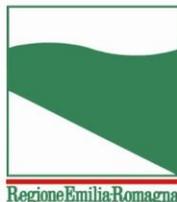




PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Predappio



<p>Regione</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>GeoExploration www.geoexploration.net srl</p> <p>Via Costiera n.3/A, 47122 Forlì Tel/Fax (+39) 0543 782462 e-mail: info@geoexploration.net C.F. / P.IVA 03922790401 - R.E.A. 322247</p> <p>Collaboratori: Dr. Geol. Arianna Lazzarini geologia e geotecnica Dr. Daniele Bronzetti elaborazioni cartografiche</p>	<p>Data</p> <p>Dicembre 2013</p>
----------------	---	--

Sommario

1 - INTRODUZIONE.....	3
2 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
3 - ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	11
3.1 - Inquadramento territoriale	11
3.2 - Caratteri morfogeologici e geomorfologici.....	12
3.3 - Inquadramento geologico.....	14
3.4 - Lineamenti tettonici	24
4 - DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
5 - MODELLO DEL SOTTOSUOLO	29
6 - INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	33
7 - METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	34
8 - ELABORATI CARTOGRAFICI	38
9 - CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	47
10 - BIBLIOGRAFIA	49
11 - ALLEGATI	50

1 - INTRODUZIONE

Il presente rapporto è stato redatto quale elaborato di sintesi delle principali fasi di studio, delle indagini eseguite dei dati acquisiti nonché delle elaborazioni e dei risultati dello studio eseguito secondo quanto definito nell'allegato C della Delibera della Giunta Regionale 1302/2012 recante gli indirizzi e i criteri di microzonazione sismica per i territori che hanno beneficiato dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012.

Gli studi di microzonazione sismica (di seguito MZS), che si realizzano sul territorio regionale si attengono alle procedure e modalità stabilite dalla citata Ordinanza e dalla DAL. n. 112 del 4 aprile 2007 della Regione Emilia Romagna L'O.P.C.M. n. 4007/2012, dispone inoltre che le Regioni individuino, con proprio provvedimento, i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MZS, definendo, come soglia generale di ammissibilità al finanziamento, il valore di accelerazione orizzontale massima "ag" superiore o uguale a 0,125 g, Il Comune di Predappio appartiene all'elenco dei comuni con $ag > 0,125$ per il quale è già stato svolto uno studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e di livello 2 per alcune zone. Il presente studio ha pertanto avuto come fine quello di sviluppare MZS di Livello 2 nel primo caso e di approfondire gli studi di II livello già eseguiti uniformando i dati alle nuove normative e ai criteri ICMS. I risultati delle indagini e i valori dei parametri presentati nella presente relazione sono intesi a solo uso della MZS del territorio comunale di riferimento e pertanto ai soli fini di pianificazione urbanistica. In nessun caso i risultati delle indagini e i valori dei parametri potranno essere impiegati ai fini della progettazione edilizia in zona sismica, per la quale vigono unicamente le Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2008). Nessuna responsabilità potrà essere attribuita agli autori del presente studio, per l'uso improprio dei dati in esso presentati.

La MZS si propone l'obiettivo di definire la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone o porzioni di territorio caratterizzate da un comportamento sismico omogeneo. Per il caso specifico ci si è avvalsi dei dati disponibili forniti dall'Ente e dagli studi di MZS di Livello 1 predisposti dalla Provincia di Forlì – Cesena nel corso di redazione del PTCP/PSC territoriale e riportati nella tavola 6 del medesimo studio.

I principali documenti tecnici utilizzati come riferimento per la realizzazione di tale studio sono:

- I. DGR 1302/2012** "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e archiviazione informatica di cui all'OPCM 4007/2012 e decreto del 16 marzo 2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" con particolare riferimento allegato C e D.
- II.** Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (di seguito **I.C.M.S.**), redatti dal Dipartimento della Protezione Civile (in seguito D.P.C.) ed approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;

III. D.A.L. 112/2007. Deliberazione dell' Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

IV.Standard di rappresentazione e archiviazione informatica . Microzonazione sismica . Versione 2.0

2 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO
--

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è costituito dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 -2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, (aprile 2004).

Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la 914 "Forlivese". Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica. Nella Zona Sismogenetica 914 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo (M_{wmax}) pari a 6,14. Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto

COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
COMUNE DI PREDAPPIO (FC)
Microzonazione sismica di II livello

rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

La mappa di pericolosità sismica del territorio, riportata in stralcio alla figura 1, tratta dall'allegato 2 punto 3.1 della succitata OPCM 3274, individua per il comune Predappio un'accelerazione massima attesa, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/sec), compresa tra 0.200 e 0.225 g.

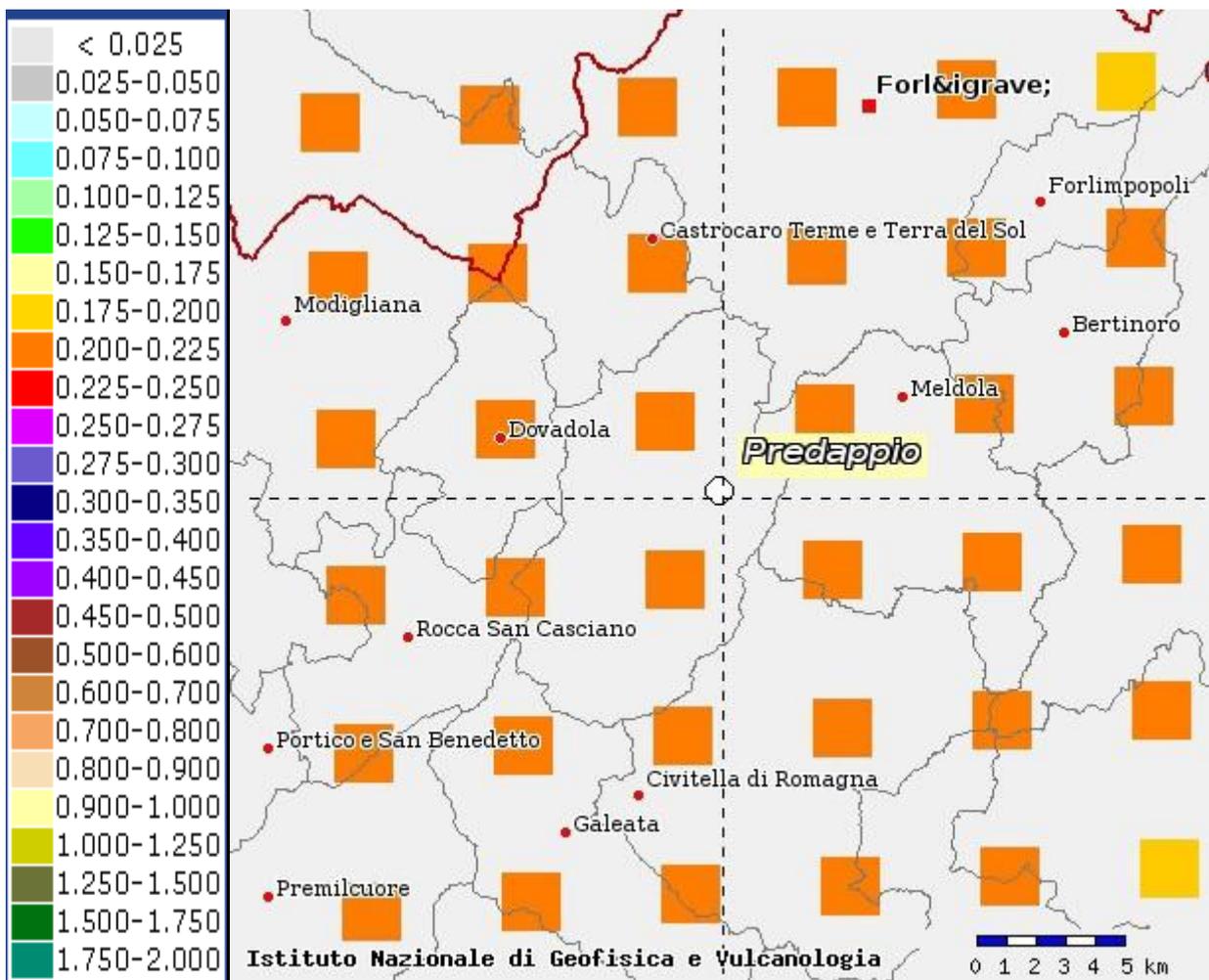
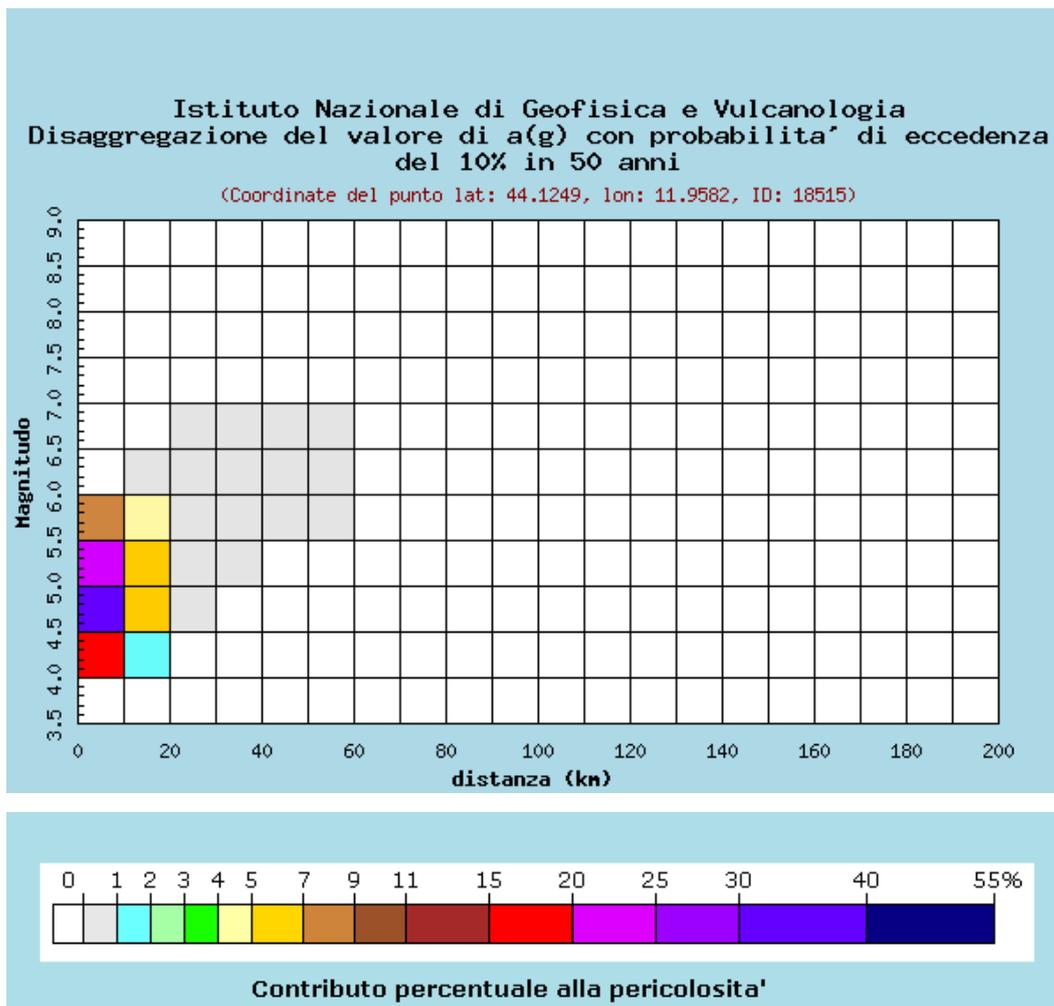


Figura 1 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA IN VALORI DI PGA con periodo di ritorno di 475 anni (pari alla probabilità di non eccedenza del 90% in 50 anni) Le aree a diverso PGA sono differenziate in base a colorazioni diverse corrispondenti alle diverse classi. (da ingv)

Di seguito si riportano i grafici di disaggregazione del punto evidenziato in fig.1

COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
COMUNE DI PREDAPPIO (FC)
Microzonazione sismica di II livello



COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
COMUNE DI PREDAPPIO (FC)
Microzonazione sismica di II livello

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.1249, lon: 11.9582, ID: 18515)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.000	34.600	20.400	7.890	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.250	5.210	6.430	4.070	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.057	0.664	0.936	0.134	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.015	0.179	0.144	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.041	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

L'intero territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone contraddistinte da differenti valori di PGA

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15 - 0.25
3	0.05 - 0.15
4	<0.05

Tabella 1 - Valori di PGA per le varie zone

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio regionale.

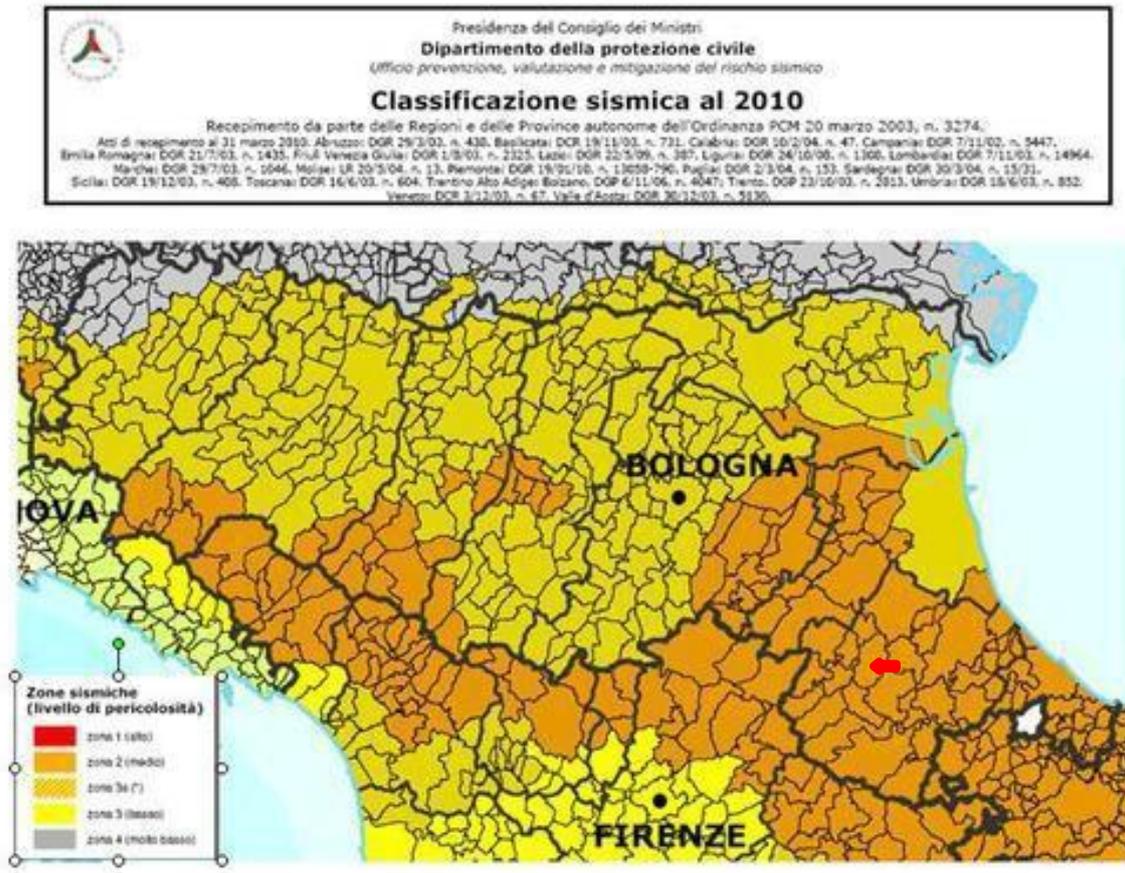


FIG. 2- CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – .
(Comune di Predappio 📍)

Come si può verificare dalla carta di macrozonazione sismica della Regione Emilia Romagna il Comune di Predappio ricade nella Zona 2, definita come zona a "sismicità media" ($S=9$ secondo la precedente Normativa). L'accelerazione massima di riferimento, per il sito oggetto di studio, raggiunge valori massimi di PGA compresa tra 0,15 e 0,25 g.

Sismicità Storica

Il territorio della provincia di Forlì-Cesena è stato sede di una frequente e intensa attività sismica storicamente testimoniata. La figura 3 seguente riporta gli epicentri dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia Romagna e aree limitrofe; le dimensioni dei rettangoli sono proporzionali alla magnitudo (Mw).

COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
COMUNE DI PREDAPPIO (FC)
Microzonazione sismica di II livello

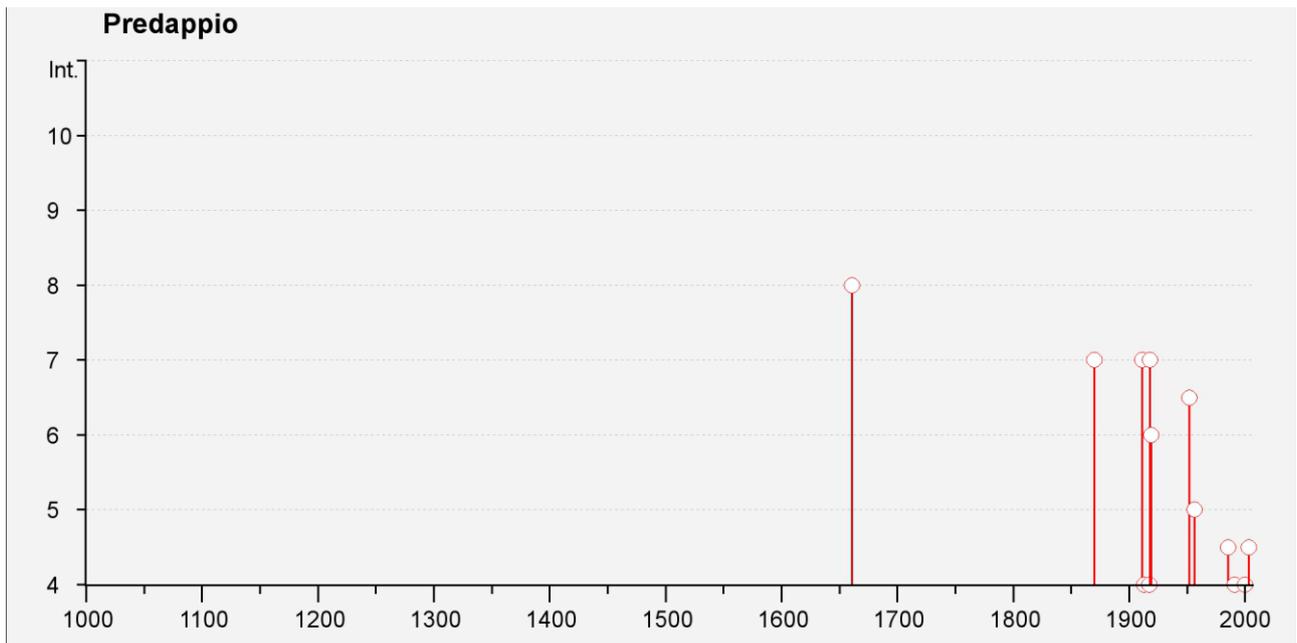
Storia sismica di Predappio

[44.104, 11.981]

Numero di eventi: 22

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
8	<u>1661 03 22 12:50</u>	Appennino romagnolo	79	9 6.09 ±0.16
F	<u>1813 09 21 07:45</u>	Romagna centrale	12	7 5.27 ±0.94
7	<u>1870 10 30 18:34</u>	Romagna	41	8 5.58 ±0.27
NF	<u>1899 06 26 23:17</u>	Valle del Bisenzio	138	7 5.06 ±0.15
7	<u>1911 02 19 07:18</u>	Romagna meridionale	181	7 5.28 ±0.11
4	<u>1913 07 21 22:35</u>	VALLE DEL LAMONE	43	5-6 4.78 ±0.19
4	<u>1917 04 26 09:35</u>	Valtiberina	134	9-10 5.89 ±0.11
7	<u>1918 11 10 15:12</u>	Appennino romagnolo	187	9 5.88 ±0.11
6	<u>1919 06 29 15:06</u>	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6-7	<u>1952 07 04 20:35</u>	Appennino romagnolo	64	7 4.99 ±0.18
5	<u>1956 05 26 18:39</u>	Appennino romagnolo	79	7 4.99 ±0.15
2	<u>1983 11 09 16:29</u>	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4-5	<u>1985 11 24 06:54</u>	APP. FORLIVESE	29	5-6 4.32 ±0.16
NF	<u>1986 12 06 17:07</u>	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
4	<u>1991 01 14 07:38</u>	ARETINO	62	5 4.47 ±0.15
3-4	<u>2000 05 06 22:07</u>	Emilia Romagna	84	5 4.17 ±0.09
4	<u>2000 05 08 12:29</u>	Emilia Romagna	126	5 4.66 ±0.09
4	<u>2000 05 10 16:52</u>	Emilia Romagna	151	5-6 4.86 ±0.09
4	<u>2000 08 01 02:34</u>	MONTEFELTRO	83	5-6 4.34 ±0.09
3	<u>2001 11 26 00:56</u>	Casentino	213	5-6 4.72 ±0.09
4-5	<u>2003 01 26 20:15</u>	Forlivese	72	4.56 ±0.09
4-5	<u>2003 12 07 10:20</u>	Zona Forlì	172	5 4.22 ±0.09

Figura 4 - Distribuzione temporale dei terremoti ed intensità



3 - ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 - Inquadramento territoriale

In accordo con i Tecnici del Comune e della Comunità Montana dell'Appennino Forlivese sono state individuate le aree oggetto di indagine tra quelle urbanizzate e urbanizzabili. Nel Comune di Predappio, non sono state indicate fasce a cavallo di infrastrutture viarie di notevole interesse. In particolare tali aree comprendono le perimetrazioni dei centri storici, le aree attualmente urbanizzate ed in via di espansione e le strutture ingegneristiche rilevanti in ragione di problematiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche individuate nel corso dei sopralluoghi e nella raccolta dei dati geologici e geomorfologici pregressi. In particolare sono state individuate quattro zone principali: Predappio capoluogo (Predappio Bassa), Predappio alta, Fiumana e Tomba-Molino di Tomba.

Da un punto di vista cartografico il territorio interessato dal presente studio è inquadrato nel Foglio 100 "Forlì" in scala 1:100.000, nelle Tavole IGM in scala 1:25.000: 255 NO "Forlimpopoli" e 254 NE "Predappio", e più precisamente negli Elementi delle CTR Emilia Romagna in scala 1:5000: 254042, 254081, 254082, 254021, 255013, 255054.

Dal punto di vista amministrativo, Predappio confina a nord con il Comune di Forlì e il Comune di Castrocaro Terme, ad Ovest con il Comune di Rocca San Casciano e il Comune di Dovadola, ad Est con i Comuni di Meldola e Civitella e a sud con il Comune di Galeata.

Il territorio comunale è caratterizzato per gran parte da zone collinari, il capoluogo, le località Tomba e Fiumana si estendono lungo il Fiume Rabbi nelle ampie planizie della pianura alluvionale; il centro storico di Predappio alta è localizzato in direzione Ovest alle quote più elevate.

3.2 - Caratteri morfogeologici e geomorfologici

Le caratteristiche morfologiche nel territorio in esame, risentono delle tipologie litologiche e delle peculiarità geologiche e strutturali che interessano tutta l'area. Nelle linee generali, l'assetto morfologico territoriale esprime un articolato assortimento di profili topografici. Predomina il rapido intercalare di ondulazioni e frequenti irregolarità del profilo topografico lungo versanti caratterizzati da formazioni geologiche a litologia prevalentemente argillosa (FCO e FAA), mentre dove affiorano depositi formazionali più propriamente litoidi (FCOb e FMA 9) le forme del paesaggio acquisiscono un drastico inasprimento in senso verticale con ripide scarpate e aumento dei gradienti. Nel fondovalle, caratterizzato dai depositi alluvionali sia antichi che recenti, i gradienti topografici risultano pressoché nulli. In particolare i terrazzi più antichi risultano spesso parzialmente erosi e/o ricoperti da detriti di falda principalmente di natura argillosa e limosa.

Nei profili con elevata acclività nelle zone di affioramento delle formazioni litoidi, la morfologia è conseguente alle caratteristiche di resistenza della roccia in posto e agli assetti che questa ha assunto nel corso dell'evoluzione geostrutturale del territorio. Si evidenziano forme piramidali nelle quali i livelli più resistenti (arenacei) risultano in evidenza rispetto a quelli in successione stratigrafica, meno resistenti (pelitici).

Versanti con inclinazione da moderata a sensibilmente elevata predominante nei terreni prevalentemente argillosi e argilloso – sabbiosi e in quelli sui quali si sono impostate le coperture detritiche. Il paesaggio in tali ambiti tende ad una morfologia estremamente più dolce rispetto a quella suddetta e che in alcuni parti del territorio assume alto grado di evoluzione e notevole estensione superficiale. I versanti sono confinati lateralmente da incisioni prodotte dai corsi d'acqua che immergono conformemente ai vettori di massima pendenza. In questo ambiente la morfologia è diretta espressione dei processi geomorfologici che hanno regolato il modellamento della superficie topografica, compresi quelli di erosione idrica concentrata prodotta dai fossi.

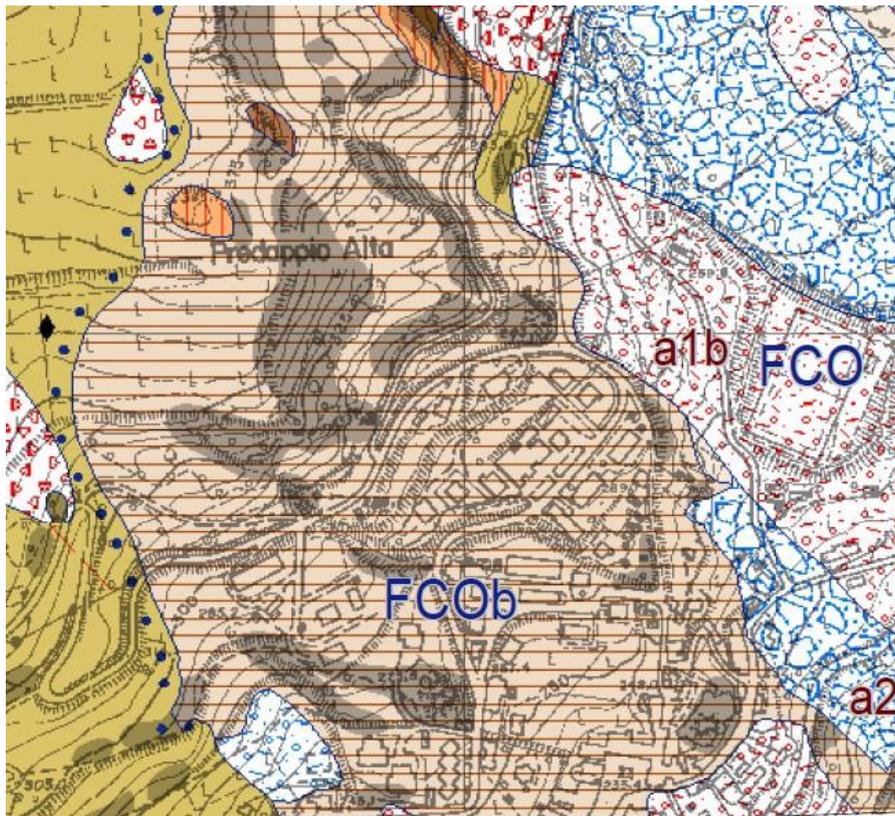
Dall'analisi degli aspetti e delle forme legate alla stabilità globale del territorio emerge che i maggiori presupposti di fragilità statica, risiedono nelle aree occupate da terreni argillosi, dove infatti si registra il maggiore addensamento dei dissesti. Questi interessano anche aree comprese dal presente studio.

L'azione erosiva delle acque correnti e soprattutto quella perturbante delle acque che si infiltrano nel sottosuolo, rappresentano i più incisivi fattori di destabilizzazione dei materiali argillosi. Negli affioramenti

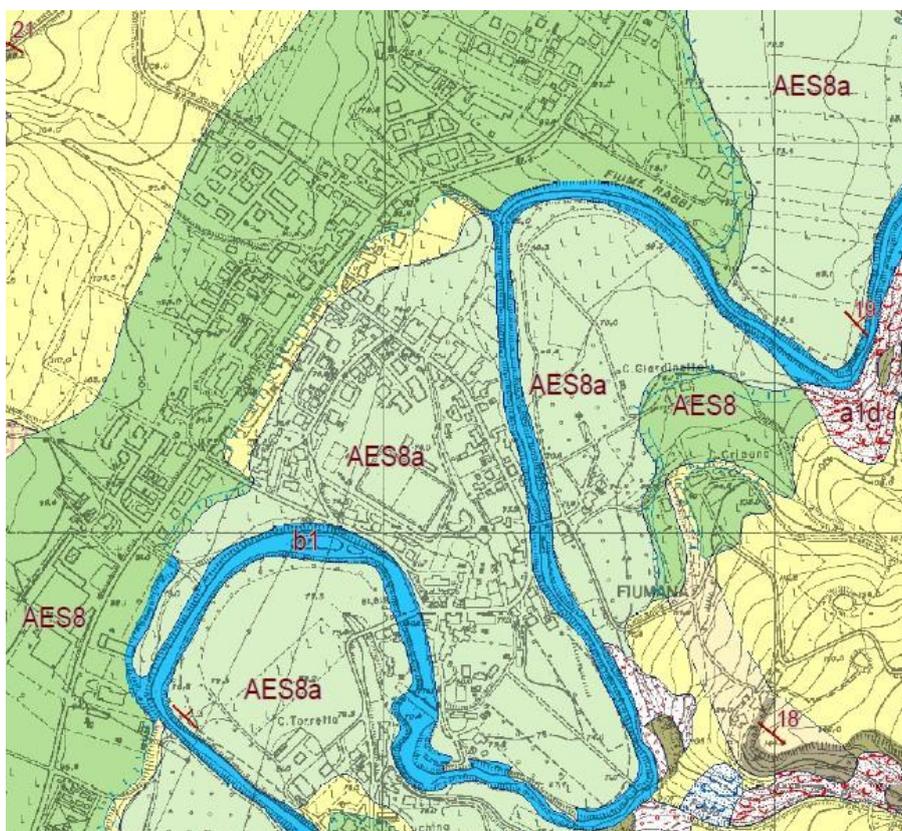
rocciosi, la stabilità specialmente delle porzioni corticali, è regolata dai sistemi di fratturazione e dal loro addensamento, nonché dalla consistenza della roccia affiorante e dal suo grado di alterazione.

Si evidenzia in particolare che l'abitato di Predappio Alta sorge su un accumulo caotico di terreni messiniani, che ha avuto origine in seguito a fenomeni gravitativi legati alla tettonica sinsedimentaria messiniana, di spessore medio di 15 metri e massimo di 40 metri. In particolare si osservano blocchi di notevoli dimensioni di conglomerato disarticolati e diversamente orientati l'uno dall'altro, il che fa presupporre che i blocchi siano ruotati durante le fasi di avanzamento della frana. Le superfici di scorrimento della frana sono rappresentati da piani di stratificazione della Marnoso - Arenacea.

Il nucleo di Predappio Alta è stato dichiarato Abitato da consolidare con D.L. n.299 del 02/03/1916 e da trasferire con R.D. n.1029 del 09/06/1925, perimetrazione ripresa dal PAI AdB Fiumi Romagnoli (Perimetrazione e normativa adottata con Delibera G.R. n.427 del 15/03/04 "Legge 9-07-1908 N.445 art. 29 del P.T.P.R. e Legge 3-08-1998 n.267 - Abitato di Predappio Alta, Comune di Predappio (FC) - Trasformazione del vincolo di trasferimento in vincolo di consolidamento e perimetrazione e zonizzazione delle aree in dissesto").



Stralcio Carta geologica regionale – Predappio Alta



Stralcio Carta geologica regionale – località Fiumana

In maniera schematica nei territori esaminati è stato possibile riconoscere:

depositi quaternari continentali

depositi di frana attivi

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto (indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi). L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato). Sono altresì incluse anche frane con velocità recepibile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

Depositi di frana quiescenti

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni.

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a3 - Deposito di versante s.l.

Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.

a6 - Detrito di falda

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso - pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali.

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

I depositi del settore di pianura sono rappresentati dalla successione quaternaria continentale del Pleistocene medio-Olocene (ciclo Qc). I sedimenti alluvionali sono costituiti da cicli deposizionali grossolani alla base (ghiaie e sabbie) e fini al tetto (peliti). Nel sottosuolo il limite inferiore dei depositi alluvionali è discordante sui depositi marini e tende ad approfondirsi allontanandosi dal margine pedecollinare.

La successione quaternaria dell'area romagnola è interpretata come deposta all'interno di un bacino di forma allungata, parallelamente alla catena appenninica, confinato a nord, in questo settore, proprio dalle Pieghe Adriatiche.

I sedimenti che costituiscono il sottosuolo e che affiorano nell'area di studio, in accordo con le gerarchie delle unità stratigrafiche, costituiscono il tetto stratigrafico del Supersistema Emiliano Romagnolo (AE) che raggruppa tutti i depositi quaternari alluvionali, per uno spessore che raggiunge circa 300 metri di profondità dal piano campagna, i quali poggiano in discordanza sui depositi marini del Gruppo del Santerno e Sabbie di Imola.

Localmente sono presenti sedimenti che appartengono al Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), parte alta del Sistema Emiliano Romagnolo (AE), in particolare sono state inquadrare nel Subsistema di Ravenna (AES8), tetto stratigrafico di (AES), e all'unità di rango gerarchico inferiore definita Unità di Modena (AES8a), quest'ultima costituisce il tetto stratigrafico del Subsistema di Ravenna.

Dal punto di vista delle caratteristiche litostratigrafiche le unità sopra dette sono costituite nel modo seguente:

- Subsistema di Ravenna (AES8)

In affioramento: depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale. Nei settori intravallivi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie di canale fluviale spesse da 2 a 5 m ricoperti da spessori variabili di sabbie, limi ed argille di tracimazione; sono organizzati in 4-5 ordini di terrazzo) con inclinazione variabile, nei tratti terminali delle valli, dal 4 al 7 per mille (corrispondente a c.a. 0,3 gradi). Nel settore di piana alluvionale l'unità è costituita da sabbie, limi ed argille di canale e di tracimazione fluviale. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,5 ad 1 m e contengono frequenti reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a.

Nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi grigi e grigio scuri arricchiti in sostanza organica di piana inondabile non drenata e palude passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale a geometria nastroforme. Limite inferiore nel sottosuolo dato dal contatto netto tra depositi fini, scuri, spesso palustri di base unità con i depositi grossolani di canale e argine fluviale al tetto di AES7. Subsistema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 25-30 metri.

Localmente questa Unità affiora negli ambiti di fondovalle nelle zone del centro di Predappio nuova e Fiumana, compresi tra le alluvioni più recenti e le prime propaggini collinari.

Pleistocene sup. - Olocene (c.a. 14.000 anni BP - attuale).

- Unita' di Modena (AES8a)

Depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive, dove l'unità è organizzata in alcuni ordini di terrazzo, e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Spessore massimo 3-4 metri. Localmente questa unità è cartografata negli ambiti di fondovalle e nelle zone del centro di Predappio nuova e Fiumana più prossimi al Fiume Rabbi (*Olocene; datazione archeologica: IV-VI sec. d.C. – Attuale*)

FAA - Argille Azzurre

Argille, argille marnose, localmente siltose, marne argillose e siltose, grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi. Talora livelli a slump. Nella parte inferiore della formazione localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocre se alterate, sottilmente laminate. Frequenti microfossili; variabile la concentrazione di malacofauna a Gasteropodi e Lamellibranchi, sia come biosomi che come bioclasti. Presenti anche blocchi di (AQV-Formazione di Acquaviva), costituita da torbiditi arenaceo-marnoso-pelitiche con marne a forte componente carbonatica. L'ambiente di sedimentazione varia da piattaforma, localmente litorale, a scarpata. Foraminiferi planctonici appartenenti nei vari livelli alle zone a *Globorotalia margaritae*, *G. punctulata*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis*, *G. inflata* e *Hyalinea baltica*. Contatto inferiore graduale rapido su CEA, paraconcordante o marcato da una lieve discordanza angolare su FCO, discordante su unità più antiche. Potenza fino a 1000 m circa.

Cartografabili nella zona di Fiumana, in sinistra idrografica del Fiume Rabbi

(*Pliocene inf. - Pleistocene inf.*)

FAA2p - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies pelitico-arenacea

Prevalenti argille ed argille marnose grigio-azzurre, siltose, fossilifere, in strati molto sottili e sottili, con sottilissimi livelli di sabbie fini, intensamente bioturbate; rari intervalli pelitico-arenacei, con arenarie giallastre, molto sottili ($A/P < 1/2$). Nell'area del Foglio 255 torbiditi pelitico-arenacei ($A/P 1/2$ alla base e al tetto, oltre $2/1$ nell'intervallo centrale); argille marnose, siltose e sabbiose; arenarie grigie, giallastre se alterate, poco cementate, in strati sottili e medi, con abbondanti biosomi e bioclasti grossolani; saltuarie

calcareniti con clasti quarzosi e argille marnose, siltose e sabbiose; presenti strati con abbondanti microfossili e minor contenuto in sabbia e silt (emipelagiti); diffusi macrofossili rimaneggiati. Cartografabili nella zona di Fiumana, in sinistra idrografica del Fiume Rabbi

(Pliocene inf.)

FAA3b - Argille Azzurre - membro di Spungone - litofacies di Castrocaro

Lenti variamente alternate composte da: biocalcareni in strati spessi e banchi; fitte alternanze di biocalcareni in strati da sottili a medi e arenarie calcaree bioclastiche, in strati medi, con rari inclusi pelitici e ciottoli; biocalcareni e biocalciruditi più o meno arenacee, ben cementate, in strati da medi a spessi; arenarie bioclastiche fini e medie, marnose, e peliti arenacee, talora gradate o con ciottoli. Potenza massima circa 60 m. Cartografabili nella zona di Fiumana, in sinistra idrografica del Fiume Rabbi

(Pliocene inf. - medio)

CEA - Marne di Cella

Marne e marne argillose biancastre, grigio-chiare o grigio-azzurre, a stratificazione raramente evidente in strati di spessore generalmente medio, con abbondanti micro e macrofossili. Ove presenti, compaiono alla base di FAA con limite graduale o eteropico (diminuzione del contenuto argilloso; maggiore frequenza di fossili; scomparsa di intercalazioni arenacee). Foraminiferi planctonici della zona a Sphaeroidinellopsis. L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma esterna con condizioni euxiniche. Limite inferiore netto e concordante su FCO. Potenza massima circa 80m. Cartografabili nella zona di Fiumana, in sinistra idrografica del Fiume Rabbi

(Pliocene inf. basale (zona a Sphaeroidinellopsis))

FCO - Formazione a Colombacci

Argille, argille marnose e siltose, marne argillose, in strati sottili e medi, di colore biancastro, verdognolo, azzurro, grigio-verde, violaceo o nero, con rari microfossili (per lo più Ostracodi e Lamellibranchi) e resti organici carboniosi; sabbie gradate in strati medi e spessi, spesso alterate e di colore giallo ocra, arenarie a cementazione scarsa in strati da sottilissimi a medi e in banchi con lenti di ghiaie alternate a siltiti marnose; subordinate siltiti e arenarie grigie medio-fini in sottili strati lenticolari ($A/P < 1/3$) e lamine calcaree o calcareo-marnose. Localmente presente uno slump (sl) dello spessore di qualche metro costituito da frammenti carbonatici, conglomerati, arenarie e peliti. Localmente sono presenti orizzonti guida di calcilutiti grigio-chiare ("colombacci", indicati come cl, cl1, cl2, cl3, cl4, cl5, cl6). Sono presenti olistoliti di

FCOb - Formazione a Colombacci - litofacies conglomeratica

Conglomerati poligenici grossolani generalmente gradati, con ciottoli calcarei, arenacei, selciferi, quarzosi o cristallini, spesso ben arrotondati, provenienti dalle unità liguri, dalla successione epiligure e più in generale dai flysch calcarei e arenacei dell'Appennino, con diametro per lo più di pochi cm, raramente fino a 30 cm, a matrice arenitica medio-grossolana spesso poco cementata, e poco organizzati, in corpi canalizzati. Locali intercalazioni di areniti da grossolane a fini in strati da medi a spessi, a geometria lenticolare. Spessore variabile da pochi metri a 60 m circa. Questa formazione caratterizza il centro di Predappio alta e in particolare la Rocca.

(Messiniano medio - Messiniano sup.)

GHTb - Formazione di Tetto - litofacies di Predappio Alta

Brecce grossolane a prevalente composizione gessosa: gesso serpentinoso in matrice argilloso-siltosa; gesso alabastrino in frammenti minuti rilegati da marne; calcare dolomitico con inclusi di gesso microcristallino; "calcare di base" degli AA, fittamente laminato. Intercalazioni decimetriche di gesso laminato, gessareniti e gesso alabastrino brecciato. Lenti di argille marnoso-siltose grigie. Potenza 1-40 m. Localmente, in corrispondenza di questo orizzonte sono localizzate *le grotte della Solfatarà*, testimonianze di pregresse attività di estrazione dello zolfo, cartografate a nord ed esterne al perimetro oggetto del presente studio. La Formazione non affiora negli ambiti oggetto del presente approfondimento; costituisce la base dei conglomerati di FCOB a Predappio alta.

(Messiniano medio - sup.)

Successione umbro-marchigiano-romagnola

FMA9 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna

Torbiditi marnoso-arenacee: A:P ~ 1/2, talora 1/3, 1/5. Arenarie da medie a fini, in letti sottili o medi, più raramente spessi e molto spessi (orizzonte ct). Arenarie marnose e marne più o meno sabbiose. Rari straterelli siltosi o arenacei fini. Saltuarie e discontinue intercalazioni di pacchi ("lobi") arenacei metrici a provenienza NO-NNO. Localmente riempimenti di canali arenacei (rc). Emipelagiti sottili e medie. Foraminiferi planctonici della zona a *Globorotalia menardii* e *G.acostaensis* e a *Globigerinoides obliquus*. Potenza fino a oltre 1000 m. La Formazione affiora diffusamente immediatamente ad Ovest del Fiume

(Serravalliano sup. - Tortoniano inf.)

FMA12 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio

Torbiditi arenaceo-siltitico-marnose; A/P decrescente verso il basso da 2/1 a 5/1. Arenarie medie e fini. Siltiti e marne spesso siltose e sabbiose. Rare emipelagiti. Alla sommità possono abbondare talora i letti arenacei spessi, per il resto prevalgono quelli medi e sottili. Saltuari orizzonti (~ 10 m) di strati arenacei spessi, a continuità chilometrica o decachilometrica. Localmente presenti orizzonti arenacei canalizzati (ar) e riempimenti di canali arenacei (rc). Foraminiferi planctonici della zona a *G.acostaensis* e *G.menardi*. Limite inferiore su FMA11 (o su FMA10 in parziale eteropia) graduale rapido, posto in corrispondenza di un pacco (15 m) di strati arenacei spessi, alternati a torbiditi sottili. Potenza massima circa 850 m.

(Tortoniano)



Vista panoramica di Predappio Alta



Particolare della Rocca di Predappio Alta.



Vista panoramica di Predappio bassa



Vista Google di Fiumana

3.4 - Lineamenti tettonici

Gli elementi strutturali presenti nelle aree rilevate definiscono nel loro insieme, una tettonica di tipo compressivo che si introduce in un contesto strutturale più generale di un territorio che è stato sottoposto ad un'intensa neotettonica pliocenica. Questa in particolare ha ulteriormente complicato lo schema tettonico caratterizzato sostanzialmente in uno scenario deformativo - dislocativo principale a orientazione appenninica (NW-SE), vicariato da sistemi disgiuntivi trasversali che esercitano anche effetti trascorrenti.

Le faglie dispongono anche diffusi condizionamenti strutturali alle direttrici del drenaggio idrico superficiale, orientando forzatamente tratti dei corsi d'acqua.

Coerentemente allo schema evolutivo della catena appenninica, i lineamenti tettonici del territorio propongono quindi il tendenziale impilamento di scaglie tettoniche e di piegamenti sequenziali, che ribadiscono i meccanismi attivi di progradazione delle tensioni orogenetiche in senso Adriatico.

L'accentuata attività tettonica (tuttora agente) associata ai fenomeni di subsidenza del bacino di avanfossa al suo margine, hanno favorito per tutto il quaternario un grande apporto di detriti, derivanti dallo smantellamento della catena appenninica emersa a spese prevalentemente delle unità caotiche (argille scagliose s.l.), che oggi nei bacini dei fiumi Forlivesi non si rinvengono in affioramento perché totalmente erose.

I corpi sedimentari compresi tra superfici di erosione o lacuna stratigrafica (discontinuità) sono stati distinti in unità stratigrafiche a limiti inconformi (supersintemi, sintemi e subsintemi) e comprendono al loro

interno, sedimenti di ambiente deposizionale e litologie diverse. Localmente, la tettonica del fronte collinare del territorio comunale è caratterizzata da un complesso sistema di pieghe, pieghe faglie e sovrascorrimenti. I sistemi tettonici a più ampia scala sono tuttavia condizionati da un sistema di faglie dirette per le quali non sono disponibili dati o elementi per determinarne il grado di attività potenziale.

La banca dati ISPRA non individua faglie attive e capaci in corrispondenza del territorio comunale.

4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Nell'ambito del presente studio, per quanto riguarda l'acquisizione dei dati si è fatto riferimento in primo luogo, al materiale a disposizione della P.A. e a dati acquisiti ex novo ritenuti utili ai fini della MZS di II livello. In particolare sono stati estrapolati i dati relativi alle seguenti indagini:

Prove penetrometriche statiche (CPT) attraverso le quali è stato possibile estrapolare informazioni in merito allo spessore delle coperture e correlazioni di tipo litologico. Tra le prove esaminate alcune hanno raggiunto il substrato geologico, come quelle reperite per il territorio comunale prossimo al centro storico e più propriamente collinare, altre sono state invece terebrate fino a profondità comprese tra i 15 e 20 m, compatibilmente all'analisi del volume significativo per la progettazione di edifici in zona sismica. Tali prove sono caratteristiche soprattutto delle zone di pianura laddove i depositi di copertura superano i massimi spessori raggiungibili dal penetrometro con capacità di 20 ton (il più utilizzato).

In totale sono state analizzate n 8 CPT dal Data Base Comunale.

Sondaggi a carotaggio continuo, dai quali sono state estrapolate informazioni di tipo stratigrafico – litologico più dirette data la natura delle indagini stesse, sia delle coperture che del substrato geologico per i primi metri più superficiali. In totale sono stato considerati n. 15 sondaggi a carotaggio continuo localizzati principalmente a Predappio alta. Sono stati quindi utilizzati n.3 sondaggi della banca dati regionale nelle aree di pianura per compensare la carenza di informazioni in alcuni ambiti più difficili da interpretare. La banca dati regionale è stata quindi consultata per tutti i sondaggi sia a distruzione sia con escavatore per acquisire ulteriori informazioni sulla tipologia dei terreni di copertura. Non avendo detti sondaggi informazioni più specifiche utili per lo studio in oggetto non sono stati ubicati nella carta delle indagini ma vengono comunque riportati nella cartella documenti interna alla cartella indagini (Predappio_S30).

Prove sismiche a stazione singola con tecnica HVSR

Non sono state reperite nel Data Base del Comune repute significative per il presente studio.

Prove sismiche multicanale RE.MI

sono state reperite n.3 prove da precedenti studi eseguiti in sito per la caratterizzazione sismica locale.

Prove sismiche multicanale MASW

È stata reperita n.1 prove MASW realizzata per la caratterizzazione sismica e geologica di un lotto in zona artigianale a Predappio bassa.

Prove sismiche Cross Hole

Prova sismica di tipo Cross Hole reperita, ubicata a Predappio Alta e realizzata per la caratterizzazione geologica e geotecnica dell'abitato da consolidare.

Sono stati inoltre consultati ed utilizzati quali raffronto di massima sui dati acquisiti e reperiti altre indagini sismiche eseguite in località Fiumana (CH e DH) utili soprattutto per la determinazione della tipologia del substrato e della velocità delle onde Vs nei terreni di copertura cartografati.

Nell'ambito del presente studio, ad integrazione dei dati reperiti, sono state eseguite:

- n. 22 misure H/V ex novo utilizzando il tromografo Pasi Gemini 2 utilizzando, in fase di acquisizione, i parametri di riferimento del progetto di ricerca SESAME (tempo di acquisizione 1200 secondi, frequenza di campionamento 1Khz). Tali misure sono state finalizzate ad acquisire utili elementi di valutazione riguardanti l'aspetto litostratigrafico ricostruito nonché di definire la frequenza propria naturale dei depositi utile alla definizione della risposta sismica locale. Attraverso tale misura è inoltre possibile individuare, analizzando il picco di frequenza principale H/V (f_0), discontinuità sismiche e profondità del bedrock sismico nonché stimare la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs). Talvolta, in base alle evidenze risultanti da prove geognostiche limitrofe ed alle informazioni reperite dalla cartografia geologica, la stima della profondità del bedrock sismico e relativo calcolo Vs è stata effettuata individuando un picco H/V secondario (a frequenza maggiore rispetto a quello principale), relativo con tutta probabilità al tetto del substrato roccioso alterato. In questi casi il picco principale H/V è da attribuirsi al substrato roccioso non alterato o a un membro più consistente all'interno di una formazione flyschoidale. Per l'analisi dei dati e per la stima della frequenza fondamentale di sito è stato utilizzato il software dedicato Geopsy, mentre è stato utilizzato il modulo GeoExplorer HVSR per la stima delle velocità Vs relative ai picchi di frequenza fondamentale di sito."
- N.2 Prove sismiche multicanale basate su onde di superficie (RE.MI; MASW ecc)
Sono state eseguite misure ex novo con tecnica integrata MASW + Re.Mi. utilizzando un sismografo Geometrics Geode a 24 canali con geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz posti ad interdistanza di 3 m (per un totale di 69 metri di stendimento sismico). Per l'analisi dei microtremiti rifratti è stato utilizzato il software dedicato SeisOpt Re.Mi. mentre per l'analisi delle onde sismiche di superficie MASW è stato utilizzato il software RadEx Pro. La tecnica MASW è considerata un 'metodo attivo': le onde di superficie sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da 24 geofoni (con frequenza naturale 4,5 Hz) posti a distanza intergeofonica pari a 3 metri (lunghezza totale stendimento 69 m). La tecnica Re.Mi. invece è considerata un 'metodo passivo': lo stendimento presenta le stesse

caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). Le due tecniche indagano bande spettrali differenti. Il metodo attivo consente di ottenere, in modo ottimale, una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz fornendo informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 10- 20 m di profondità in funzione della rigidità del suolo). Il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione, in modo ottimale, nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente fino a 30-40 m). La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati). Anche le indagini sismiche REMI/MASW sono state ubicate sul territorio a compensare aree con poche informazioni e/o ad integrare i dati disponibili.

Si rileva infine come il Comune di Predappio, in particolare l’area di fondovalle di Predappio bassa e l’abitato da consolidare di Predappio Alta siano state nel tempo oggetto di numerose campagne di indagine con fini diversi. La mole di dati a disposizione è stata nel presente studio oggetto di valutazione specifica riconducendo sia la rappresentazione, sia il dato numerico derivato alle linee di standards definite dall’ICMS, sia dalle specifiche regionali.

5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La caratterizzazione stratigrafica e la ricostruzione del modello di sottosuolo, è stata ricostruita dall'analisi dei dati raccolti messi a disposizione dalla Pubblica Amministrazione e dai dati riportati nei Database Regionali, nonché in base ai risultati ottenuti dalle prove geofisiche effettuate. La ricostruzione della successione e la natura dei litotipi identificati sono rappresentativi esclusivamente della porzione di territorio indagata ai fini della MZS.

il territorio indagato poiché dislocato tra Predappio alta, Predappio bassa, Tomba e Fiumana, può essere ricondotto al seguente modello del sottosuolo.

un primo strato di copertura da 3 a 10 m

Questo orizzonte può presentare caratteristiche differenti caratteristiche litologiche e diversa genesi. Nelle aree prossime al fondovalle, a ridosso del centro abitato questo è generalmente costituito da depositi alluvionali terrazzati di diverso ordine), costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e, localmente, di piana inondabile (AES8 e AS8a) il cui spessore è generalmente inferiore a 5m soprattutto nella zona più a ridosso del Fiume Rabbi. Al passaggio tra il fondovalle e i versanti le coperture sono caratterizzate in genere, da coperture i cui caratteri litostratigrafici sono eterogenei ed eterometrici diversificati in base alle diverse genesi (b1,a3, a6)le quali possono anche essere giustapposte alle coperture precedenti e dar luogo a maggiori spessori .

In tale livello superficiale è compreso anche l'orizzonte di alterazione superficiale del substrato formazionale, il cui spessore può essere variabile da pochi decimetri a qualche metro. Gli spessori più considerevoli si verificano in corrispondenza delle formazioni i con orizzonti pelitici preponderanti.

un orizzonte profondo

Caratterizzato dal substrato Formazionale integro.

Per quanto riguarda la zona di Predappio Alta esso è quasi sempre costituito dalla Formazione a Colombacci litofacies conglomeratica (FCOb) caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec in sovrapposizione alla Formazione GHT dei Ghioli di tetto litofacies di Predappio alta.

Per quanto riguarda le zone di Predappio Bassa il substrato Formazionale è quasi sempre costituito dalla Formazione Marnoso Arenacea membro di Civitella (FMA9) caratterizzato da $V_s > 800$ m/sec Subordinatamente il substrato può essere costituito dalla Formazione delle Argille Azzurre (FAA) e Formazione a Colombacci (FCO) caratterizzate da $V_s < 800$ m/sec.

Nella zona di Fiumana il substrato formazionale è quasi sempre caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec (FAA; FAA2p, FAA3b,CEA)

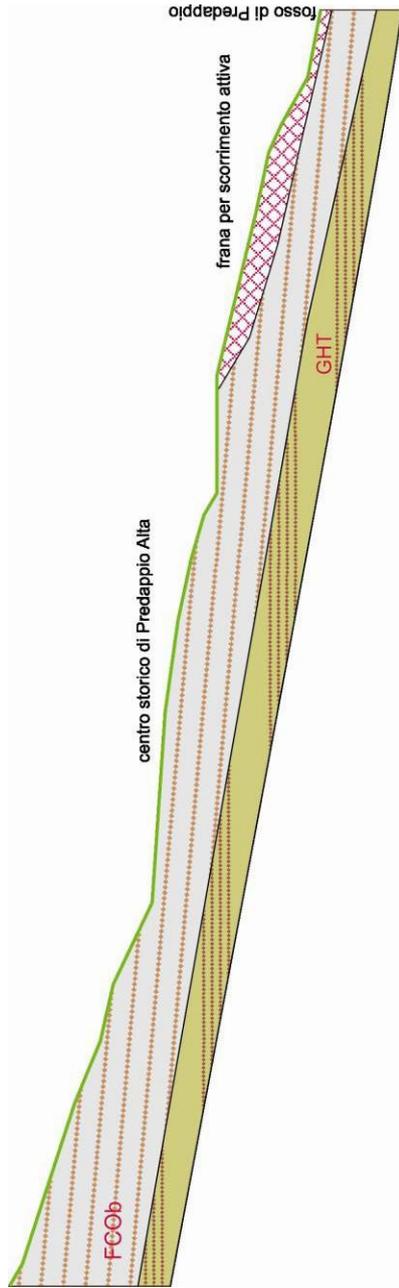
Nella zona di Tomba il substrato è caratterizzato dalla Formazione Marnoso Arenacea Membro di Civitella (FMA 9) caratterizzato da Substrato con $V_s > 800$ m/sec.

Alcune zone sono caratterizzate da substrato formazionale affiorante o con spessori di alterazione inferiori a 3,0 m. Queste zone individuabili in corrispondenza della Formazione Marnoso Arenacea con $V_s > 800$ m/sec, sono considerate stabili ai fini della micro zonazione sismica.

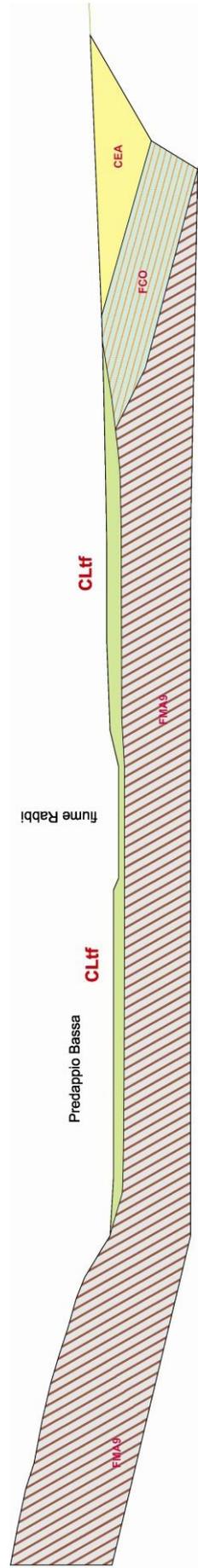
Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) sono state individuate n. 8 zone, distinte in base allo spessore dello strato superficiale e all'andamento della V_s con la profondità (substrato).

Si riportano le sezioni geologiche interpretative, inserite nella tavola cartografica Carta Geologico-Tecnica.

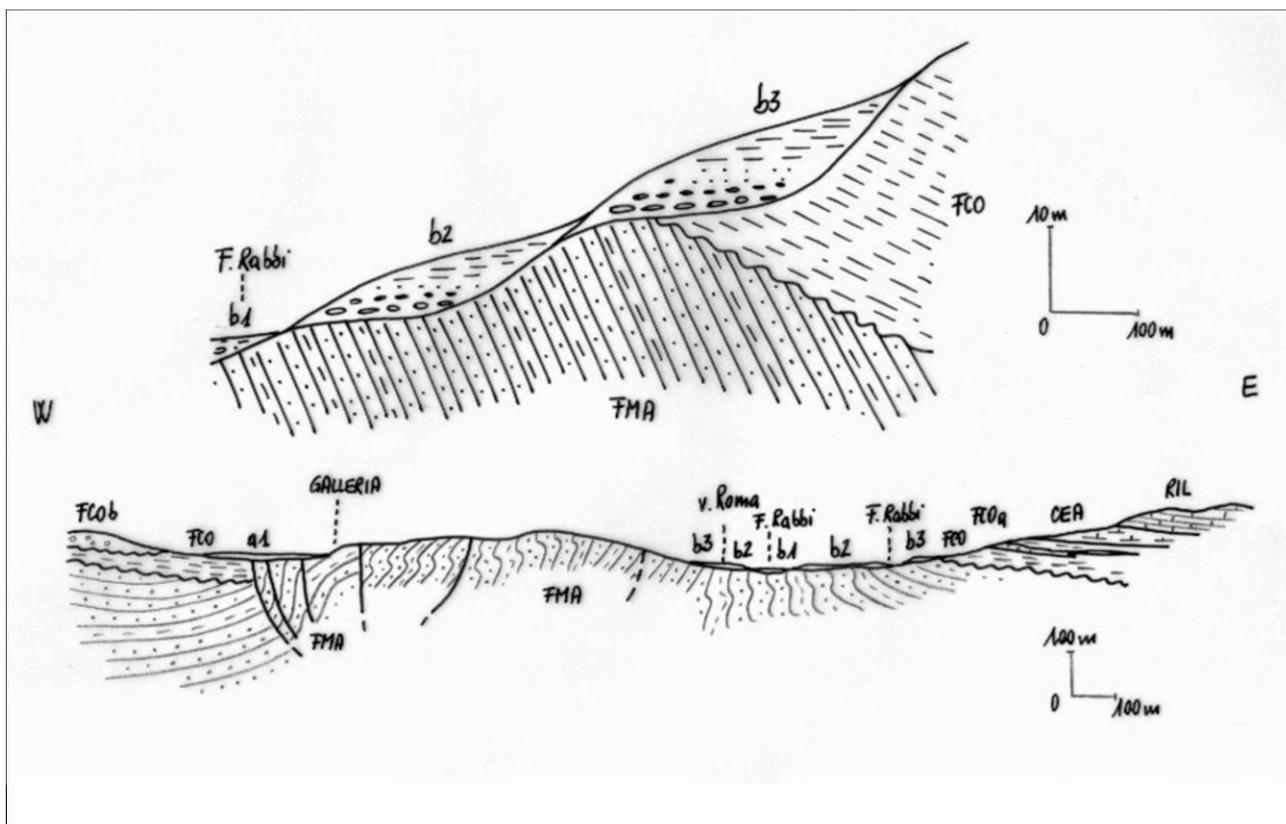
Si riportano nel seguito le sezioni geolitologiche rappresentative dell'area oggetto di approfondimento.



Sezione 1
scala 1:2500



Sezione 2
scala 1:2500



Sezioni geologiche rappresentative del fondovalle di Predappio bassa (da **DI MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PREDAPPPIO BASSA**, Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, settembre 2002)

6 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Per il territorio comunale di Predappio ci si è potuti avvalere di numerosi dati geognostici sia del Database Regionale che derivati da studi e approfondimenti di tipo diretto (sismica) e di tipo sperimentale. Gli studi pregressi sono stati utilizzati quasi esclusivamente per la ricostruzione del modello geologico e stratigrafico locale e quale supporto e base di confronto sulle indagini eseguite ex - novo.

Le indagini geofisiche eseguite ex novo hanno permesso sia la ricostruzione del modello del sottosuolo che la elaborazione dei risultati necessari alla microzonazione sismica locale di II livello.

Inoltre, poiché i fattori di amplificazione stratigrafica FA e FV vengono stimati attraverso abachi che fanno riferimento a configurazioni stratigrafiche “tipo” non assimilabili a quelle delle aree di specifico interesse, la determinazione dei fattori di amplificazione secondo i criteri generali ICMS, così come richiesto nell’Allegato C della Delibera della Giunta Regionale 1302/2012, non ha trovato applicabilità ai fine del presente studio, sono stati pertanto utilizzati esclusivamente gli abachi relativi della Regione Emilia Romagna.

Sono state riscontrate in particolare aree che necessitano di approfondimenti di III livello in corrispondenza delle aree individuate come zone di attenzione per fenomeni gravitativi sia in atto che potenziali e in corrispondenza del nucleo di Predappio Alta poiché, come già riportato, individuato quale centro abitato da consolidare. L’ambito demandato al terzo livello ricomprende quindi il perimetro dell’abitato da consolidare ampliato a ricomprendere aree instabili o in dissesto.

7 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Lo studio di MZS di livello 2, che prende come riferimento i criteri e le metodologie operative definite ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali, è articolato nelle seguenti fasi:

FASE 1 – Come già accennato nei precedenti paragrafi, in accordo con i Tecnici del Comune e della Comunità Montana dell'Appennino Forlivese sono state individuate le aree oggetto di indagine tra quelle urbanizzate e urbanizzabili. Nel territorio oggetto del presente studio, non sono state indicate fasce a cavallo di infrastrutture viarie di notevole interesse. In particolare tali aree comprendono le perimetrazioni dei centri storici, le aree attualmente urbanizzate ed in via di espansione e le strutture ingegneristiche rilevanti in ragione di problematiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche individuate nel corso dei sopralluoghi e nella raccolta dei dati geologici e geomorfologici pregressi.

FASE 2 Ha previsto l'acquisizione e analisi critica dei dati pregressi esistenti nelle aree (rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi, ecc.) e realizzazione della Carta delle Indagini. Il recupero dei dati pregressi esistenti nel territorio in esame è risultato di fondamentale importanza. Tale attività è stata realizzata prioritariamente all'impostazione delle nuove campagne di indagini in modo tale che è stato possibile effettuare una programmazione nelle aree meno indagate.

I dati esistenti sul territorio e presenti sia nell'ambito della carta dei dati di base degli strumenti urbanistici, soprattutto nell'ambito della Banche Dati realizzate dalle Amministrazioni Comunali.

Di seguito si riporta un elenco, relativo alle banche dati consultate e disponibili per la consultazione in rete:

• **Portale Servizio Geologico d'Italia.** Il portale è contenuto nel sito WEB dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ed include, i seguenti archivi di particolare interesse ai fini della microzonazione:

• **Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia Romagna:**

1. Carta geologica regionale: la carta geologica di base alla scala 1:10.000

• **Indagini e studi a corredo degli strumenti urbanistici Comunali (PRG, PSC e POC ecc.)** e dati in disposizione dell'amministrazione Comunale, di privati.

- **Banca dati frane e coperture:** Carta dell'inventario del Dissesto della Regione Emilia Romagna e cartografia del PAI Bacini Romagnoli.

FASE 3 - Raffronto tra le indagini geognostiche, cartografie geologiche esistenti, e controllo sul terreno ai fini della realizzazione della Carta Geologico – Tecnica per la Microzonazione sismica in scala 1:5000.

FASE 4 ha previsto la redazione della Carta delle Frequenze naturali del terreno e la Carta delle Velocità delle onde di taglio S (Vs).

FASE 5: ha previsto la redazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5000. Sono state rappresentate le microzone omogenee, individuate sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici. Tali zone sono state differenziate in base alle caratteristiche lito-stratigrafiche, correlate a differenti tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Di particolare importanza a questo scopo è risultata la ricostruzione del modello geologico tecnico dell'area e l'individuazione dei litotipi costituenti il substrato.

Il presente studio ha identificato n. 10 microzone differenziate in base alla presenza o meno di coperture; ove fossero presenti in base alle dimensioni granulometriche, alle loro alternanze, allo spessore, al grado di consistenza o al grado di addensamento, in rapporto alla presenza di un bedrock sismico o non sismico, valutabile anche dalla presenza di impedenza sismica.

FASE 6 - Redazione Carta dei fattori di amplificazione delle aree - carta di micro zonazione sismica (secondo livello di approfondimento).

Poiché i fattori di amplificazione stratigrafica FA e FV vengono stimati attraverso abachi che fanno riferimento a configurazioni stratigrafiche "tipo" non assimilabili a quelle delle aree di specifico interesse, la determinazione dei fattori di amplificazione secondo i criteri generali ICMS, così come richiesto nell'Allegato C della Delibera della Giunta Regionale 1302/2012, non ha trovato applicabilità ai fini del presente studio.

La micro zonazione sismica è stato pertanto realizzata secondo quanto previsto dagli indirizzi regionali (DAL 112/2007), per le parti del territorio comunale urbanizzate ed urbanizzabili definite in accordo con l'amministrazione, nelle quali, nella cartografia di primo livello sono state individuate quelle zone suscettibili di amplificazione e prive di particolari elementi di instabilità. Tale livello di approfondimento ha

richiesto la realizzazione di indagini suppletive per la stima dei fattori di amplificazione attraverso le tabelle e gli abachi forniti dalla stessa normativa. I risultati di questa analisi sono sintetizzati attraverso o le specifiche mappe di dettaglio nelle quali vengono identificate aree a diversa pericolosità in termini di fattori di amplificazione stratigrafica espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale FA_{PGA} ; sia di rapporto di Intensità Spettrale di Housner (FA_{SI}) quest'ultimo per intervalli di periodi T tra 0,1s e 0,5s e 0,5s e 1,0s ($FA_{0,1-0,5s}$; $FA_{0,5-1,0s}$) secondo i criteri dell'Allegato A2 punto A2.2. della D.A.L. 112/2007, incrementati dove ne sussistono le condizioni dal fattore di amplificazione topografico.

Al fine dell'utilizzo degli abachi sono state definite le stratigrafie del sottosuolo con particolare riferimento allo spessore delle coperture (H) e dei rispettivi valori di V_s , nonché in base al tipo di substrato e alla profondità dello stesso, tenendo conto della carta delle MOPS, della carta delle V_s e delle Frequenze già elaborate.

Per quanto concerne i dati pregressi si specifica che i profili di V_s analizzati riportano quasi sempre i valori del parametro relativo ai 30 m poiché mirate alla caratterizzazione del tipo di sottosuolo secondo la normativa tecnica sulle costruzioni (NTC 2008 e s.m.i.) e non finalizzate allo scopo oggetto del presente studio. Dagli stessi profili sono stati comunque estrapolati i dati di V_s riferiti allo spessore H delle coperture effettivamente presenti e/o stimate.

STIMA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (D.A.L. 112/2007)

Per ciò che riguarda la stima dei fattori di amplificazione stratigrafica, viste le caratteristiche geologico – stratigrafiche del contesto esaminato, si è fatto riferimento, alle tabelle relative a:

Appennino e margine appenninico - padano (A2.1.1): dove lo spessore dei depositi di copertura non supera i 40 m, nel cui ambito sono state utilizzate tabelle relative al substrato marino caratterizzato da $V_s > 800$ m/s dalla formazione Marnoso Arenacea (FMA) In questa fascia rientrano le zone S4 a S5, delle MOPS.

Sono state utilizzate inoltre le tabelle relative al substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s per le zone in cui affiorano la Formazione delle Argille Azzurre e la Formazione a Colombacci e le Marne di Cella. In questa fascia rientrano le zone S1 a S2, S3, S6, S7, S8 delle MOPS.

I valori dei **fattori di amplificazione stratigrafica** sono stati selezionati in funzione dello spessore dei depositi e del valore della velocità media equivalente delle onde S nello spessore stesso. E' stato assunto il valore di $V_s H$ relativo allo spessore del deposito.

COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
COMUNE DI PREDAPPIO (FC)
Microzonazione sismica di II livello

I fattori di amplificazione stratigrafica sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (FA_{PGA}) sia di rapporto di Intensità Spettrale di Housner (FA_{SI}) quest'ultimo per intervalli di periodi T tra 0,1s e 0,5s e 0,5s e 1,0s.

Non si è proceduto alla determinazione dell'amplificazione topografica in quanto il territorio comunale nell'ambito di indagine considerato, non presenta caratteristiche tali da richiedere determinazioni o approfondimenti specifici (assenza di condizioni morfologiche tali da intervenire su di una potenziale amplificazione del moto sismico per caratteristiche topografiche).

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione determinati secondo la D.A.L. 112/2007 ai quali si è fatto riferimento per la redazione della carta. La stima è sempre stata eseguita considerando il dato più gravoso.

In particolare:

RIFERIMENTO ZONE MOPS	VsH/VS30	TAB	FA _{PGA}	FA _{SI} (0.1s-0.5s)	FA _{SI} (0.5s-1.0s)
1	VS30=450	A2.1.1<800	1,4	1,5	1,4
2	Vs5=300	A2.1.1<800	1,5	1,4	1,4
3	VS10=300	A2.1.1<800	1,8	1,7	1,4
4	VS5=300	A2.1.1>800	1,2	1,0	1,0
5	VS10=300	A2.1.1>800	1,7	1,4	1,0
6	VS5=250	A2.1.1<800	1,7	1,5	1,4
7	VS10=250	A2.1.1<800	2,0	1,9	1,5
8	VS30=500	A2.1.1<800	1,3	1,4	1,4

FASE 7 – Informatizzazione mediante tecnologia GIS dei dati acquisiti e delle cartografie elaborate nell'ambito dello studio di MZS, secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" redatti dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica versione 2.0.

FASE 8 - Redazione della Relazione tecnica illustrativa dei risultati ottenuti dallo studio eseguito.

8 – ELABORATI CARTOGRAFICI

Carta delle Indagini (in scala 1:5.000)

Nella carta sono state rappresentate sia le indagini reperite che quelle di nuova esecuzione.

In particolare tra i dati reperiti sono stati cartografati:

n.8 CPT

n.3 RE.MI

N. 1 MASW

N. 1 CROSS HOLE

n.15 sondaggi a carotaggio continuo

Sono state cartografate inoltre:

n.22 indagini sismiche HVSR;

n.2 RE.MI/MASW

realizzate ex novo.

Carta Geologico – Tecnica per la Microzonazione sismica in scala 1:5000

Nella carta geologico - tecnica per la MZ vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis per tipologia e i litotipi in base alla cartografia geologica (fondata su criteri litostratigrafici) a disposizione, e successivamente distinti in copertura e substrato geologico. Il substrato geologico è stato classificato rigido e non rigido intendendo come rigidi quei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti e dalla stima del contrasto di impedenza sismica atteso. Si è inoltre associata al substrato una descrizione sulla tipologia tessiturale, contraddistinta da una sigla codificata così come previsto dalle linee guida IMCS.

Lo spessore minimo per le coperture rappresentate è 3 m; la litologia dei terreni è stata descritta tramite sistema di classificazione *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM,1985). Inoltre è stata aggiunta una sigla che descrive l'ambiente deposizionale del litotipo.

Tra le forme di superficie ritenute significative si evidenziano orli di scarpata morfologica con altezza compresa tra 10 e 20 metri. Non si evidenziano orli di terrazzi fluviali con altezze superiori ai 10/20 m oltre ad elementi tettonico-strutturali quali faglie attive e capaci, faglie trascorrenti attive e assi di sinclinali o anticlinali.

Vengono altresì rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- giaciture degli strati;
- faglie dirette non attive certe e inferite
- falde detritiche (forme di superficie) in aree di limitata estensione
- picchi isolati (Predappio Alta)
- cavità isolata (Predappio Alta)

In carta sono inoltre riportate le tracce della sezioni litotecniche, rappresentative del modello di sottosuolo. Tale carta è stata realizzata dal raffronto della cartografia geologica esistente, dell'analisi dei dati geognostici esistenti, con particolare riguardo ai logs stratigrafici e da rilievo di campagna.

La tipologia dei terreni di copertura e il grado di addensamento sono stati desunti confrontando i dati cartografati nella carta delle indagini con i numerosi logs di sondaggi a distruzione e sondaggi con escavatore reperiti nella banca dati regionale.

La **Carta delle frequenze naturali scala 1:5.000 (Tavola Unica in scala 1:5000)** è stata redatta sulla base delle indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr) eseguite ex-novo. Gli elaborati e i grafici relativi alle elaborazioni dei dati sono riportati nel database di archiviazione in formato PDF. Tutte le zone indagate hanno presentato fenomeni di risonanza nell'intervallo 0,1 – 20 Hz più o meno evidenti. Il territorio è stato suddiviso in diverse classi di frequenza basate al valore di picco significativo a più bassa frequenza, rappresentativo della frequenza fondamentale di sito (f_0), alle quali è possibile anche associare un valore stimato della profondità del bedrock (cfr. criteri SESAME).

Zona	Valori di f_0 (Hz)	Spessori attesi (m)
1	fino a 1	>100
2	da 1 a 2	>30 <100
3	da 2 a 8	>10<30
4	oltre 8	<10

Sono stati inoltre individuate le aree caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza massima della curva $H/V > 3$).

La zona 3 è caratteristica delle fasce a mezza costa e pedecollinari e lungo il fondovalle, dove si concentrano la maggior parte dei depositi di versante e i depositi eluvio - colluviali nonché quelli alluvionali terrazzati e recenti. La zona 4 è riscontrabile in corrispondenza delle zone in affioramento e sub - affioramento del substrato formazionale lapideo o dove il substrato è presente a quote prossime al piano campagna o per interventi di sbancamento (interventi antropici) o per dislocazioni tettoniche locali e molto circoscritte.

La **Carta delle Velocità (Tavola Unica in scala 1:5000)** è stata redatta sulla scorta di indagine eseguite ex novo, multicanale in array. Sono state ubicati tutti i punti di misura e i valori di V_s (m/s) equivalenti al valore dello spessore H (m), nelle aree caratterizzate da spessori delle coperture superiori a 3 m, mentre nelle zone caratterizzate da spessori delle coperture inferiori a 3 m, ove presenti, il valore di V_s riportato corrisponde al parametro V_{s30} .

La **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5000**, nello specifico individua e caratterizza:

- le **Zone Stabili**, cioè quelle nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (i litotipi sono assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- le **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, cioè quelle in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- le **Zone instabili**, cioè quelle suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, cedimenti differenziali, fagliazione superficiale).

Segue la descrizione nel dettaglio di ogni singola Zona individuata, inserita nella Carta MOPS del presente studio. In riferimento allo stato di addensamento o di consistenza delle coperture, rispettivamente riferito a materiali esclusivamente granulari e coesivi, si specifica che la valutazione con prove manuali come specificato negli standard ICMS non è stato possibile effettuarle dato che le indagini non sono state eseguite direttamente dal soggetto attuatore. Valutazioni in merito sono state eseguite sulla scorta di analisi di laboratorio laddove eseguite o sulla correlazione empirica da prove penetrometriche (correlazioni con resistenza statica o dinamica alla penetrazione).

Non sono state riscontrate zone suscettibili di amplificazione per caratteristiche topografiche, in base alle specifiche riportate negli standards di rappresentazione 2.0.

• **ZONE STABILI**

Sono state individuate nell'area oggetto del presente studio, zone stabili, come definite nei criteri di classificazione e rappresentazione ICMS, per affioramento del substrato sismico con spessori delle coperture molto limitati.

• **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA**

- **Zona 1:** è rappresentata da substrato non rigido caratterizzato da alternanza di litotipi stratificato, avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore < 3 caratterizzate da V_s medio di 450 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre FAA nei vari membri (FAA, FAA2p, FAA3b) nella zona di Fiumana e FCO e CEA nella zona di Predappio bassa.

- **Zona 2:** è rappresentata da substrato non rigido caratterizzato da alternanza di litotipi stratificato, avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore > 3 fino ad un massimo di 5 metri caratterizzate da V_s medio di 300 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre FAA nei vari membri (FAA, FAA2p, FAA3b) nella zona di Fiumana. Le coperture, corrispondenti al substrato alterato e/o fratturato e a coperture di origine eluvio – colluviale variabili: argille a medio basso grado di plasticità ad argille ghiaioso- sabbiose. I terrazzi di fondovalle in particolare del sistema AES8a presentano alla base, al contatto con il sottostante substrato, uno strato di 1,5/2,0 metri di ghiaie argillose; la conformazione è tipica di tutti i terrazzi più recenti nei fondovalle appenninici al passaggio tra la formazione FMA e il pliocene argilloso.

Tale zona caratterizza le aree di fondovalle alluvionale terrazzato (CLtf), depositi alluvionali in evoluzione (depositi recenti b1)

- **Zona 3:** è rappresentata da substrato non rigido caratterizzato da alternanza di litotipi stratificato, avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore > 5 fino ad un massimo di 10 metri caratterizzate da V_s medio di 300 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre FAA nei vari membri (FAA, FAA2p, FAA3b) nella zona di Fiumana. Le coperture, corrispondenti al substrato alterato e/o fratturato e a coperture di origine eluvio – colluviale variabili: argille a medio basso grado di plasticità ad argille ghiaioso- sabbiose. I terrazzi di fondovalle in particolare del sistema AES8a presentano alla base, al contatto con il sottostante substrato, uno strato di 1,5/2,0 metri di ghiaie argillose; la conformazione è tipica di tutti i terrazzi più recenti nei fondovalle appenninici al passaggio tra la formazione FMA e il pliocene argilloso. Tale zona caratterizza le aree di fondovalle alluvionale terrazzato (CLtf), depositi alluvionali in evoluzione (depositi recenti b1) e in parte aree prossime al fondovalle dove le coperture argillose del substrato alterato acquistano spessori maggiori.

- **Zona 4:** è rappresentata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s con copertura di spessore > 3 fino ad un massimo di 5 metri caratterizzate da V_s medio di 300 m/s, su superfici topografiche aventi inclinazione $< 15^\circ$. Nelle aree di studio il substrato geologico è

rappresentato dalla Formazione Marnoso Arenacea nelle zone di Tomba e Predappio Bassa. Le coperture, corrispondenti al substrato alterato e/o fratturato e a coperture di origine eluvio – colluviale variabili: argille a medio basso grado di plasticità ad argille ghiaioso- sabbiose. I terrazzi di fondovalle in particolare del sistema AES8a presentano alla base, al contatto con il sottostante substrato, uno strato di 1,5/2,0 metri di ghiaie argillose; la conformazione è tipica di tutti i terrazzi più recenti nei fondovalle appenninici al passaggio tra la formazione FMA e il pliocene argilloso. Tale zona caratterizza le aree di fondovalle alluvionale terrazzato (CLtf), depositi alluvionali in evoluzione (depositi recenti b1).

- **Zona 5:** è rappresentata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s con copertura di spessore > 5 fino ad un massimo di 10 metri caratterizzate da V_s medio di 300 m/s, su superfici topografiche aventi inclinazione $< 15^\circ$. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione Marnoso Arenacea nelle zone di Tomba e Predappio Bassa. Le coperture, corrispondenti al substrato alterato e/o fratturato e a coperture di origine eluvio – colluviale variabili: argille a medio basso grado di plasticità ad argille ghiaioso- sabbiose. I terrazzi di fondovalle in particolare del sistema AES8a presentano alla base, al contatto con il sottostante substrato, uno strato di 1,5/2,0 metri di ghiaie argillose; la conformazione è tipica di tutti i terrazzi più recenti nei fondovalle appenninici al passaggio tra la formazione FMA e il pliocene argilloso. Tale zona caratterizza le aree di fondovalle alluvionale terrazzato (CLtf), depositi alluvionali in evoluzione (depositi recenti b1) e in parte aree prossime al fondovalle.

- **Zona 6:** rappresentata da substrato granulare stratificato avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore < 3 fino ad un massimo di 5 metri caratterizzate da V_s medio di 250 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione a Colombacci Membro conglomeratico FCOB nella zona di Predappio Alta. Le coperture sono costituite da ghiaie argillose e argille sabbiose (sondaggi Predappio alta) di origine prevalente eluvio-colluviale.

- **Zona 7:** rappresentata da substrato granulare stratificato avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore < 5 fino ad un massimo di 10 metri caratterizzate da V_s medio di 250 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione a Colombacci membro conglomeratico FCOB nella zona di Predappio Alta. Le coperture sono costituite da ghiaie argillose e argille sabbiose (sondaggi Predappio alta) di origine prevalente eluvio-colluviale.

- **Zona 8:** rappresentata da substrato granulare stratificato avente velocità media delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s con copertura di spessore < 3 e caratterizzato da V_s medio di 500 m/s. Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione a Colombacci Membro conglomeratico

FCOb nella zona di Predappio Alta. Le coperture sono costituite da ghiaie argillose e argille sabbiose (sondaggi Predappio alta) di origine prevalente eluvio-colluviale.

Nell'area indagata non sono state riscontrate zone suscettibili di amplificazione sismica per effetti dovuti alla topografia.

• **INSTABILITA' DI VERSANTE**

All'interno dell'area di studio è stata riscontrata la presenza di zone suscettibili di instabilità, cartografate nella carta geologica regionale o presenti nell'inventario del dissesto regionale.

In particolare sono state cartografate:

instabilità di versante attiva;

instabilità di versante quiescente

Così come definito nell'allegato C dell'OPCM n. 4007/2012 per le aree definite instabili è richiesto un terzo livello di approfondimento pertanto sono state perimetrate come aree che necessitano ulteriori approfondimenti di tipo analitico, quando queste si sovrappongono ad aree urbanizzate o urbanizzabili.

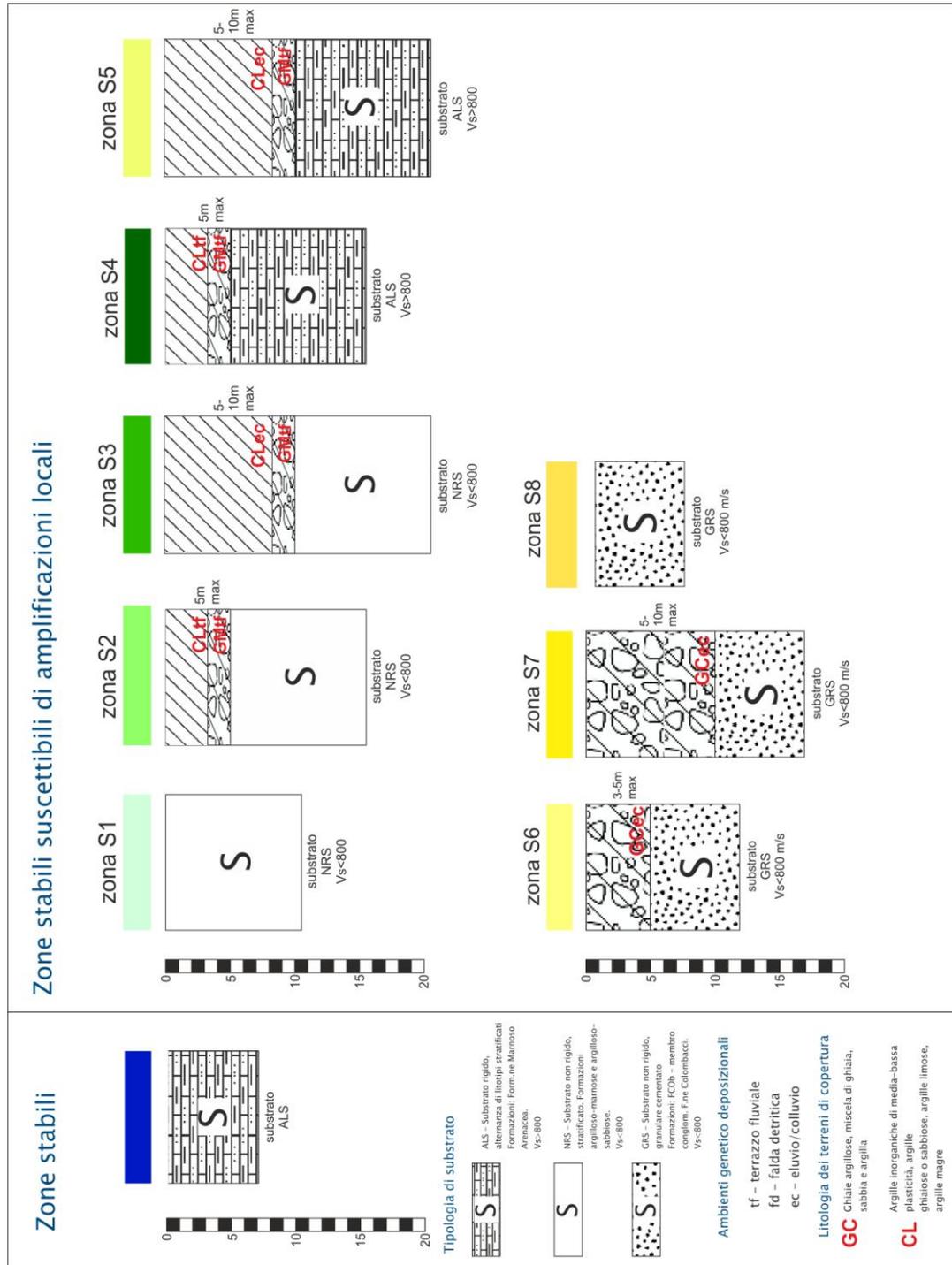


Fig. 5 - Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Carte di micro zonazione sismica (secondo livello di approfondimento) in scala 1:5000.

Quale sintesi dei risultati ottenuti è stata redatta la carta di **Microzonazione sismica** tenendo conto dei Fattori di Amplificazione stratigrafica FA secondo la normativa della Regione Emilia Romagna, suddivisa per intervalli compresi tra un range di 1,1 e 2,5, per un totale di 8 intervalli con incremento di 0,2. Per mancanza dei requisiti di applicabilità degli abachi ICMS non sono state quindi prodotte carte di MZS di II livello elaborate sui fattori FA ed FV definiti dagli abachi stessi, riferendosi esclusivamente alla normativa regionale.

Sono state redatte n. 3 carte relative all' accelerazione massima orizzontale (FA_{PGA}) sia di rapporto di Intensità Spettrale di Housner (FA_S) quest'ultimo per intervalli di periodi T tra 0,1s e 0,5s e 0,5s e 1,0s.

Sono state pertanto perimetrare zone caratterizzate da fattori di amplificazione appartenenti ai diversi intervalli individuati.

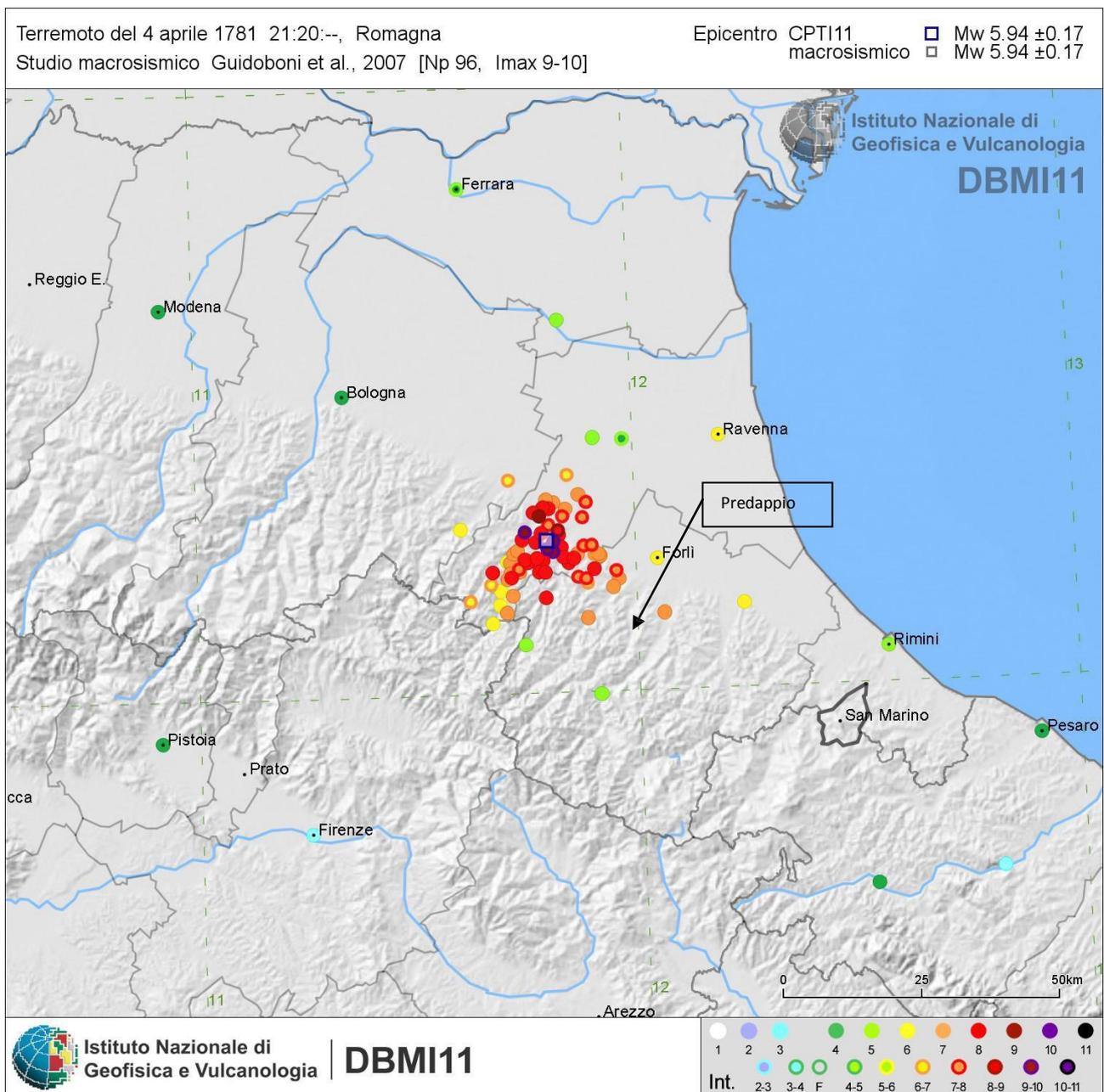
I parametri di amplificazione sono quelli descritti negli standards di rappresentazione e archiviazione informatica v. 2.0

9 – CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

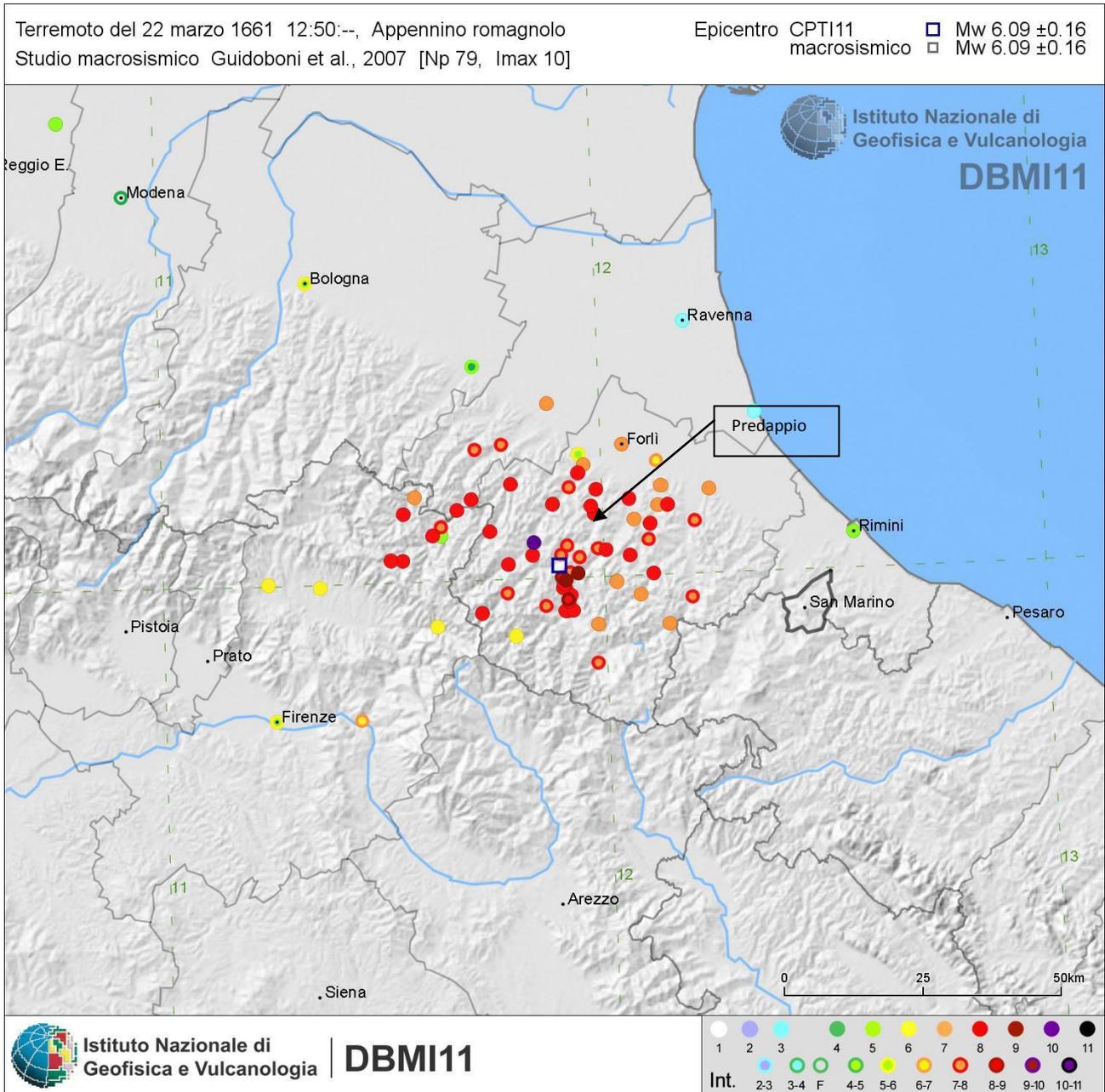
Uno degli eventi significativi (con magnitudo superiore a 5,5) che hanno interessato il territorio comunale, desunto dal catalogo dell'INGV è il seguente:

22.03.1661. ROMAGNA, Magnitudo 5.8. Epicentro a nord di Galeata. Maggiormente colpita Civitella. Gravi danni a Galeata, Bagno, Pianetto, Santa Sofia, Montano, S.Piero, Rocca San Casciano. Crolli e danni, sia pur minori, anche in pianura. Predappio, Fiumana, Dovadola, Bertinoro, Forlì, Castrocaro. Almeno 250 vittime.

Di seguito si forniscono le mappe relative ai terremoti più significativi.



COMUNITA' MONTANA DELL'APPENNINO FORLIVESE
 COMUNE DI PREDAPPPIO (FC)
 Microzonazione sismica di II livello



10 – BIBLIOGRAFIA

AA. VV. – *Supplemento alla rivista “Ingegneria sismica” Anno XXVIII n. 2 – 2011*

AA.VV.(2008), Gruppo di lavoro MS 2008. *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica.* Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome- Dipartimento della Protezione Civile . Roma.

AA.VV. (2008), *Indirizzi per studi di microzonazione sismica.* AMRA S.c.a.r.l. Sezione Early Warning e Rischio Sismico.

AA.VV. (2012) *Microzonazione Sismica . Uno strumento consolidato per la riduzione del rischio, L’esperienza della Regione Emilia Romagna.* A cura del Servizio Geologico sismico dei suoli RER.

AGI, (1977), Associazione Geotecnica Italiana. *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.*

AGI,(2005), Associazione Geotecnica Italiana. *Linee Guida su aspetti geotecnici della progettazione in zone sismiche.*

Albarelo Dario (2013), *Corso di micro zonazione sismica e valutazione della risposta locale per la ricostruzione post terremoto.* Slide

Martelli Luca (2007), *Finalità e struttura dell’atto di indirizzo della Regione –Atto della Giornata informativa “Applicazione del nuovo atto di indirizzo in materia di microzonazione sismica della Regione Emilia Romagna. Esempi nella pianificazione territoriale e urbanistica”. Bologna 14 Dicembre 2007.*

Riga G.(2008), *Microzonazione sismica. Procedure per elaborare una carta di microzonazione sismica . Dario Flaccovio Editore. Palermo 2008.*

Stucchi M.; Camassi R. Rovida A.; Locati M.; Ercolani E., Meletti C. Migliavacca P.; Bernardini F. e Azzaro R, (2011). *DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico. Quaderni di geofisica, INGV.*

Tento A.; Arrigoni V.; Frassinetti G.; Martelli L. ; (2002). *Elementi di microzonazione sismica dell’area di Predappio Bassa.* Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – CNR, Regione Emilia Romagna

11 – ALLEGATI

Alla presente relazione illustrativa si allegano i seguenti report per le indagini geofisiche eseguite ex-novo per il presente studio:

1. report PROVE SISMICHE HVSR – PREDAPPIO (FC)
2. report prove MASW-REMI

Prova HVSR – PRDHV1

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

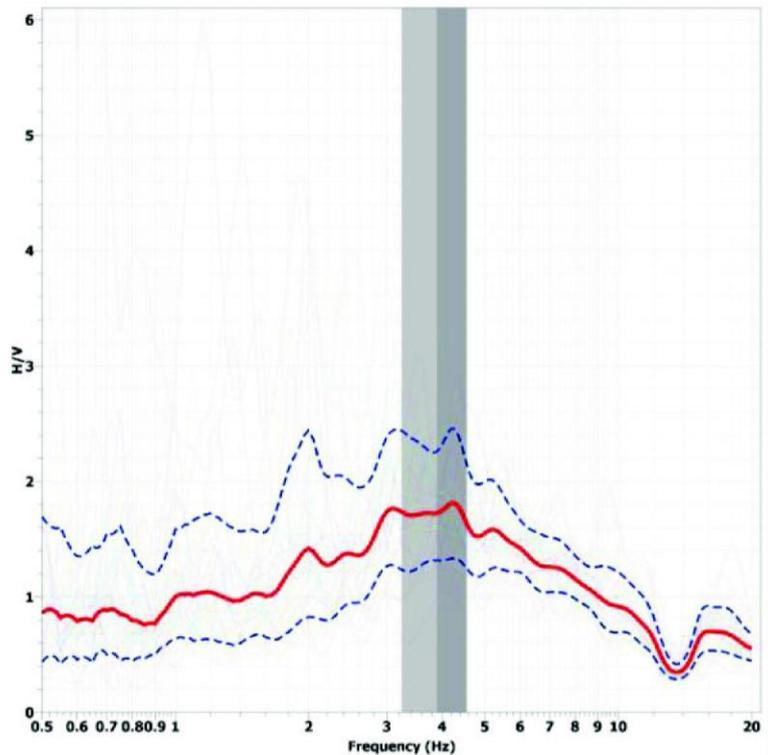
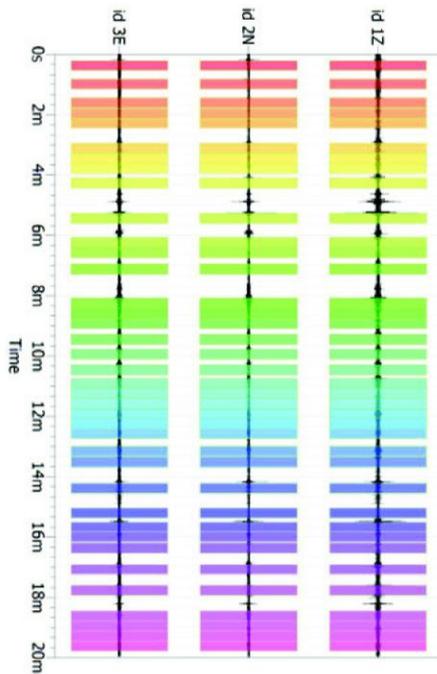
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 3.9 Hz \pm 0.7 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 1.7

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Per profilo Vs e valore Vsh/Vs30 fare riferimento alla prova ReMi–MASW denominata PRDRM1

Prova HVSR - PRDHV2

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

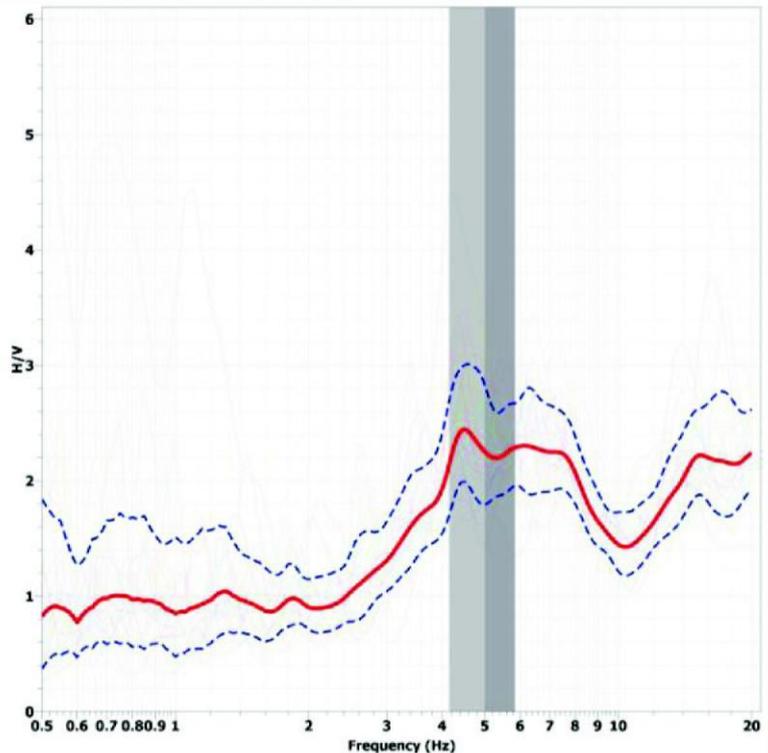
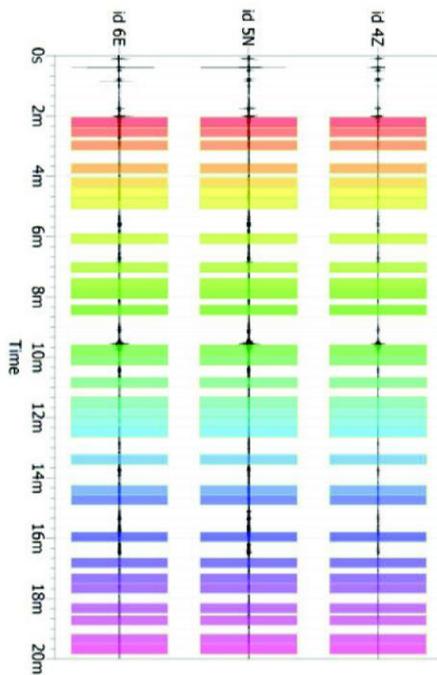
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamiento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.0 Hz \pm 0.8 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.6

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Per profilo Vs e valore Vsh/Vs30 fare riferimento alla prova ReMi-MASW denominata PRDRM2

Prova HVSR - PRDHV3

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

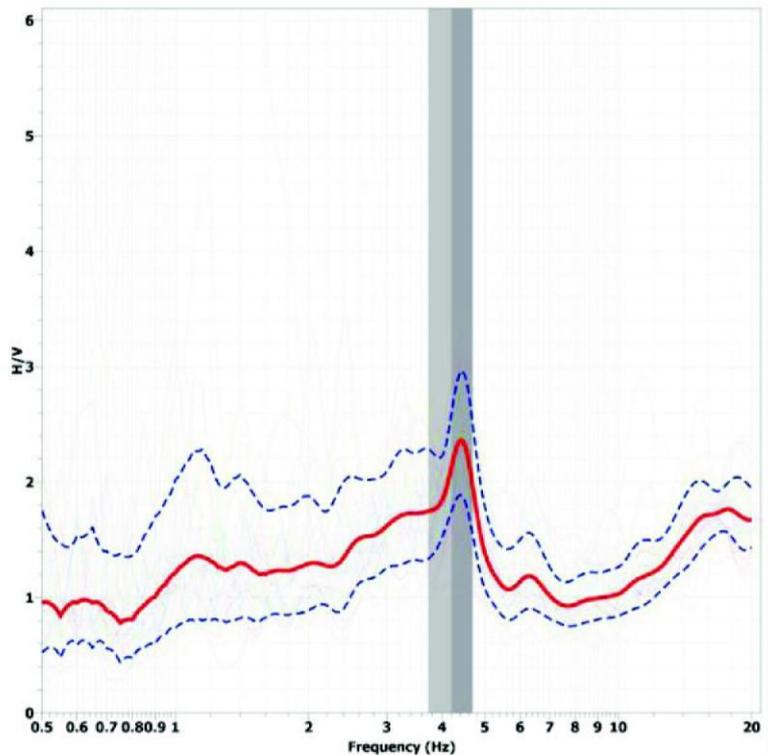
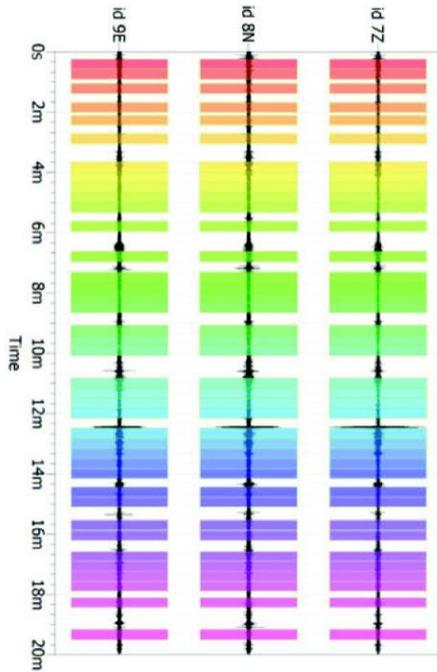
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 4.2 Hz \pm 0.5 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.1

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}} | A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV4

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

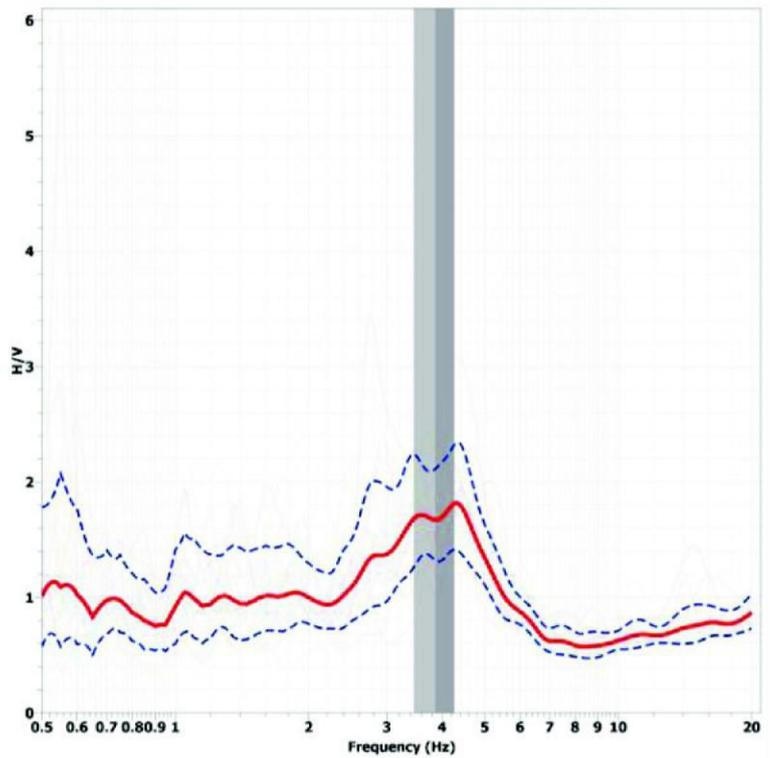
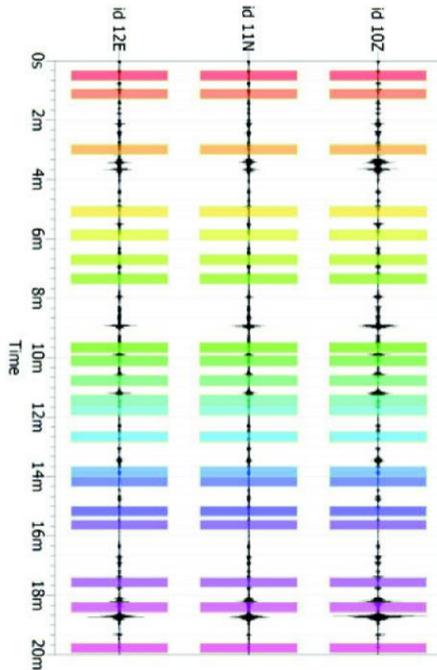
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 3.9 Hz \pm 0.4 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 1.7

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}} | A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV5

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

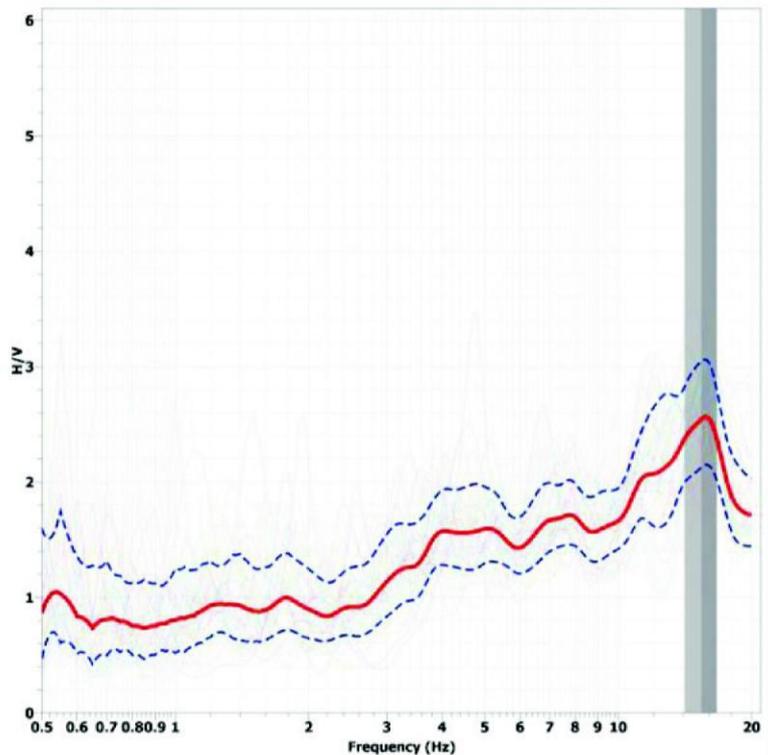
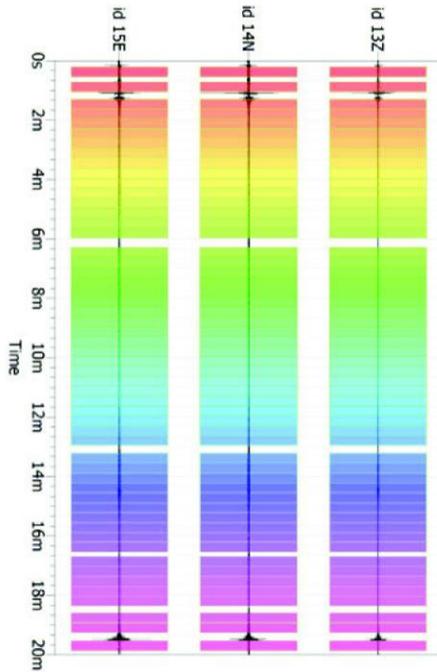
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 15.4 Hz \pm 1.3 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.5

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV6

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

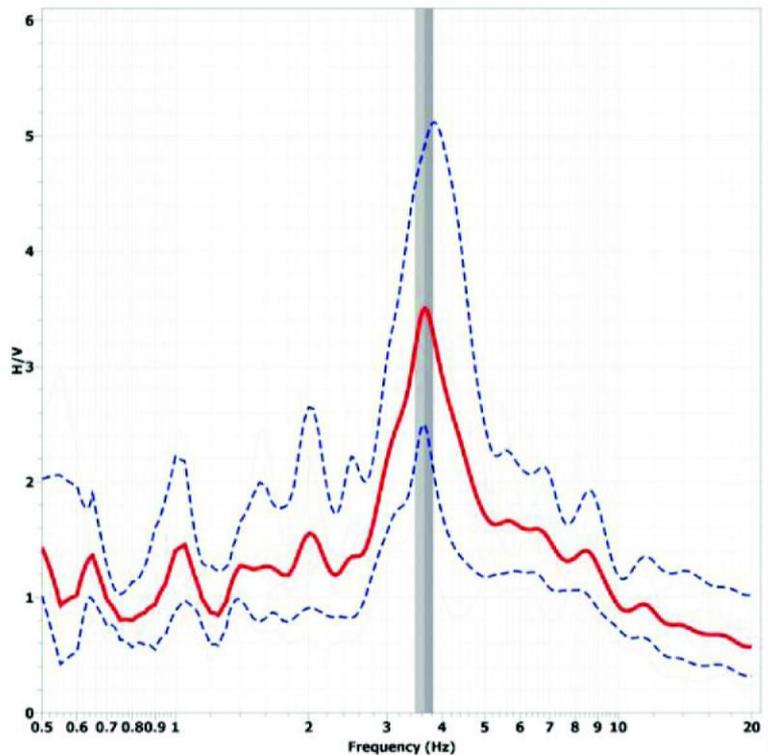
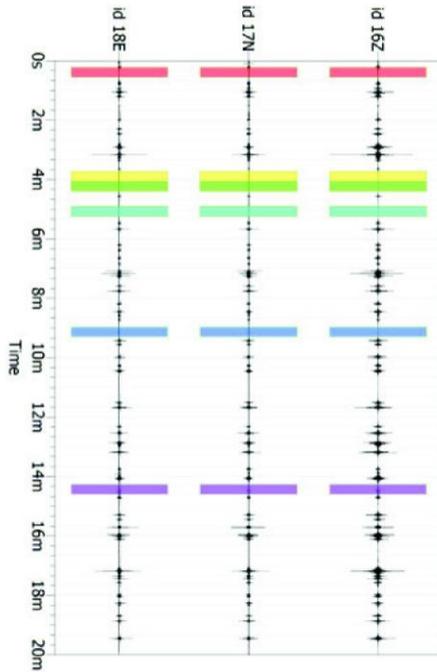
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 3.7 Hz \pm 0.2 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.5

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}} | A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV7

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

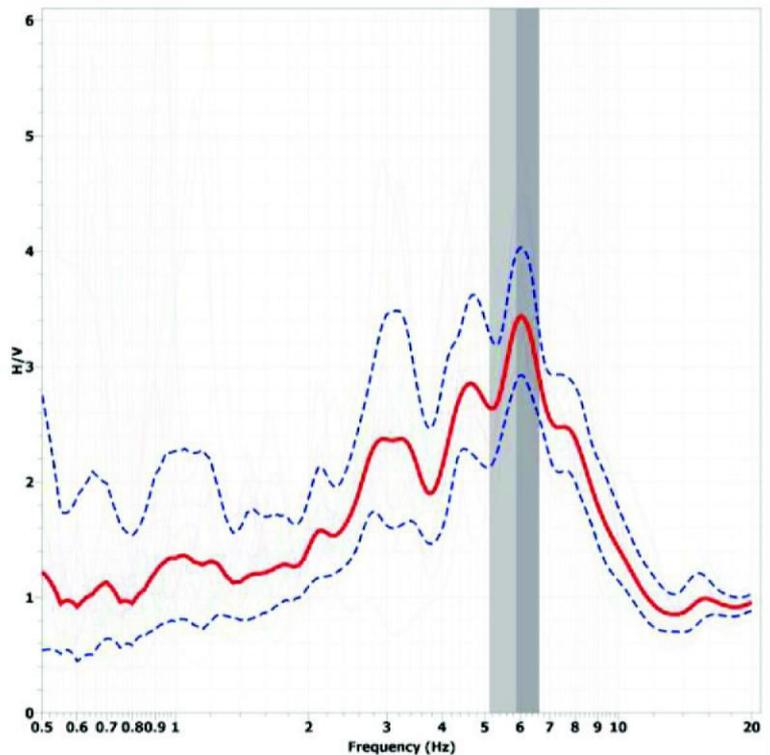
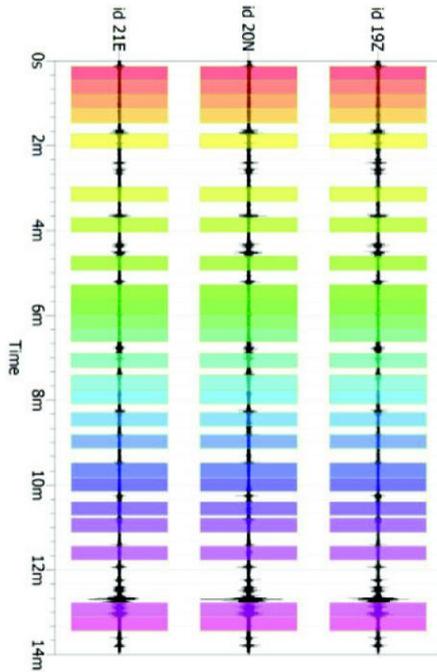
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.9 Hz \pm 0.8 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.4

Verifiche SESAME

Esito

$f_0 > 10/l_w$ OK

$n_c(f_0) > 200$ OK

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ OK

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ OK

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ OK

$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ OK

$A_0 > 2$ OK

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ OK

$\sigma_f < \varepsilon(f)$ OK

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ OK

Prova HVSR - PRDHV8

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

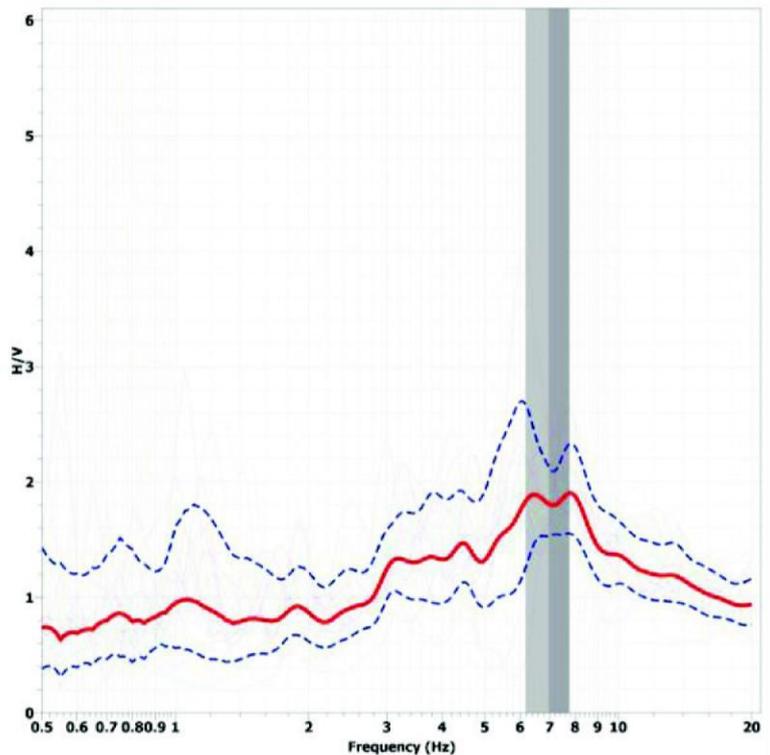
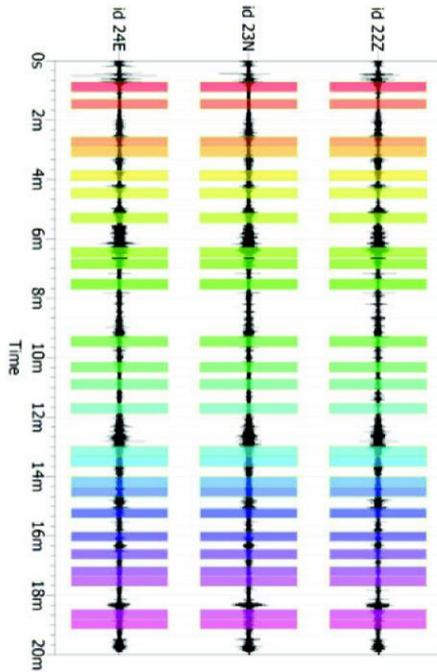
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 7.0 Hz \pm 0.8 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 1.8

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV9

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

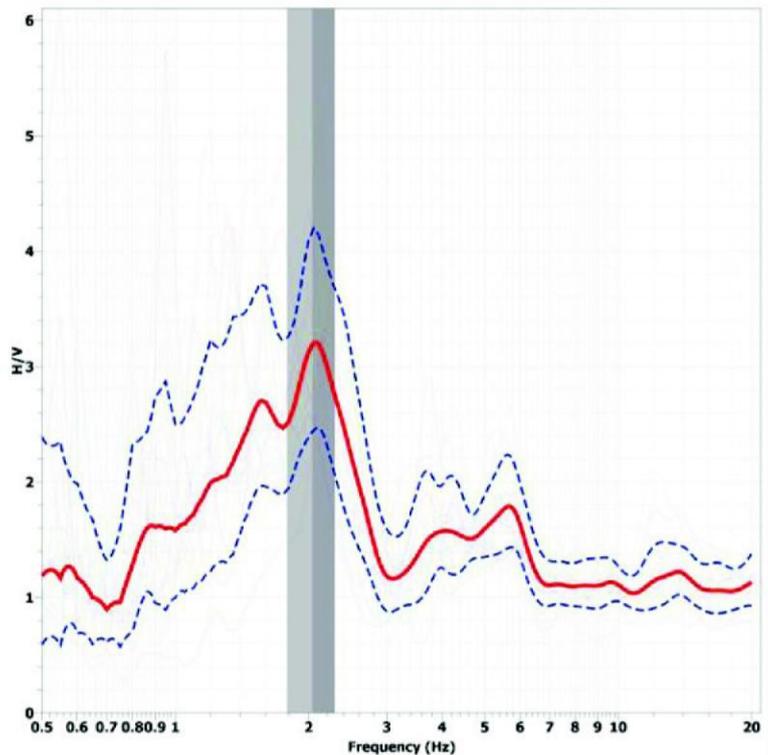
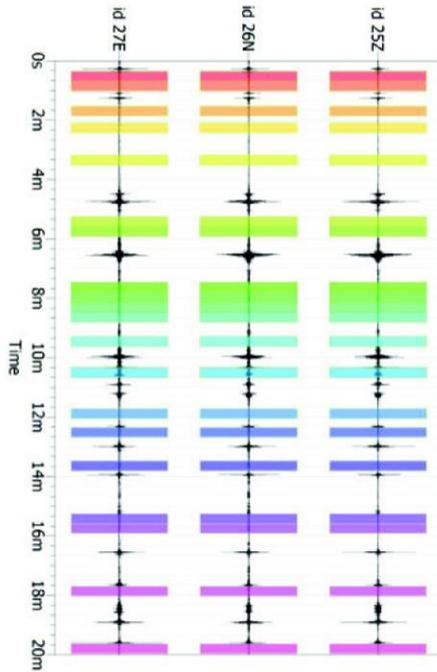
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Fiumana

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 2.0 Hz \pm 0.2 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.2

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV10

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

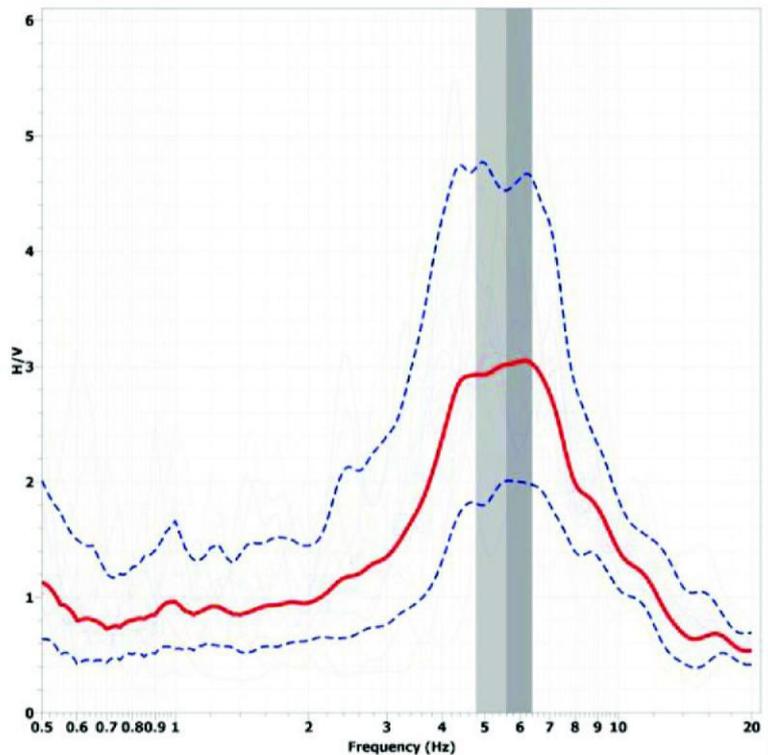
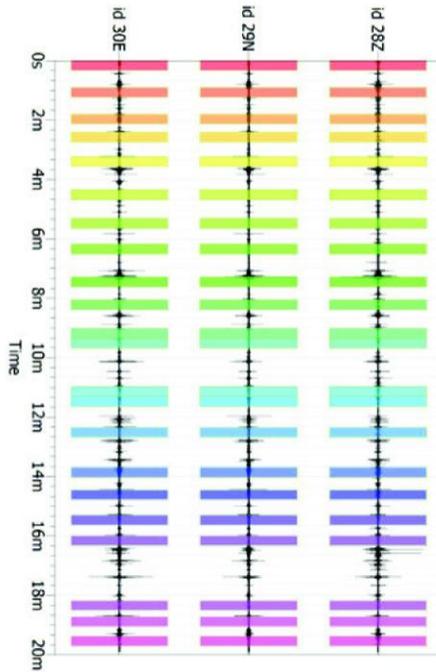
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Trivella

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.6 Hz \pm 0.8 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.0

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV1 1

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

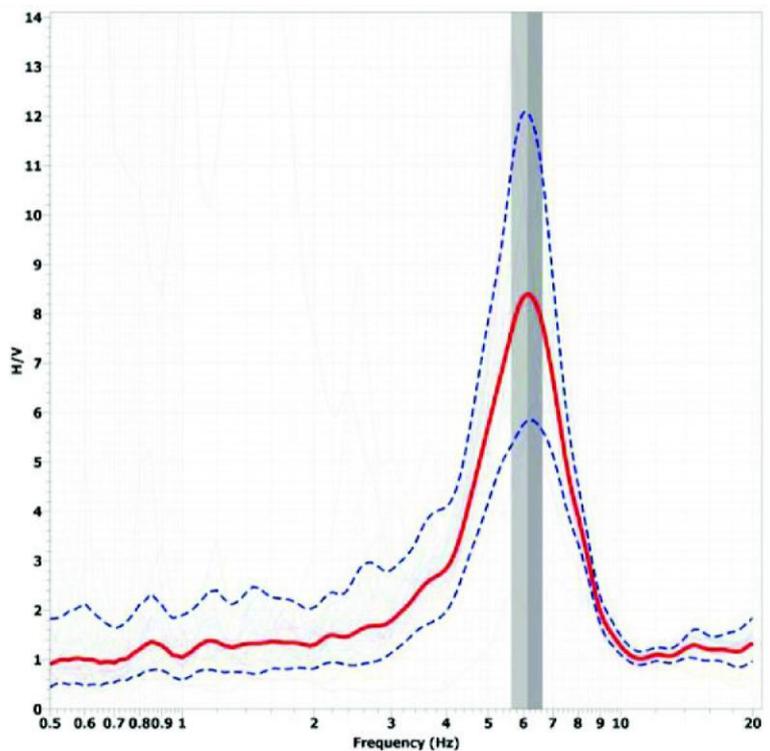
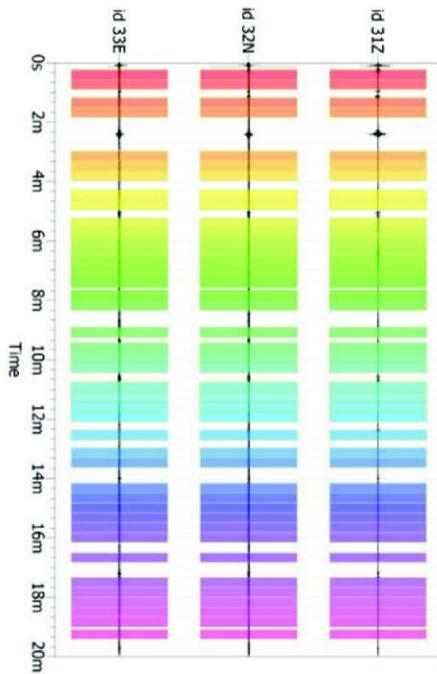
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Trivella

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 6.1 Hz \pm 0.5 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 8.4

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV12

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

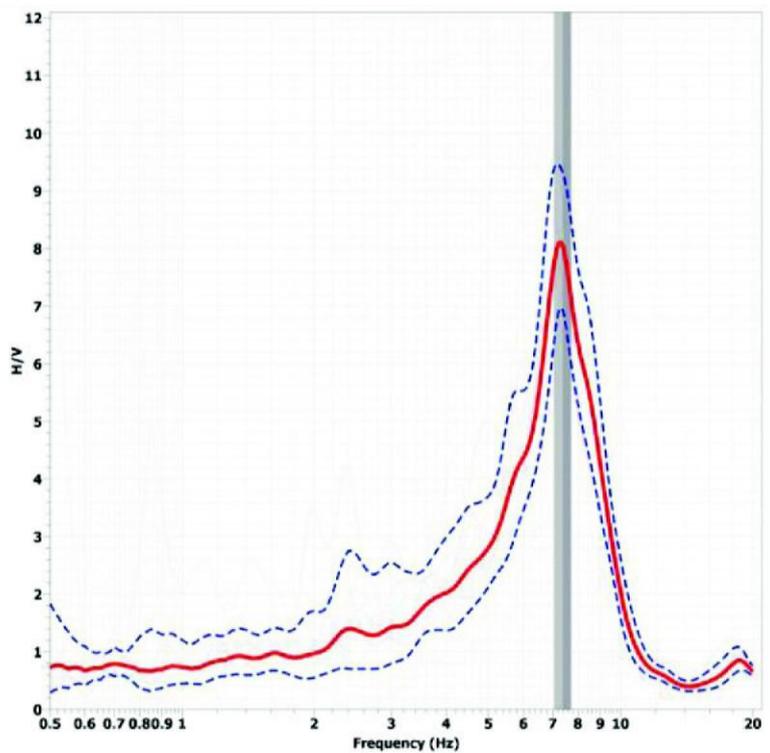
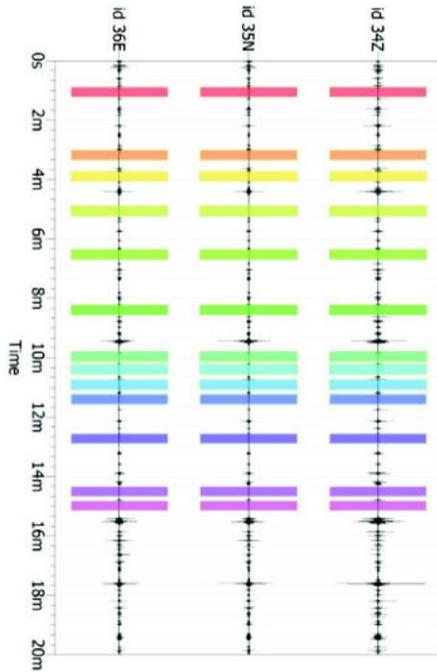
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Trivella

Operatore: GeoExploration srl

Data: 28–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 7.4 Hz \pm 0.4 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 8.0

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV13

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

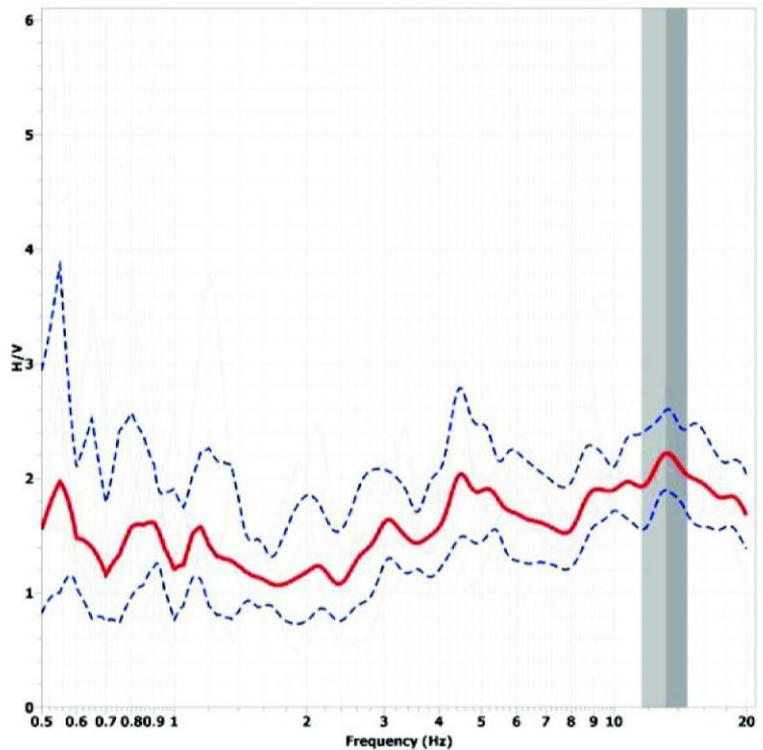
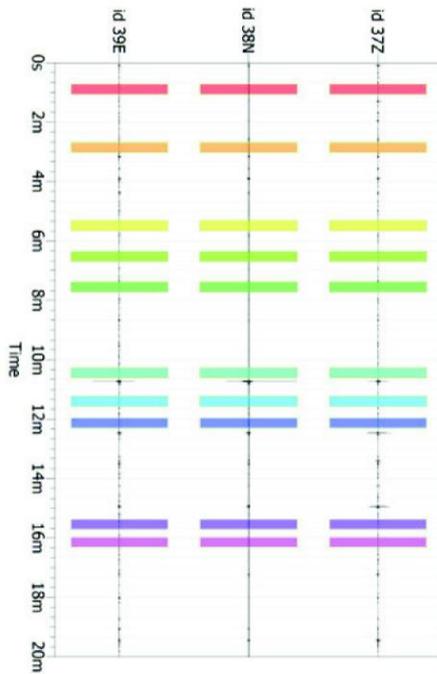
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 13.1 Hz \pm 1.5 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.2

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV14

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

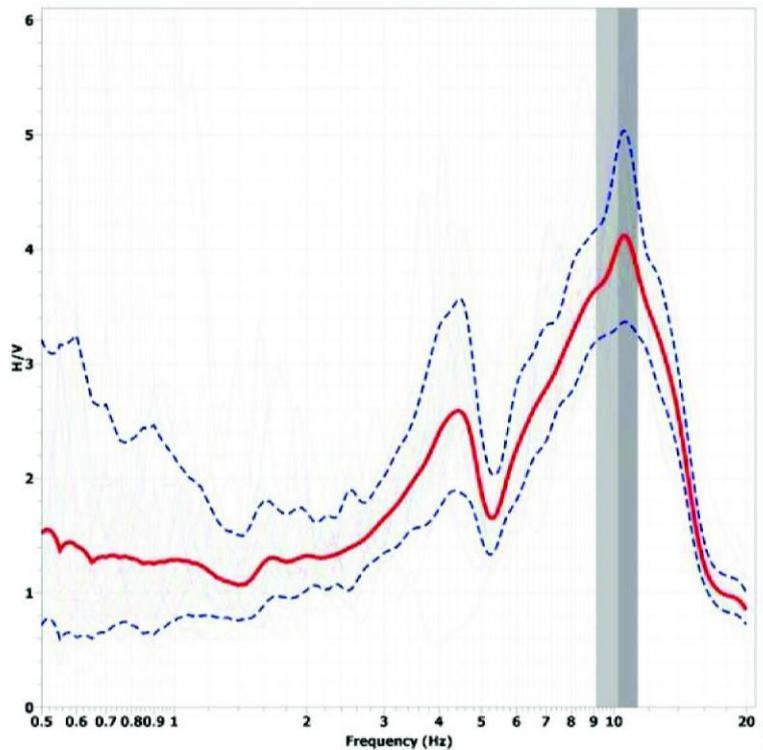
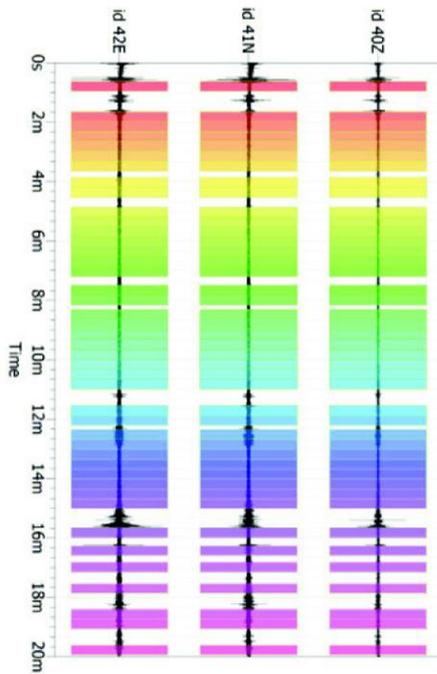
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 10.2 Hz \pm 1.1 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 4.0

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV15

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

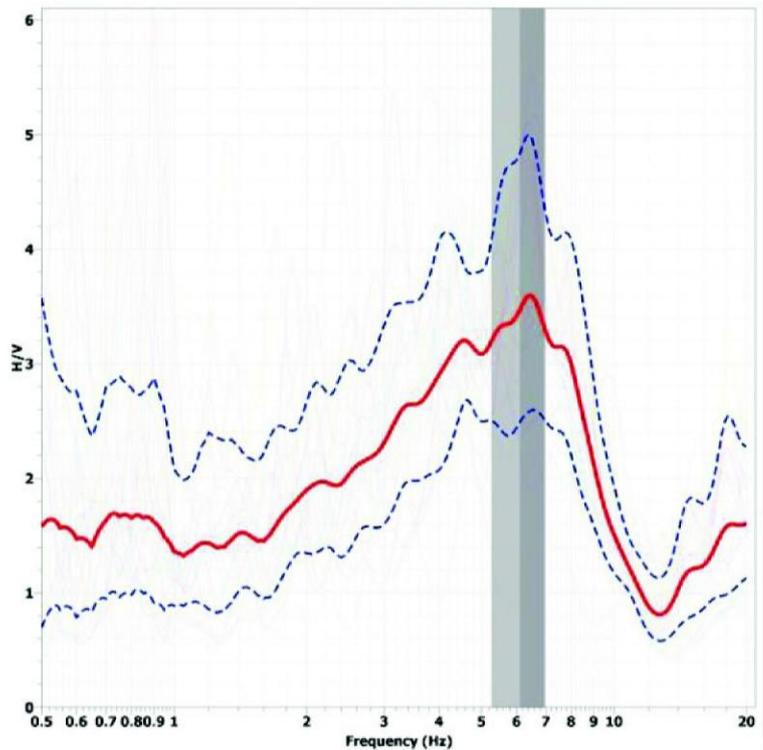
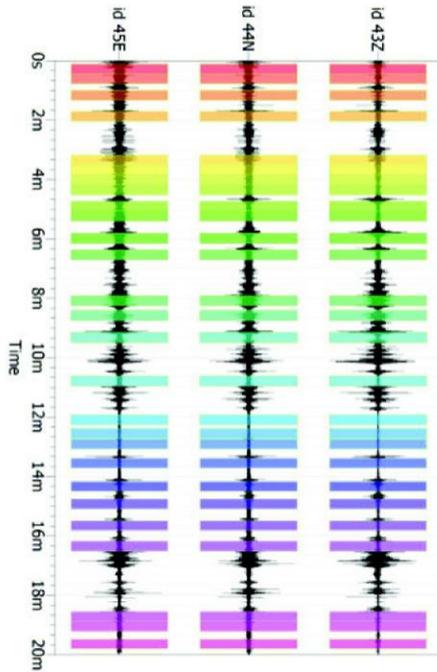
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 6.1 Hz \pm 0.9 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.5

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV16

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

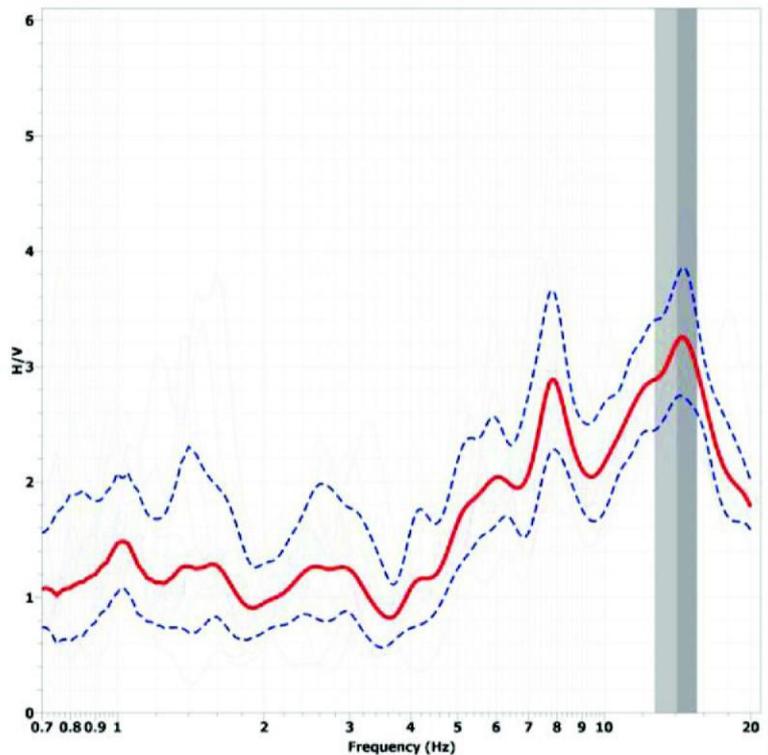
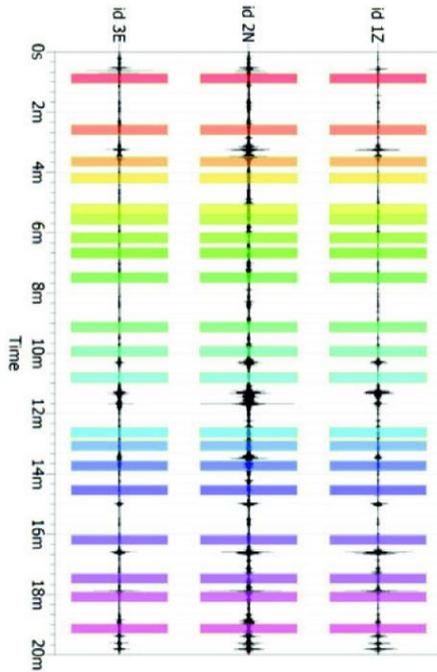
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 14.1 Hz \pm 1.4 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.2

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV17

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

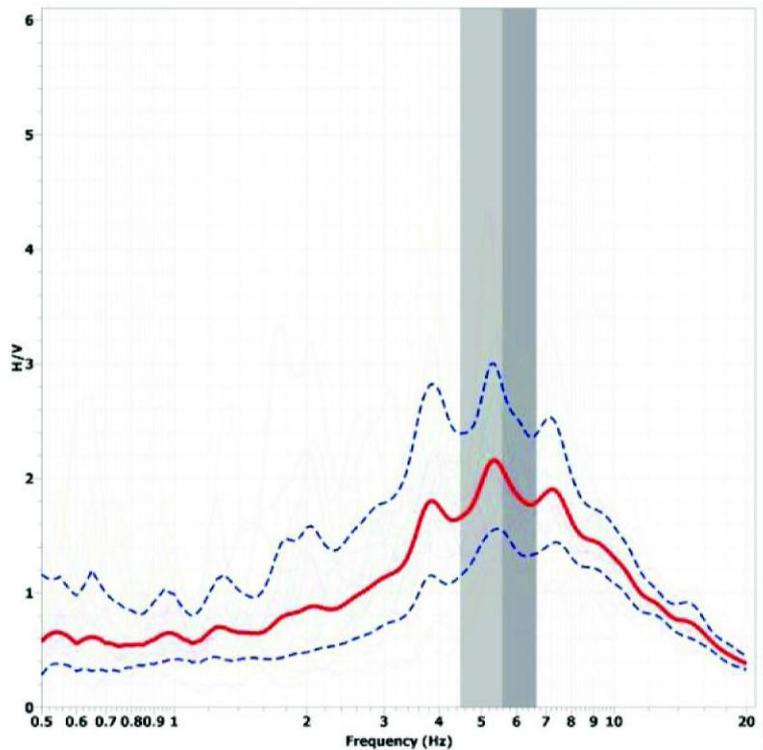
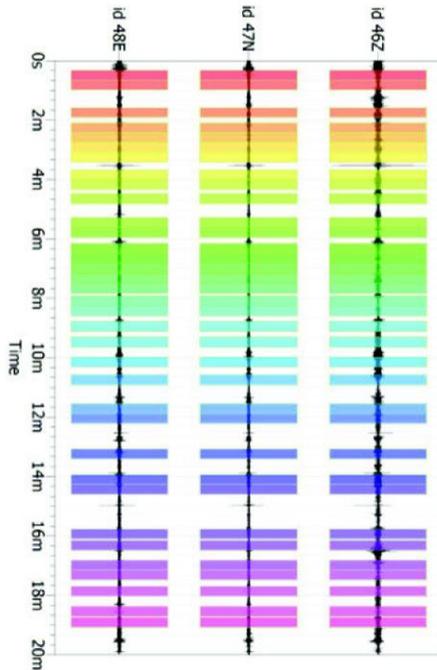
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.6 Hz \pm 1.1 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.1

Verifiche SESAME

Esito

$f_0 > 10/l_w$ OK

$n_c(f_0) > 200$ OK

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ OK

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ OK

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ OK

$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ OK

$A_0 > 2$ OK

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ OK

$\sigma_f < \varepsilon(f)$ OK

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ OK

Prova HVSR – PRDHV18

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

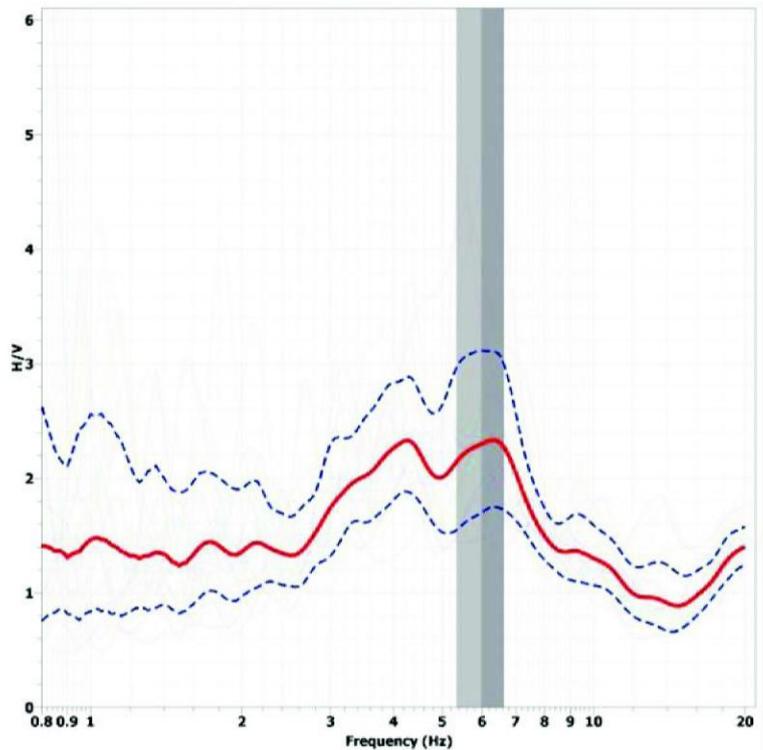
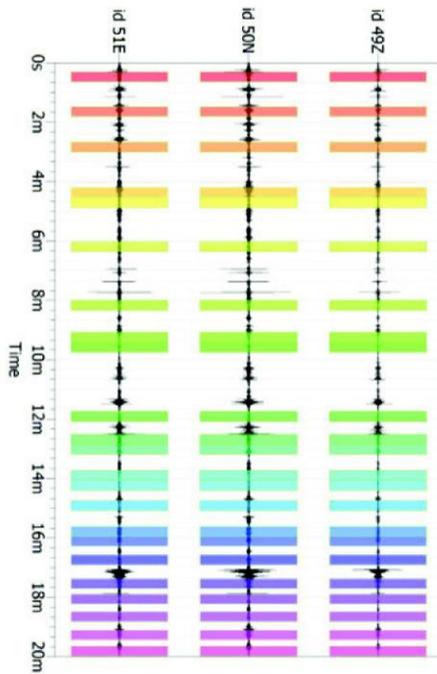
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 6.0 Hz \pm 0.7 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.3

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR - PRDHV19

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

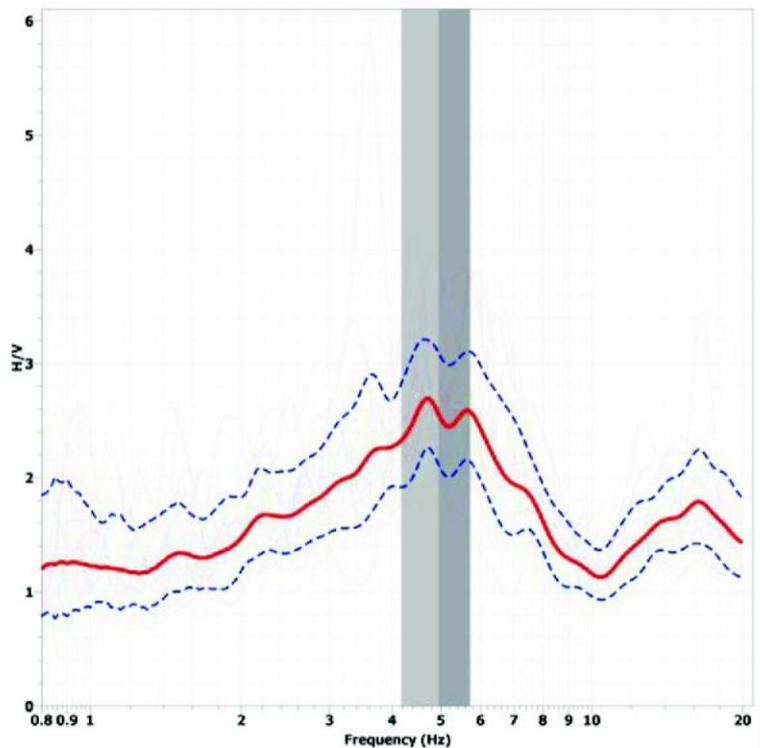
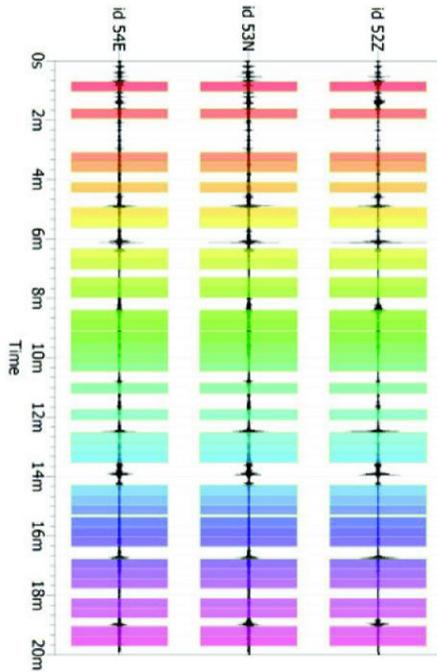
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.0 Hz \pm 0.8 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.6

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{picco} | A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV20

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

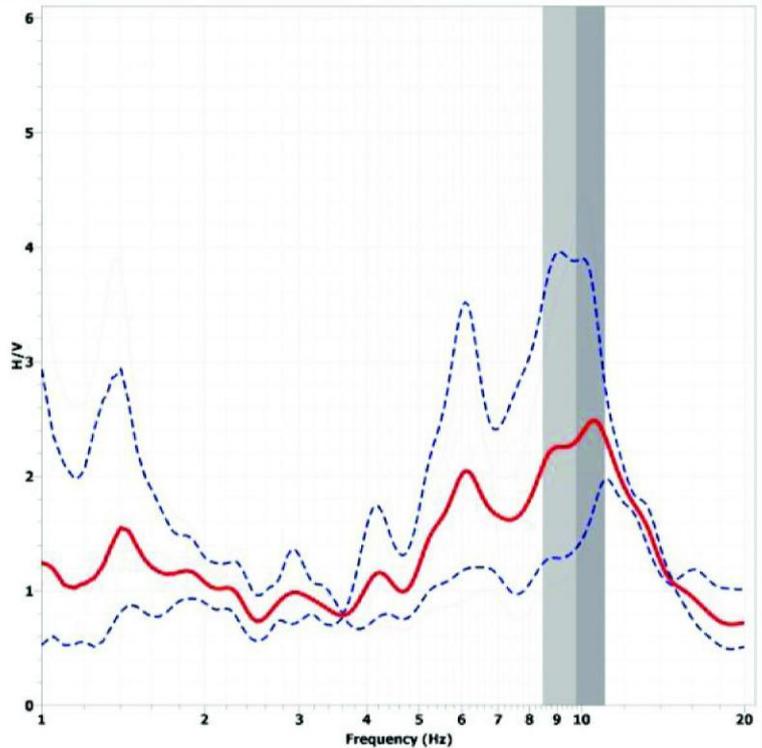
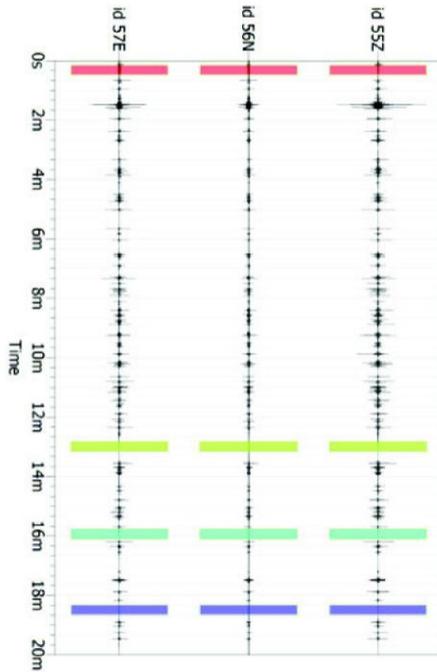
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 9.8 Hz \pm 1.3 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 2.3

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV21

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

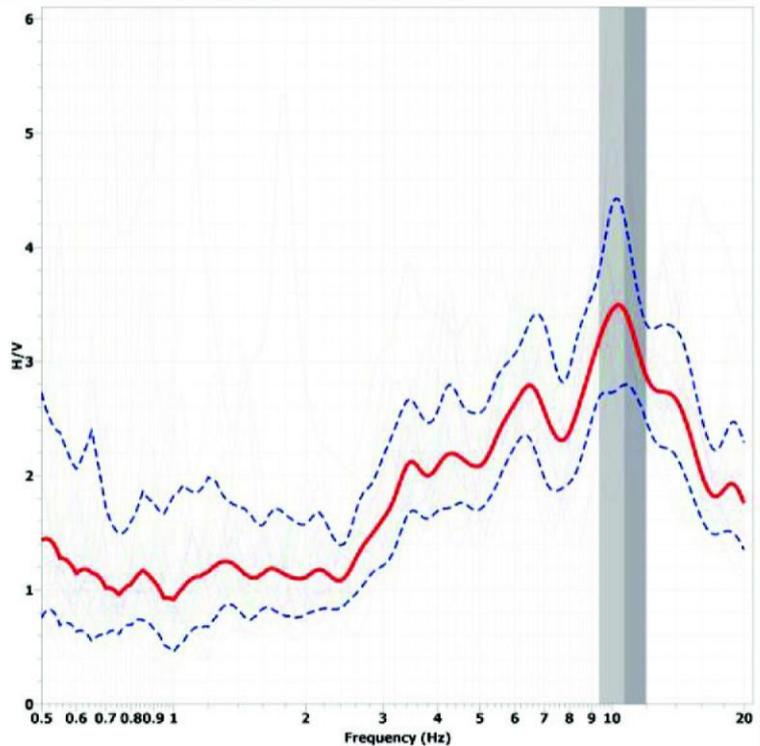
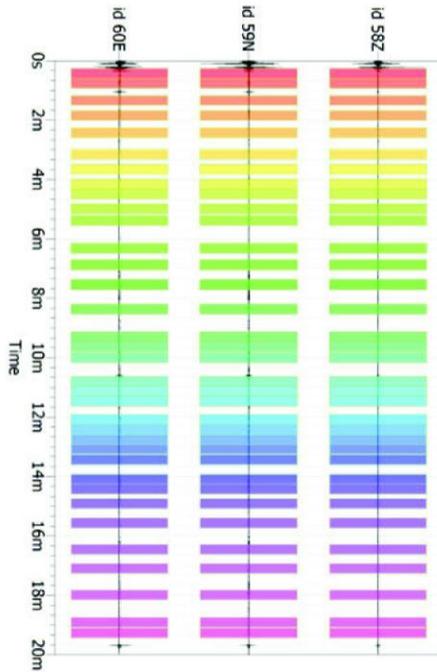
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29–Nov–13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 10.7 Hz \pm 1.4 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 3.5

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova HVSR – PRDHV22

Dati generali

Committente:

Comunità Montana Appennino Forlivese

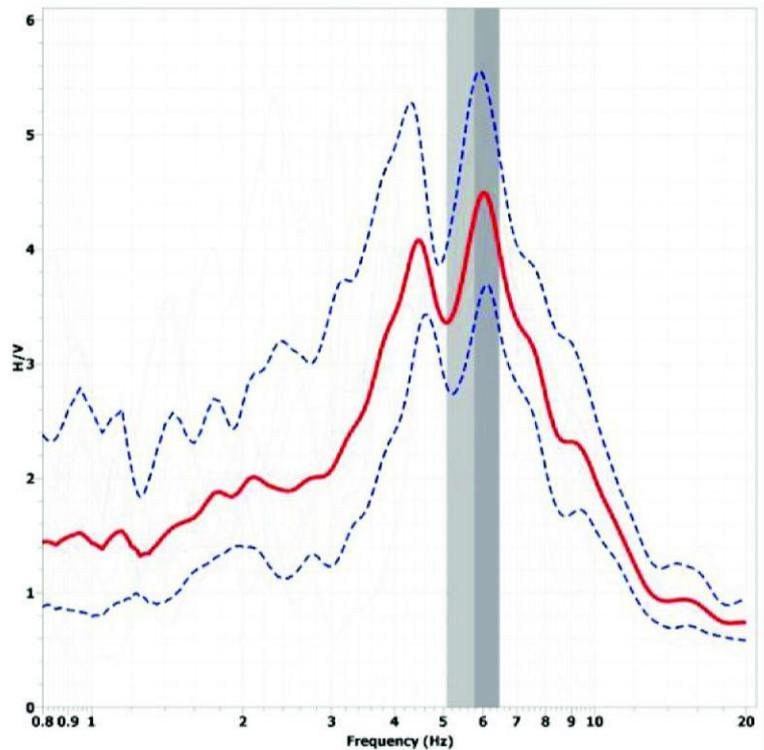
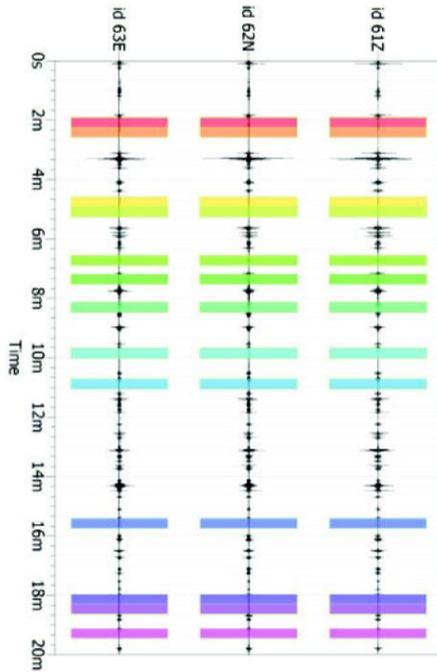
Cantiere: Microzonazione Sismica

Località: Predappio (FC)

Zona: Predappio

Operatore: GeoExploration srl

Data: 29-Nov-13



Dati riepilogativi

Frequenza massima: 20.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Frequenza campionamento: 1000 Hz

Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi

Costante: 40.00

Taper: 5.0%

Frequenza di picco H/V (f_0): 5.8 Hz \pm 0.7 Hz

Ampiezza di picco H/V (A_0): 4.3

Verifiche SESAME

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

OK

$$n_c(f_0) > 200$$

OK

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

OK

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

OK

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

OK

$$A_0 > 2$$

OK

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

OK

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

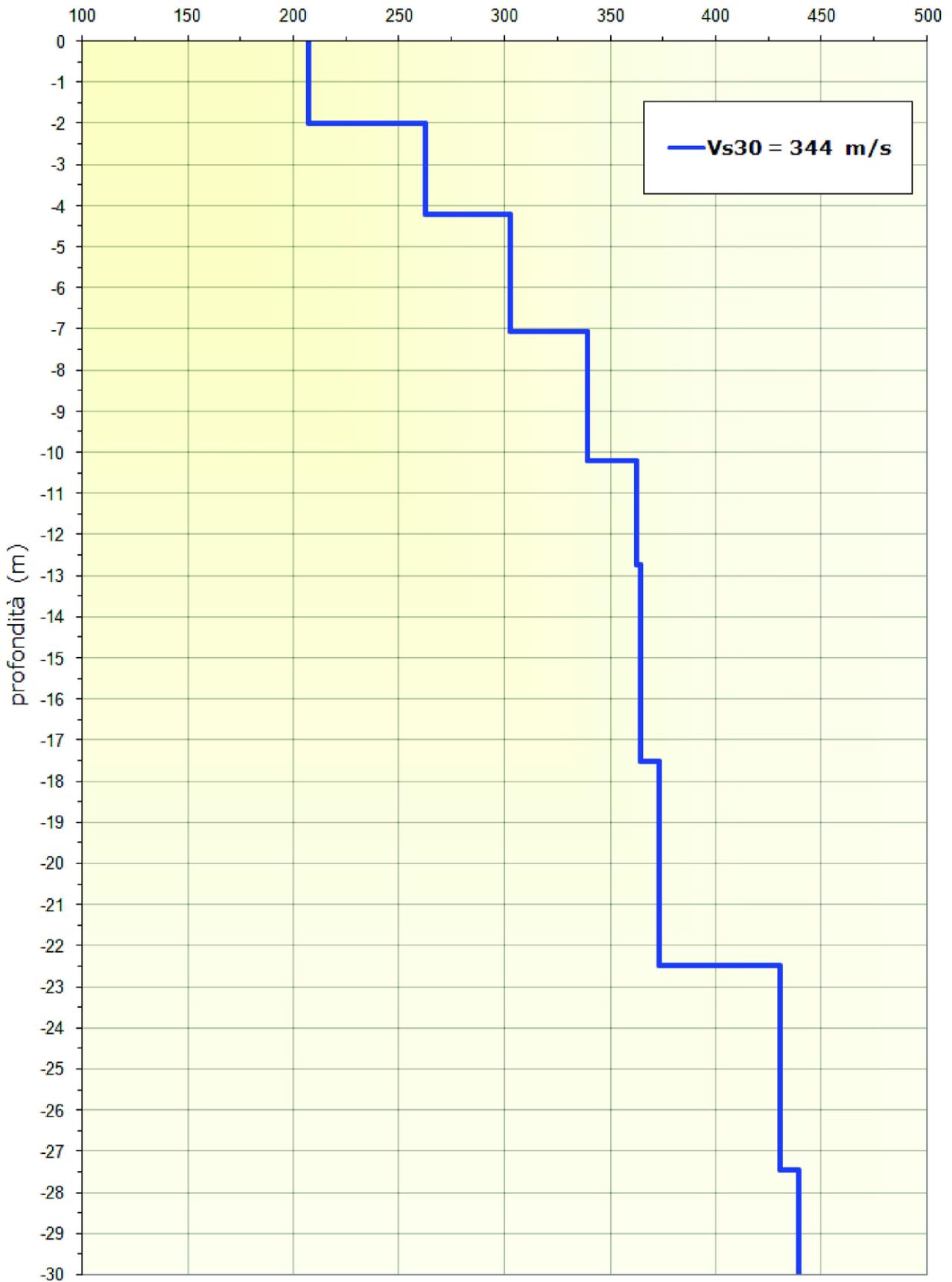
OK

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

OK

Prova integrata ReMi/MASW - PRDRM1 - Profilo verticale Vs

Velocità delle onde sismiche di taglio (V_s , m/s)



Prova integrata ReMi/MASW - PRDRM2 - Profilo verticale Vs

Velocità delle onde sismiche di taglio (V_s , m/s)

