	0.6944	0.2000	0.7949	0.2000	0.7005
0.2100	0.7458	0.2100	0.6923	0.2100	0.5636	0.2100	0.6672
0.2200	0.9348	0.2200	0.6336	0.2200	0.6317	0.2200	0.7334
0.2300	1.0468	0.2300	0.5656	0.2300	0.7288	0.2300	0.7804
0.2400	1.0660	0.2400	0.5546	0.2400	0.8292	0.2400	0.8166
0.2500	1.0079	0.2500	0.5878	0.2500	0.8301	0.2500	0.8086
0.2600	0.8897	0.2600	0.6566	0.2600	0.7455	0.2600	0.7639
0.2700	0.7707	0.2700	0.7203	0.2700	0.9088	0.2700	0.7999
0.2800	0.6464	0.2800	0.7560	0.2800	1.0198	0.2800	0.8074
0.2900	0.5327	0.2900	0.7389	0.2900	0.9279	0.2900	0.7332
0.3000	0.5764	0.3000	0.6889	0.3000	0.7462	0.3000	0.6705
0.3100	0.5806	0.3100	0.6518	0.3100	0.6395	0.3100	0.6240



0.3200	0.5464	0.3200	0.6467	0.3200	0.6076	0.3200	0.6003
0.3300	0.4907	0.3300	0.6548	0.3300	0.5572	0.3300	0.5676
0.3400	0.4820	0.3400	0.6525	0.3400	0.5091	0.3400	0.5479
0.3500	0.5422	0.3500	0.6384	0.3500	0.4815	0.3500	0.5540
0.3600	0.5496	0.3600	0.6176	0.3600	0.4384	0.3600	0.5352
0.3700	0.5700	0.3700	0.5941	0.3700	0.4967	0.3700	0.5536
0.3800	0.6080	0.3800	0.5702	0.3800	0.5171	0.3800	0.5651
0.3900	0.6128	0.3900	0.5474	0.3900	0.4937	0.3900	0.5513
0.4000	0.5921	0.4000	0.5269	0.4000	0.4419	0.4000	0.5203
0.4100	0.5637	0.4100	0.5091	0.4100	0.4254	0.4100	0.4994
0.4200	0.5251	0.4200	0.4914	0.4200	0.4269	0.4200	0.4812
0.4300	0.4814	0.4300	0.4705	0.4300	0.4612	0.4300	0.4710
0.4400	0.4384	0.4400	0.4436	0.4400	0.4647	0.4400	0.4489
0.4500	0.3992	0.4500	0.4166	0.4500	0.4463	0.4500	0.4207
0.4600	0.3669	0.4600	0.3918	0.4600	0.4255	0.4600	0.3947
0.4700	0.3425	0.4700	0.3627	0.4700	0.4063	0.4700	0.3705
0.4800	0.3268	0.4800	0.3311	0.4800	0.3925	0.4800	0.3502
0.4900	0.3185	0.4900	0.2995	0.4900	0.3891	0.4900	0.3357
0.5000	0.3156	0.5000	0.2703	0.5000	0.3835	0.5000	0.3231
0.5100	0.3166	0.5100	0.2459	0.5100	0.3744	0.5100	0.3123
0.5200	0.3192	0.5200	0.2281	0.5200	0.3616	0.5200	0.3030
0.5300	0.3221	0.5300	0.2177	0.5300	0.3363	0.5300	0.2920
0.5400	0.3242	0.5400	0.2138	0.5400	0.2929	0.5400	0.2770
0.5500	0.3250	0.5500	0.2145	0.5500	0.2688	0.5500	0.2694
0.5600	0.3245	0.5600	0.2177	0.5600	0.2652	0.5600	0.2691
0.5700	0.3221	0.5700	0.2219	0.5700	0.2594	0.5700	0.2678
0.5800	0.3179	0.5800	0.2257	0.5800	0.2594	0.5800	0.2677
0.6000	0.3186	0.6000	0.2302	0.6000	0.2714	0.6000	0.2734
0.6200	0.3224	0.6200	0.2276	0.6200	0.2762	0.6200	0.2754
0.6400	0.3195	0.6400	0.2181	0.6400	0.2829	0.6400	0.2735
0.6600	0.3114	0.6600	0.2038	0.6600	0.2969	0.6600	0.2707
0.6800	0.2992	0.6800	0.1871	0.6800	0.3117	0.6800	0.2660
0.7000	0.2841	0.7000	0.1706	0.7000	0.3184	0.7000	0.2577
0.7200	0.2670	0.7200	0.1572	0.7200	0.3086	0.7200	0.2443
0.7400	0.2486	0.7400	0.1486	0.7400	0.2809	0.7400	0.2260
0.7600	0.2296	0.7600	0.1532	0.7600	0.2742	0.7600	0.2190
0.7800	0.2106	0.7800	0.1518	0.7800	0.2658	0.7800	0.2094
0.8000	0.1921	0.8000	0.1544	0.8000	0.2523	0.8000	0.1996
0.8200	0.1743	0.8200	0.1572	0.8200	0.2297	0.8200	0.1871



0.8400	0.1574	0.8400	0.1572	0.8400	0.2038	0.8400	0.1728
0.8600	0.1418	0.8600	0.1551	0.8600	0.1789	0.8600	0.1586
0.8800	0.1273	0.8800	0.1501	0.8800	0.1577	0.8800	0.1450
0.9000	0.1178	0.9000	0.1483	0.9000	0.1636	0.9000	0.1432
0.9200	0.1113	0.9200	0.1451	0.9200	0.1629	0.9200	0.1398
0.9400	0.1052	0.9400	0.1389	0.9400	0.1528	0.9400	0.1323
0.9600	0.0994	0.9600	0.1318	0.9600	0.1368	0.9600	0.1227
0.9800	0.0940	0.9800	0.1287	0.9800	0.1197	0.9800	0.1141
1.0000	0.0888	1.0000	0.1246	1.0000	0.1077	1.0000	0.1070
1.0500	0.0772	1.0500	0.1111	1.0500	0.1270	1.0500	0.1051
1.1000	0.0673	1.1000	0.0956	1.1000	0.1459	1.1000	0.1029
1.1500	0.0589	1.1500	0.0825	1.1500	0.1559	1.1500	0.0991
1.2000	0.0521	1.2000	0.0783	1.2000	0.1438	1.2000	0.0914
1.2500	0.0464	1.2500	0.0736	1.2500	0.1212	1.2500	0.0804
1.3000	0.0415	1.3000	0.0686	1.3000	0.0978	1.3000	0.0693
1.3500	0.0372	1.3500	0.0633	1.3500	0.1018	1.3500	0.0674
1.4000	0.0336	1.4000	0.0577	1.4000	0.1052	1.4000	0.0655
1.4500	0.0304	1.4500	0.0520	1.4500	0.1038	1.4500	0.0620
1.5000	0.0276	1.5000	0.0466	1.5000	0.0972	1.5000	0.0571
1.5500	0.0252	1.5500	0.0417	1.5500	0.0904	1.5500	0.0524
1.6000	0.0230	1.6000	0.0374	1.6000	0.0771	1.6000	0.0458
1.6500	0.0212	1.6500	0.0340	1.6500	0.0626	1.6500	0.0392
1.7000	0.0195	1.7000	0.0312	1.7000	0.0514	1.7000	0.0340
1.7500	0.0180	1.7500	0.0290	1.7500	0.0445	1.7500	0.0305
1.8000	0.0168	1.8000	0.0273	1.8000	0.0457	1.8000	0.0299
1.8500	0.0156	1.8500	0.0259	1.8500	0.0484	1.8500	0.0300
1.9000	0.0146	1.9000	0.0247	1.9000	0.0487	1.9000	0.0293
1.9500	0.0136	1.9500	0.0236	1.9500	0.0469	1.9500	0.0280
2.0000	0.0128	2.0000	0.0226	2.0000	0.0434	2.0000	0.0263
2.0500	0.0120	2.0500	0.0216	2.0500	0.0394	2.0500	0.0244
2.1000	0.0114	2.1000	0.0207	2.1000	0.0350	2.1000	0.0224
2.1500	0.0108	2.1500	0.0198	2.1500	0.0329	2.1500	0.0211
2.2000	0.0103	2.2000	0.0189	2.2000	0.0309	2.2000	0.0200
2.2500	0.0099	2.2500	0.0180	2.2500	0.0290	2.2500	0.0189
2.3000	0.0095	2.3000	0.0171	2.3000	0.0293	2.3000	0.0186
2.3500	0.0091	2.3500	0.0163	2.3500	0.0289	2.3500	0.0181
2.4000	0.0087	2.4000	0.0156	2.4000	0.0277	2.4000	0.0173
2.5000	0.0080	2.5000	0.0142	2.5000	0.0243	2.5000	0.0155
2.6000	0.0075	2.6000	0.0130	2.6000	0.0215	2.6000	0.0140



2.7000	0.0069	2.7000	0.0120	2.7000	0.0204	2.7000	0.0131
2.8000	0.0065	2.8000	0.0111	2.8000	0.0204	2.8000	0.0127
2.9000	0.0061	2.9000	0.0103	2.9000	0.0205	2.9000	0.0123
3.0000	0.0057	3.0000	0.0096	3.0000	0.0197	3.0000	0.0117
3.1000	0.0053	3.1000	0.0090	3.1000	0.0182	3.1000	0.0109
3.2000	0.0050	3.2000	0.0084	3.2000	0.0186	3.2000	0.0107
3.3000	0.0048	3.3000	0.0079	3.3000	0.0178	3.3000	0.0101
3.4000	0.0045	3.4000	0.0073	3.4000	0.0157	3.4000	0.0092
3.5000	0.0043	3.5000	0.0069	3.5000	0.0129	3.5000	0.0080
3.6000	0.0041	3.6000	0.0064	3.6000	0.0117	3.6000	0.0074
3.7000	0.0039	3.7000	0.0060	3.7000	0.0114	3.7000	0.0071
3.8000	0.0037	3.8000	0.0057	3.8000	0.0110	3.8000	0.0068
3.9000	0.0035	3.9000	0.0053	3.9000	0.0105	3.9000	0.0065
4.0000	0.0034	4.0000	0.0050	4.0000	0.0100	4.0000	0.0061
4.1000	0.0032	4.1000	0.0048	4.1000	0.0095	4.1000	0.0058
4.2000	0.0031	4.2000	0.0045	4.2000	0.0091	4.2000	0.0056
4.3000	0.0030	4.3000	0.0043	4.3000	0.0086	4.3000	0.0053
4.4000	0.0029	4.4000	0.0041	4.4000	0.0081	4.4000	0.0050
4.5000	0.0028	4.5000	0.0039	4.5000	0.0077	4.5000	0.0048
4.6000	0.0027	4.6000	0.0037	4.6000	0.0072	4.6000	0.0045
4.7000	0.0026	4.7000	0.0036	4.7000	0.0068	4.7000	0.0043
4.8000	0.0025	4.8000	0.0034	4.8000	0.0064	4.8000	0.0041
4.9000	0.0024	4.9000	0.0033	4.9000	0.0060	4.9000	0.0039
5.0000	0.0023	5.0000	0.0032	5.0000	0.0056	5.0000	0.0037
5.1000	0.0022	5.1000	0.0031	5.1000	0.0052	5.1000	0.0035
5.2000	0.0022	5.2000	0.0030	5.2000	0.0049	5.2000	0.0034
5.4000	0.0020	5.4000	0.0028	5.4000	0.0044	5.4000	0.0031
5.6000	0.0019	5.6000	0.0026	5.6000	0.0039	5.6000	0.0028
5.8000	0.0018	5.8000	0.0025	5.8000	0.0035	5.8000	0.0026
6.0000	0.0017	6.0000	0.0024	6.0000	0.0032	6.0000	0.0024
6.2000	0.0016	6.2000	0.0023	6.2000	0.0029	6.2000	0.0023
6.4000	0.0015	6.4000	0.0022	6.4000	0.0027	6.4000	0.0022
6.6000	0.0015	6.6000	0.0021	6.6000	0.0026	6.6000	0.0020
6.8000	0.0014	6.8000	0.0020	6.8000	0.0024	6.8000	0.0019
7.0000	0.0013	7.0000	0.0019	7.0000	0.0023	7.0000	0.0018
7.2000	0.0013	7.2000	0.0019	7.2000	0.0021	7.2000	0.0018
7.4000	0.0012	7.4000	0.0018	7.4000	0.0020	7.4000	0.0017
7.6000	0.0012	7.6000	0.0017	7.6000	0.0019	7.6000	0.0016
7.8000	0.0011	7.8000	0.0017	7.8000	0.0018	7.8000	0.0015

8.0000	0.0011	8.0000	0.0016	8.0000	0.0018	8.0000	0.0015
8.5000	0.0010	8.5000	0.0015	8.5000	0.0016	8.5000	0.0014
9.0000	0.0009	9.0000	0.0014	9.0000	0.0014	9.0000	0.0012
9.5000	0.0009	9.5000	0.0013	9.5000	0.0013	9.5000	0.0011
10.0000	0.0008	10.0000	0.0012	10.0000	0.0012	10.0000	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 T24 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento. Le frequenze di risonanza caratteristiche del profilo stratigrafico analizzato, derivate dalla misura sperimentale del rumore sismico ambientale coincidono con i valori di 1.84, 2.5 e 18Hz corrispondenti a differenti passaggi litologici presenti nel sottosuolo: la frequenza a 18 hz individua la base della frana; Il picco a 2,5 individua il passaggio a 55 metri alle argille scagliose; il picco a 1,84 individua un'ulteriore discontinuità più profonda.

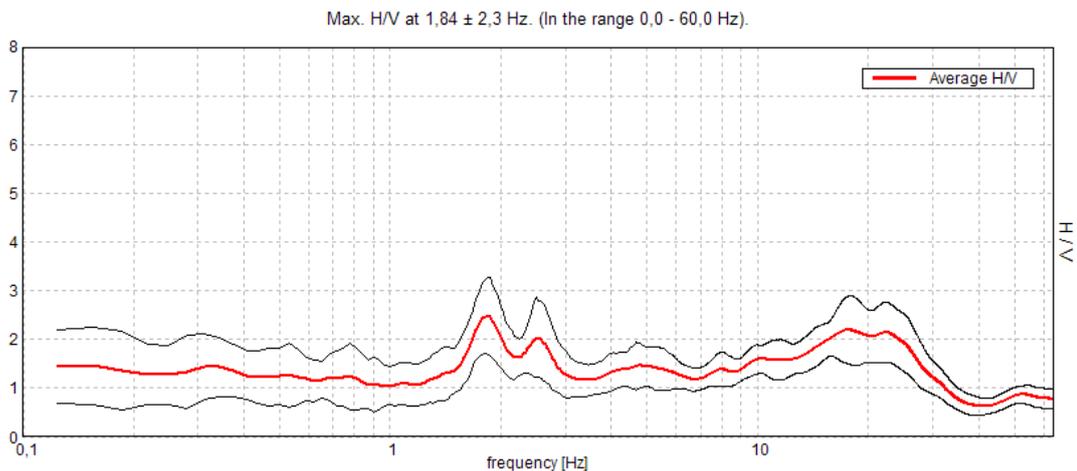


Figura 40 Misura HVRS T24 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento nel settore centrale del profilo sismico P5

12.4.4 Analisi di risposta sismica locale del sito Montecoronaro

La stratigrafia del sito di Montecoronaro, in corrispondenza del sondaggio geognostico, è caratterizzato dalle seguenti litologie:

- a) materiale in frana costituito da argilla con trovanti calcarei con spessore di 14 m.
- b) Blocchi eterogenei calcarenitici in matrice argillosa riconducibile alla porzione alterata della Marne di Verghereto fino a profondità di circa 30 m.
- c) Marne di Verghereto

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

$V_{sH} = 300$ m/sec ed H media = 30 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) = 2.3, FA IS (0.5-1.0 sec) = 2.4

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) = 0,44
 Average shear wave velocity (m/sec) = 279,10
 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	1	1,5	43,58		19,00	150			0,8	14,25
	2	4	13,0	84,84		20,00	204			8,0	158,50
	3	4	16,5	255,99		20,50	350			22,8	457,63
Bedrock	4	3		1402,65		21,50	800	Outcrop		31,0	626,75

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

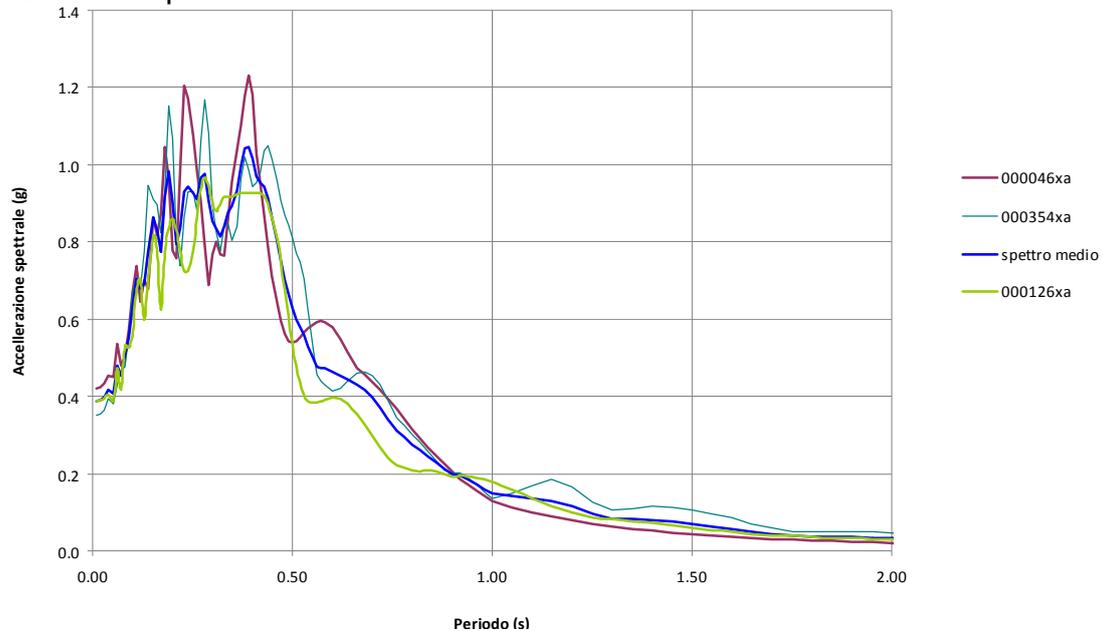


Figura 41 Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Verghereto (000046xa, 000354xa,000126xa) e spettro di risposta sismica in accelerazione medio, relativi al sito **Montecoronaro**.

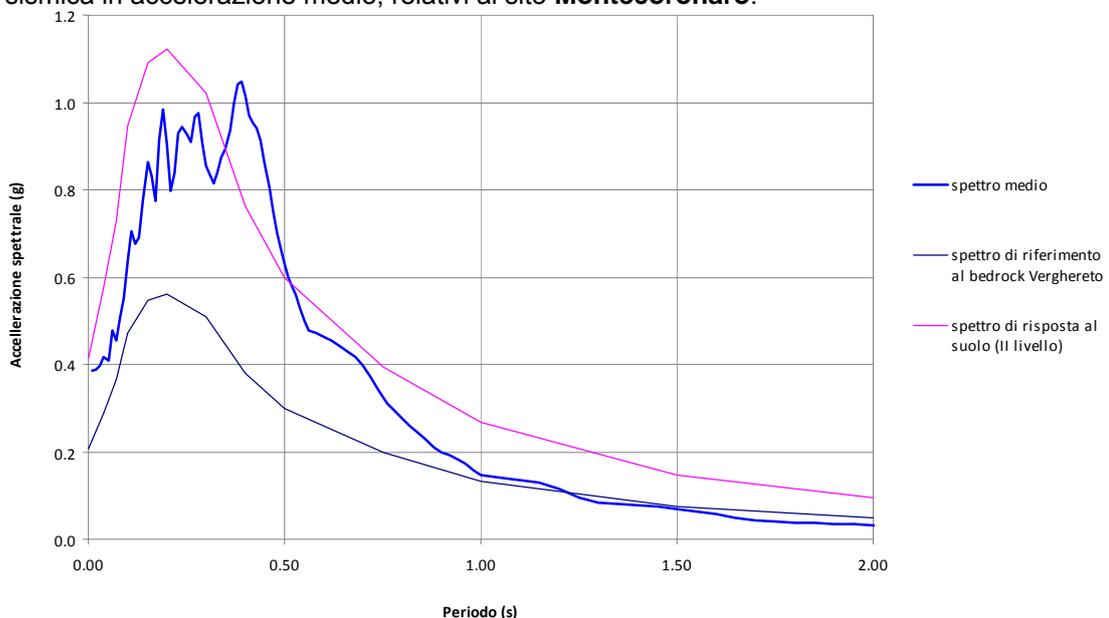
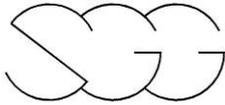


Figura 42 Spettro di risposta sismica in accelerazione medio derivato dall'analisi di risposta sismica locale, spettro di riferimento al Bedrock per il Comune di Verghereto e spettro di risposta al suolo derivato dal secondo livello di approfondimento, relativi al sito **Montecoronaro**.

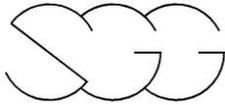


L'analisi determina un valore di $a_{g_{max}}$ di **1.047g** al periodo di 0.39 sec, localmente più' elevato del massimo relativo allo scenario di analisi di secondo livello, ed un valore al suolo per $T=0$ sec di a_{g_0} di **0.386g**.

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	1632,36	785,30	2,08
000126xa	1586,89	727,41	2,18
000354xa	1758,24	793,57	2,22
		media	2,16
Rapporto di Intensità spettrale di Housner - 0,5-1s			
accelerogramma	SI suolo (*dT)	SI roccia (*dT)	SI/SI0
000046xa	1184,75	605,15	1,96
000126xa	900,62	501,79	1,79
000354xa	1155,05	686,62	1,68
		media	1,81
Rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0)			
accelerogramma	Amax suolo	Amax0	Amax/Amax0
000046xa	0,420	0,207	2,03
000126xa	0,388	0,207	1,87
000354xa	0,350	0,207	1,69
		media	1,86



Di seguito si riportano i valori tabellari degli Spettri di risposta sismica locale in accelerazione relativi ai 3 accelerogrammi di input del Comune di Verghereto (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	0,4195	0,01	0,3885	0,01	0,3498	0,01	0,3859
0,02	0,4247	0,02	0,3901	0,02	0,3546	0,02	0,3898
0,03	0,4343	0,03	0,3929	0,03	0,3642	0,03	0,3971
0,04	0,4532	0,04	0,4024	0,04	0,3942	0,04	0,4166
0,05	0,4499	0,05	0,3917	0,05	0,3822	0,05	0,4079
0,06	0,5363	0,06	0,4722	0,06	0,4288	0,06	0,4791
0,07	0,4814	0,07	0,4168	0,07	0,4660	0,07	0,4547
0,08	0,5038	0,08	0,5345	0,08	0,4772	0,08	0,5052
0,09	0,5716	0,09	0,5256	0,09	0,5606	0,09	0,5526
0,10	0,6735	0,10	0,5548	0,10	0,6786	0,10	0,6356
0,11	0,7393	0,11	0,6787	0,11	0,6965	0,11	0,7048
0,12	0,6460	0,12	0,7059	0,12	0,6812	0,12	0,6777
0,13	0,7019	0,13	0,5977	0,13	0,7740	0,13	0,6912
0,14	0,6791	0,14	0,6958	0,14	0,9479	0,14	0,7743
0,15	0,8632	0,15	0,8173	0,15	0,9102	0,15	0,8636
0,16	0,8174	0,16	0,7819	0,16	0,8958	0,16	0,8317
0,17	0,8736	0,17	0,6269	0,17	0,8227	0,17	0,7744
0,18	1,0443	0,18	0,7738	0,18	0,9285	0,18	0,9155
0,19	0,9633	0,19	0,8342	0,19	1,1521	0,19	0,9832
0,20	0,7782	0,20	0,8608	0,20	1,0705	0,20	0,9032
0,21	0,7575	0,21	0,8300	0,21	0,8004	0,21	0,7960
0,22	0,9943	0,22	0,7772	0,22	0,7373	0,22	0,8363
0,23	1,2051	0,23	0,7238	0,23	0,8624	0,23	0,9304
0,24	1,1715	0,24	0,7263	0,24	0,9302	0,24	0,9427
0,25	1,0746	0,25	0,7764	0,25	0,9317	0,25	0,9275
0,26	0,9841	0,26	0,8633	0,26	0,8816	0,26	0,9096
0,27	0,9023	0,27	0,9379	0,27	1,0609	0,27	0,9671



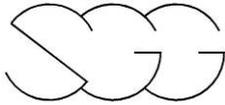
0,28	0,7911	0,28	0,9671	0,28	1,1689	0,28	0,9757
0,29	0,6876	0,29	0,9473	0,29	1,0813	0,29	0,9054
0,30	0,7691	0,30	0,9021	0,30	0,8938	0,30	0,8550
0,31	0,8024	0,31	0,8804	0,31	0,8235	0,31	0,8355
0,32	0,7679	0,32	0,8963	0,32	0,7771	0,32	0,8138
0,33	0,7654	0,33	0,9156	0,33	0,8403	0,33	0,8404
0,34	0,8616	0,34	0,9169	0,34	0,8486	0,34	0,8757
0,35	0,9569	0,35	0,9160	0,35	0,8035	0,35	0,8921
0,36	1,0379	0,36	0,9243	0,36	0,8395	0,36	0,9339
0,37	1,1018	0,37	0,9273	0,37	0,9640	0,37	0,9977
0,38	1,1789	0,38	0,9277	0,38	1,0197	0,38	1,0421
0,39	1,2300	0,39	0,9268	0,39	0,9848	0,39	1,0472
0,40	1,1832	0,40	0,9262	0,40	0,9422	0,40	1,0172
0,41	1,0294	0,41	0,9273	0,41	0,9524	0,41	0,9697
0,42	0,9537	0,42	0,9266	0,42	0,9809	0,42	0,9537
0,43	0,8714	0,43	0,9189	0,43	1,0351	0,43	0,9418
0,44	0,7883	0,44	0,8988	0,44	1,0502	0,44	0,9124
0,45	0,7116	0,45	0,8631	0,45	1,0148	0,45	0,8632
0,46	0,6461	0,46	0,8119	0,46	0,9597	0,46	0,8059
0,47	0,5954	0,47	0,7488	0,47	0,9060	0,47	0,7500
0,48	0,5614	0,48	0,6790	0,48	0,8692	0,48	0,7032
0,49	0,5435	0,49	0,6075	0,49	0,8438	0,49	0,6649
0,50	0,5389	0,50	0,5402	0,50	0,8108	0,50	0,6299
0,51	0,5437	0,51	0,4815	0,51	0,7723	0,51	0,5992
0,52	0,5536	0,52	0,4360	0,52	0,7488	0,52	0,5795
0,53	0,5660	0,53	0,4053	0,53	0,7051	0,53	0,5588
0,54	0,5775	0,54	0,3886	0,54	0,6265	0,54	0,5309
0,55	0,5868	0,55	0,3826	0,55	0,5263	0,55	0,4986
0,56	0,5929	0,56	0,3833	0,56	0,4566	0,56	0,4776
0,57	0,5953	0,57	0,3873	0,57	0,4398	0,57	0,4741
0,58	0,5936	0,58	0,3920	0,58	0,4304	0,58	0,4720
0,60	0,5788	0,60	0,3979	0,60	0,4128	0,60	0,4632
0,62	0,5500	0,62	0,3941	0,62	0,4190	0,62	0,4544
0,64	0,5119	0,64	0,3790	0,64	0,4403	0,64	0,4437
0,66	0,4733	0,66	0,3552	0,66	0,4587	0,66	0,4290
0,68	0,4566	0,68	0,3266	0,68	0,4642	0,68	0,4158
0,70	0,4383	0,70	0,2967	0,70	0,4542	0,70	0,3964



0,72	0,4165	0,72	0,2677	0,72	0,4287	0,72	0,3710
0,74	0,3923	0,74	0,2416	0,74	0,3902	0,74	0,3414
0,76	0,3668	0,76	0,2203	0,76	0,3440	0,76	0,3104
0,78	0,3411	0,78	0,2156	0,78	0,3248	0,78	0,2939
0,80	0,3157	0,80	0,2101	0,80	0,3002	0,80	0,2753
0,82	0,2909	0,82	0,2067	0,82	0,2829	0,82	0,2602
0,84	0,2672	0,84	0,2091	0,84	0,2588	0,84	0,2450
0,86	0,2450	0,86	0,2067	0,86	0,2324	0,86	0,2280
0,88	0,2240	0,88	0,1989	0,88	0,2082	0,88	0,2104
0,90	0,2047	0,90	0,1935	0,90	0,2013	0,90	0,1998
0,92	0,1870	0,92	0,1939	0,92	0,2012	0,92	0,1940
0,94	0,1707	0,94	0,1927	0,94	0,1890	0,94	0,1841
0,96	0,1558	0,96	0,1897	0,96	0,1714	0,96	0,1723
0,98	0,1423	0,98	0,1850	0,98	0,1513	0,98	0,1595
1,00	0,1301	1,00	0,1788	1,00	0,1348	1,00	0,1479
1,05	0,1130	1,05	0,1592	1,05	0,1502	1,05	0,1408
1,10	0,0999	1,10	0,1373	1,10	0,1694	1,10	0,1355
1,15	0,0886	1,15	0,1163	1,15	0,1861	1,15	0,1304
1,20	0,0788	1,20	0,0976	1,20	0,1665	1,20	0,1143
1,25	0,0704	1,25	0,0861	1,25	0,1272	1,25	0,0946
1,30	0,0632	1,30	0,0817	1,30	0,1046	1,30	0,0832
1,35	0,0569	1,35	0,0767	1,35	0,1104	1,35	0,0814
1,40	0,0515	1,40	0,0712	1,40	0,1144	1,40	0,0790
1,45	0,0468	1,45	0,0652	1,45	0,1138	1,45	0,0753
1,50	0,0427	1,50	0,0593	1,50	0,1063	1,50	0,0694
1,55	0,0391	1,55	0,0538	1,55	0,0973	1,55	0,0634
1,60	0,0360	1,60	0,0488	1,60	0,0851	1,60	0,0566
1,65	0,0332	1,65	0,0446	1,65	0,0706	1,65	0,0495
1,70	0,0308	1,70	0,0411	1,70	0,0587	1,70	0,0435
1,75	0,0286	1,75	0,0382	1,75	0,0505	1,75	0,0391
1,80	0,0267	1,80	0,0359	1,80	0,0487	1,80	0,0371
1,85	0,0250	1,85	0,0340	1,85	0,0508	1,85	0,0366
1,90	0,0235	1,90	0,0324	1,90	0,0513	1,90	0,0357
1,95	0,0221	1,95	0,0309	1,95	0,0495	1,95	0,0342
2,00	0,0208	2,00	0,0296	2,00	0,0462	2,00	0,0322
2,05	0,0197	2,05	0,0284	2,05	0,0423	2,05	0,0301
2,10	0,0186	2,10	0,0271	2,10	0,0377	2,10	0,0278



2,15	0,0177	2,15	0,0260	2,15	0,0348	2,15	0,0261
2,20	0,0168	2,20	0,0248	2,20	0,0328	2,20	0,0248
2,25	0,0160	2,25	0,0237	2,25	0,0316	2,25	0,0238
2,30	0,0153	2,30	0,0226	2,30	0,0322	2,30	0,0234
2,35	0,0146	2,35	0,0216	2,35	0,0319	2,35	0,0227
2,40	0,0139	2,40	0,0207	2,40	0,0308	2,40	0,0218
2,50	0,0128	2,50	0,0189	2,50	0,0274	2,50	0,0197
2,60	0,0118	2,60	0,0174	2,60	0,0244	2,60	0,0179
2,70	0,0110	2,70	0,0161	2,70	0,0231	2,70	0,0167
2,80	0,0102	2,80	0,0150	2,80	0,0229	2,80	0,0160
2,90	0,0095	2,90	0,0139	2,90	0,0229	2,90	0,0155
3,00	0,0090	3,00	0,0130	3,00	0,0222	3,00	0,0147
3,10	0,0084	3,10	0,0122	3,10	0,0207	3,10	0,0138
3,20	0,0079	3,20	0,0114	3,20	0,0193	3,20	0,0129
3,30	0,0075	3,30	0,0107	3,30	0,0185	3,30	0,0122
3,40	0,0071	3,40	0,0101	3,40	0,0163	3,40	0,0112
3,50	0,0067	3,50	0,0095	3,50	0,0136	3,50	0,0099
3,60	0,0064	3,60	0,0089	3,60	0,0122	3,60	0,0092
3,70	0,0061	3,70	0,0084	3,70	0,0117	3,70	0,0087
3,80	0,0058	3,80	0,0079	3,80	0,0111	3,80	0,0083
3,90	0,0056	3,90	0,0075	3,90	0,0106	3,90	0,0079
4,00	0,0053	4,00	0,0071	4,00	0,0100	4,00	0,0075
4,10	0,0051	4,10	0,0067	4,10	0,0096	4,10	0,0071
4,20	0,0049	4,20	0,0064	4,20	0,0091	4,20	0,0068
4,30	0,0047	4,30	0,0061	4,30	0,0086	4,30	0,0065
4,40	0,0046	4,40	0,0058	4,40	0,0082	4,40	0,0062
4,50	0,0044	4,50	0,0055	4,50	0,0077	4,50	0,0059
4,60	0,0042	4,60	0,0053	4,60	0,0073	4,60	0,0056
4,70	0,0041	4,70	0,0051	4,70	0,0069	4,70	0,0053
4,80	0,0040	4,80	0,0049	4,80	0,0065	4,80	0,0051
4,90	0,0038	4,90	0,0047	4,90	0,0061	4,90	0,0049
5,00	0,0037	5,00	0,0045	5,00	0,0057	5,00	0,0046
5,10	0,0036	5,10	0,0044	5,10	0,0053	5,10	0,0044
5,20	0,0035	5,20	0,0042	5,20	0,0050	5,20	0,0042
5,40	0,0033	5,40	0,0040	5,40	0,0045	5,40	0,0039
5,60	0,0031	5,60	0,0038	5,60	0,0040	5,60	0,0036
5,80	0,0029	5,80	0,0036	5,80	0,0036	5,80	0,0034



6,00	0,0028	6,00	0,0034	6,00	0,0033	6,00	0,0031
6,20	0,0027	6,20	0,0032	6,20	0,0030	6,20	0,0030
6,40	0,0025	6,40	0,0031	6,40	0,0028	6,40	0,0028
6,60	0,0024	6,60	0,0029	6,60	0,0026	6,60	0,0027
6,80	0,0023	6,80	0,0028	6,80	0,0024	6,80	0,0025
7,00	0,0022	7,00	0,0027	7,00	0,0023	7,00	0,0024
7,20	0,0022	7,20	0,0026	7,20	0,0021	7,20	0,0023
7,40	0,0021	7,40	0,0025	7,40	0,0020	7,40	0,0022
7,60	0,0020	7,60	0,0024	7,60	0,0019	7,60	0,0021
7,80	0,0020	7,80	0,0023	7,80	0,0019	7,80	0,0021
8,00	0,0019	8,00	0,0023	8,00	0,0018	8,00	0,0020
8,50	0,0018	8,50	0,0021	8,50	0,0017	8,50	0,0018
9,00	0,0017	9,00	0,0019	9,00	0,0015	9,00	0,0017
9,50	0,0016	9,50	0,0018	9,50	0,0014	9,50	0,0016
10,00	0,0015	10,00	0,0017	10,00	0,0013	10,00	0,0015

Per quanto riguarda la frequenza 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 T21 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 2,78Hz, corrispondente al passaggio litologico tra la porzione alterata e la porzione compatta della Formazione delle Marne di Verghereto.

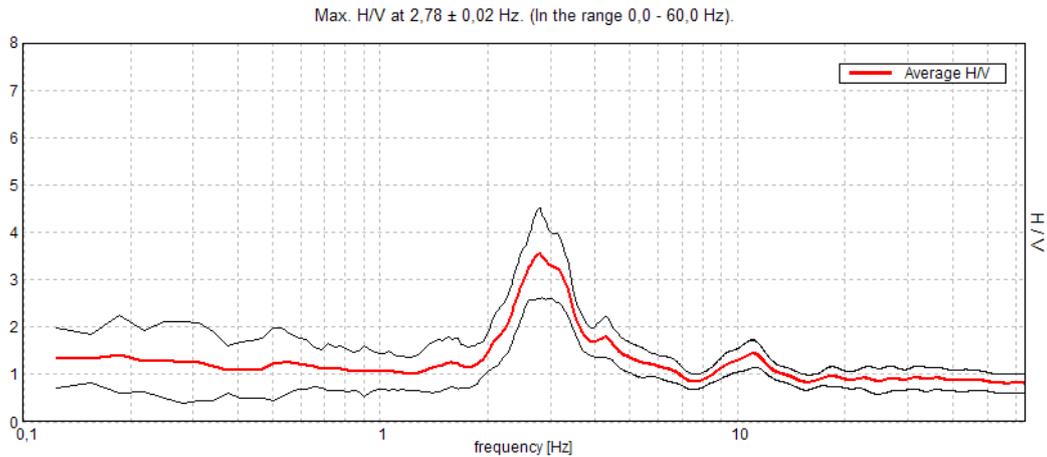


Figura 43 Misura HVRS T21 eseguita nell'ambito del terzo livello di approfondimento nel settore centrale del profilo sismico.

12.5 Verifiche di stabilità e determinazione degli spostamenti

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

Come già ricordato, per la frana di Alfero, data la complessità del movimento franoso non vengono eseguite delle specifiche verifiche di stabilità che risulterebbero parziali e significative solo per una porzione del territorio. Le successive verifiche e la determinazione degli spostamenti sono perciò relative solo alla zona di Montecoronaro.

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 e di 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. Di seguito vengono riassunte le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi presenti nell'area. Per ciò che riguarda il primo strato viene utilizzato il valore di picco per l'angolo di resistenza al taglio determinato con la prova di laboratorio, dato che il campione sottoposto ad analisi era escluso dalla frazione ghiaiosa e quindi più cautelativo per tale parametro.

- Argilla con trovanti calcarei (frana quiescente):

peso di volume	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 2,5 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 19^\circ$

- Blocchi calcarei in matrice argillosa:

peso di volume	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
coesione	$C = 10 \text{ kPa}$
angolo di attrito	$\varphi = 30^\circ$

Entrando nel dettaglio dei calcoli, le verifiche sono state eseguite per mezzo di un 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 Verghereto, secondo la normativa sismica vigente, è inserito in zona 2.

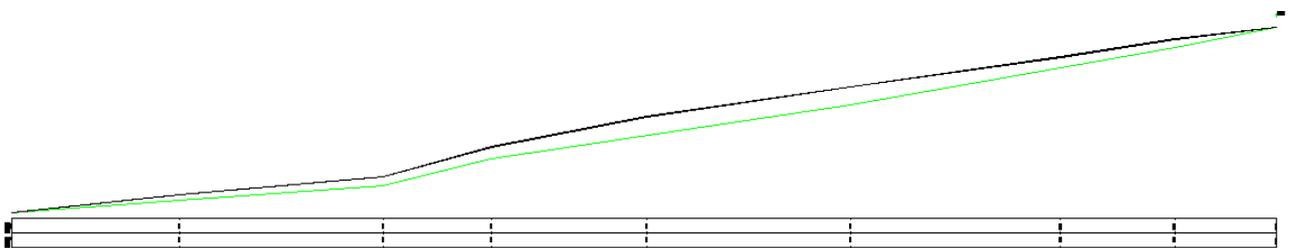
La determinazione dell'accelerazione orizzontale massima è stata eseguita con l'analisi di risposta sismica, sulla base del profilo stratigrafico locale ed utilizzando come moto di input gli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Verghereto.

Il valore ottenuto dovrà essere corretto con un fattore topografico (S_T), che nel caso specifico non produrrà variazioni essendo uguale a 1 per la modesta pendenza.

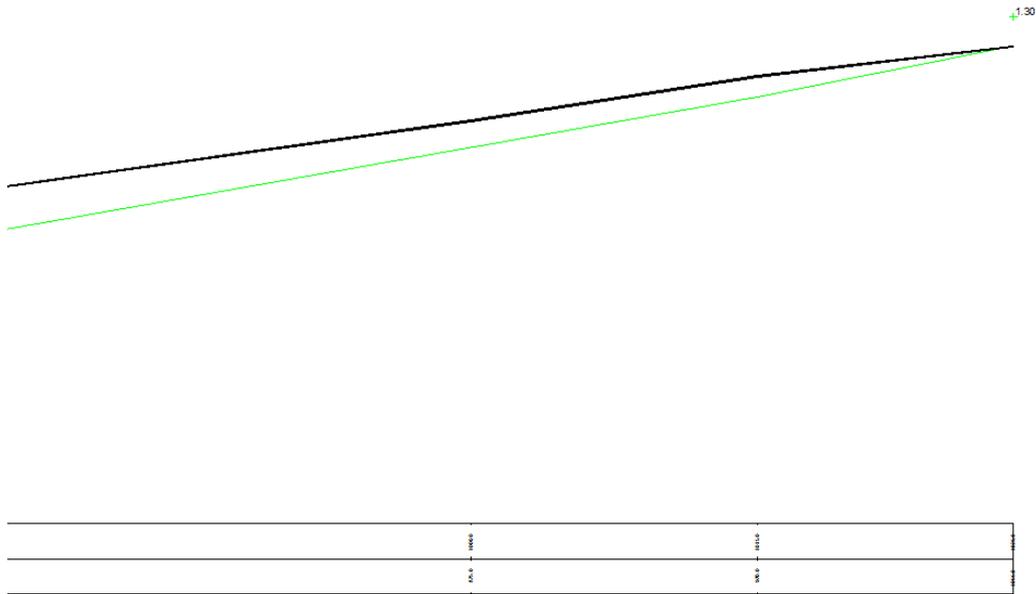
Per determinare la componente sismica orizzontale, cioè il parametro da inserire nel programma di calcolo, l'accelerazione sismica prevista per il sito in esame deve essere ridotta per mezzo di un coefficiente di riduzione sismica anche dipendente della categoria di suolo. Nel caso specifico il coefficiente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

In riferimento a tutto quanto sopra, le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando la componente sismica orizzontale pari a 0,108 e quella verticale pari a 0,054, essendo convenzionalmente la metà di quella orizzontale.

Per ciò che riguarda la sezione analizzata e considerando la superficie di scivolamento planare, emerge che il coefficiente di sicurezza è pari a 1,30.



(dettaglio)



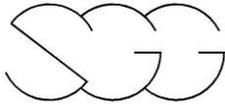
Complessivamente, si può perciò affermare che l'area analizzata risulta stabile.

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

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



dove

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)

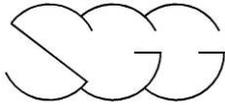
v_{max} = velocità massima del moto alla base (cm/sec)

$a_c = K_c g$ accelerazione critica

Dai calcoli effettuati risulta che, per la frana in esame, lo spostamento atteso S in caso di evento sismico è pari a 10,5 cm.

Siena, Settembre 2013

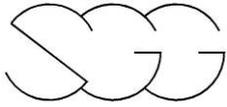
Dr. Geol. Antonio Maria Baldi



Appendice

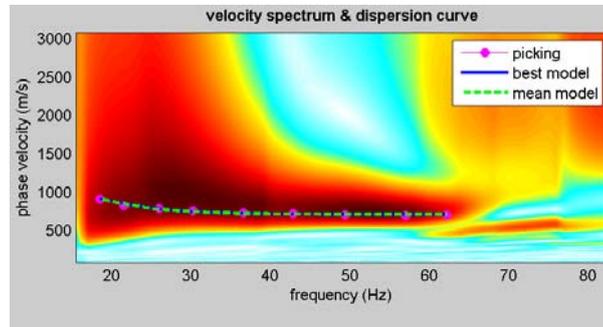
Indagini I° e II° livello

- | | |
|--------------------------------|----------|
| - Prove MASW | Pag. 102 |
| - Misure HVSR | Pag. 109 |
| - Prove penetrometriche | Pag. 116 |

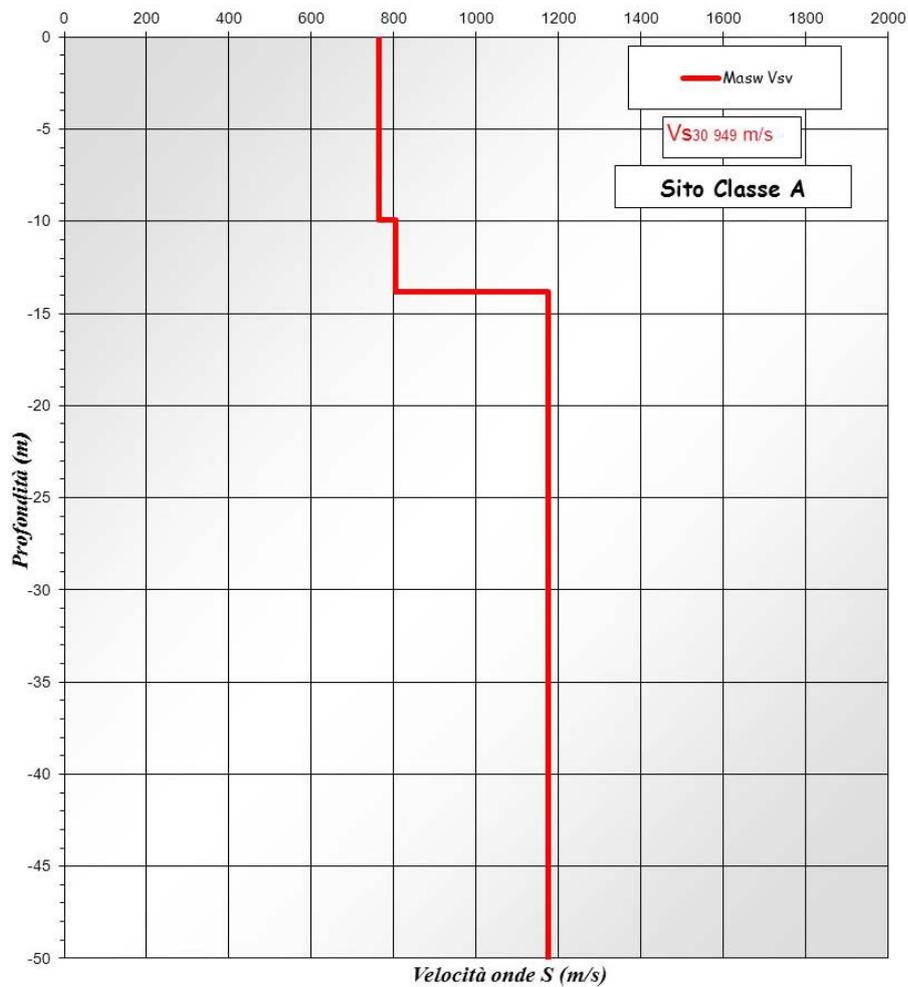


PROVE MASW

40050L001MASW01

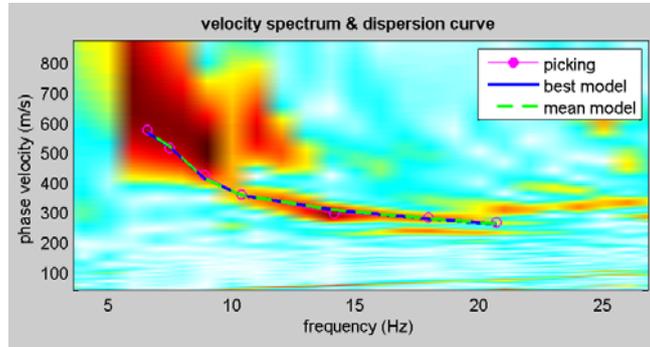


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

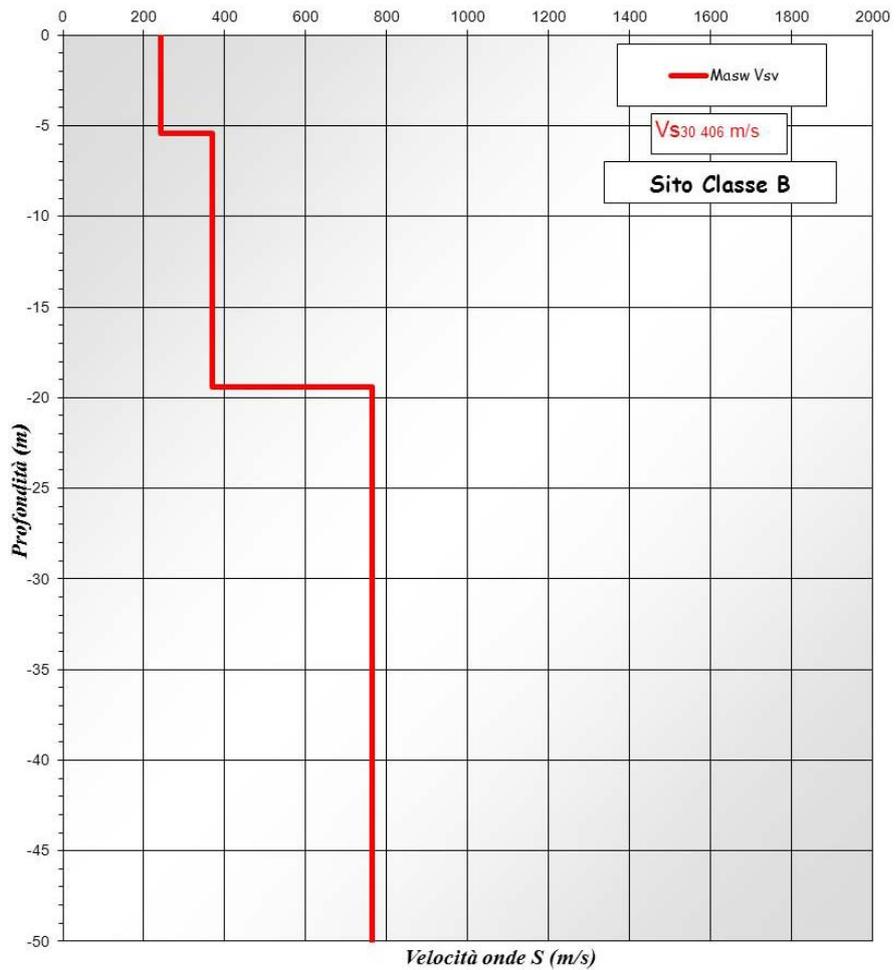


Comune di Verghereto (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica

40050L002MASW02

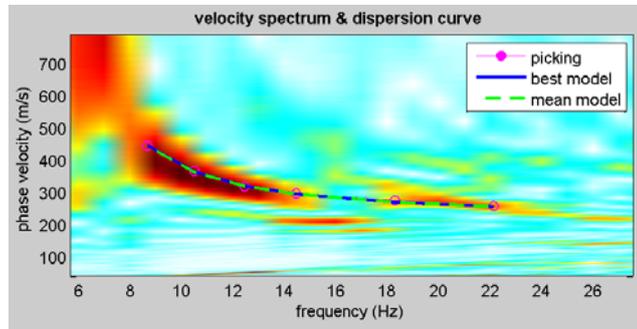


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

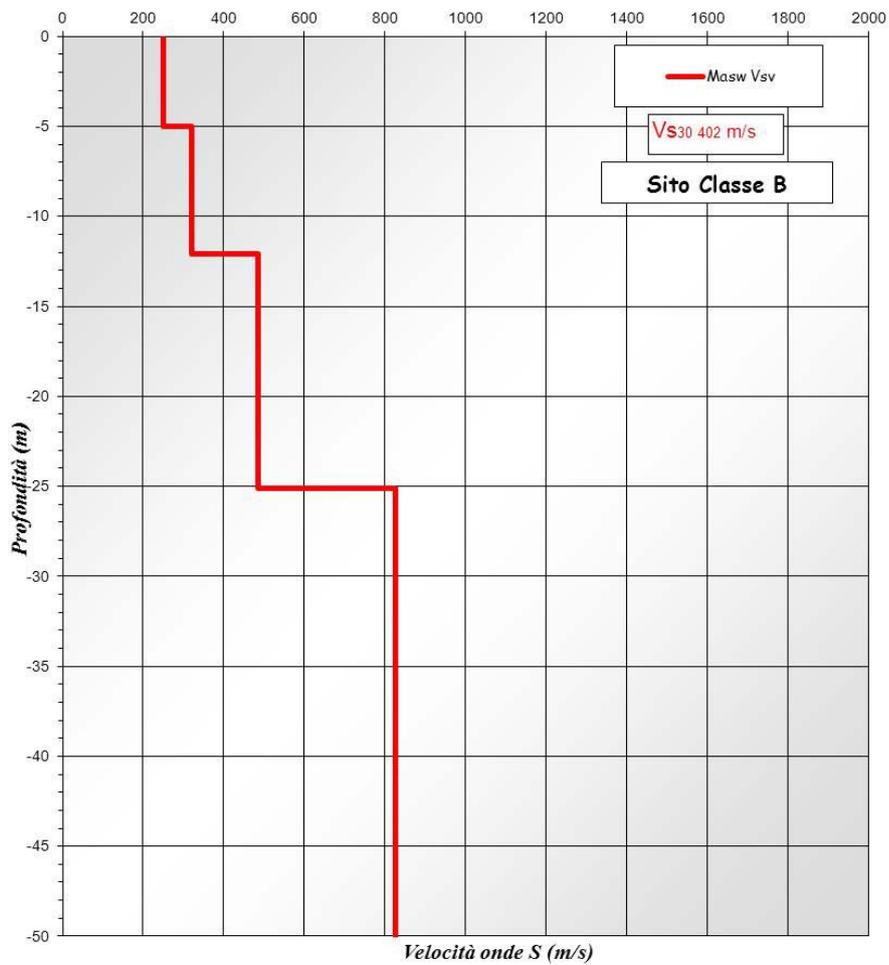


Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

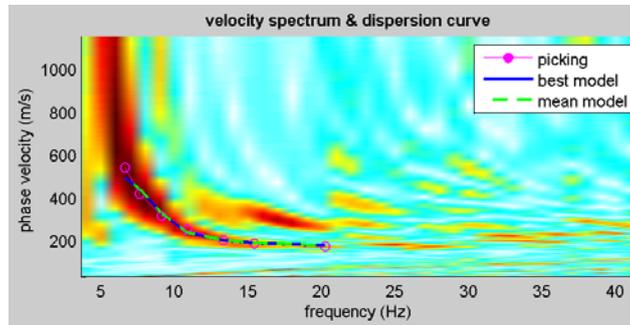
40050L003MASW03



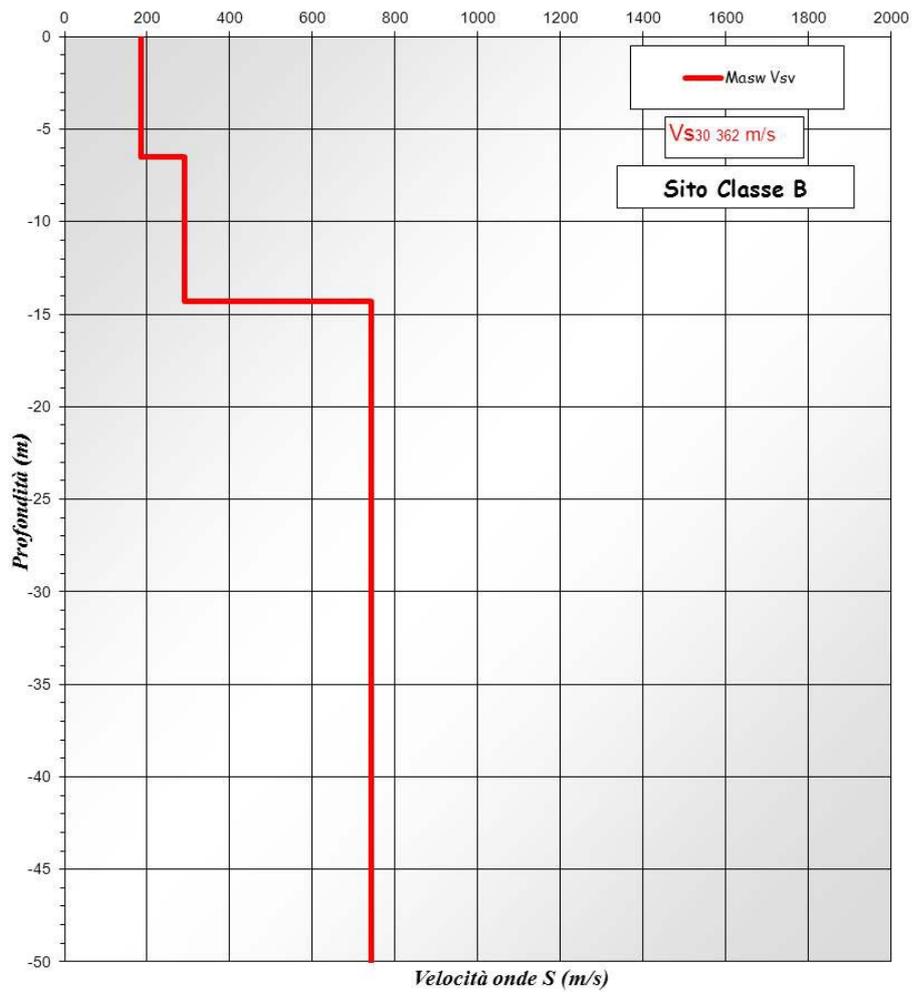
Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



40050L004MASW04

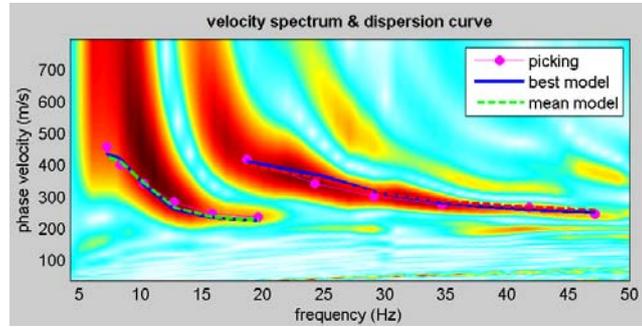


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

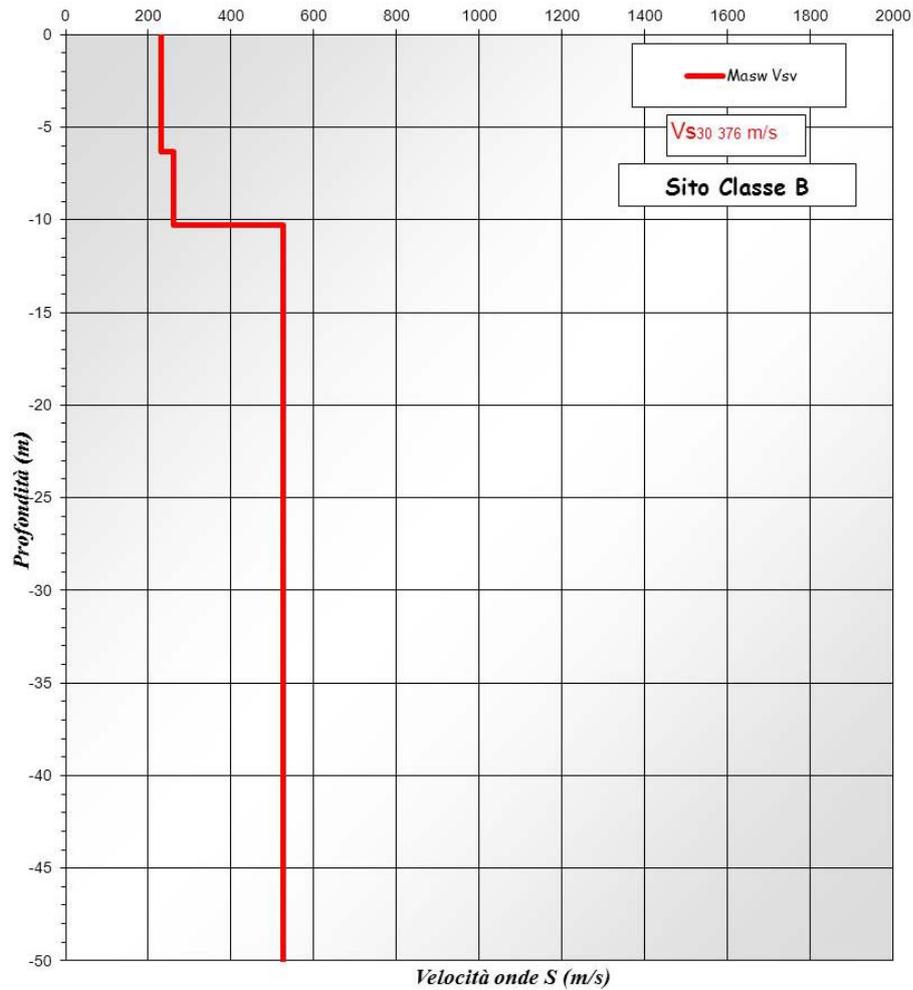


Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40050L005MASW05

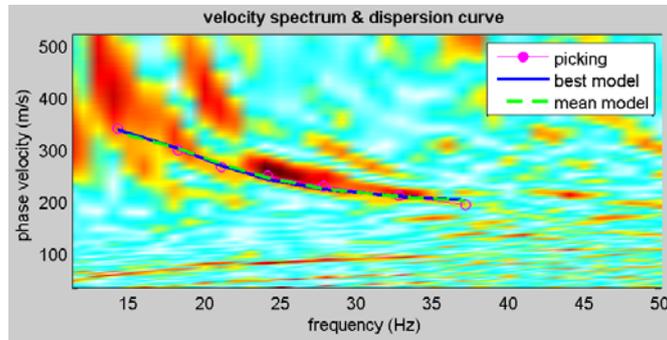


Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves

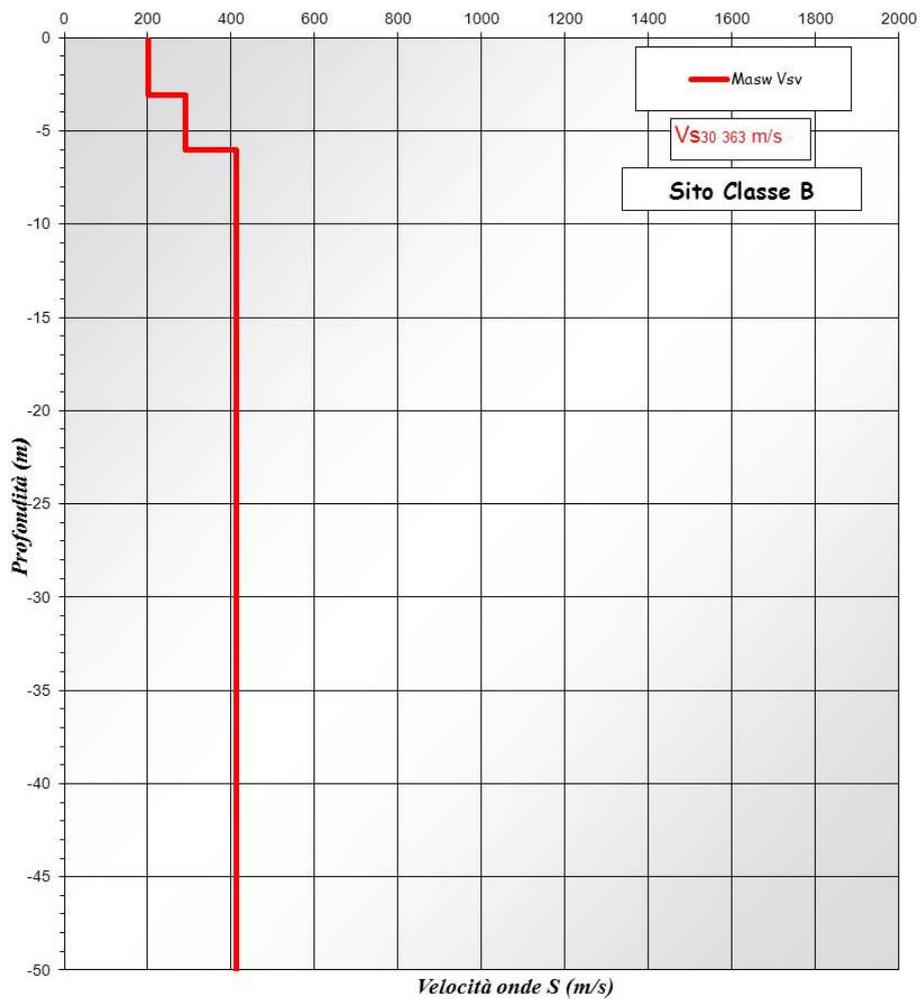


Comune di Verghereto (FC)
Studio di microzonazione sismica
Relazione tecnica

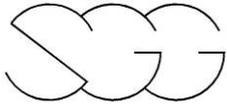
40050L006MASW06



Shear-Wave Velocity Profile from Multichannels Analysis of Surface Waves



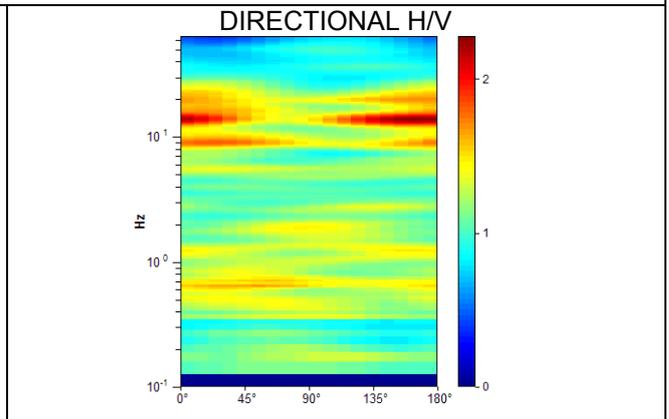
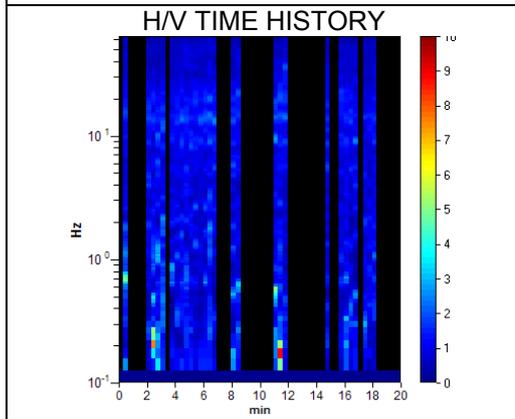
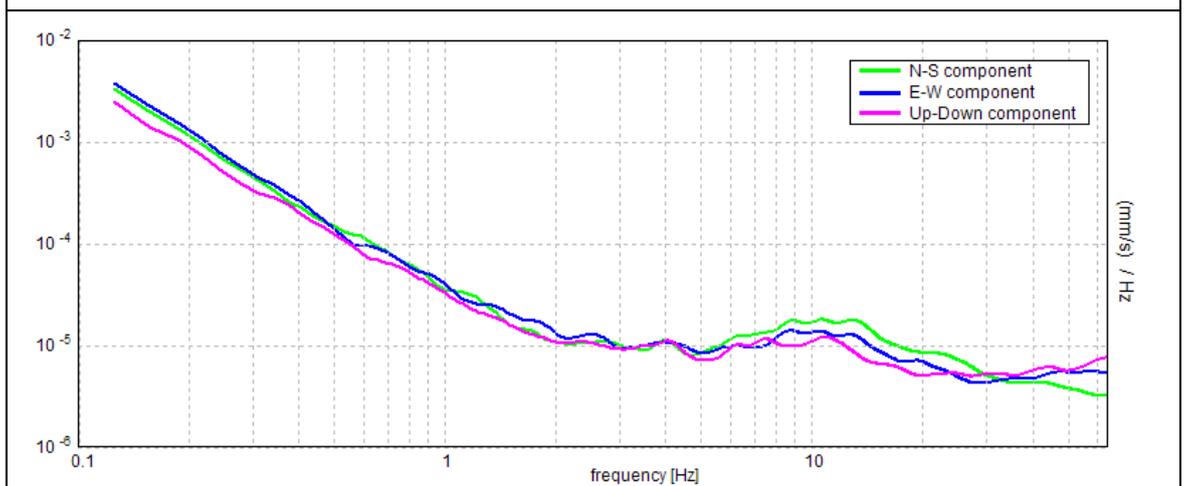
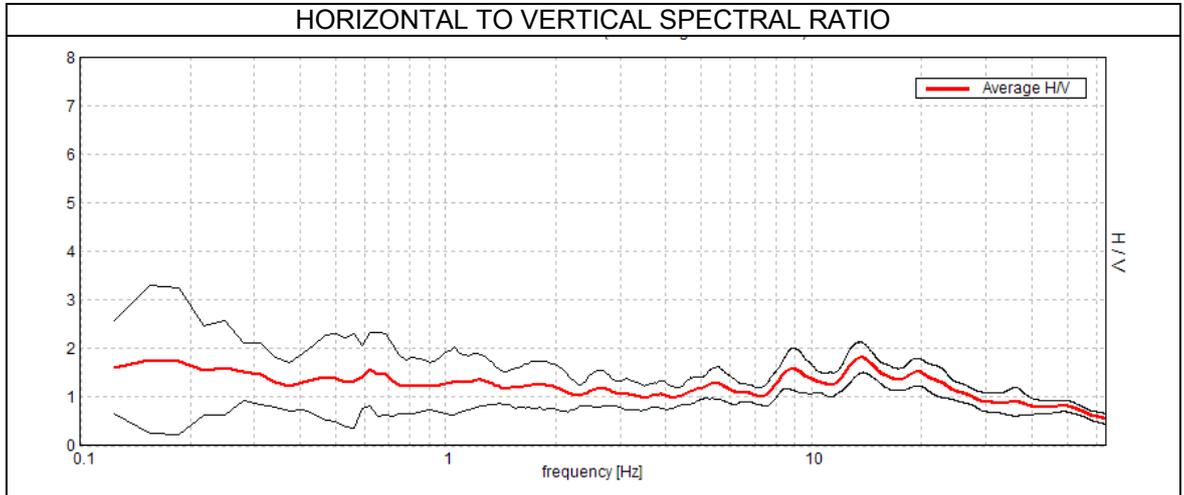
Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



PROVE HVSR

Misura 40050P048HVSR53

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

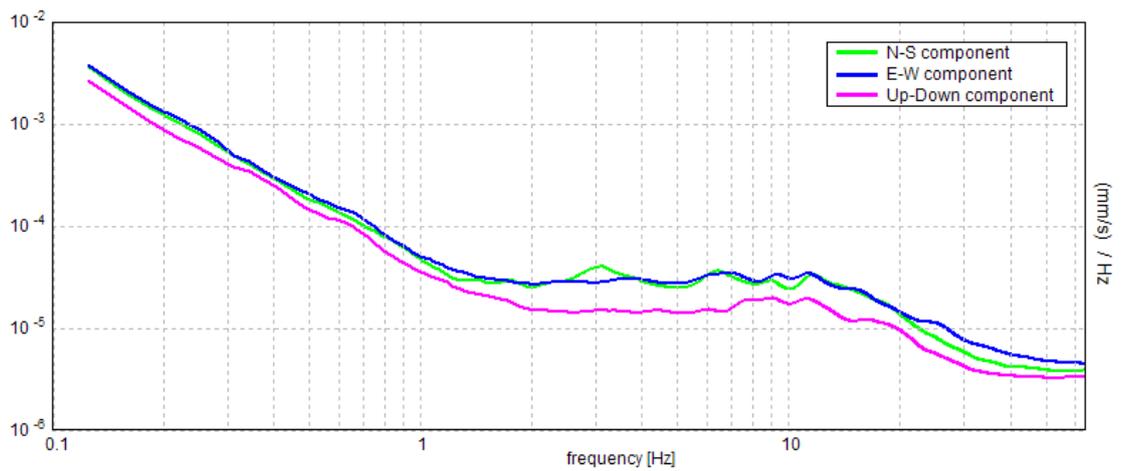
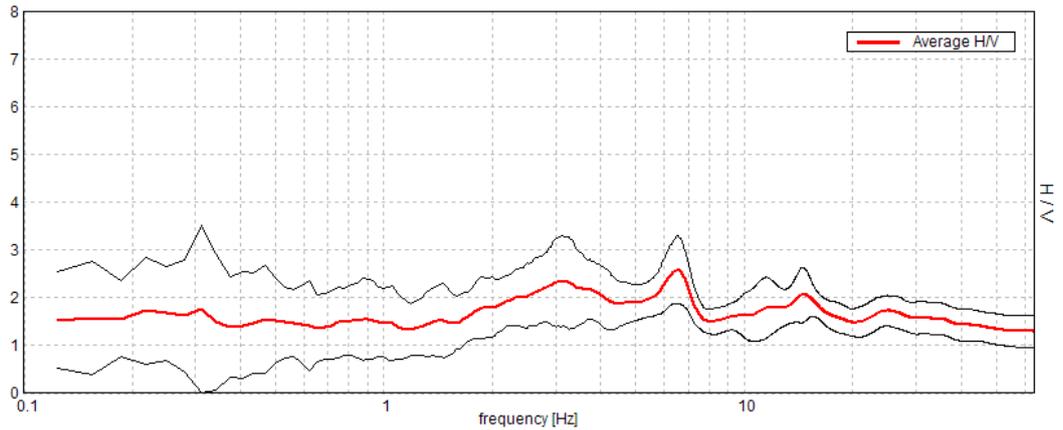


f_0 (Hz)	
assente	

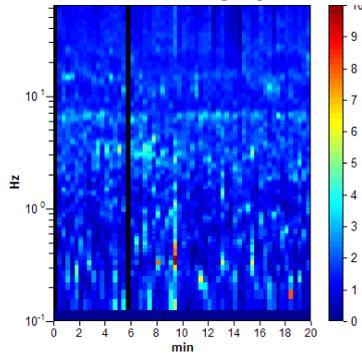
Misura 40050P049HVSR54

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

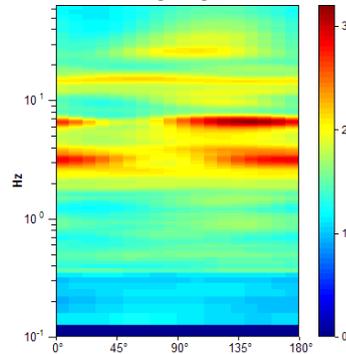
Max. H/V at 6.56 ± 0.6 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



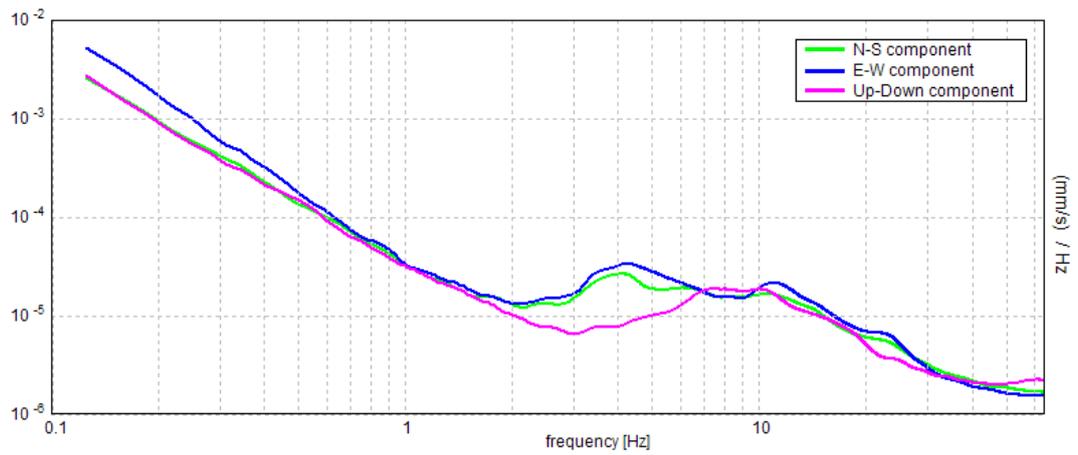
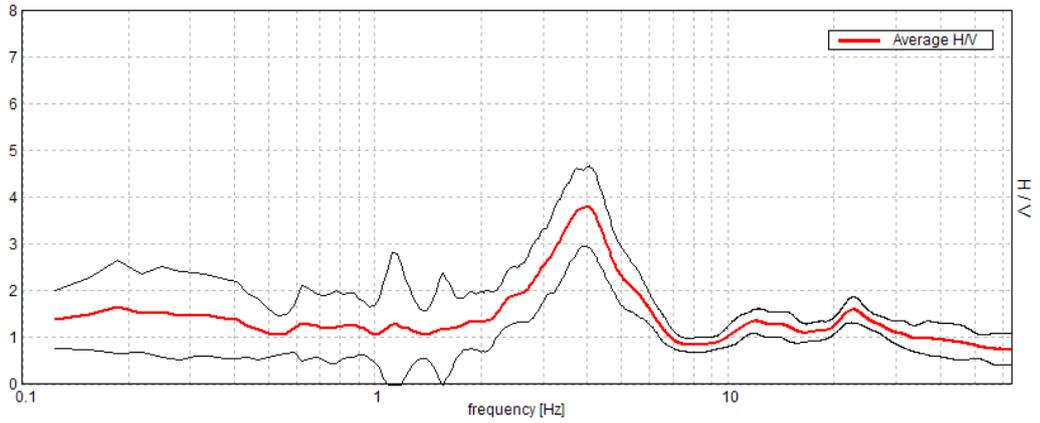
f_0 (Hz)

6,6

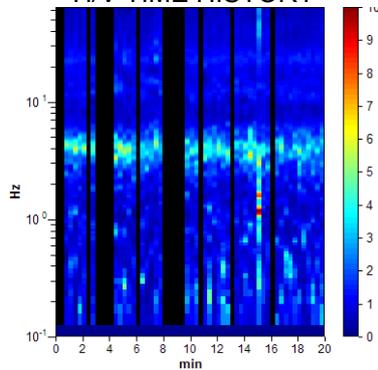
Misura 40050P050HVSR55

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

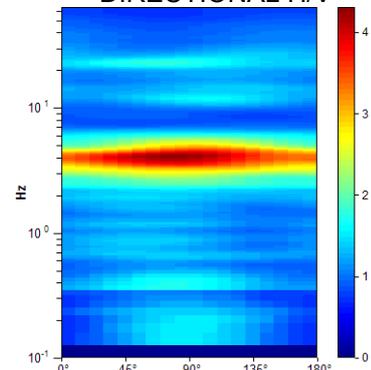
Max. H/V at 4.0 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



f_0 (Hz)

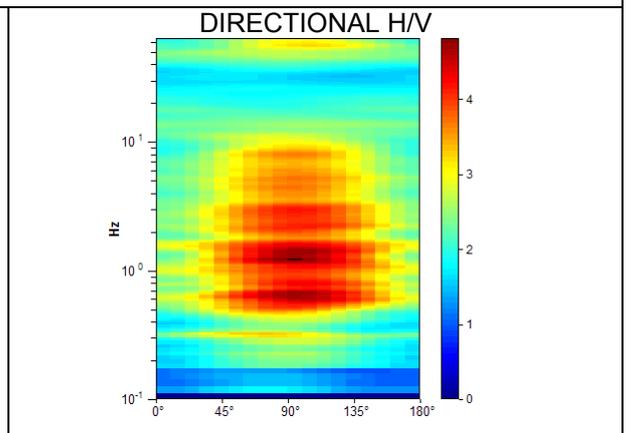
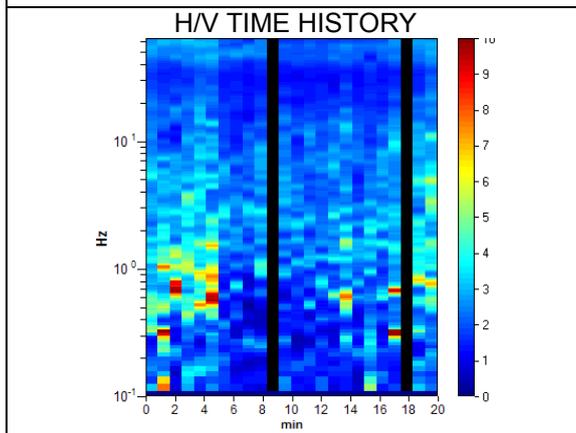
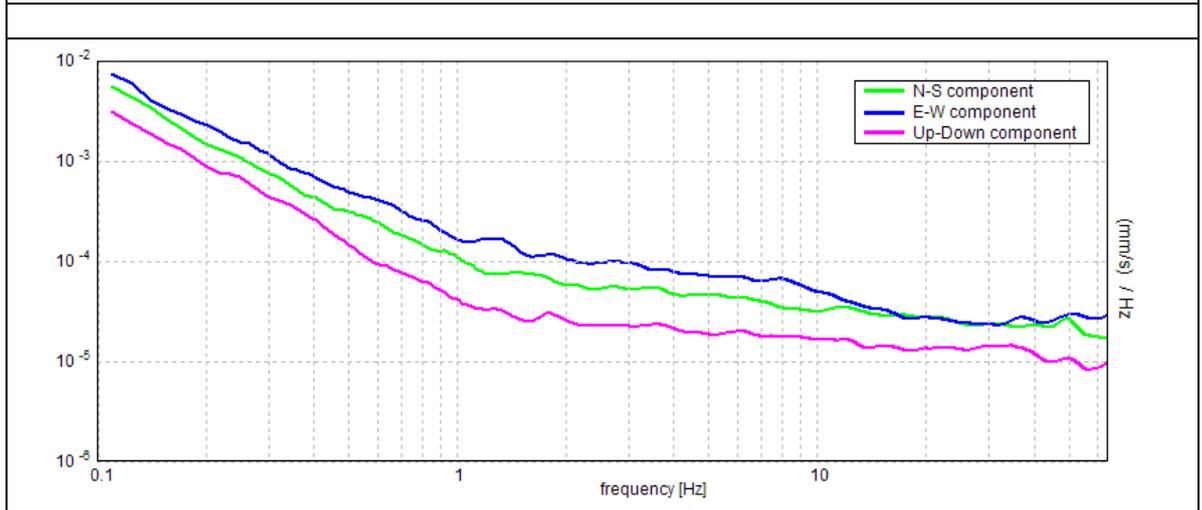
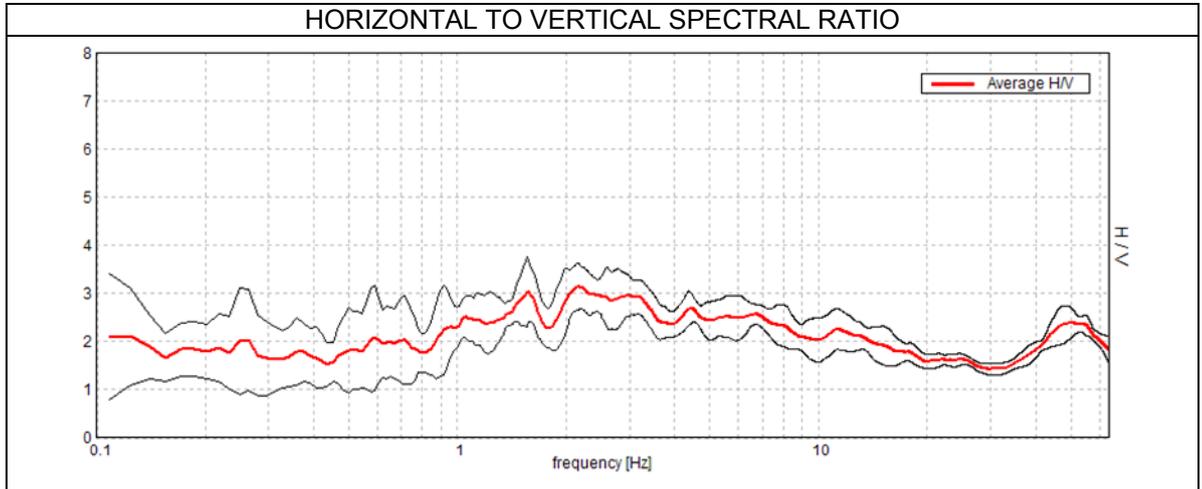
4,0

f_1 (Hz)

3,2

Misura 40050P051HVSR56

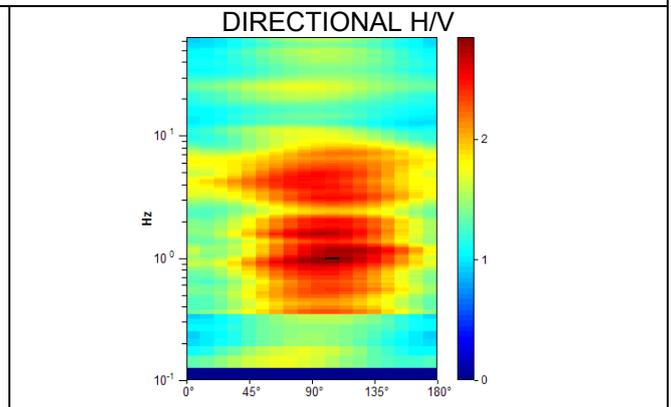
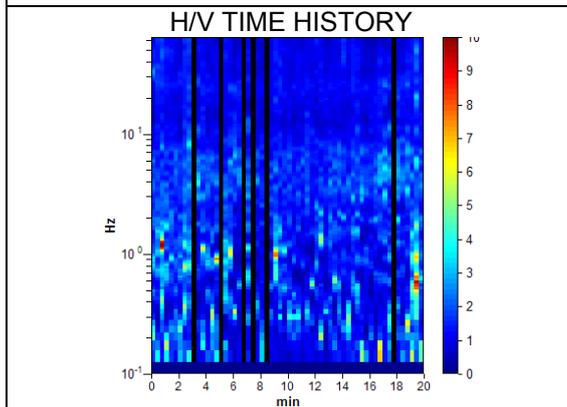
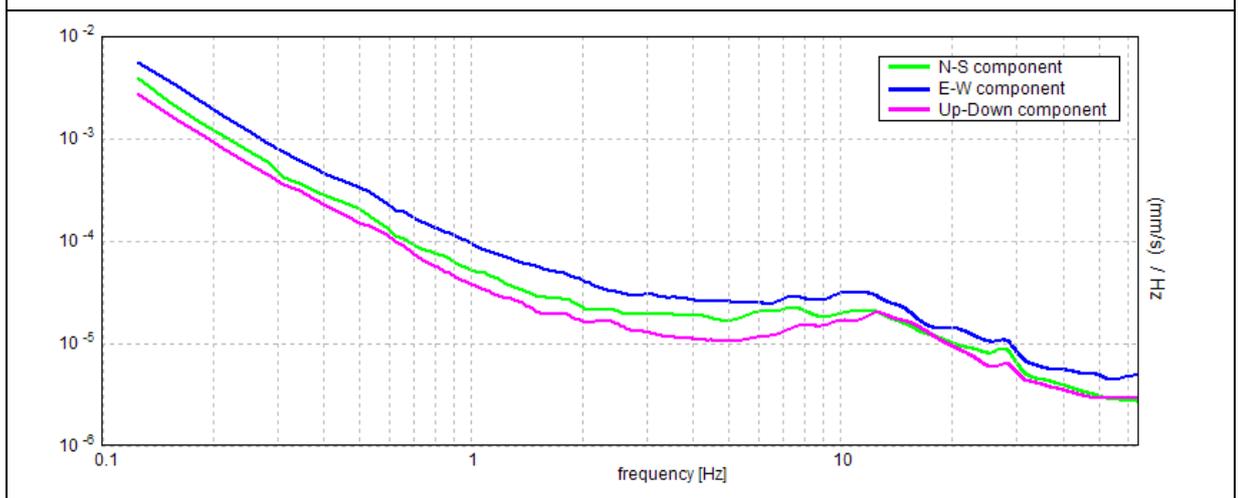
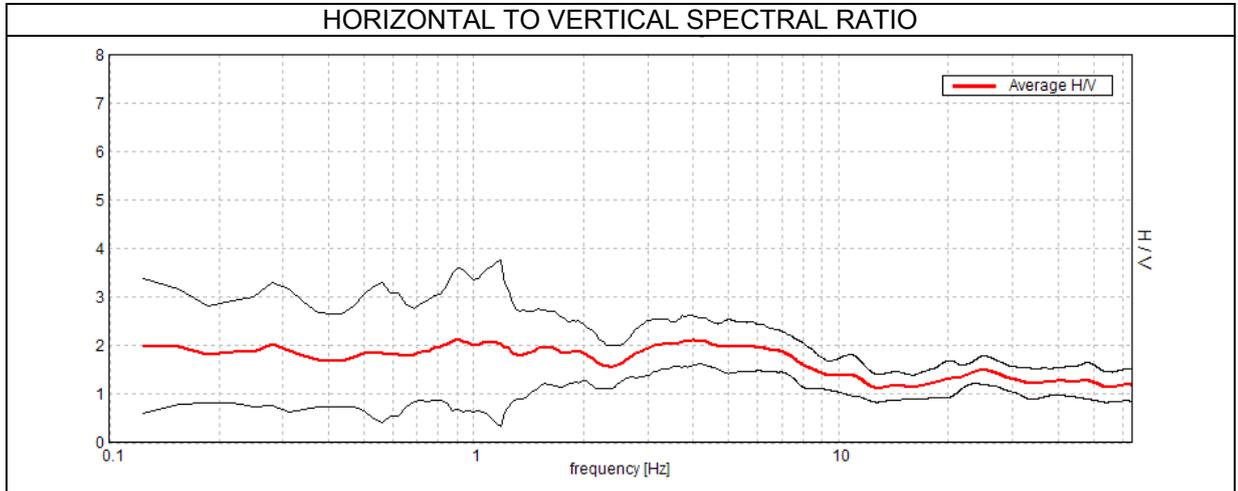
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



f_0 (Hz)
assente

Misura 40050P052HVSR57

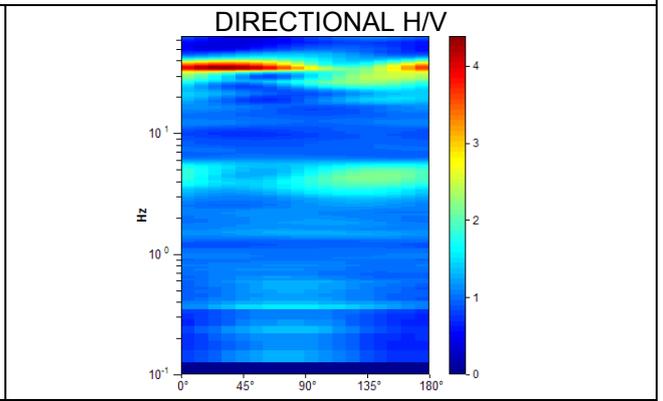
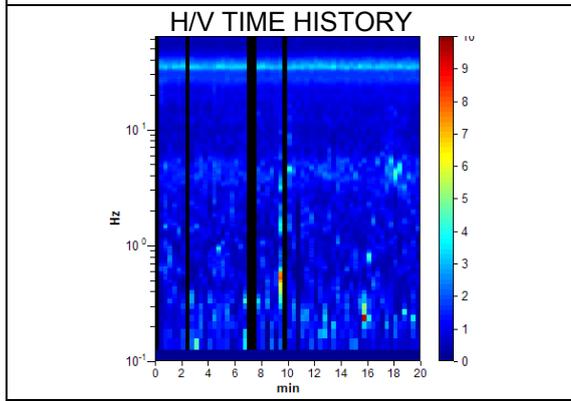
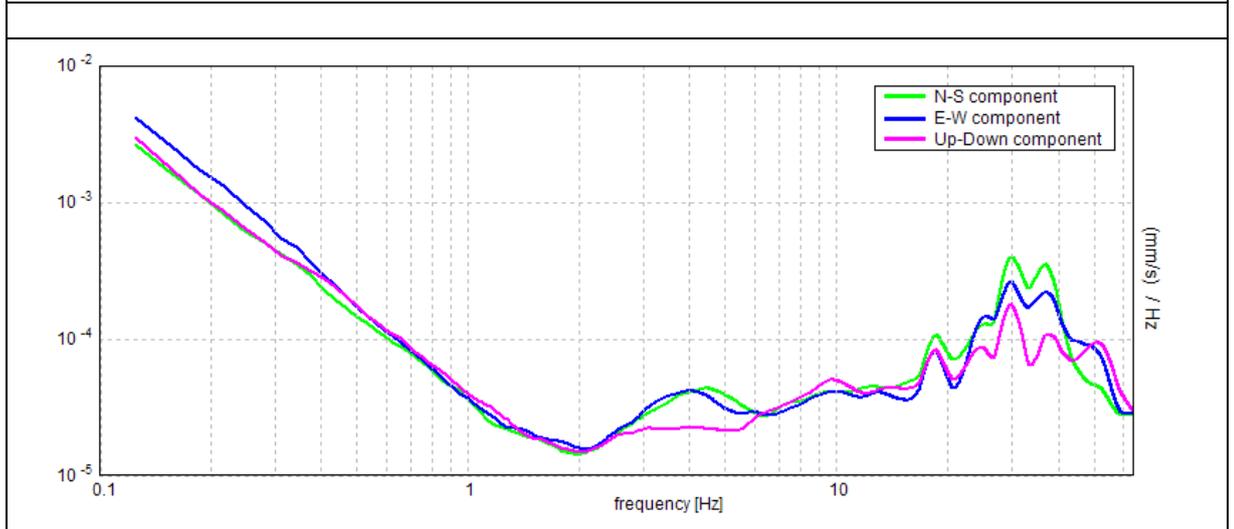
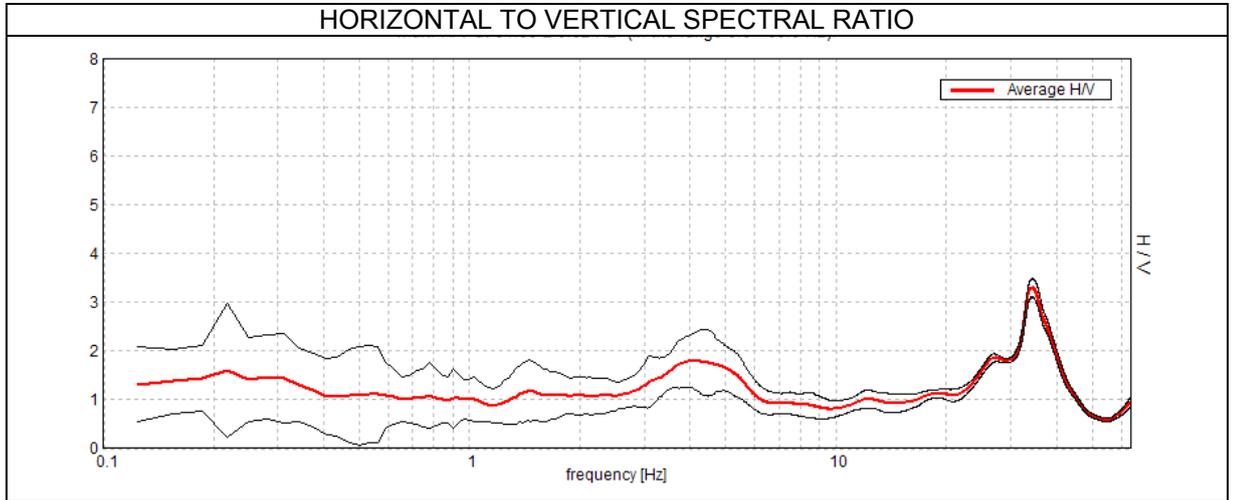
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



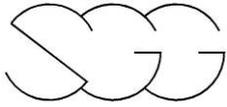
f_0 (Hz)
assente

Misura 40050P053HVSR58

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



f_0 (Hz)
4,1

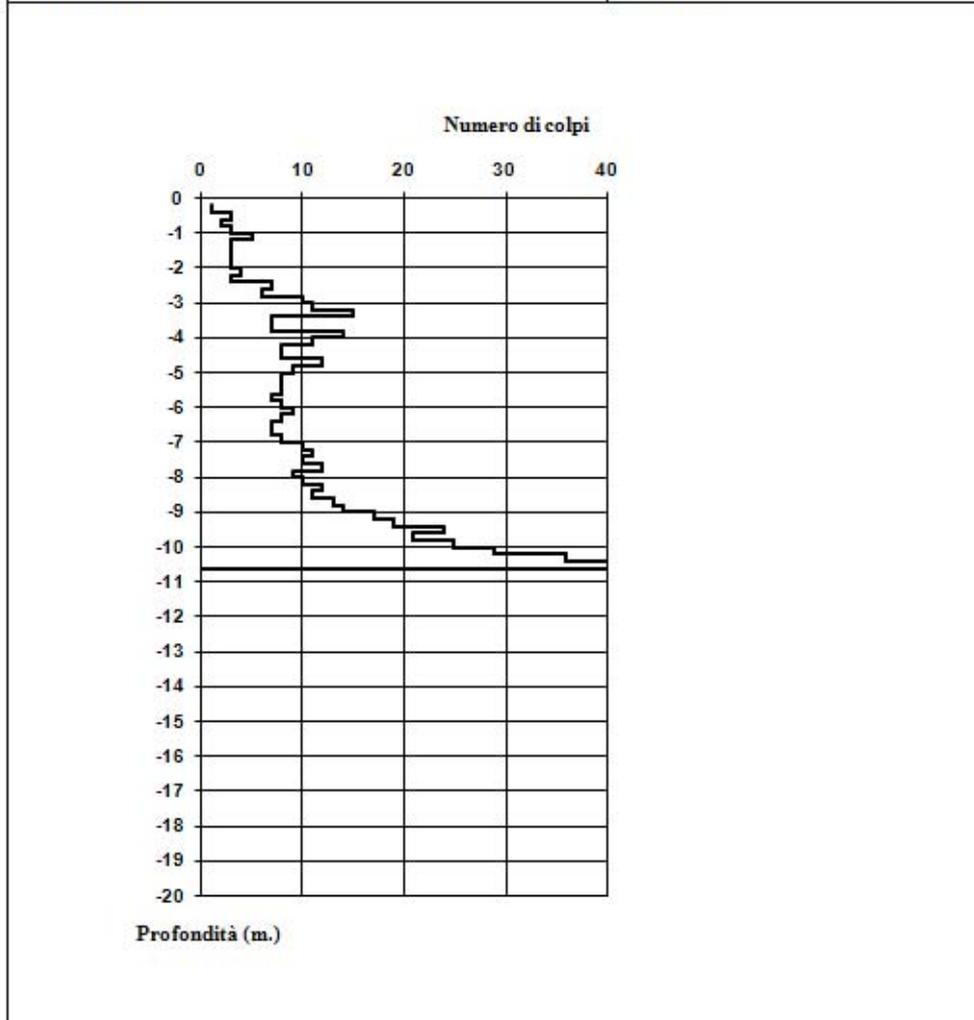


PROVE PENETROMETRICHE

40050P056DP61

 <small>ASSOCIATO INGEGNERIA</small>	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

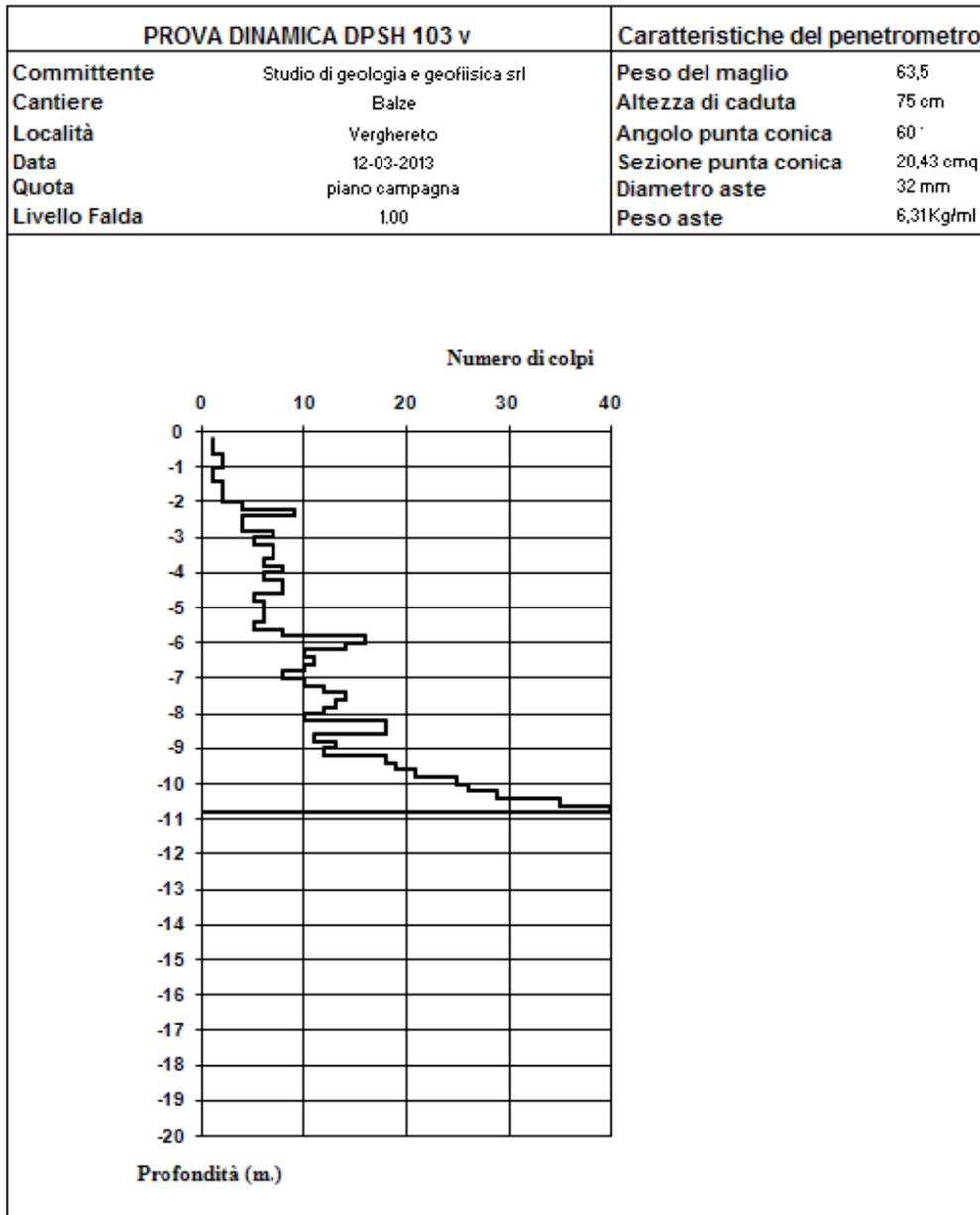
PROVA DINAMICA DPSH 102 v		Caratteristiche del penetrometro	
Committente	Studio di geologia e geofisica srl	Peso del maglio	63,5
Cantiere	Alfero	Altezza di caduta	75 cm
Località	Verghereto	Angolo punta conica	60°
Data	12-03-2013	Sezione punta conica	20,43 cmq
Quota	piano campagna	Diametro aste	32 mm
Livello Falda		Peso aste	6,31 Kg/ml



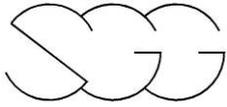
Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica

40050P057DP62

 GEOECOTER associated engineers www.geocoter.com	GEOECOTER s.c.a.r.l. - Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax 0547/95080
P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613	



Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



Indagini III° livello



		Loc. Trabocchi - Montefeltro 82039 47020 Sarginesse di R. (FC) Tel. e Fax 0547/95900 C.F./P. I. Reg. Imprese Forlì Cesena n. 0264920468 n. REA 294299 Soc. Abba Soc. Cooperative n. A036613		MACCHINA PERFORATRICE: IPC DRILL 830 METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO RIVESTIMENTO: ATTREZZO DI PERFORAZIONE: Carotiere diamantato NOTE: Profondità raggiunta 15,00 m		S1 PROFONDITA: m 15,00			
Committente : Sgg Cantiere : Ville di Montecoronaro				DATA: 26/08/2013					
CAMPIONI: disturbato (d) - indisturbato (i) A - da carotiere semplice (d) B - da carotiere doppio (i) C - da carotiere triplo (i) D - da S.P.3. (d)				OPERATORE: Dott. Geol. Mario B. Gabrieli ASSISTENTE: Lorenzo Gabrieli					
Pocket Penetrometer eg/mm	Vane test eg/mm	Profondità m	Simbolo Stratigrafico	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		Prof. acqua Data lettura	Profondità N. colpi Profondità	SPM SPM SPM	SPM SPM SPM
		1		<u>Coltre detritica ossidata</u> Argille ocre con clasti carbonatici					
		1.5							
		2		<u>Coltre detritica</u>					
		3							
4	2	4							
		5							
		6							
		7		Argille grigio azzurre con clasti carbonatici e trovanti calcarei della Formazione San Marino					
		8							
4	2	9							
		10		blocco calcareo bianco					
		11							
		12							
		13		livello torboso					
		13.7		livello torboso					
		14		livello torboso					
		14.5		livello torboso					
		15		Serie di blocchi eterogenei calcarenitici in matrice argillosa plastica					
		16							
		17							
		18							
		19							
		20							

Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



GEOTUDI srl
 Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
 Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDI@fastwebnet.it

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCELT./CAMP. 1596/2	Data ricevimento 16/09/2013	CERTIFICATO N. 48525 / AP	Data 23/09/2013
	Data prelievo	Data inizio prova	
	Data apertura 17/09/2013	Data fine prova	Pag. 1/1

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
 CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
 Sondaggio S2-Montecoronaro Campione C3 Profondità [m] 7,30-8,00
 FUSTELLA INOX DIAMETRO INT.: cm 8,4 LUNGHEZZA: cm 70

APERTURA CAMPIONE (ASTM D 2488/93)

PROGRAMMA PROVE
 APERTURA CAMPIONE INDISTURBATO
 CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)
 PESO DI VOLUME
 TAGLIO DIRETTO C.D.

DESCRIZIONE VISUALE
 Argilla con limo di colore grigio scuro (Y 4/1) inglobante frequenti elementi /trovanti di natura arenacea e/o calcareo marnosa prevalentemente angolari dmax= 7,0cm. Consistente, umida, frazione fine plastica. Reagente all'HCL.

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	[cm]	POCKET PENETR. [kg/cm²]	TOR VANE [kg/cm²]	[cm]	PROVINI
Argilla con limo di colore grigio scuro (Y 4/1) inglobante frequenti elementi /trovanti di natura arenacea e/o calcareo marnosa prevalentemente angolari dmax= 7,0cm. Consistente, umida, frazione fine plastica. Reagente all'HCL.	0			0	
	10	1,5	1,4	15	TD1
	20			25	TD2
	30	3,0	1,6	35	TD3
	40			40	
	50			50	
	60			60	
	70			70	
	80			80	
	90			90	
	100			100	

QUALITA' DEL CAMPIONE SUFFICIENTE

NOTE Prova di taglio eseguita su sezioni esenti da frazioni ghiaiose, prova di colonna risonante non eseguibile

Lo sperimentatore
 (Dott. F. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. P. Manara)



GEOstudi srl

Laboratorio Geotecnico - Prove in sito
 LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI PRESIDENZA DEL CONSIGLIO
 SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO TECNICO CENTRALE - D.P.R. n. 309/2001, Art. 59
 Autorizzazione N. 52497 - Prove geotecniche sulle terre (settore A) e prove geotecniche in sito

Commessa : 106_13

Cantiere : MONTECORONARO

Committente: STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA srl



SONDAGGIO: S2

CAMPIONE : C3

PROFONDITA' (m): 7,30-8,00

GEOstudi srl Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm) Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it							
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito							
N. VERB. ACCETT./CAMP.	1596/2	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48526 / FV	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova			
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova		Pag.	1/1
COMMITTENTE	STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL		COMMESSA		106 / 2013		
CANTIERE	Provincia di Forlì - Cesena						
Sondaggio	S2-Montecoronaro	Campione	C3	Profondità [m]	7,30-8,00		

CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854-92)			
Massa picn. + acqua + terr. secco [g]			
Temperatura [°C]			
Massa picnometro + acqua [g]			
Massa terreno secco [g]			
Peso specifico dei grani			
Peso specifico dei grani medio			

PROVA EFFETTUATA	TD1	TD2	TD3						
-------------------------	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)				GRANDEZZE INIZIALI					
Massa conten. + terr. umido [g]	89,95	86,10	83,64						
Massa conten. + terr. secco [g]	76,59	73,22	70,57						
Massa contenitore [g]	21,11	19,34	18,23						
Contenuto d'acqua (%)	24,1	23,9	25,0						

PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377(90) PART 2)									
Lato / diametro provino [mm]	L60,00	L59,91	L59,96						
Altezza provino [mm]	19,91	19,76	19,86						
Massa fustella + provino [g]	202,55	201,22	204,12						
Massa fustella [g]	61,50	60,10	60,81						
Peso di volume umido [kN/m³]	19,30	19,51	19,68						

CARATTERISTICHE DERIVATE									
Peso di volume del secco [kN/m³]	15,55	15,75	15,75						
Indice dei vuoti									
Porosità (%)									
Grado di saturazione									

CONTENUTO NATURALE DI ACQUA (ASTM D 2216-92)				GRANDEZZE FINALI					
Massa conten. + terr. umido [g]	136,13	122,22	114,89						
Massa conten. + terr. secco [g]	119,17	107,82	102,98						
Massa contenitore [g]	49,82	46,57	51,26						
Contenuto d'acqua (%)	24,5	23,5	23,0						

PESO DI VOLUME UMIDO (BS 1377(90) PART 2)									
Altezza provino [mm]	19,38	19,14	18,75						
Massa fustella + provino [g]	202,55	201,22	204,12						
Massa fustella [g]	61,50	60,10	60,81						
Peso di volume umido [kN/m³]	19,89	20,08	20,52						

CARATTERISTICHE DERIVATE									
Peso di volume del secco [kN/m³]	15,98	16,26	16,68						
Indice dei vuoti									
Porosità (%)									
Grado di saturazione									

Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Mahara)



GEOstudi srl
 Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
 Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

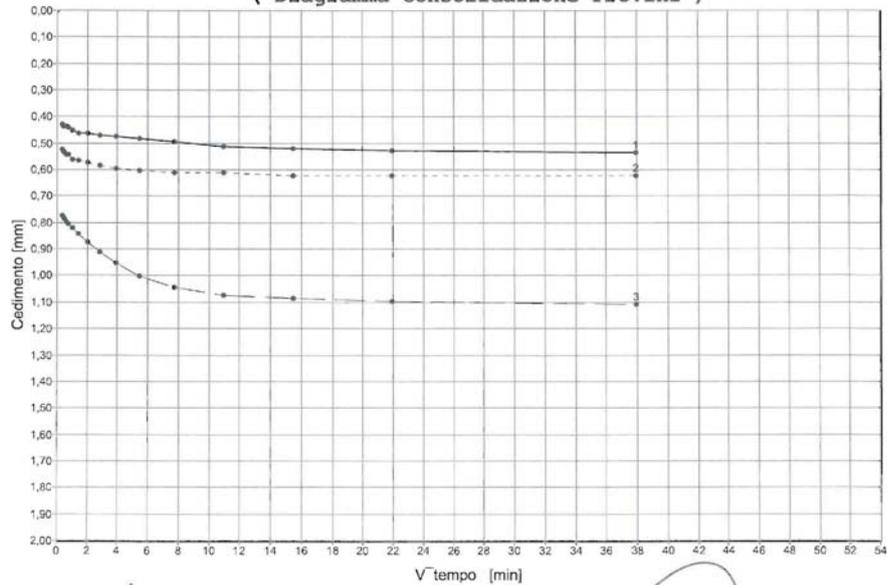
N. VERB. ACCETT./CAMP.	1596/2	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48527 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	1/4

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
 CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
 Sondaggio S2-Montecoronaro Campione C3 Profondità [m] 7,30-8,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080/90

PROVINO N.	1	2	3
Lato [mm]	60,00	59,91	59,96
Area di base [cm²]	36,00	35,89	35,95
Altezza iniziale [mm]	19,91	19,76	19,86
Contenuto naturale d'acqua iniziale (%)	24,1	23,9	25,0
Peso di volume iniziale [kN/m³]	19,30	19,51	19,68
Altezza finale [mm]	19,38	19,14	18,80
Contenuto naturale d'acqua finale (%)	24,5	23,5	23,0
Pressione verticale [kPa]	49,03	98,07	196,13
Cedimento finale [mm]	0,53	0,62	1,11
t 100 [min]	11,97	14,81	44,91
Velocità di deformazione calcolata [mm/min]			

(Diagramma Consolidazione Provini)



Lo sperimentatore
 (Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. P. Manara)



GEOstudi srl
Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDI.LAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell' Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N. VERB. ACCETT./CAMP.	1596/2	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48527 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	2/4

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
Sondaggio S2-Montecoronaro Campione C3 Profondità [m] 7,30-8,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO ASTM D 3080/90

(Diagramma Consolidazione Provini)

PROVINO N. 1		PROVINO N. 2		PROVINO N. 3		PROVINO N. 4		PROVINO N. 5	
Tempo [min]	Deform.[mm]								
0,10	0,43	0,10	0,52	0,10	0,77				
0,17	0,44	0,17	0,53	0,17	0,78				
0,25	0,44	0,25	0,54	0,25	0,79				
0,40	0,44	0,40	0,54	0,40	0,80				
0,50	0,44	0,50	0,54	0,50	0,80				
1,00	0,45	1,00	0,56	1,00	0,82				
2,00	0,46	2,00	0,57	2,00	0,84				
4,00	0,46	4,00	0,57	4,00	0,87				
8,00	0,47	8,00	0,59	8,00	0,91				
15,00	0,48	15,00	0,60	15,00	0,95				
30,00	0,48	30,00	0,60	30,00	1,00				
60,00	0,49	60,00	0,61	60,00	1,04				
120,00	0,51	120,00	0,61	120,00	1,07				
240,00	0,52	240,00	0,62	240,00	1,08				
480,00	0,53	480,00	0,62	480,00	1,10				
1440,00	0,53	1440,00	0,62	1440,00	1,11				

Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Manara)



GEOstudi srl
 Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
 Tel./fax. 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDI.LAB@fastwebnet.it



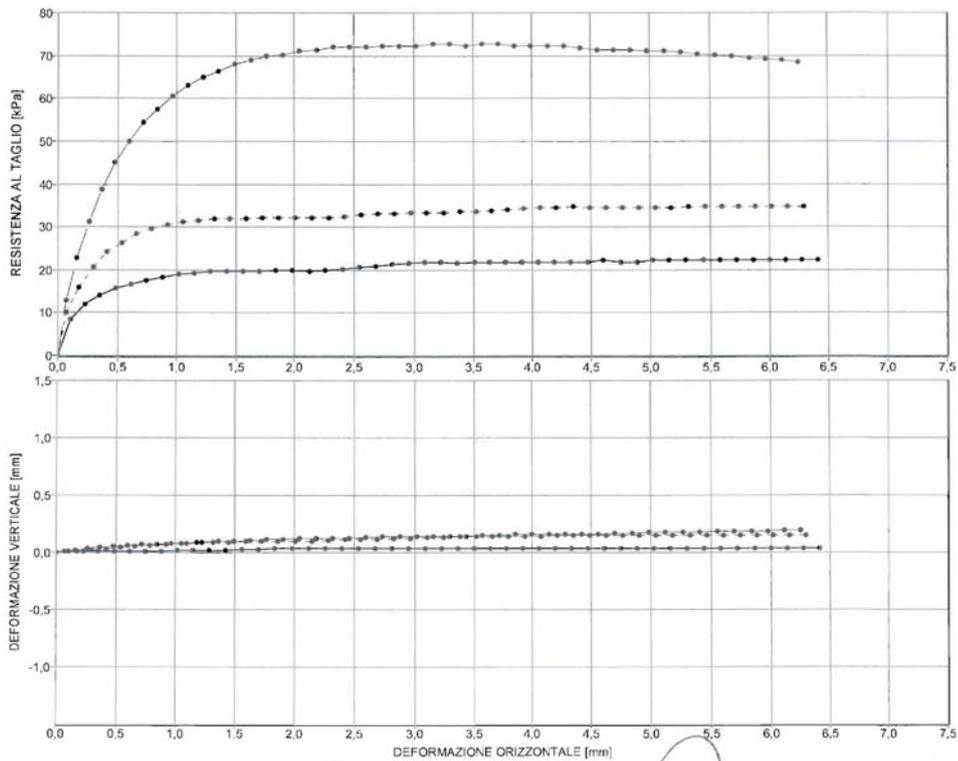
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell' Art. 59 del DPR n° 380/2001
 Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N. VERB. ACCETT./CAMP.	1596/2	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48527 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	3/4

COMMITTENTE: STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL
 CANTIERE: Provincia di Forlì - Cesena
 Sondaggio: S2-Montecoronaro Campione: C3 Profondità [m]: 7,30-8,00
 COMMESSA: 106 / 2013

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - PICCO
 ASTM D 3080/90

PROVINO N.	1	2	3
Lato [mm]	60,00	59,91	59,96
Altezza [mm]	19,91	19,76	19,86
Velocità di deformazione [mm/min]	0,0066	0,0066	0,0066
Pressione verticale [kPa]	49,03	98,07	196,13



NOTE

Lo sperimentatore
 (Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. P. Manara)

Comune di Verghereto (FC)
 Studio di microzonazione sismica
 Relazione tecnica



GEOtudi srl
Via San Salvador 3 00040 Pomezia (Rm)
Tel./fax: 0691603360 - 0691603317 e-mail: GEOSTUDILAB@fastwebnet.it



Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 52497 ai sensi dell'Art. 59 del DPR n° 380/2001
Prove geotecniche sui terreni (settore A) - Prove geotecniche in sito

N.VERB.ACCELT./CAMP.	1596/2	Data ricevimento	16/09/2013	CERTIFICATO N.	48527 / TD	Data	23/09/2013
		Data prelievo		Data inizio prova	17/09/2013		
		Data apertura	17/09/2013	Data fine prova	20/09/2013	Pag.	4/4

COMMITTENTE STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA SRL COMMESSA 106 / 2013
CANTIERE Provincia di Forlì - Cesena
Sondaggio S2-Montecoronaro Campione C3 Profondità [m] 7,30-8,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - PICCO
ASTM D 3080/90

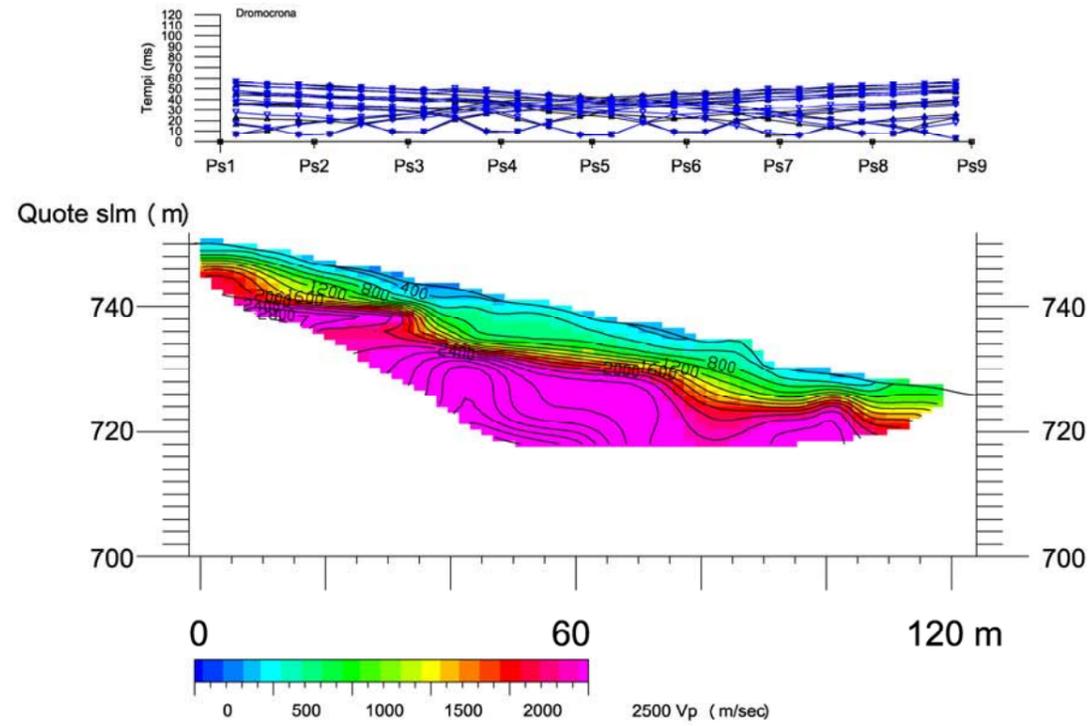
(Diagramma Provini)

PROVINO N. 1			PROVINO N. 2			PROVINO N. 3			PROVINO N. 4			PROVINO N. 5		
Def.ORIZZ.	Def.VERT.	TAU												
[mm]	[mm]	[kPa]												
0,22	0,01	11,90	0,18	0,01	15,87	0,16	0,02	22,87						
0,35	0,01	14,16	0,29	0,02	20,58	0,26	0,03	31,21						
0,48	0,01	15,76	0,41	0,03	24,06	0,36	0,04	38,62						
0,61	0,01	16,73	0,53	0,04	26,29	0,48	0,05	45,11						
0,74	0,01	17,69	0,66	0,05	28,27	0,60	0,06	50,06						
0,88	0,01	18,34	0,79	0,06	29,51	0,72	0,07	54,38						
1,02	0,02	18,98	0,92	0,07	30,50	0,84	0,07	57,47						
1,15	0,02	19,30	1,05	0,08	31,25	0,97	0,08	60,56						
1,29	0,02	19,62	1,19	0,08	31,49	1,10	0,08	63,04						
1,43	0,02	19,62	1,32	0,08	31,99	1,23	0,09	64,89						
1,56	0,03	19,62	1,45	0,09	31,99	1,36	0,09	66,43						
1,70	0,03	19,62	1,59	0,09	31,99	1,49	0,10	67,98						
1,84	0,03	19,95	1,73	0,09	32,24	1,63	0,10	68,91						
1,98	0,03	19,95	1,87	0,09	32,24	1,77	0,11	69,83						
2,12	0,04	19,62	2,01	0,10	32,24	1,90	0,11	70,14						
2,26	0,04	19,95	2,15	0,10	32,24	2,04	0,12	71,07						
2,40	0,04	20,27	2,29	0,10	32,24	2,18	0,12	71,38						
2,54	0,04	20,59	2,42	0,11	32,49	2,32	0,13	72,00						
2,68	0,04	20,91	2,56	0,12	32,73	2,46	0,13	72,00						
2,81	0,04	21,23	2,70	0,12	32,98	2,60	0,13	72,00						
2,95	0,04	21,55	2,83	0,12	32,98	2,74	0,14	72,31						
3,09	0,04	21,88	2,97	0,13	33,23	2,88	0,14	72,31						
3,23	0,04	21,88	3,11	0,13	33,23	3,02	0,14	72,31						
3,36	0,04	21,55	3,24	0,13	33,23	3,16	0,14	72,61						
3,50	0,04	21,88	3,38	0,14	33,48	3,30	0,14	72,61						
3,64	0,04	21,88	3,52	0,14	33,48	3,44	0,14	72,31						
3,78	0,04	21,88	3,66	0,14	33,73	3,58	0,15	72,61						
3,92	0,04	21,88	3,80	0,14	33,97	3,72	0,15	72,61						
4,05	0,04	21,88	3,93	0,14	34,22	3,86	0,15	72,31						
4,19	0,04	21,88	4,07	0,14	34,47	4,00	0,15	72,31						
4,33	0,04	21,88	4,21	0,15	34,47	4,14	0,15	72,31						
4,47	0,04	21,88	4,35	0,15	34,72	4,28	0,16	72,31						
4,61	0,04	22,20	4,49	0,15	34,47	4,42	0,16	71,69						
4,75	0,04	21,88	4,63	0,15	34,47	4,56	0,16	71,38						
4,89	0,04	21,88	4,77	0,15	34,47	4,70	0,17	71,38						
5,02	0,04	22,20	4,91	0,15	34,47	4,84	0,17	71,38						
5,16	0,04	22,20	5,04	0,15	34,47	4,98	0,17	71,07						
5,30	0,04	22,20	5,18	0,15	34,47	5,12	0,17	71,07						
5,44	0,04	22,20	5,32	0,15	34,72	5,26	0,18	70,76						
5,58	0,04	22,20	5,46	0,15	34,72	5,40	0,18	70,45						
5,72	0,04	22,20	5,60	0,15	34,72	5,55	0,18	70,14						
5,86	0,04	22,20	5,74	0,15	34,72	5,69	0,18	69,83						
6,00	0,04	22,20	5,88	0,15	34,72	5,83	0,19	69,52						
6,13	0,04	22,20	6,01	0,15	34,72	5,97	0,19	69,22						
6,27	0,04	22,20	6,15	0,15	34,72	6,11	0,19	68,91						
6,41	0,04	22,20	6,29	0,15	34,72	6,25	0,19	68,60						

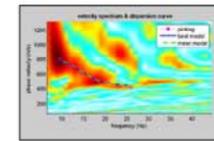
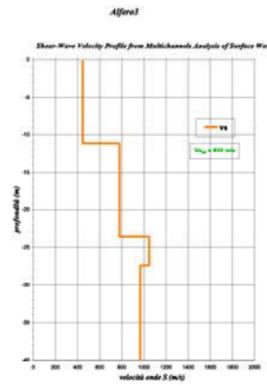
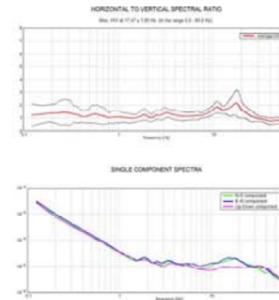
Lo sperimentatore
(Dott. E. Raspa)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. P. Manara)

P3 Alfero - Verghereto



Misura HVSR

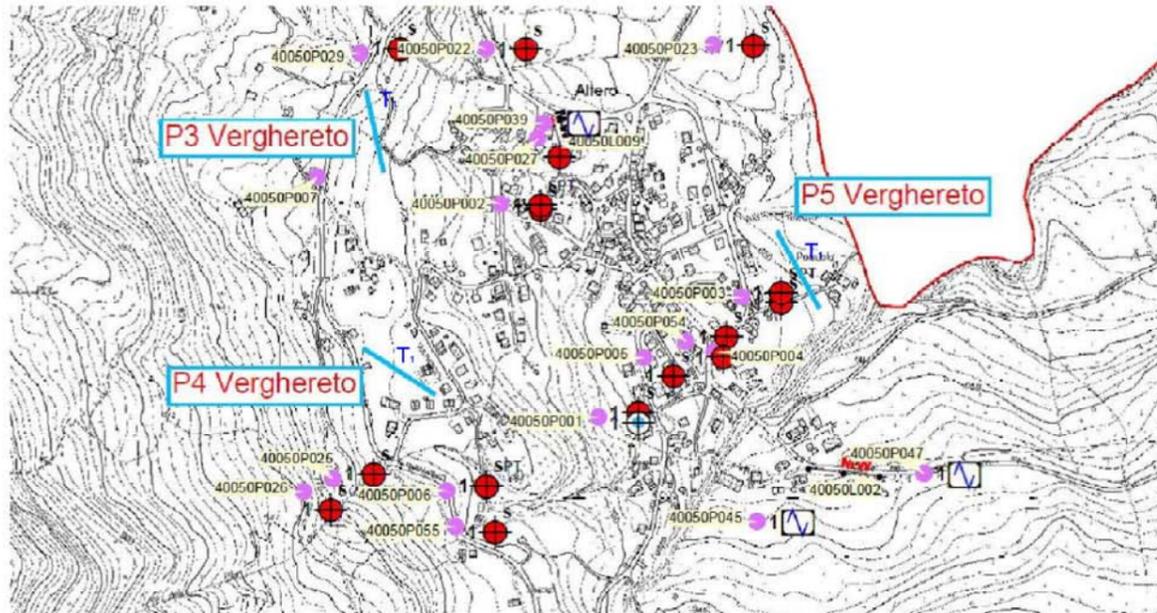


LEGENDA

- dati sperimentali
- valori calcolati con 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

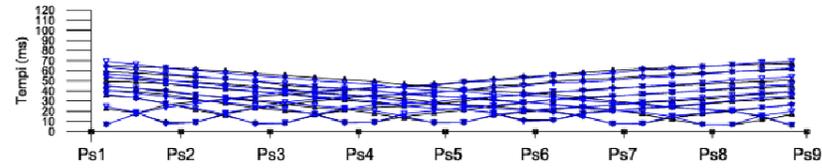
LEGENDA

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

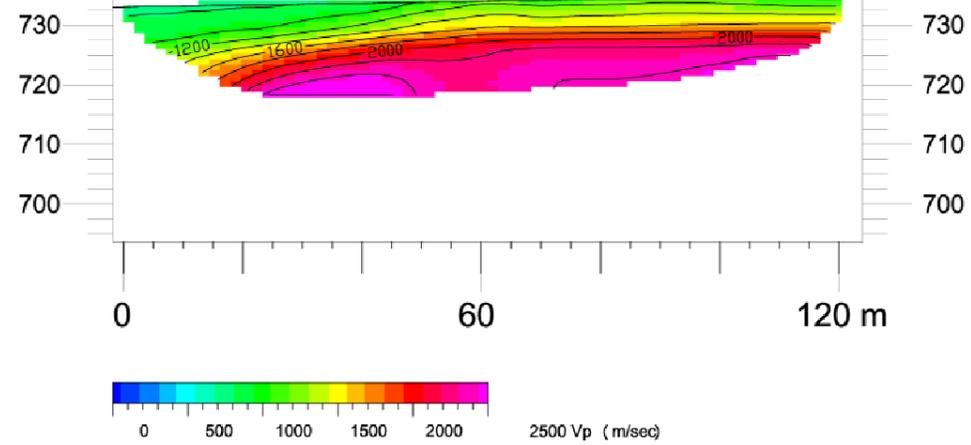


D					
C					
B					
A	EMISSIONE	30 Aprile 2013	De Lusa	Ries	Revis
Rev.	Descrizione	Data	Realizzato	Verificato	Approvato
COMMITTENTE: Comune di Verghereto					Commissione n° 7 718
LOCALITA': Alfero					
INDAGINE: Studio di microzonazione sismica					
OGGETTO: Prove integrative - III Livello					
TAVOLA: Tomografia sismica a rifrazione P3 - Prova MASW - Misura HVSR					FORMATO: A1
4373 SGG1 0A		30 Ago 2013	PRECISIONE:	UNITA': m	SCALA: 1:500
nome file:		Profilo(m):	Distanza:	Quote:	1:2.000
STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA S.r.l.			DATA:	CONTROLLATO:	
STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY -					
Tel. +39 057749276 - Fax +39 0577207254 - e.mail: info@sgg.it					

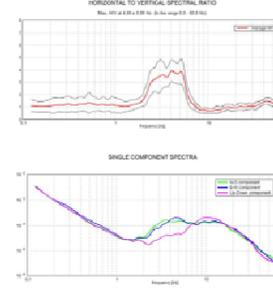
P4 Alfero - Verghereto



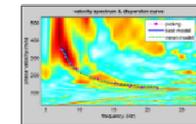
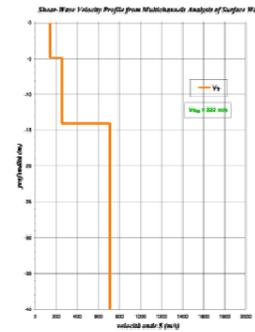
Quote slm (m)



Misura HVSr



Alfero

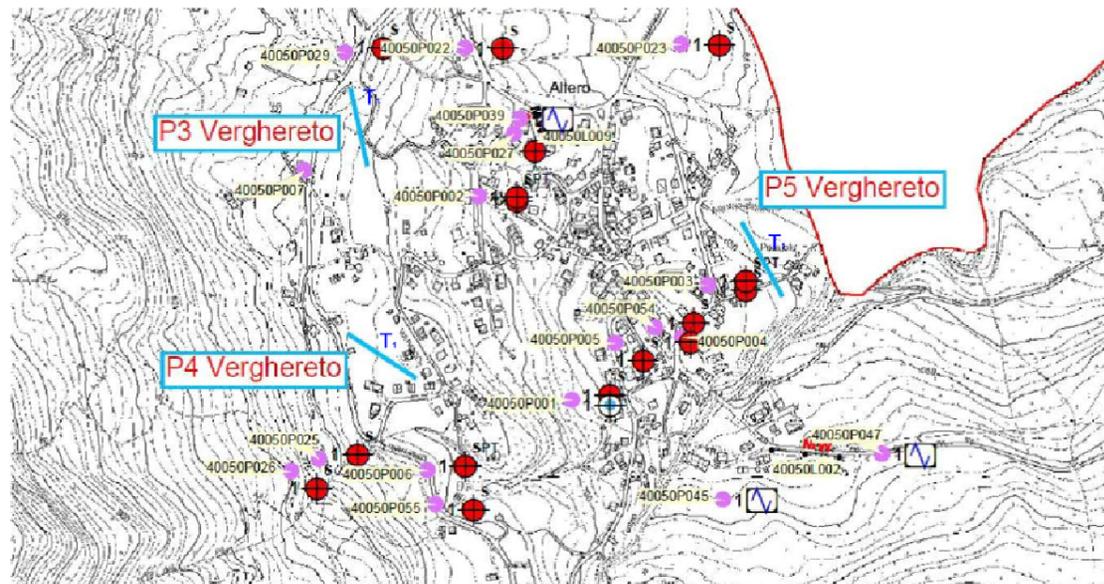


LEGENDA

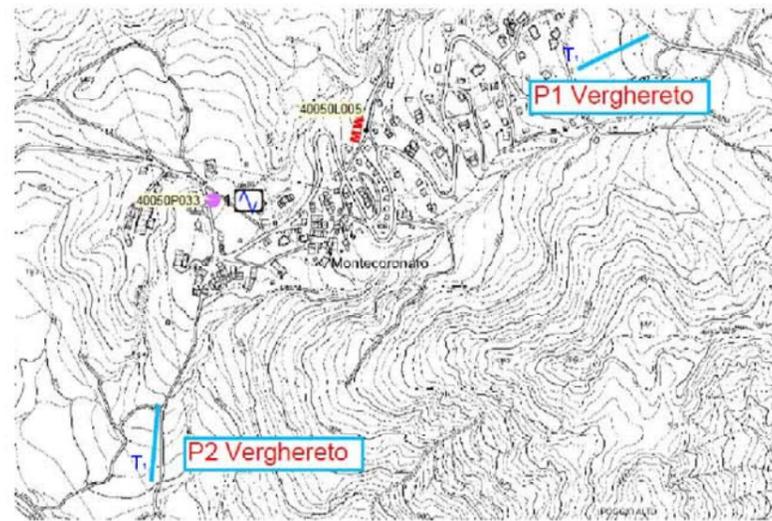
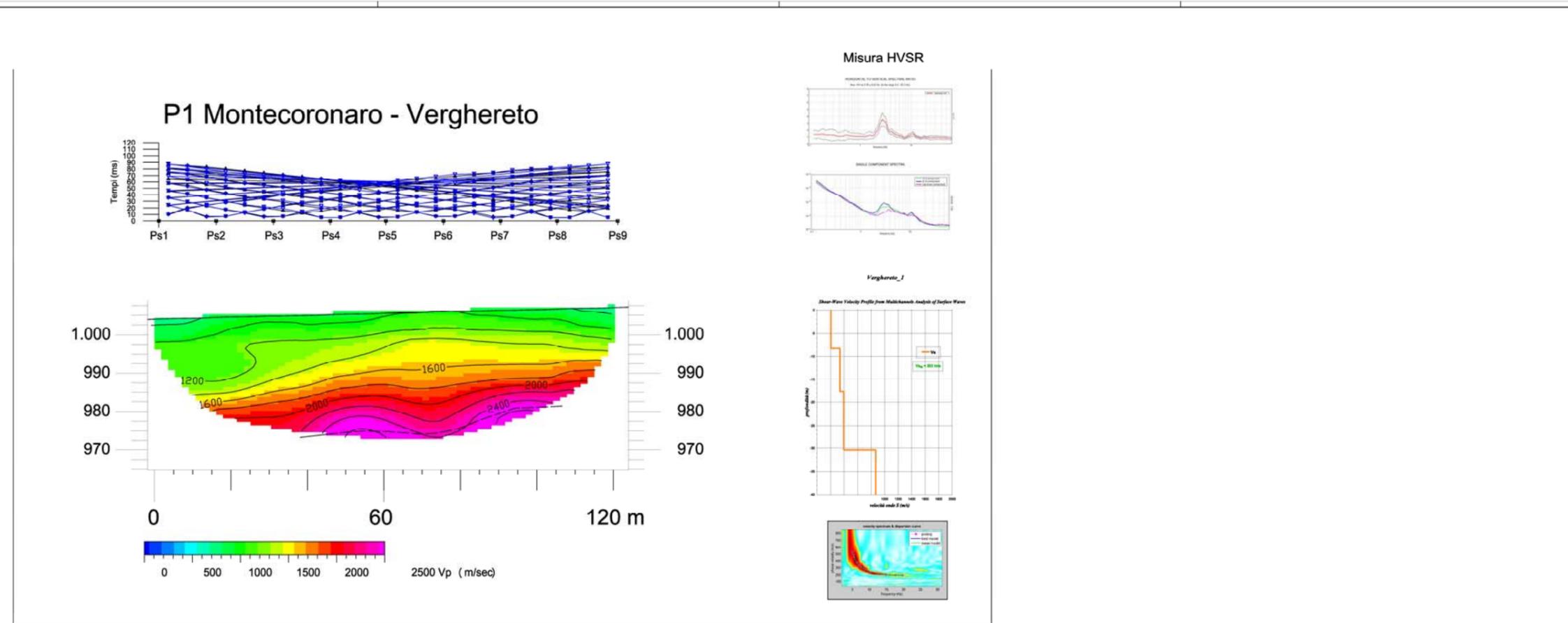
- dati sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
- Maglia cella tomografica 1,0x0,5 m

LEGENDA

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



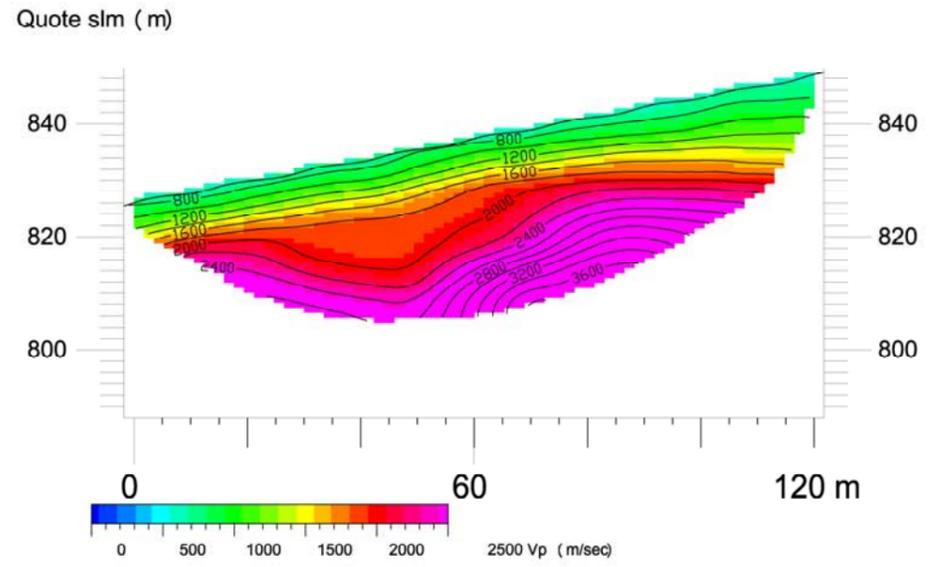
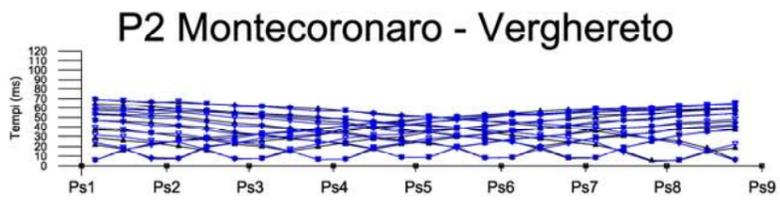
0					
1					
2					
3	EMISSIONE	31 Agosto 2013	De Luca	Rea	Verificato
4	Rev. Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
5	COMMITTENTE :	Comune di Verghereto			Commissio n° T 718
6	LOCALITA':	Alfero			
7	INDAGINE:	Studio di microzonazione sismica			
8	OGGETTO:	Prove integrative - III Livello			
9	TAVOLA:	Tomografia sismica a rifrazione P4 - Prova MASW - Misura HVSr			FORMATO A1
10	4373 SGG11A	30	PRECISIONE:	UNITA'	SCALA
11	nome file :	Alfero	Quota:	m	1:500
12		2013	Profondita':	m	1:2000
13			DATA	CONTROLLO	QUALITA'
14	STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA S.r.l. STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY - Tel. +39 057749276 - Fax +39 0577267254 - e.mail: info@sgg.it				



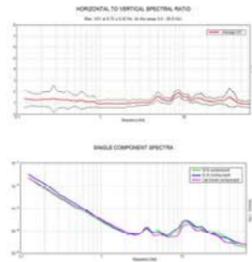
- #### LEGENDA
- dati sperimentali
 - valori calcolati con l'interpretazione tomografica
 - Punto di scoppio
 - Superficie topografica
 - Curve di isovelocità sismica e relativo valore (m/s) (equidistanza 200 m/s)
 - Maglia cella tomografica 1,8x0,5 m
-
- #### LEGENDA
- Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
 - Ubicazione prova Masw
 - Ubicazione misura HVSr

COMMITTENTE: Comune di Verghereto		T 718	
LOCALITÀ: Montecoronaro			
INDAGINE: Studio di microzonazione sismica			
OGGETTO: Prove integrative - III Livello			
TAVOLA: Tomografia sismica a rifrazione P1 - Prova MASW - Misura HVSr		FORMATO: A1	
4373SSGG18A		PRECISIONE: m	SCALA: 1:500
nome file		UNITÀ: m	SCALA: 1:2.000
STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA S.r.l.		CONTROLLO QUALITÀ	
STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY -		DATA	
Tel. +39 057749276 - Fax +39 0577287254 - e-mail: info@sgg.it		QUALITÀ	

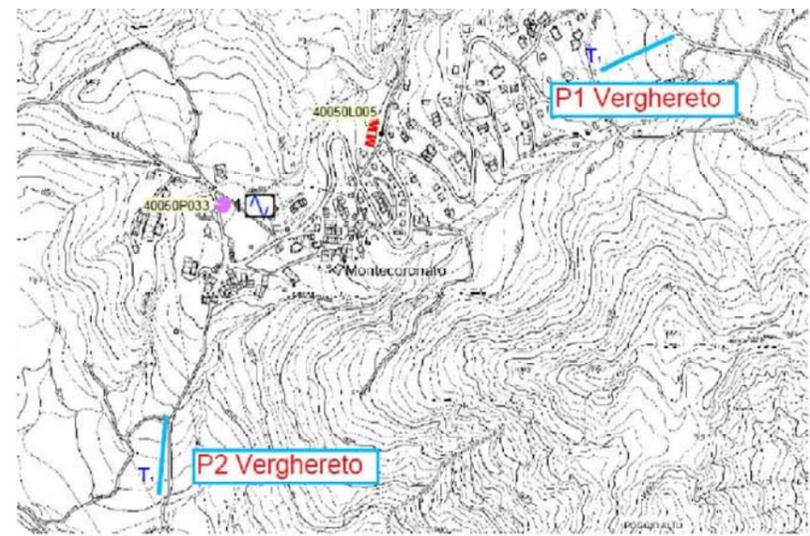
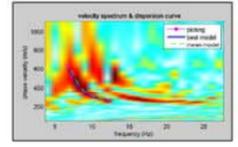
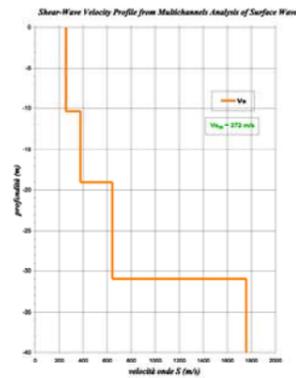
Comune di verghereto (FC)
Studio di microzonazione simica
Relazione tecnica



Misura HVSR



Verghereto_2



- #### 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 della tomografica 1,8x0,9 m
- #### LEGENDA
- Ubicazione linea sismica, nome identificativo e posizione dei punti di scoppio
 - Ubicazione prova Masw
 - Ubicazione misura HVSR

EMISORE	30-Aprile-2013	De Luca	Reis	Verificato	Seal	Approvato	
Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato		
COMMITTENTE : Comune di Verghereto						Commissa n°	T.718
LOCALITA': Montecoronaro							
INDAGINE: Studio di microzonazione sismica							
OGGETTO: Prove integrative - III Livello							
TAVOLA: Tomografia sismica a rifrazione P2 - Prova MASW - Misura HVSR						FORMATO	A1
4373SGG19A		20	2013	1500	1:2.000		
STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA S.r.l.		DATA		CONTROLLO QUALITA'			
STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY							
Tel. +39 057749276 - Fax +39 0577287254 - e-mail: info@sgg.it							