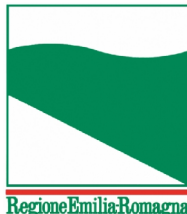




PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

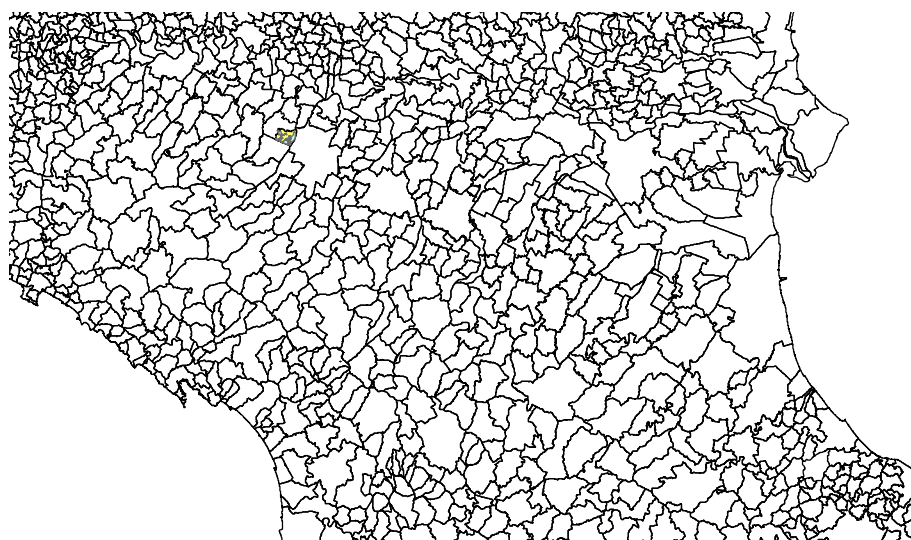
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia-Romagna

#### Comune di Fontevivo




Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY <u>Direzione tecnica</u> Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti <u>Collaboratori</u> Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. Ing. Marianna Polidoro Dott. Geol. Matteo Baisi	Marzo 2015

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## INDICE

1.	Introduzione .....	2
2.	Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento .....	5
2.1	Storia sismica del territorio comunale .....	5
2.2	Zonizzazione sismogenetica .....	6
2.3	Classificazione sismica comunale .....	7
2.4	Studio sismico contenuto nel PSC Vigente .....	10
2.4.1	Carta della pericolosità sismica locale.....	10
2.4.2	Carta delle aree suscettibili di effetti locali .....	12
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area .....	14
3.1	Geologia .....	14
3.1.1	Inquadramento geologico .....	14
3.1.2	Quadro stratigrafico dei depositi quaternari .....	17
3.2	Geomorfologia.....	19
4.	Dati geotecnici e geofisici .....	22
5.	Modello del sottosuolo .....	23
6.	Interpretazioni e incertezze .....	25
7.	Metodologie di elaborazione e risultati.....	27
8.	Elaborati cartografici .....	29
8.1	Carte delle indagini.....	29
8.2	Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica .....	30
8.3	Carte delle frequenze naturali dei terreni .....	40
8.4	Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica .....	44
8.5	Carte delle velocità delle onde di taglio S .....	46
8.6	Carte di microzonazione sismica .....	50
8.7	Commenti finali e criticità.....	53
9.	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati .....	55
10.	Bibliografia .....	56
11.	Allegati .....	58

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	1 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 1. INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello *Studio di microzonazione sismica del Comune di Fontevivo*, effettuato su incarico dell'Amministrazione Comunale (cfr. Determinazione n° 458 del 26/11/2012) e finanziato con Ordinanza Presidenza Consiglio Ministri 29 febbraio 2012 n. 4007 "Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n° 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n° 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011 (G.U. n° 56 del 7.3.2012).

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento, è uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica.


Costituisce, quindi, un supporto fondamentale ai pianificatori per indirizzare le scelte verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Il Comune di Fontevivo è già dotato di uno studio sismico, contenuto all'interno del Quadro Conoscitivo del PSC vigente, anche se limitato al primo livello di approfondimento e che non rispetta gli ultimi indirizzi nazionali e regionali, in quanto emanati successivamente allo studio stesso.

Il nuovo studio, partendo da tale base informativa, ha comportato l'acquisizione di ulteriori dati pregressi e l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini, costituita da 40 prove tromografiche.

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

- Allegato C "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007/2012 e decreto del 16 marzo 2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n. 1302 del 10.9.2012 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali" (da qui in avanti "Allegato C della delibera regionale")
- Allegato D "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007/2012 e decreto del 16 marzo 2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n. 1302 del 10.9.2012 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	2 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali" (da qui in avanti "Allegato D della delibera regionale")

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 2.0, Roma, giugno 2012 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (da qui in avanti "SRAI")
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS")
- Allegato A della deliberazione dell' Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2.5.2007: 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" (da qui in avanti "indirizzi regionali")


Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopramenzionati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

*PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:*

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.
- Descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

*SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:*

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	3 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Quali aree oggetto di studio, d'accordo con l'Amministrazione Comunale è stato preso in esame l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, come definito nell'elaborato PSC.1 – Classificazione del territorio comunale, alla scala 1:10.000, facente parte del Piano Strutturale Comunale approvato con delibera di C.C. n. 56 del 20/12/2012.


Nel corso dello studio sono stati redatti oltre alla presente relazione gli elaborati elencati nel capitolo 10.

Essi sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in versione digitale (*pdf*, con risoluzione 300 *dp*).

I dati cartografici sono forniti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

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

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito software: "MS – SoftMS" nella versione 1.0.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	4 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

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

### 2.1 Storia sismica del territorio comunale

La storia sismica del territorio di Fontevivo è stata desunta da "DBMI04", il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile (progetto S1).

Essa è riassunta in Tab. 1, dove sono elencate le osservazioni degli eventi sismici aventi la maggiore intensità, disponibili per il territorio comunale, indicando per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l'ora (Or) ed, eventualmente, il minuto (Mi) e il secondo (Se) in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).


Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4-5	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6 4.70 ±0.24
7	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8 5.64 ±0.09
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
4	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
4-5	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09
4	1991 10 31 09:31	Parmense	134	5 4.45 ±0.14
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
2	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09

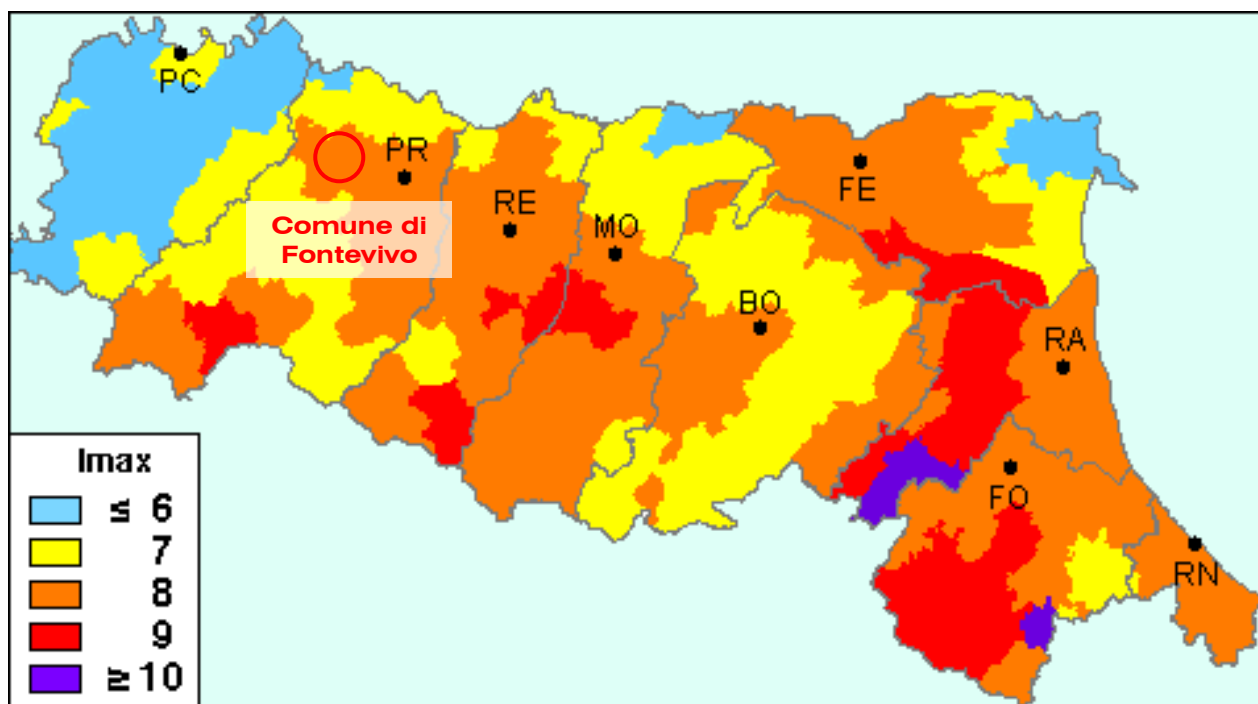
**Tab. 1 – Massimi eventi sismici verificatisi nel territorio di Fontevivo**

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito nel territorio di Fontevivo si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità dell'VII grado della scala MCS. Il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo calcolata sulle onde di superficie (Mw) pari a 5,64.

In Fig. 1 è riportato un estratto, relativo, alla Regione Emilia-Romagna, della "Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", redatta utilizzando il catalogo DOM4.1, che raccoglie le osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno e che contiene circa 37.000 osservazioni relative a più di 900 terremoti e a più di 10.000 località, in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA – Boschi et al., 1995)

Dall'osservazione di tale mappa, si evince che il territorio di Fontevivo è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari a 8.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	5 di 58



**Fig. 1 - Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani**

## 2.2 Zonizzazione sismogenetica

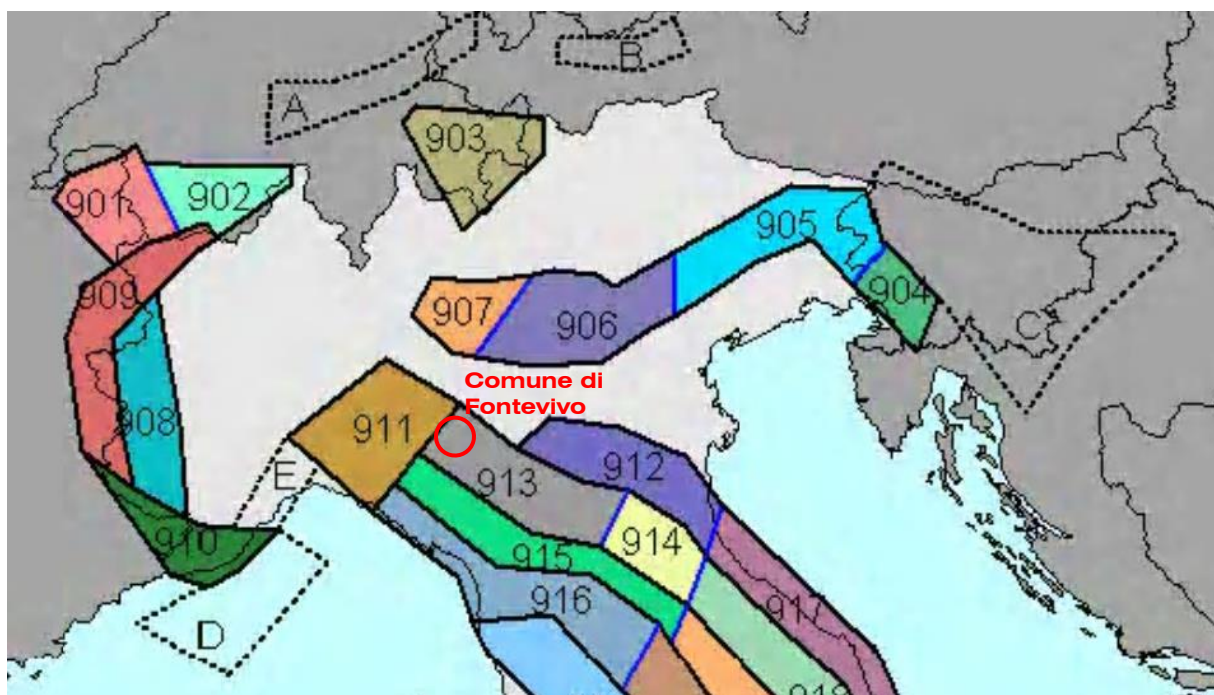
Nel Rapporto Conclusivo relativo alla Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è contenuta la nuova zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale, denominata ZS9.

Detta zonizzazione si è basata sull'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il particolare, è stato effettuato il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata.

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 epicentrale maggiore o uguale al V—VI grado MCS, la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

Il territorio nazionale, secondo la zonizzazione ZS9, risulta suddiviso in 36 Macrozone. Tra queste il Comune di Fontevivo ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913 (cfr. Fig. 2).





**Fig. 2 - Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia**

Nella zona 913 si verificano terremoti originati da movimenti prevalentemente compressivi, a direzione NW, con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

I terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è  $M_d = 4,8$ . Le zone ipocentrali si hanno generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km, con profondità efficace di 13 km.


Come indicato nella colonna 10 della tabella 6 a pagina 38 del Rapporto Conclusivo sopraccitato, nella Zona Sismogenetica 913, sulla base dei meccanismi focali, sono previsti valori "cautelativi" di massima magnitudo ( $M_{wmax2,}$ ) pari a  $= 6,14$ .

## 2.3 Classificazione sismica comunale

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

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

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 2),

 <b>EN GEO S.r.l.</b> <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	7 di 58



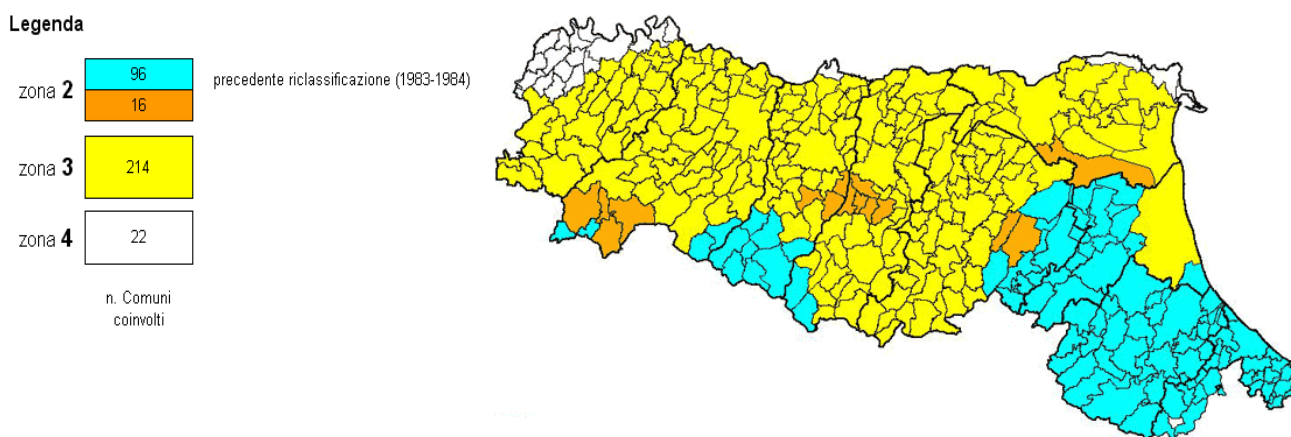
PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di ag
1	$>0,25$
2	$0,15 \div 0,25$
<b>3</b>	<b><math>0,05 \div 0,15</math></b>
4	$<0,05$

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


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



**Fig. 3 – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna**

Successivamente, con l'Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nell'allegato 1b dell'Ordinanza stessa e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, ovvero, il d.m. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G. U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente d.m. 14 settembre 2005.

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

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	8 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

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

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

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


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

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

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

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

Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	9 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

## 2.4 Studio sismico contenuto nel PSC Vigente

Come già indicato, all'interno del Quadro Conoscitivo del PSC vigente, è contenuto uno studio sismico del territorio comunale di Fontevivo, sempre redatto da Engeo s.r.l., anche se limitato al primo livello di approfondimento e che non rispetta gli ultimi indirizzi nazionali e regionali, in quanto emanati successivamente allo studio stesso.

L'analisi, sviluppata e preventivamente condivisa con il Servizio Pianificazione e Programmazione Territoriale della Provincia di Parma, è stata finalizzata alla realizzazione di due cartografie comunali: una prima carta che mette in evidenza i diversi scenari di pericolosità sismica locale (Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:10.000) e una seconda per definire i livelli di approfondimento delle analisi da effettuare nelle successive fasi attuative (Carta delle aree suscettibili di effetti locali, sempre alla scala 1:10.000).


Tali elaborati sono sinteticamente descritti nei due successivi paragrafi.

### 2.4.1 Carta della pericolosità sismica locale

Nella Carta della pericolosità sismica locale sono stati individuati quegli elementi del territorio, che possono determinare effetti locali, cioè modificare il risentimento del moto sismico in superficie aumentandone gli effetti (amplificazione) o causando modificazioni permanenti del territorio (effetti cosismici) quali, ad esempio i cedimenti.

A riguardo si segnala che i depositi alluvionali che caratterizzano il primo sottosuolo del Comune di Fontevivo sono tutti suscettibili di amplificazione.

Infatti, con riferimento alle categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione ( $V_{S,30}$ ), definite dal D.M. del 14 gennaio 2008, essi appartengono alle seguenti classi:

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	10 di 58

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)
- categoria C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)
- categoria D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)


per le quali il D.M. introduce 2 coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  che amplificano il valore dell'azione sismica di progetto.

In particolare, sulla base dell'assetto stratigrafico e dei dati disponibili relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, nella carta della pericolosità sismica locale è stata indicata la presenza di un sottosuolo appartenente, prevalentemente, alle categorie C o D, nel settore più occidentale, e alle categorie sismiche B o C, in tutto il resto del Comune.

Sempre nell'ambito dello studio, è stato valutato il rischio di liquefazione e di densificazione dei terreni all'intero territorio comunale.

L'azione di screening, condotta attraverso l'utilizzo combinato delle potenzialità di analisi spaziale dei dati di un G.I.S. e le funzionalità di interrogazione e di filtro dei dati propri dei database Access sulla Banca Dati della Regione, ha consentito di individuare 5 verticali di indagine con spessori, compresi tra 0,50 e 8,00 metri, di depositi granulari fini in falda.

Non avendo informazioni sullo stato d'addensamento di tali depositi, ciò evidenzia che, nel territorio in esame, non si può escludere che possano verificarsi fenomeni di liquefazione, sebbene siano da ritenersi molto improbabili, in quanto non si ha memoria storica del verificarsi di tali fenomeni né in Comune di Fontevivo né in altre aree con analoghe caratteristiche sedimentologiche.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	11 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Inoltre, all'interno dello studio, si è riscontrata l'impossibilità di effettuare una zonizzazione del rischio di liquefazione, interpolando i dati ottenuti nelle singole verticali d'indagine.

A riguardo, risulta, infatti, evidente il grande margine d'errore che si avrebbe applicando, tramite G.I.S., delle relazioni matematiche di interpolazione spaziale che altro non farebbero che penalizzare le aree con maggiore densità di dati.

D'altra parte, anche la distinzione tra i differenti ambienti deposizionali (si ha quasi sempre a che fare con un ambiente di conoide) risulta di scarso aiuto ai fini della stessa zonizzazione.

Ne consegue che il rischio di liquefazione va considerato di uguale entità in tutto il territorio del Comune di Fontevivo.

#### **2.4.2 Carta delle aree suscettibili di effetti locali**

La Carta delle aree suscettibili di effetti locali risulta essere il documento di sintesi per definire i livelli di approfondimento delle analisi da effettuare nelle successive fasi attuative della pianificazione urbanistica comunale, in conformità a quanto indicato e prescritto nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico approvato con Deliberazione dell'Assemblea legislativa 112 del 2 maggio 2007 della Regione Emilia-Romagna.


Quale ambito indagato è stato considerato l'intero territorio comunale.

Gli studi effettuati hanno evidenziato che, in Comune di Fontevivo, le uniche caratteristiche fisiche che possono determinare effetti locali sono quelle stratigrafiche del sottosuolo: ovunque, sono, infatti, presenti depositi alluvionali che possono determinare amplificazione sismica.

L'analisi della superficie topografica ha, invece, consentito di escludere la presenza di effetti locali legati ad elementi morfologici, in quanto i pendii con inclinazione media superiore a 15° (scarpate che delimitano i terrazzi) presentano sempre dislivelli di quota molto inferiori a 30 m.

D'altra parte, relativamente al fenomeno della liquefazione, già trattato nel paragrafo precedente, va chiarito che, in accordo con l'Ufficio di Piano della Provincia di Parma, si è valutato che, considerata la bassa entità di rischio cui è sottoposto l'intero territorio comunale, non sia necessario prevederne un approfondimento in una successiva fase pianificatoria (mentre, per quanto riguarda la fase progettuale, restano ovviamente valide le disposizioni delle NTC).

In conclusione nella Carta delle aree suscettibili di effetti locali è stato possibile distinguere solo le seguenti due classi:

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	12 di 58

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

*Area a rischio di amplificazione per caratteristiche litologiche da basso a moderato*

Corrisponde al settore più orientale del territorio comunale, lo stesso che, sulla base dell'assetto stratigrafico e dei dati disponibili relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, nella carta della pericolosità sismica locale è stato indicato con presenza di un sottosuolo appartenente, prevalentemente, alle categorie sismiche C o D.


*Area a basso rischio di amplificazione per caratteristiche litologiche*

Occupava tutta la restante parte del territorio comunale, la stessa che, sempre sulla base dell'assetto stratigrafico e dei dati disponibili relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, nella carta della pericolosità sismica locale è stata indicata con presenza di un sottosuolo appartenente, prevalentemente, alle categorie sismiche B o C.

Entrambe le classi sopra descritte, come stabilisce l'Atto di indirizzo regionale, corrispondono ad aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento tramite analisi semplificata (secondo livello di approfondimento).

Per tale motivo, sono state rappresentate con colore giallo: più intenso l'"Area a rischio di amplificazione per caratteristiche litologiche da basso a moderato", più tenue, l'"Area a basso rischio di amplificazione per caratteristiche litologiche".

Lo studio ha, invece, evidenziato che, in Comune di Fontevivo, non sono presenti né aree che non necessitano di approfondimento (da rappresentarsi con colore bianco) né aree per le quali è richiesta un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento; da rappresentarsi con colore rosso).

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	13 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 Geologia

##### 3.1.1 Inquadramento geologico

Sotto l'aspetto geologico, il territorio in esame appartiene alla Pianura Padana, edificio sedimentario, costituito da sedimenti di origine alluvionale, olocenici e tardo-pleistocenici, poggiante su un substrato marino.

La situazione stratigrafica, esplorata dell'AGIP Mineraria in oltre mezzo secolo di attività, si può così schematizzare: alle sequenze mesozoiche, incontrate solo in alcune esplorazioni al nucleo delle pieghe ferraresi, segue una successione clastica terziaria divisibile in due cicli sedimentari principali. Quello inferiore termina con le evaporiti del Messiniano mentre quello superiore inizia con le fasi salmastre messiniane e termina nel Pleistocene.


Nell'ambito del secondo ciclo si può distinguere un ciclo di secondo ordine che termina con la deposizione delle Argille azzurre di mare profondo (Argille di Lugagnano), localmente ricoperte da sabbie gialle di *facies* litorale datate su basi paleontologiche e palinologiche al Pleistocene medio-inferiore.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche (cfr. Fig. 4).

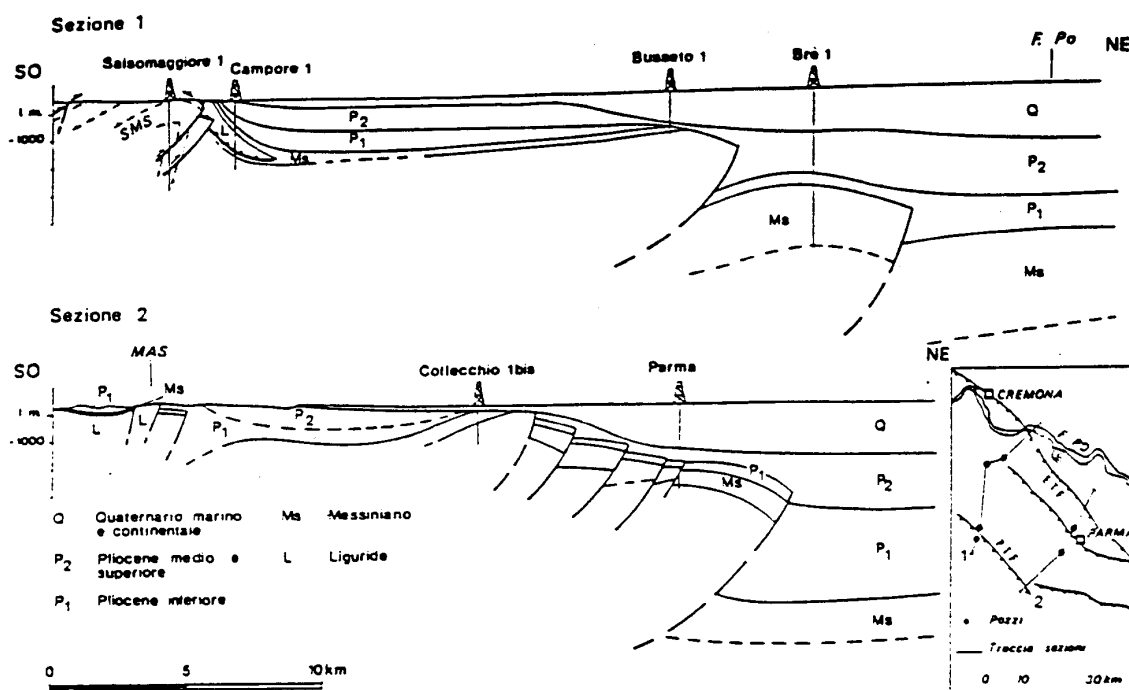
In tale schema la pianura parmense è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di *thrust*: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F), definisce il limite dell'appennino sepolto, rappresentato, nell'area in questione, dalle strutture anticlinali di Busseto e di Brè, che proseguono verso SE nelle strutture di Collecchio e Parma.

Queste strutture risultano tagliate trasversalmente dalle linee tettoniche del Taro e dello Stirone che determinano un inarcamento (in pianta) della linea dei thrust.

L'andamento strutturale dell'Appennino sepolto può essere interpretato come effetto di una compressione e di un raccorciamento crostale che, secondo i moderni schemi geodinamici, risulta legato ad un doppio fenomeno di subduzione e/o ispessimento della crosta. In tale quadro d'insieme si giustifica lo sviluppo della rete idrografica maggiore che risulta conforme ai principali assi di sinclinali sepolte.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	14 di 58





**Fig. 4 – Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)**

Con l'attenuazione dell'attività tettonica a partire dal Pleistocene superiore, inizia un'intensa fase sedimentaria continentale prodotta dal fiume Po e dai suoi affluenti legata principalmente alle variazioni climatiche.

Il sistema alluvionale della pianura parmense può essere suddiviso, da nord a sud, in base alla modalità di deposizione, in tre unità fondamentali:


1. unità del fiume Po;
2. unità di media pianura;
3. unità delle conoidi alluvionali.

L'unità del fiume Po caratterizza una fascia di territorio avente un'estensione di circa 20 Km dall'attuale tracciato, ed è costituita da corpi prevalentemente sabbiosi di forma tabulare.

L'unità di media pianura si presenta come termine di passaggio tra l'unità del Fiume Po e l'unità delle conoidi alluvionali.

Quest'ultima, interessa l'area dell'alta pianura parmense ed è costituita da corpi sedimentari, che, in pianta, presentano una tipica forma a ventaglio.

I depositi sono organizzati in strutture nastriformi e lentiformi interdigitate a differente granulometria, con direzione di allungamento nord-sud.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato Relazione illustrativa_Agg.01	Data Marzo 2015	Agg. 1	Pag. 15 di 58
---	--	--------------------	-----------	------------------

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

La loro dimensione decresce verso settentrione, in accordo con la direzione di scorrimento dei corsi d'acqua.

In senso verticale, normalmente, si rinvencono depositi più grossolani a profondità maggiori, come conseguenza di condizioni climatiche passate che conferivano maggiore energia alle correnti.

I sedimenti affioranti diventano progressivamente più antichi allontanandosi dalle attuali aste fluviali.

In corrispondenza del Comune di Fontevivo, data la vicinanza con il fiume Taro, ad elevata energia di trasporto, il limite settentrionale dell'alta pianura risulta essere molto avanzato: all'incirca coincidente con l'Autostrada del Sole. Ciò fa sì che in questo settore di pianura i depositi di conoide si interdigitino con i banchi sabbiosi deposti dal fiume Po; mentre è assente l'unità di pianura s.s.


Il Comune di Fontevivo, analogamente a quanto avviene nella pianura contermina, è soggetto al noto fenomeno della subsidenza, ovvero a un lento e generalizzato abbassamento della superficie topografica causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo con origini sia naturali sia che artificiali.

Essa è, infatti, dovuta, principalmente, alla consolidazione dei sedimenti per variazioni del livello piezometrico e del carico litostatico naturale, ma viene generalmente amplificata da fattori antropici; primo fra tutti, l'eccessivo emungimento di acqua dai pozzi idrici.

Si tratta di un processo particolarmente attivo nei livelli corticali del sottosuolo, con tendenza a smorzarsi con la profondità, manifesto, in particolare modo, nei depositi alluvionali a granulometria fine, limi ed argille di recente formazione, mentre è meno evidente nelle zone d'affioramento dei depositi a granulometria grossolana, quali le ghiaie e le sabbie.

Per monitorare il fenomeno la Regione Emilia-Romagna, ha realizzato tramite ARPA Emilia-Romagna e in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna, a partire dalla fine degli anni '90, la Rete Regionale di Controllo della Subsidenza. Essa consta di una rete di linee di livellazione di alta precisione integrata con una rete di stazioni di misura GPS.

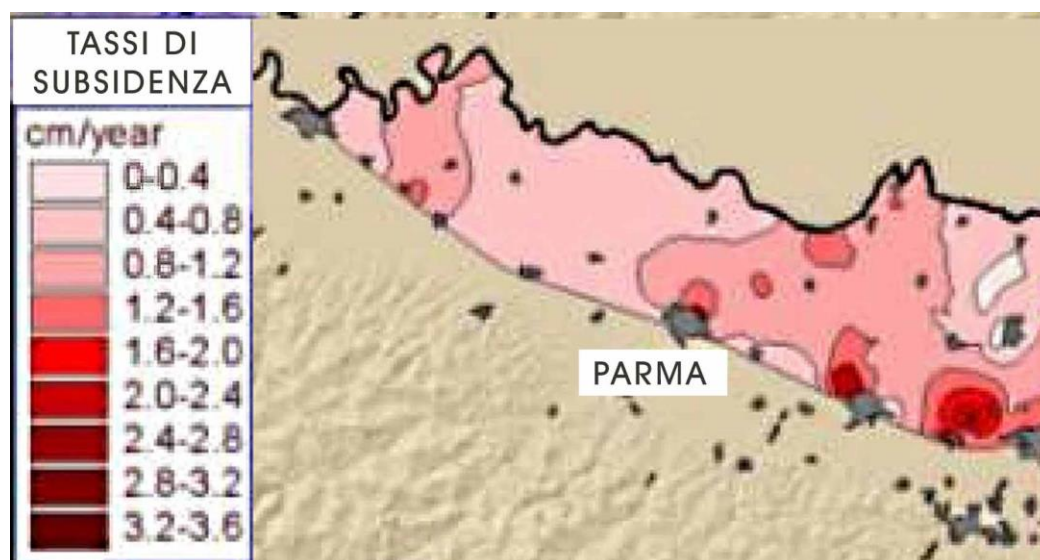
I dati provenienti dalla Rete regionale unitamente ad un lavoro di omogeneizzazione dei dati di subsidenza disponibili per gli anni '70-'90, ha permesso di elaborare delle carte dell'abbassamento dalle quali emerge che, a fronte di valori di subsidenza naturali attesi nell'ordine di  $0,1 \div 0,3$  cm/anno i valori effettivamente misurati nelle ultime decine d'anni sono quasi ovunque maggiori di 0,4 cm/anno e con punte di 5 cm/anno.

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	16 di 58

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In particolare, come si può osservare in Fig. 5, il territorio del Comune di Fontevivo ricade interamente in un'area con tasso di subsidenza compreso tra 0,4 e 0,8 cm/anno.

Ne consegue che l'entità del fenomeno (pochi mm/anno) e il fatto che risulti generalizzato (con variazioni del tasso di subsidenza contenute) fanno sì che i cedimenti differenziali indotti non siano tali da risultare dannosi per la stabilità di strutture esistenti o da realizzare. Pertanto il conseguente rischio risulta moderato.



**Fig. 5 - Distribuzione della subsidenza nel settore occidentale della pianura emiliano romagnola nel periodo 1973/93-1999. Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna**


### **3.1.2 Quadro stratigrafico dei depositi quaternari**

Secondo i più recenti studi, realizzati dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna, la metodologia di suddivisione dei depositi quaternari della pianura è stata basata sull'utilizzo di un'unità geologica di riferimento denominata Sequenza Deposizionale (SD).

Essa è definita come: "unità stratigrafica composta da una successione relativamente continua e concordante di strati geneticamente correlati, limitati alla base e al tetto da superfici di discontinuità o dalle superfici concordanti correlabili con esse".

Le Sequenze Deposizionali, a loro volta, possono essere gerarchicamente suddivise in:

- Principali, corrispondenti ai Supersintemi e ai Cicli Sedimentari di Ricci Lucchi et alii (1982);
- Minori, corrispondenti ai Sintemi;
- Climatico-Eustatiche di rango superiore, corrispondenti ai Subsintemi.

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	17 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Nel Comune di Fontevivo, come nel resto della pianura parmense, si riconoscono depositi quaternari riconducibili alla sequenza deposizionale principale, denominata Supersistema Emiliano – Romagnolo.

Attraverso lo studio dei profili sismici, delle analisi di facies dettagliata di sezioni affioranti e pozzi per la ricerca di idrocarburi, il supersistema è stato suddiviso in SD minori denominate, Sistema Emiliano – Romagnolo Inferiore, contraddistinto da sedimenti di origine marina alla base e continentale al tetto, Sistema Emiliano – Romagnolo Superiore, quest'ultimo comprende esclusivamente depositi di origine continentale che affiorano all'interno nel Comune di Fontevivo.

Tali depositi, formati a partire dal Pleistocene medio fino all'Olocene, sono costituiti da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide.


Ad un livello gerarchico ancora inferiore si trovano le SD Climatico – Eustatiche di rango superiore (subsistemi), distinguibili sulla base dell'analisi di facies, dei rilevamenti morfo-pedostratigrafici, e dalle colonne stratigrafiche ricavate da pozzi.

Di seguito vengono elencati i subsistemi in ordine crescente di età:

- Subsistema di Ravenna (che comprende l'unità di Modena)
- Subsistema di Villa Verucchio (suddiviso nell'unità di Vignola e di Niviano)
- Subsistema di Agazzano
- Subsistema di Maiatico (suddiviso nell'unità di Fico Rosso e di Miano)
- Subsistema di Monterlinzana

Gli stadi sedimentari di questi subsistemi risultano principalmente legati al succedersi delle oscillazioni climatiche avvenute nel quaternario e in misura minore alla modesta attività tettonica rilevata.

Per i corsi d'acqua che hanno edificato questa porzione di pianura (in primo luogo il fiume Taro) ebbero grande significato soprattutto le fasi iniziali delle glaciazioni, durante le quali il progredire dei climi freschi e piovosi favoriva fasi di abbondante sedimentazione lungo i corsi d'acqua. In questo periodo i torrenti appenninici crearono ai piedi dei rilievi estese conoidi e piane alluvionali. I periodi glaciali furono caratterizzati dall'abbassamento del livello marino e questo produsse un aumento della capacità erosiva dei torrenti quaternari, che incisero i depositi delle precedenti fasi iniziali delle glaciazioni. In questo modo le antiche piane alluvionali e le estese conoidi furono successivamente incise dai corsi d'acqua e rimasero come superfici relitte sospese sui fondovalle formando i pianori

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	18 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

che vengono detti terrazzi. Infine, tra una glaciazione e l'altra, si registra il minimo dell'attività fluviale e conseguente retrogradazione della conoide alluvionale.

Ciascun subsistema è stato deposto per un arco temporale di 125.000-128.000 anni, corrispondente alla durata di un ciclo glaciale. Al suo interno, ad una fase iniziale di intensa sedimentazione di materiale per lo più grossolano, segue un periodo contraddistinto da prevalente erosione e minore deposizione di materiale più fine (argilla e limo).

Con riferimento al Comune di Fontevivo, i depositi superficiali appartengono al più recente dei subsistemi dell'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore: il Subsistema di Ravenna (Pleistocene superiore-Olocene).

Trattasi di ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, depositi di conoide ghiaiosa, oltre a limi e limi sabbiosi, depositi del reticolo idrografico secondario. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 metri. Il contatto di base è erosivo con i subsistemi più antichi, mentre il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il profilo di alterazione, di moderato spessore, varia da qualche decina di centimetri fino ad 1 metro.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno del Subsistema di Ravenna, viene distinta l'unità di Modena che affiora su gran parte del territorio comunale.


L'unità di Modena è costituita da una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva. Nel caso in esame si tratta di depositi di conoide, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua, in contesto di pianura. Sono costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 10 metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di centimetri).

Nella fascia perifluviale del fiume Taro sono presenti i depositi alluvionali recenti, deposti dallo stesso corso d'acqua e costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti in genere ricoperte da sedimenti fini a differente grado di pedogenesi.

In corrispondenza dell'alveo si rinvencono, invece, i depositi alluvionali attuali a ghiaie e sabbie prevalenti.

### 3.2 Geomorfologia

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio del Comune di Fontevivo, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico ed olocenico, alla quale, nel periodo storico, si è sovrapposta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative.

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	19 di 58

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Le interazioni tra i vari fattori morfogenetici hanno dato luogo ad un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord/nord-est con gradiente topografico molto basso, nell'ordine dello 0,3%.

Le aree di pertinenza di corsi d'acqua (fiume Taro e torrente Recchio) sono rimaste le uniche in cui si osserva una evoluzione morfologica dipendente da fattori naturali.

Al contrario, la pianura circostante esprime il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito alla superficie topografica un assetto costante ed uniforme livellando tutte le asperità del terreno.

Le superfici del suolo conservano tuttavia, anche se in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente fluviale, quali:


- le scarpate che delimitano i terrazzi, che sono state distinte in relazione al loro grado di evidenza, in quanto, solo in pochi casi, sono ancora percepibili in campagna,
- i dossi, tutelati ai sensi dell'art. 15 delle NTA del PTPR, il quale vieta di svolgere su tali aree attività che possano alterare negativamente le caratteristiche morfologiche e ambientali in essere,
- le tracce di alvei abbandonati, per i quali è stata effettuata una datazione che testimonia la migrazione che ha avuto il fiume Taro da ovest verso est.

Elementi morfologici altrettanto importanti sono quelli dovuti ad attività antropica quali gli argini, i rilevati stradali, autostradali e ferroviari, il tratto di Cispadana realizzato in trincea, le aree urbanizzate e quelle soggette a degrado ambientale in quanto sede di attività estrattive o di discariche.

Altre forme di paesaggio caratteristiche del territorio di Fontevivo erano le risorgive: manifestazioni sorgentizie spontanee determinate da una forte diminuzione della trasmissività dell'acquifero, in senso sud-nord.


Esse sono ormai, quasi, scomparse, principalmente, per l'abbassamento delle falde acquifere verificatosi negli ultimi decenni, ma anche a causa di fenomeni naturali di interrimento, non adeguatamente gestiti con periodici "spurghi", e dell'attività agricola che tende ad eliminare qualsiasi elemento di diversità.

Si tratta di relitti paesistici che meritano di essere protetti, soprattutto, in considerazione del fatto che, a scala provinciale, sono previsti interventi per un progressivo innalzamento dei livelli idrici sotterranei e, pertanto, detti punti potrebbero recuperare una peculiare valenza, sia dal punto di vista ecologico, come habitat tipici per

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	20 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

formazioni vegetali e popolazioni animali uniche che troverebbero riparo dalla matrice agricola circostante (fortemente antropizzata), sia dal punto di vista storico-testimoniale, in quanto rappresentanti della storia passata delle attività dell'uomo in zona.

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	21 di 58



PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare numerose relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS.

A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto dell'Allegato D della delibera regionale.

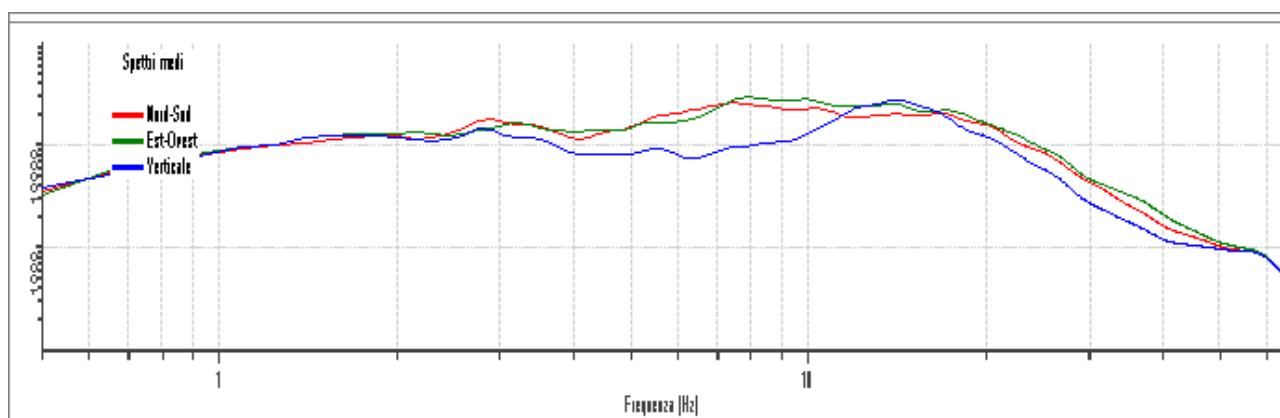
Tali indagini, unitamente alle informazioni presenti in letteratura e ai sopralluoghi in sito, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine.


Più in particolare sono state effettuate n° 40 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola.

Le misure HVSR sono state condotte utilizzando di un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) di proprietà dello scrivente soggetto attuatore. in grado di registrare, attraverso dei velocimetri, i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (20 minuti).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni).



**Fig. 6 – Esempio di spettro delle singole componenti**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	22 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

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

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

Rimandando al paragrafo 8.2 la descrizione specifica delle caratteristiche delle porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito, ci si limita a proporre alcune considerazioni su come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

A riguardo, va considerato che i depositi presenti nel sottosuolo del territorio comunale di Fontevivo, sia appartenenti al Supersistema Emiliano-Romagnolo, descritto nel paragrafo 3.1.2, che alle sottostanti unità del Supersistema Quaternario Marino (Sintemi di Costamezzana e del Torrente Stirone), presentano una forte variabilità sia di tessitura che dello stato di addensamento.


Ne consegue che significative variazioni si hanno anche nei profili delle Vs che, di norma, risultano maggiori all'aumentare della densità e della dimensione dei granuli.

A fronte di tale assetto litostratimetrico, le indagini tomografiche effettuate restituiscono curve H/V in cui sono quasi sempre presenti almeno 2 picchi (spesso 3): generalmente, quelli che presentano contrasti d'impedenza maggiori hanno frequenze abbastanza alte (anche superiori a 20 Hz, valutate non significative per il presente studio); esse sono associabili a modeste profondità delle superfici di discontinuità, che, pertanto, possono essere individuate con i dati geognostici raccolti.

Ad esempio, una superficie di discontinuità sempre ben riconoscibile è quella che si ha al passaggio tra la copertura prevalentemente limoso-argillosa e il primo banco di depositi granulari.

Per i picchi a frequenza minore connessi a discontinuità più profonde, invece, si hanno spesso difficoltà interpretative; ciò è tanto più evidente se si considera che il quadro geologico è complicato dall'attività tettonica recente che ha comportato la deformazione e parziale erosione delle unità sopraindicate.


Inoltre, in presenza di terreni sciolti, non è semplice associare delle velocità delle onde di taglio ai vari orizzonti, soprattutto a quelli posti alle profondità maggiori, e,

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	23 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

conseguentemente, con i dati disponibili, non è possibile definire con certezza la profondità del *bedrock* sismico.

In tale contesto. (come spiegato nel paragrafo 8.2, nel presente studio), si è ritenuto corretto ragionare con 2 approcci differenti: uno valido per quei di territori più occidentali, in cui alcune prove geofisiche e stratigrafiche permettono di individuare importanti discontinuità delle Vs con soggiacenze tra 5 e 30 m; l'altro in cui il substrato viene assunto a maggiori profondità, anche se, cautelativamente, inferiori a 100 m da p.c.

 <b>ENGEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	24 di 58

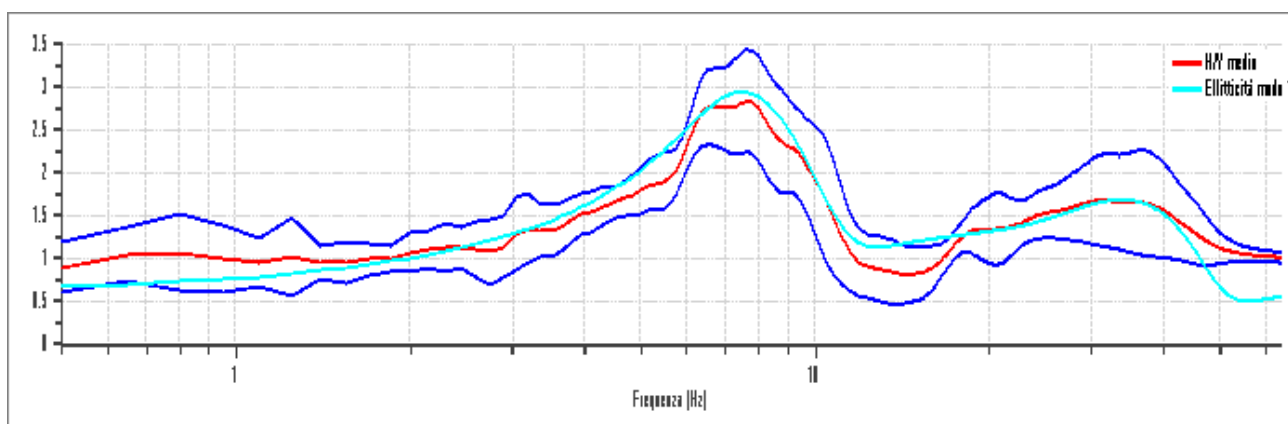
## 6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

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

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

I risultati ottenuti per ciascuna prova, riportati nell'Elaborato 7 – Prove tromografiche, sono:

1. il grafico rapporto spettrale H/V naturale con curva H/V sintetica, in cui si possono osservare picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze



**Fig. 7 – Esempio di curva H/V naturale con curva H/V sintetica**

2. La velocità media delle onde di taglio  $V_s$

Per determinare la velocità delle onde di taglio  $V_s$  viene utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente lega la frequenza di risonanza del terreno ( $f$ ) alla velocità delle onde S ( $V_s$ ) e alla profondità della base dello strato ( $H$ ):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata, per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.

Sulla base di tali elaborazioni viene ottenuta la curva della  $V_s$  con la profondità.

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento


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

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

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

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, essi, in alcuni casi, risultano non soddisfatti per i motivi già anticipati nel capitolo 5 (le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che, nelle curve H/V, siano generalmente presenti più picchi).

Ciononostante, a prescindere da tali verifiche, tutte le prove allegate al presente studio si sono ugualmente potute utilizzare in quanto la loro interpretazione, nel rispetto di quanto stabilito dallo stesso progetto SESAME, è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con profili stratigrafici derivanti dai sondaggi geognostici disponibili.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	26 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, di concerto con l'Amministrazione Comunale, sono stati definiti i limiti degli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, come definito nell'elaborato PSC.1 – Classificazione del territorio comunale, alla scala 1:10.000, facente parte del Piano Strutturale Comunale approvato con delibera di C.C. n. 56 del 20/12/2012.


Una volta eseguita tale operazione, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica passiva (misure di ascolto dei microtremori con tromografo digitale portatile) ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carte delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia;
- **Carte geologico-tecniche:** tali carte sono state derivate dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carte delle frequenze naturali dei terreni:** tali carte riportano i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo ( $F_1$ ).
- **Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratimetriche.

Successivamente e in diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.


	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	27 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carte delle velocità delle onde di taglio S:** carte in sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di  $V_{S_H}$  o di  $V_{S_{30}}$ .
- **Carte di microzonazione sismica:** carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame.

Le elaborazioni sono state rappresentate nelle varie cartografie, ciascuna delle quali costituita da due tavole, una per il settore orientale e una per quello occidentale del territorio comunale.

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	28 di 58



PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 Carte delle indagini

Nelle Carte delle indagini, alla scala 1:5.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione (per i cui report si faccia riferimento all'*Elaborato 7- Prove tromografiche*) e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o sismiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale, oltre a quelle contenute nel database fornito dal Servizio Geologico Regionale.

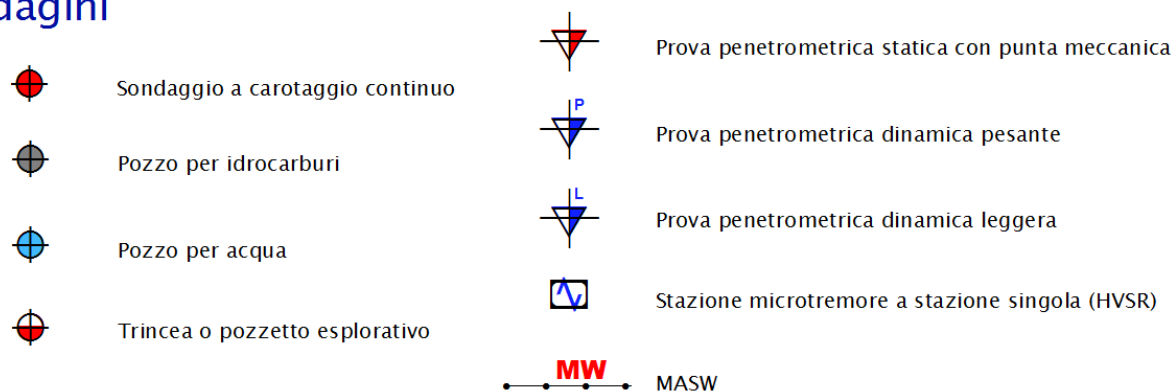
Esse sono state distinte in base alla tipologia in:

- sondaggio a carotaggio continuo
- pozzo per idrocarburi
- pozzo per acqua
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica pesante
- prova penetrometrica dinamica leggera
- trincea o pozzetto esplorativo
- stazione microtremore a stazione singola
- MASW

come raffigurato nella legenda riportata in Fig. 8.

## Legenda

### Indagini



**Fig. 8 – Legenda delle Carte delle indagini**

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	29 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In Tab. 3 vengono riportati il numero e la tipologia di indagini presenti sul territorio studiato, acquisite mediante la ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale o riprese dal database del Servizio Geologico regionale.

<b>TIPO PROVA</b>	<b>PROVENIENTE DA ARCHIVIO REGIONALE</b>	<b>PROVENIENTE DA ARCHIVIO COMUNALE</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Sondaggio a carotaggio continuo</b>	1	25	<b>26</b>
<b>Pozzo per ricerca idrocarburi</b>	4	\	<b>4</b>
<b>Pozzo per acqua</b>	15	\	<b>15</b>
<b>Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)</b>		58	<b>58</b>
<b>Prova penetrometrica dinamica pesante</b>	5	61	<b>66</b>
<b>Prova penetrometrica dinamica leggera</b>	\	8	<b>8</b>
<b>MASW</b>	\	10	<b>10</b>
<b>Stazione microtremore a stazione singola</b>	\	14	<b>14</b>
<b>Trincea o pozzetto</b>	1	35	<b>36</b>

**Tab. 3 – Riepilogo delle indagini geognostiche presenti sul territorio comunale**


Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 40 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR), tutte eseguite internamente al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile.

## 8.2 Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica

Nelle Carte geologico tecniche per la microzonazione sismica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 8.4.

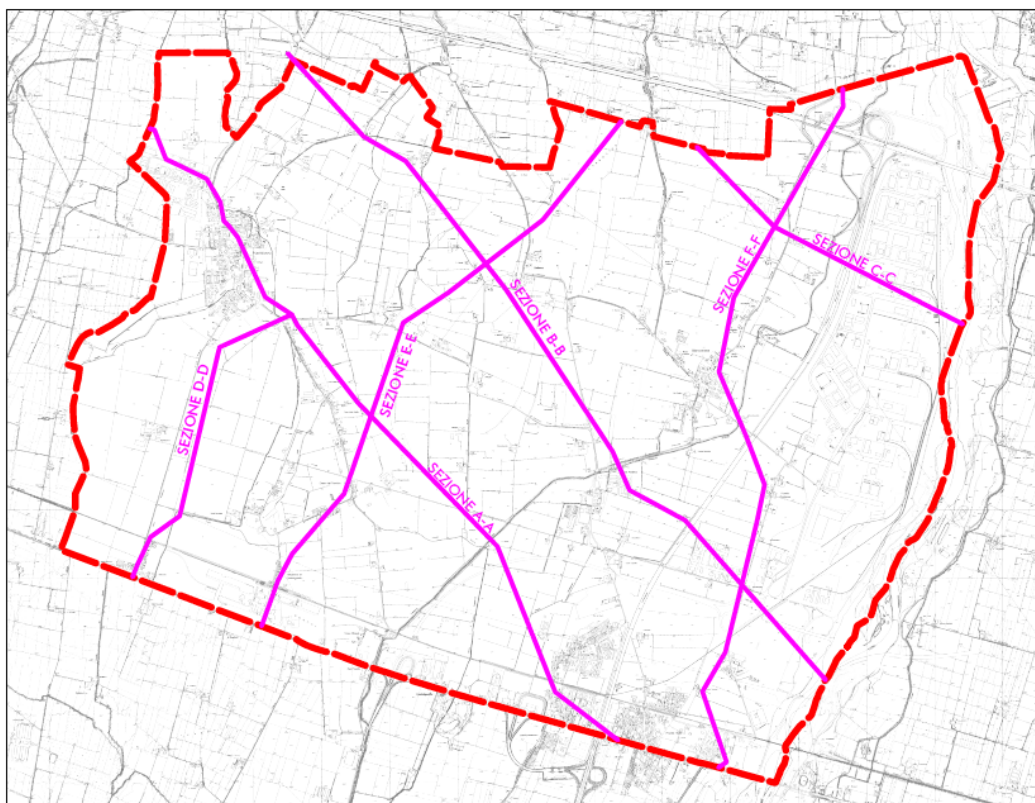
Nel presente studio, per la stesura delle Carte geologico tecniche, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	30 di 58


<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- elaborati del Quadro Conoscitivo – Ambiente Suolo e sottosuolo e ambiente Idrico sotterraneo del Piano Strutturale Comunale di Fontevivo, approvato con delibera di C.C. n. 56 del 20/12/2012, Engeo s.r.l.
- “Carta Geologica d’Italia”. Foglio n° 181, 199SW, 217NW, alla scala 1:25.000, e Sezione 199150, alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (8.1).

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale vengono di seguito proposte delle sezioni geologiche orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi strutturali, ricostruite sulla base di informazioni fornite dal Dott. Gianmarco Di Dio, del Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po della Regione Emilia-Romagna – sede di Parma, relative allo “Studio della conoide alluvionale del fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche”.



**Fig. 9 – Rappresentazione planimetrica delle tracce delle sezioni riportate in Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	31 di 58

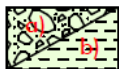
PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## LEGENDA

### SUPERSINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO

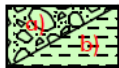
#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

##### Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup.-Olocene; post circa 20.000 anni B.P.)



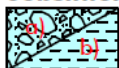
##### Unità di Modena

a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi



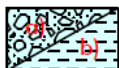
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

##### Subsintema di Villa Verucchio (Pleistocene sup.; post Tirreniano-20.000 anni B.P.)



##### Unità di Vignola

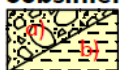
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi



##### Unità di Niviano

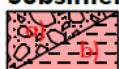
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

##### Subsintema di Agazzano (Pleistocene medio terminale)



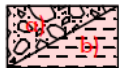
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

##### Subsintema di Maiatico (Pleistocene medio)



##### Unità di Fico Rosso

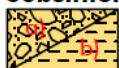
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi



##### Unità di Miano

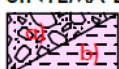
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

##### Subsintema di Monterlinzana (Pleistocene medio)



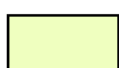
a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE (Pleistocene inferiore-medio)

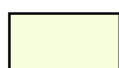


a) Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; b) Depositi prevalentemente argilloso-limosi

### SUPERSINTEMA QUATERNARIO MARINO




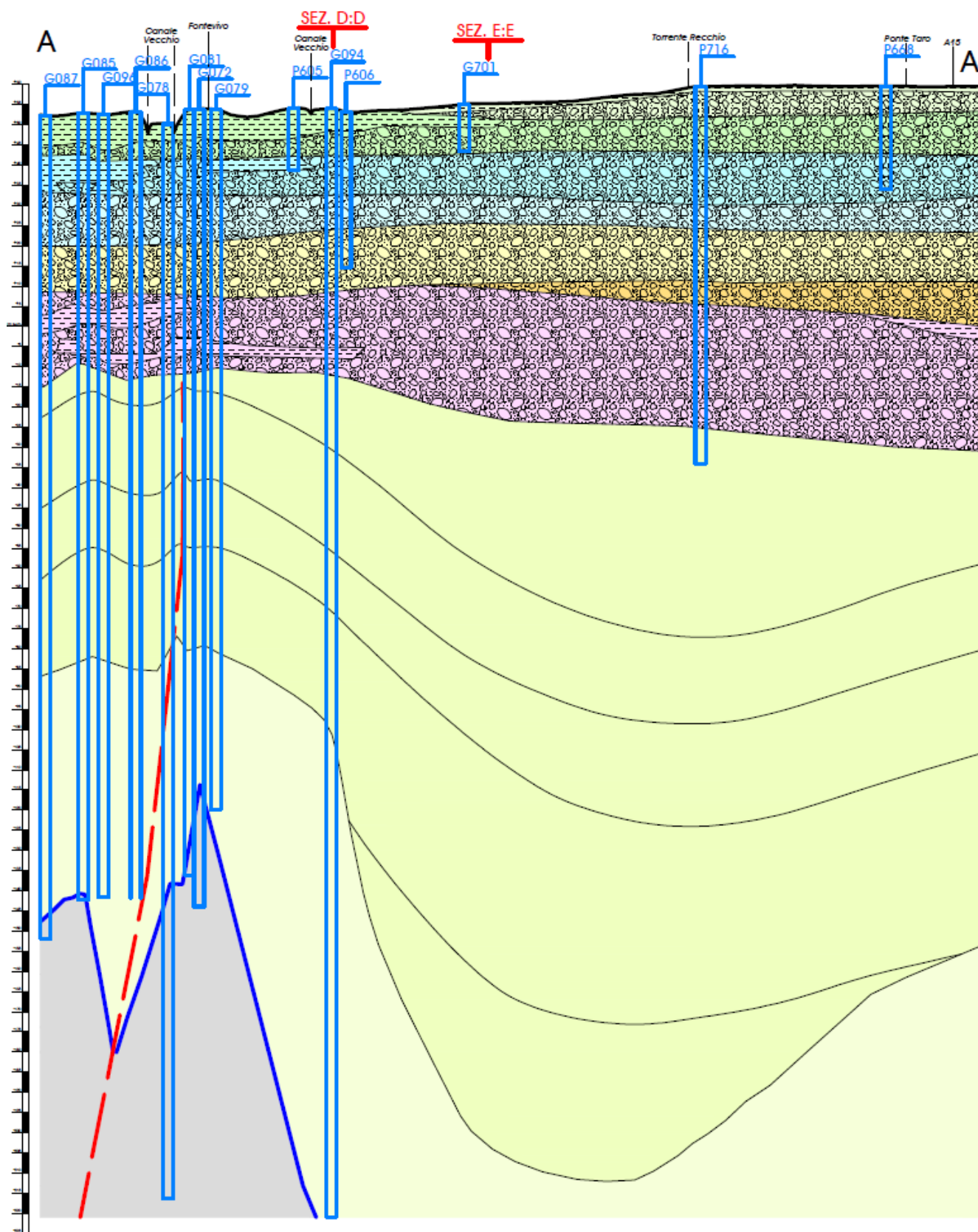
SINTEMA DI COSTAMEZZANA (Pleistocene inferiore)



SINTEMA DEL TORRENTE STIRONE (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

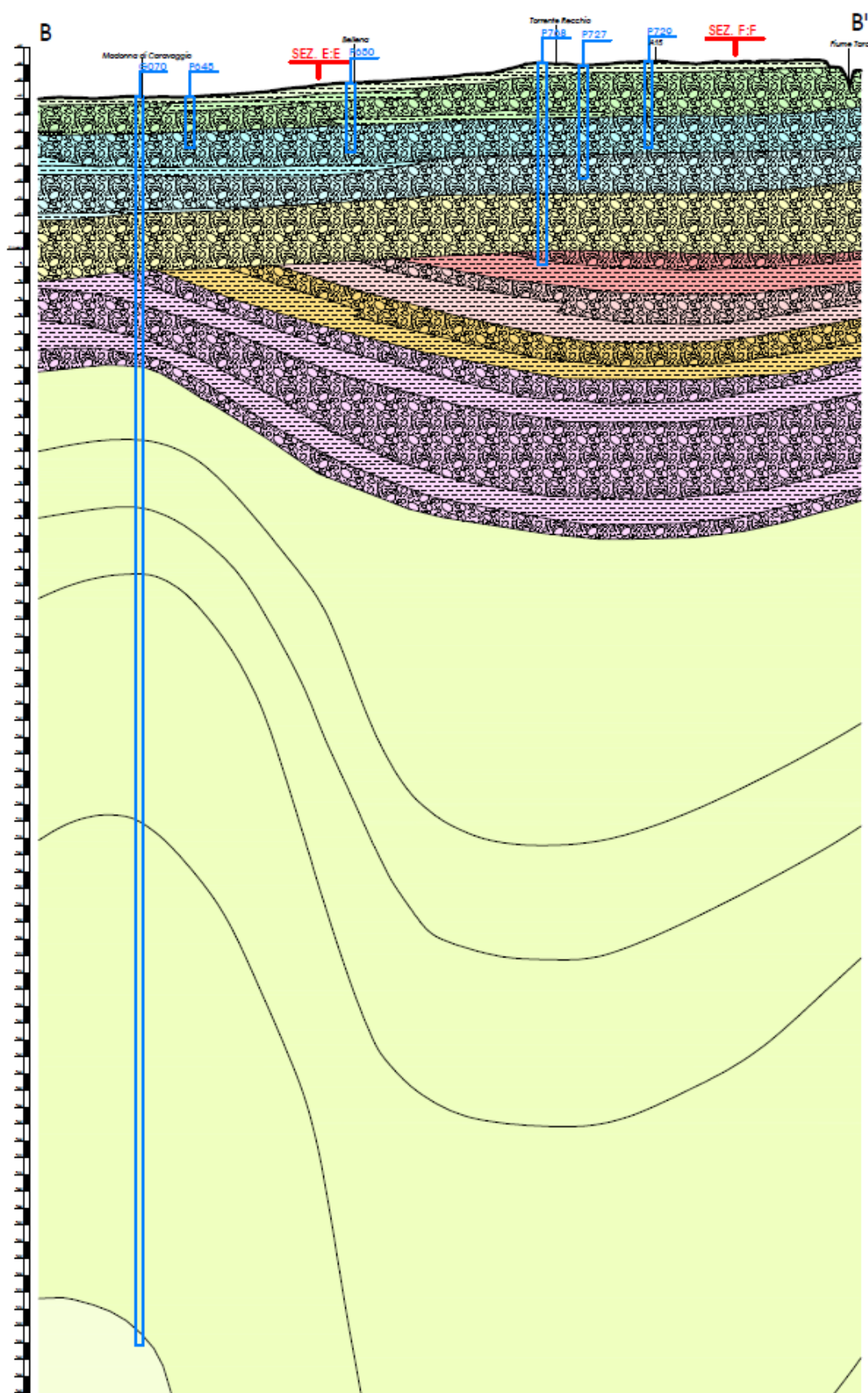
**Fig. 10 – Legenda relativa alle sezioni riportate in Fig. 11,  
Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	32 di 58




**Fig. 11 - Sezione geologica A-A'**





**Fig. 12 - Sezione geologica B-B'**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato Relazione illustrativa_Agg.01	Data Marzo 2015	Agg. 1	Pag. 34 di 58
---	--	--------------------	-----------	------------------

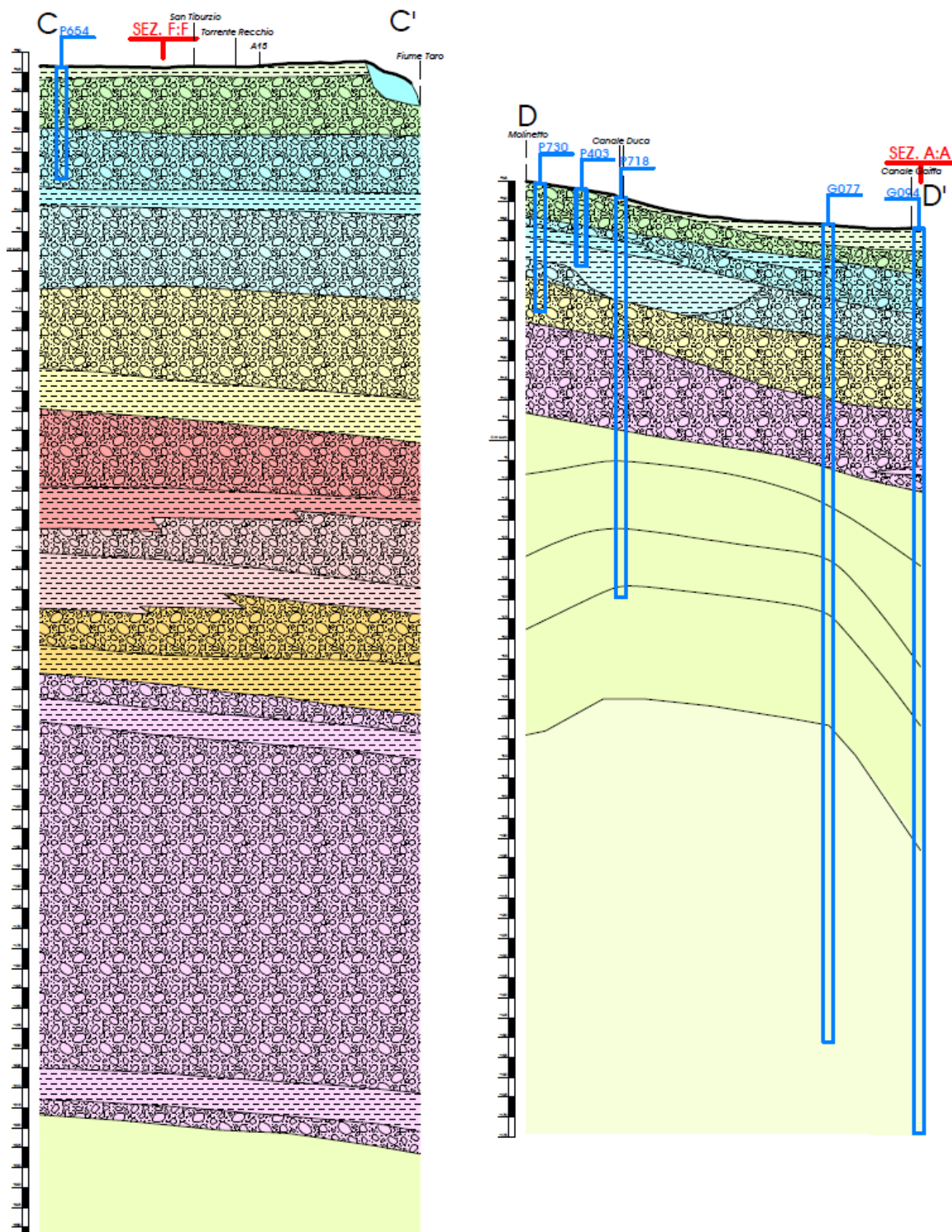

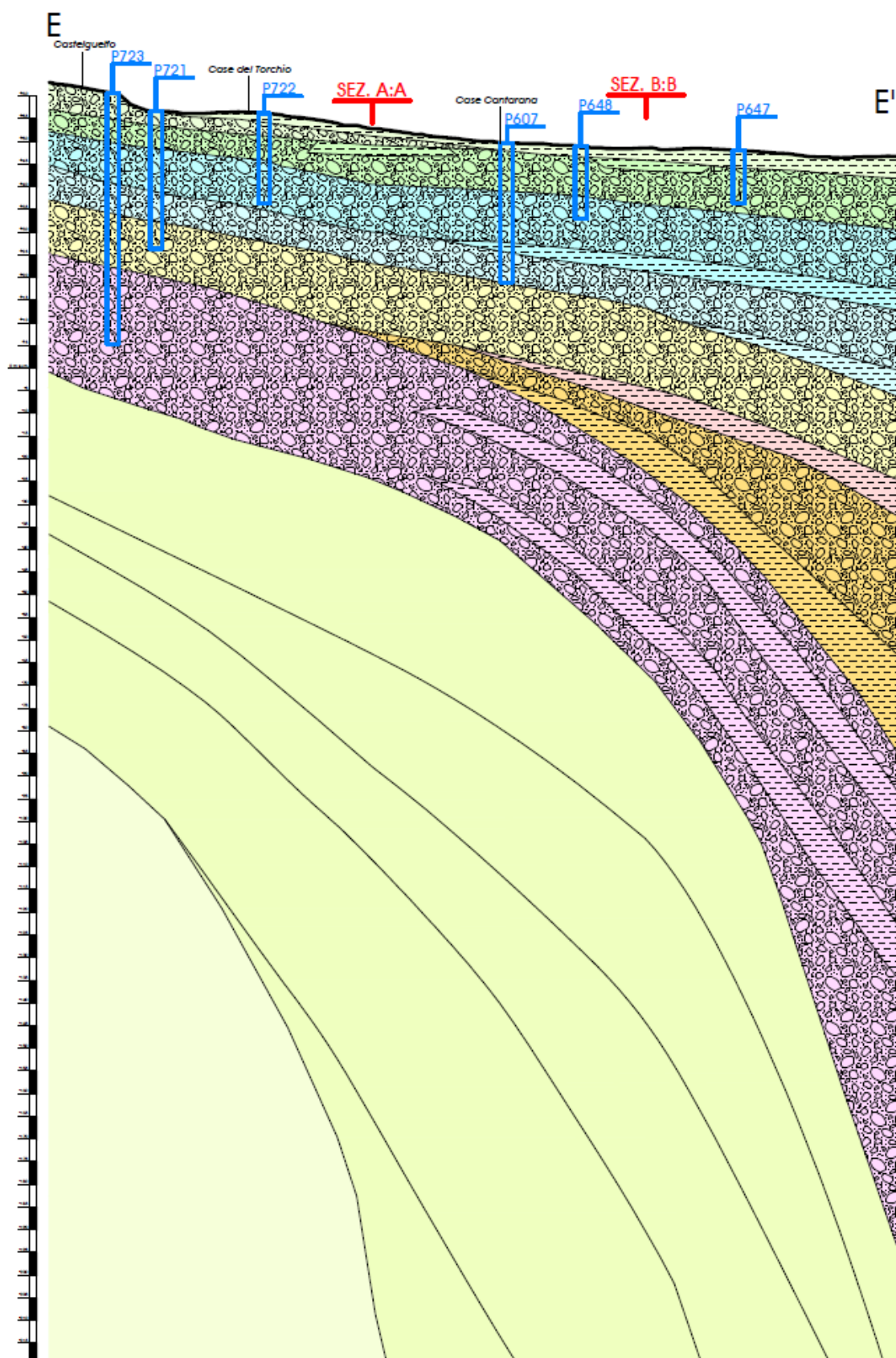



Fig. 13 - Sezioni geologiche C-C' e D-D'

 <p>EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY</p>	<p>Elaborato Relazione illustrativa_Agg.01</p>	<p>Data Marzo 2015</p>	<p>Agg. 1</p>	<p>Pag. 35 di 58</p>
--	--	----------------------------	-------------------	--------------------------

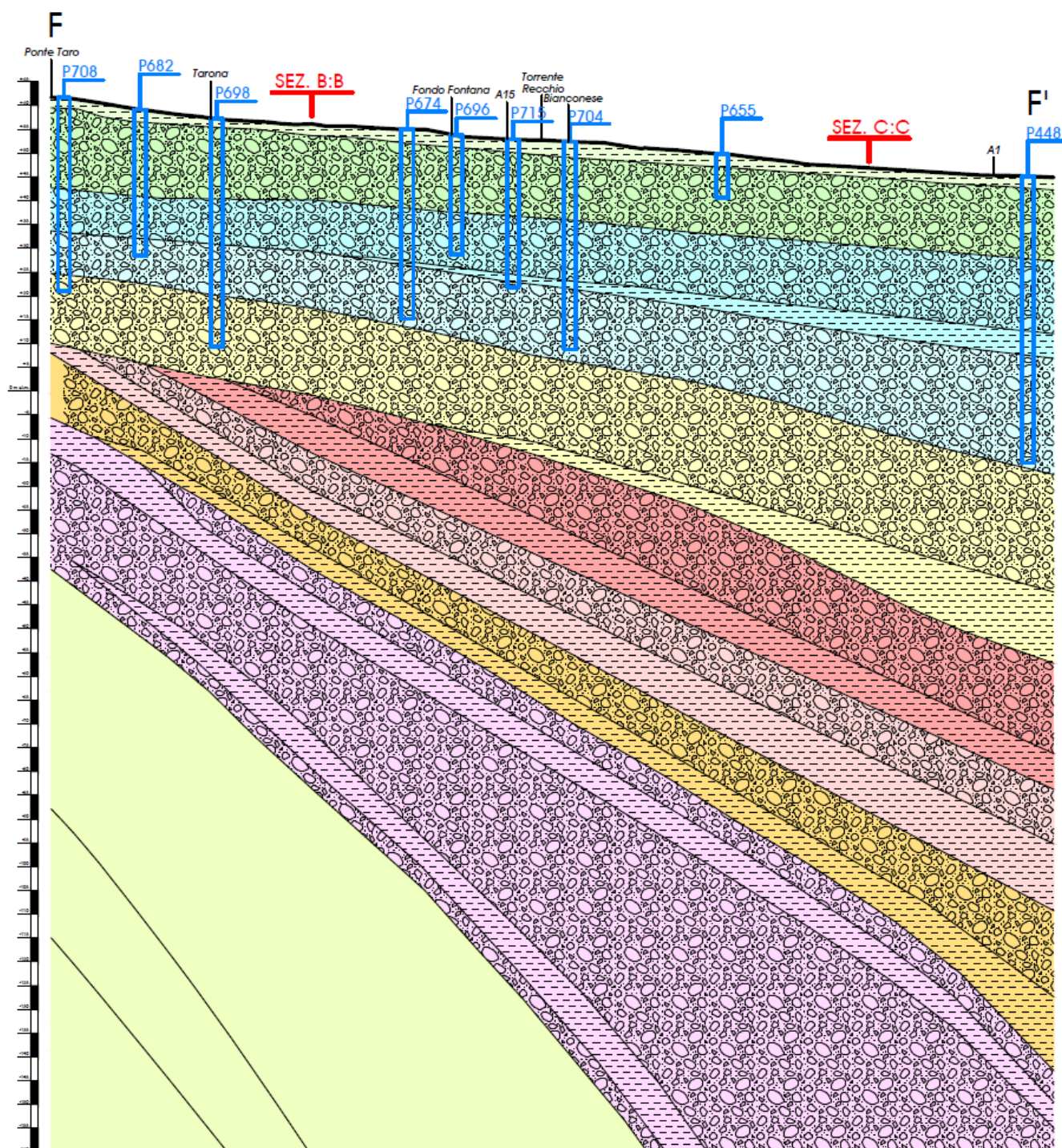





**Fig. 14 - Sezione geologica E-E'**

 <p>ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY</p>	<p>Elaborato Relazione illustrativa_Agg.01</p>	<p>Data Marzo 2015</p>	<p>Agg. 1</p>	<p>Pag. 36 di 58</p>
---	--	----------------------------	-------------------	--------------------------





**Fig. 15 - Sezione geologica F-F'**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato Relazione illustrativa_Agg.01	Data Marzo 2015	Agg. 1	Pag. 37 di 58
---	--	--------------------	-----------	------------------

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Esaminando le sezioni si osserva come, nel primo sottosuolo, siano, presenti depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore appartenenti, dall'alto verso il basso, ai seguenti subsintemi:

- Subsintema di Ravenna
- Subsintema di Villa Verucchio
- Subsintema di Agazzano
- Subsintema di Maiatico
- Subsintema di Monterlinzana

I primi tre di questi presentano spessori costanti nelle sezioni con andamento ESE-WNW, ma in aumento verso nord-est, passando da una potenza complessiva di poco più di 30 m all'estremità sud-occidentale a oltre 100 m nello spigolo nord-orientale del territorio comunale.


Litologicamente, sono caratterizzati da depositi a tessitura principalmente grossolana (ghiaioso-sabbiosa) anche se sono stati raffigurati alcuni livelli fini (argille e limi) in particolare al tetto del Subsintema di Ravenna, all'interno di quello di Villa Verucchio, alle estremità orientale e nord-occidentale del territorio comunale, e alla base di quello di Agazzano, limitatamente alla porzione più settentrionale della sezione F-F'.

I Subsintemi più antichi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore risentono in maniera più evidente dall'attività tettonica recente: infatti nel settore occidentale del comune, ove si ha la culminazione assiale dell'anticlinale di "Fontevivo – Stradella", risultano completamente erosi (tant'è che il sistema di Agazzano poggia direttamente, a poche decine di metri di profondità, sul Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore), mentre si inspessiscono anch'essi verso l'estremità nord-orientale (dove il tetto del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore si rinviene a circa 200 m da piano campagna) mostrando una successione litostratimetrica in cui si alternano orizzonti grossolani ad orizzonti fini di potenza poco inferiore.

L'inspessimento della coltre sedimentaria sul fianco della struttura anticlinale è evidente anche nelle unità sottostanti: tanto nel Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, quanto in quello di Costamezzana, già appartenente al Supersintema Quaternario Marino.

Considerato quanto sopradescritto, è facile comprendere come in un territorio quale quello del Comune di Fontevivo non sia facile ipotizzare quale orizzonte possa rappresentare il substrato rigido.

Certamente, più si va in profondità più si rinvencono depositi addensati con relativo aumento delle Vs; tuttavia, è evidente che i profili di Vs, in ciascuna verticale, risentono fortemente anche del tipo di litologie attraversate, con significativi incrementi al passaggio

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	38 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

tra un orizzonte fine ad uno prevalentemente ghiaioso, mentre ad una diminuzione di tessitura consegue un'inversione di velocità.

Le indagini, normalmente, consentono di individuare la prima superficie di discontinuità, dove la copertura prevalentemente limoso-argillosa poggia sul livello granulare più superficiale; quanto alle discontinuità più profonde, si hanno informazioni molto meno attendibili.


Inoltre, trattandosi sempre di terreni sciolti risulta complicato associare delle velocità delle onde di taglio ai vari orizzonti, soprattutto a quelli posti alle profondità maggiori.

In un tale contesto il *bedrock* potrebbe coincidere con il substrato dei depositi continentali costituito dai sedimenti costieri e lagunari, riferibili al Sintema di Costamezzana, ma potrebbe essere anche costituito da uno dei potenti livelli ghiaiosi, raffigurati nelle sezioni geologiche all'interno del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore o inferiore.

In tale contesto. (come spiegato nel capitolo 5, nel presente studio), si è ritenuto corretto ragionare con 2 approcci differenti: uno valido per quei di territori più occidentali, in cui alcune prove geofisiche e stratigrafiche permettono di individuare importanti discontinuità delle Vs con soggiacenze comprese tra 5 e 30 m; l'altro, in cui il substrato viene assunto a maggiori profondità, anche se, cautelativamente, inferiori a 100 m limite fissato nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, per distinguere tra un profilo stratigrafico tipo PIANURA 1 e un profilo stratigrafico tipo PIANURA 2.

Nelle Carte geologico tecniche, dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti tre unità di terreni di copertura tutte appartenenti all'ambiente genetico-deposizionale di conoide alluvionale:

- **GWca** – *Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie*: unità nella quale sono state accorpati i depositi alluvionali attuali e quelli recenti che si rinvergono in corrispondenza dell'alveo e della fascia perfluviale del fiume Taro
- **GMca** – *Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo*: cartografata nel settore centrale del territorio comunale, caratterizzato da depositi del primo sottosuolo in cui generalmente dominano le tessiture limose mentre le ghiaie si incontrano ad una profondità inferiore a 4 m da piano campagna
- **CLca** – *Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille sabbiose o ghiaiose, argille limose, argille magre*: corrisponde con la porzione più occidentale del Comune dove la tessitura dei depositi sovrastanti le prime

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	39 di 58



<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

ghiaie (il cui tetto presenta quasi sempre una soggiacenza maggiore di 4 m) è prevalentemente argillosa

Nelle Carte geologico tecniche sono stati indicati anche i sondaggi a carotaggio continuo (con indicazione della loro profondità) e la soggiacenza della prima falda, nei pozzi oggetto di una campagna di misure effettuata nel corso degli studi per il definire il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale, durante un periodo di alto piezometrico.

La scala di rilevamento e di rappresentazione è sempre 1:5.000.

### 8.3 Carte delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tromografici disponibili, sia contenuti nell'Archivio Comunale, sia di nuova acquisizione, sono state redatte le Carte delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura (53), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo ( $F_1$ ).


Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio.

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ( $H/V > 3$ ) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza  $H/V \leq 3$ ).


Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tromografiche, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	40 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

principali e secondari, oltre all'ubicazione e l'unità di appartenenza nelle Carte geologico-tecniche:

<b>PROVA</b>	<b>Località</b>	<b>Unità nelle Carte geologico-tecniche</b>	<b>Picco principale F0</b>		<b>Picco secondario F1</b>	
			<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza H/V</b>	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza H/V</b>
034016P181	Fontevivo	CLca	6.8	2.4	5.0	2.1
034016P182	Fontevivo	GMca	13.4	4.0		
034016P183	Fontevivo	CLca	4.6	2.4	8.8	1.6
034016P184	Fontevivo	CLca	5.2	2.0	6.5	1.8
034016P185	Fontevivo	CLca	3.5	2.3	10.3	1.6
034016P186	Fontevivo	CLca	4.7	2.3	19.0	2.2
034016P187	Fontevivo	CLca	3.8	6.0	5.3	2.2
034016P188	Case Massi	CLca	9.7	3.2	7.4	2.4
034016P189	Stazione di Castelguelfo	CLca	7.4	3.1	5.2	2.6
034016P190	Case del Torchio	CLca	18.5	2.1	10.4	1.4
034016P191	Case della Gaiffa	CLca	9.5	3.3	7.7	2.2
034016P192	Pontetaro	GMca	4.9	2.4	15.4	1.6
034016P193	Pontetaro	GMca	15.5	3.1	4.7	2.3
034016P194	Pontetaro	GMca	5.0	3.0	17.6	1.6
034016P195	Tarona	GMca	5.8	4.7	4.9	4.5
034016P196	Pontetaro	GMca	19.5	4.0	4.6	2.2
034016P197	Ca de Rossi	GMca	5.6	2.0	8.9	1.8
034016P198	Ca de Rossi	GMca	9.5	4.5	7.1	3.3
034016P199	Case Andina	GMca	10.0	1.8	4.6	1.8
034016P200	Bianconese	GMca	12.8	3.1	9.4	2.3
034016P201	Bianconese	GMca	12.5	3.3	7.7	2.2
034016P202	Fondo Fontana	GMca	5.2	2.4	7.1	2.1
034016P203	Fondo Fontana	GMca	4.9	3.0	6.8	2.7
034016P204	Case Massi	GMca	12.2	3.5	18.5	2.4
034016P205	Case Massi	GMca	10.0	3.0	6.2	1.9
034016P206	Ca de Rossi	GMca	11.0	1.7	4.7	1.6
034016P207	Fondo Fontana	GMca	16.3	2.3	11.5	1.8
034016P208	Case Andina	GMca	11.0	2.8	6.4	2.0
034016P209	CEPIM	GMca	4.6	2.2	9.2	1.5
034016P210	CEPIM	GMca	14.0	1.9	3.2	1.4
034016P211	CEPIM	GMca	4.6	2.0	3.3	1.3
034016P212	CEPIM	GMca	4.5	1.9	13.8	1.5
034016P213	Case Massi	GMca	16.0	3.8	11.3	3.0
034016P214	Ca de Rossi	GMca	12.8	3.9	6.7	2.3
034016P215	Stazione di Castelguelfo	CLca	6.4	3.6	5.2	2.6


 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	41 di 58

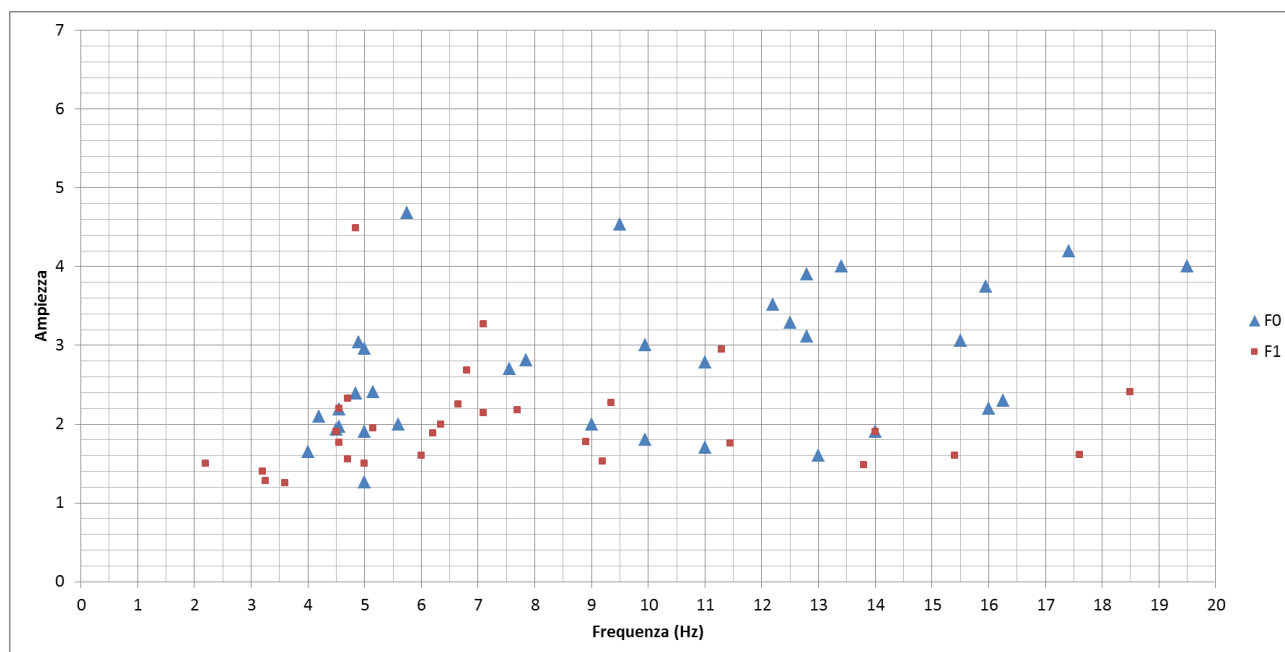
<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

<b>PROVA</b>	<b>Località</b>	<b>Unità nelle Carte geologico-tecniche</b>	<b>Picco principale F0</b>		<b>Picco secondario F1</b>	
			<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza H/V</b>	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza H/V</b>
<b>034016P216</b>	Molinetto	CLca	6.3	4.6	15.2	2.0
<b>034016P217</b>	Fontevivo	GMca	7.6	2.7	5.2	2.0
<b>034016P218</b>	Fontevivo	GMca	5.0	1.3	3.6	1.3
<b>034016P219</b>	Fontevivo	CLca	7.0	3.3	5.0	2.5
<b>034016P220</b>	Bianconese	GMca	7.9	2.8		
<b>034016P1</b>	CEPIM	GMca	16.0	2.2	2.2	1.5
<b>034016P175</b>	CEPIM	GMca	13.0	1.6	5.0	1.5
<b>034016P25</b>	CEPIM	GMca	4.2	2.1	14.0	1.9
<b>034016P32</b>	CEPIM (san tiburzio piccolo)	GMca	5.0	1.9		
<b>034016P23</b>	Pontetaro	GMca	4.0	1.7	6.0	1.6
<b>034016P221</b>	Molinetto	CLca	3.7	4.8	19.0	1.9
<b>034016P222</b>	Molinetto	CLca	3.5	5.7	8.5	2.8
<b>034016P78</b>	Bianconese	GMca	9.0	2.0	4.5	1.9
<b>034016P48</b>	Fontevivo (Bellena)	GMca	17.4	4.2		
<b>034016P63</b>	Fontevivo	CLca	3.4	4.0	11.0	2.8
<b>034016P43</b>	Fontevivo	CLca	4.7	4.0	0.6	2.2
<b>034016P18</b>	Fontevivo	CLca	4.6	1.1	16.0	1.2
<b>034016P60</b>	Fontevivo	CLca	5.0	2.2		

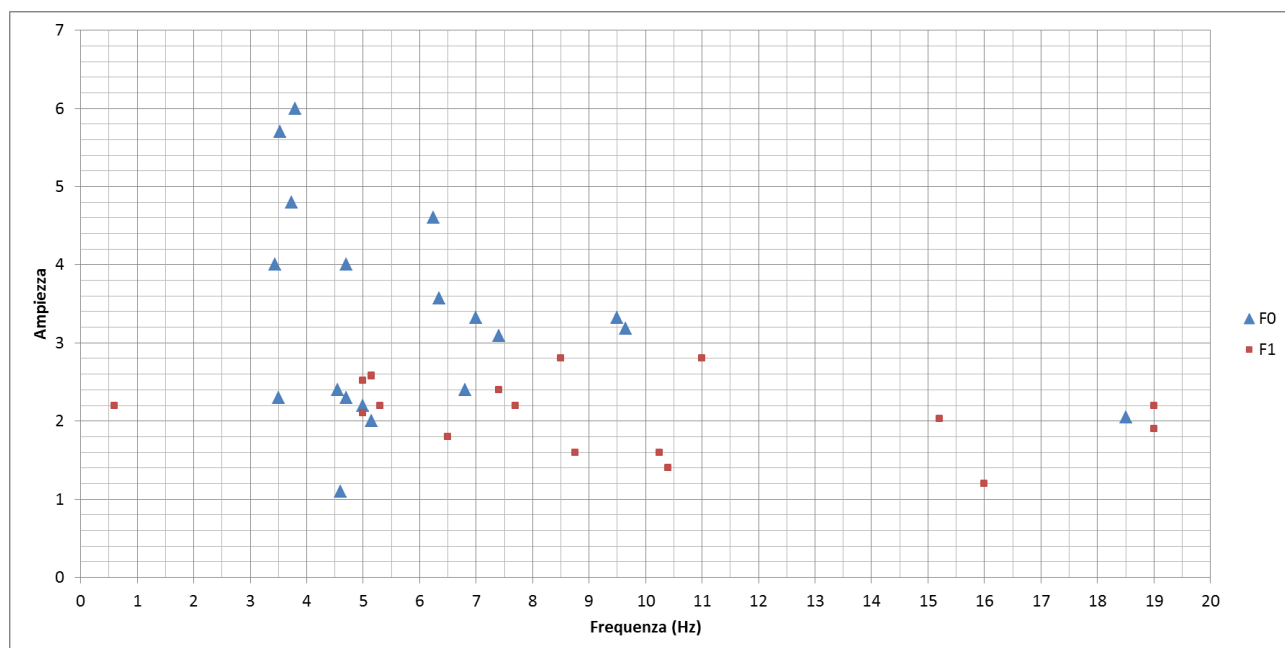
**Tab. 4 – Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche a Fontevivo**

Gli stessi dati sono stati utilizzati per ricostruire i grafici di Fig. 16 e Fig. 17, relativi rispettivamente alle prove ricadenti all'interno dell'Unità GMca e a quelle dell'Unità CLca, raffigurate sulle Carte geologico-tecniche.

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	42 di 58




**Fig. 16 – Picchi principali (F0) e secondari (F1) per prove ricadenti all'interno dell'Unità GMca raffigurata sulle Carte geologico-tecniche**



**Fig. 17 – Picchi principali (F0) e secondari (F1) per prove ricadenti all'interno dell'Unità CLca raffigurata sulle Carte geologico-tecniche**

Sulla base dell'esame di Tab. 4 e di Fig. 16 e Fig. 17, si possono formulare le seguenti osservazioni:

 <b>EN GEO S.r.l.</b> <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	43 di 58



PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento


- complessivamente, prendendo in considerazione l'intero territorio comunale, meno della metà dei picchi principali e solo 2 tra quelli secondari presentano alti contrasti di impedenza ( $H/V > 3$ ), mentre i valori di frequenza presentano una forte variabilità, pur mantenendosi, quasi sempre, nel capo superiore ai 3 Hz;
- le prove realizzate all'interno dell'Unità GMca (cfr. Fig. 16) evidenziano vari picchi di ampiezza significativa, compresi tra 10 e 20 Hz, correlabili con superfici di discontinuità, presenti nei primi metri da piano campagna, profondità alle quali, in effetti, si rinviene il passaggio tra i terreni fini di copertura e il primo banco di depositi a tessitura prevalentemente ghiaiosa;
- analogamente a quanto indicato al punto precedente, nelle prove realizzate all'interno dell'Unità CLca (cfr. Fig. 17), si nota una concentrazione di picchi significativi tra i 6 e i 10 Hz, anch'essi correlabili al passaggio tra i terreni fini di copertura e il primo banco di depositi ghiaiosi che, in questa unità, si rinviene a maggiore profondità (oltre i 4 metri da piano campagna);
- sempre all'interno dell'Unità CLca, si osservano altri picchi di ampiezza significativa con frequenze di 3÷3,5 Hz, che potrebbero essere associati sempre ad un passaggio litologico tra depositi più fini e più grossolani che si rinviene all'interno del Subsistema di Villa Verucchio, a una ventina di metri di profondità, nella porzione più orientale del Comune (cfr. successivo paragrafo 8.4).
- quanto all'interpretazione degli altri picchi a basse frequenze, essa risulta più problematica, in quanto dette frequenze sono correlabili con superfici di discontinuità profonde di individuazione non sempre chiara, con le informazioni litostratimetriche disponibili.

#### 8.4 Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Le Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresentano il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

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

- 1. zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.
- 2. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto

 <b>ENGEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	44 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.


- 3. zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Fontevivo, non sono mai presenti la *categoria 1 – zone stabili* e la *categoria 3 – zone suscettibili di instabilità*<sup>1</sup>.

Tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili risultano appartenenti alla categoria 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate le seguenti 3 microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 40 m di sottosuolo (cfr. Fig. 18):

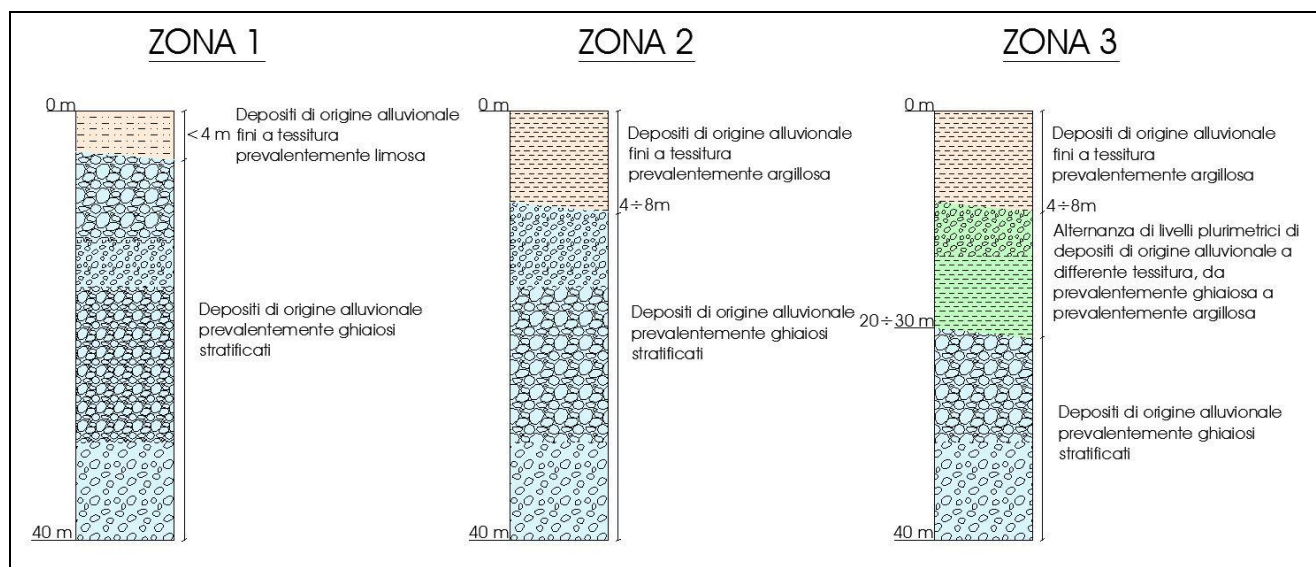
- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore inferiore a 4 m, di “depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente limosa” sotto la quale si rinvencono dei “depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati”. Riguarda il settore orientale del Comune, classificato all'interno dell'unità GMca nelle Carte geologico-tecniche.
- Zona 2 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore generalmente compresa tra 4 e 8 m, di “depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente argillosa” sotto la quale si rinvencono dei “depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati”. Riguarda il settore più orientale del territorio classificato all'interno dell'unità CLca nelle Carte geologico-tecniche.
- Zona 3 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore generalmente compresa tra 4 e 8 m, di “depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente limosa” sotto la quale si rinvencono prima delle “alternanze di livelli plurimetri di depositi di origine alluvionale a differente

<sup>1</sup> Relativamente al fenomeno della liquefazione, anche alla luce dei nuovi approfondimenti, si conferma la valutazione anticipata nel paragrafo 2.4.2, relativo alla Carta delle aree suscettibili di effetti locali contenuta nel Quadro Conoscitivo del P.S.C. Vigente, ovvero che, considerata la bassa entità di rischio cui è sottoposto l'intero territorio comunale, non sia necessario prevederne un approfondimento in una successiva fase pianificatoria (mentre, per quanto riguarda la fase progettuale, restano ovviamente valide le disposizioni delle NTC).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	45 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

tessitura, da prevalentemente ghiaiosa a prevalentemente argillosa”, quindi, ad una profondità di circa 20÷30 m da piano campagna, dei “depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati”. Riguarda il settore più occidentale del territorio classificato all’interno dell’unità CLca nelle Carte geologico-tecniche.



**Fig. 18 – Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative della microzone**

## 8.5 Carte delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, sono state redatte per tutte le aree oggetto di studio delle Carte delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ).

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica, MASW o ReMi) e indicando il corrispondente valore di  $V_{sH}$  (in m/s), dove:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

$H$  = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino al *bedrock*)


$V_{s_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino al *bedrock*);

o di  $V_{s30}$  (sempre in m/s), dove:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m);

$V_{s_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m).


 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	46 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

A riguardo, in coerenza con quanto già anticipato nel paragrafo 8.2, si sono indicate le  $V_{sH}$  nel settore più occidentale, dove alcune prove geofisiche permettono di individuare significativi contrasti di velocità, con soggiacenze comprese tra 5 e 30 m; mentre, in tutto il resto del territorio comunale, in cui è presente un potente banco di ghiaie subaffiorante, sono stati riportati i valori di  $V_{s30}$ .

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio S a Fontevivo, indicando, oltre al valore di  $V_{s30}$  e di  $V_{sH}$ , il tipo di prova effettuata e la sua ubicazione (sia come località che come microzona omogenea in prospettiva sismica):

PROVA	TIPO	MOPS	$V_{s30}$ (m/s)	$V_{sH}$ (m/s)	LOCALITA'
034016P182	HVSR	zona 1	323.6		Fontevivo
034016P192	HVSR	zona 1	422		Pontetaro
034016P193	HVSR	zona 1	356.5		Pontetaro
034016P194	HVSR	zona 1	401.7		Pontetaro
034016P195	HVSR	zona 1	400.3		Tarona
034016P196	HVSR	zona 1	384.2		Pontetaro
034016P197	HVSR	zona 1	477		Ca de Rossi
034016P198	HVSR	zona 1	489.5		Ca de Rossi
034016P199	HVSR	zona 1	500		Case Andina
034016P200	HVSR	zona 1	304		Bianconese
034016P201	HVSR	zona 1	419.4		Bianconese
034016P202	HVSR	zona 1	431.7		Fondo Fontana
034016P203	HVSR	zona 1	375		Fondo Fontana
034016P204	HVSR	zona 1	443.7		Case Massi
034016P205	HVSR	zona 1	425.8		Case Massi
034016P206	HVSR	zona 1	455		Ca de Rossi
034016P207	HVSR	zona 1	423		Fondo Fontana
034016P208	HVSR	zona 1	477.8		Case Andina
034016P209	HVSR	zona 1	416		CEPIM
034016P210	HVSR	zona 1	439		CEPIM
034016P211	HVSR	zona 1	412.1		CEPIM
034016P212	HVSR	zona 1	440.3		CEPIM
034016P213	HVSR	zona 1	406		Case Massi
034016P214	HVSR	zona 1	401		Ca de Rossi
034016P217	HVSR	zona 1	345.7		Fontevivo
034016P218	HVSR	zona 1	385.1		Fontevivo
034016P220	HVSR	zona 1	393.7		Bianconese
034016P1	HVSR	zona 1	407		CEPIM
034016P175	HVSR	zona 1	568		CEPIM


 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	47 di 58

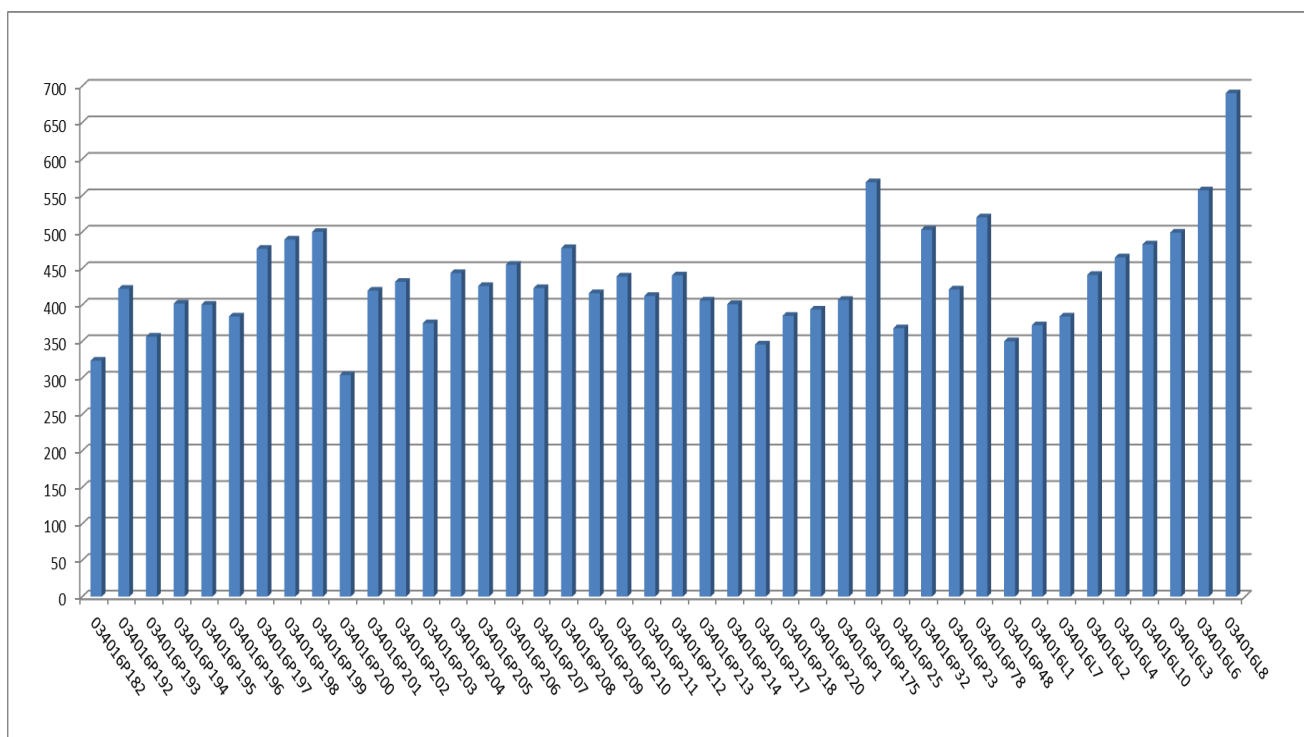
<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

PROVA	TIPO	MOPS	Vs30 (m/s)	Vs <sub>H</sub> (m/s)	LOCALITA'
034016P25	HVSR	zona 1	368		CEPIM
034016P32	HVSR	zona 1	503		CEPIM (San Tiburzio piccolo)
034016P23	HVSR	zona 1	421		Pontetaro
034016P78	HVSR	zona 1	520		Bianconese
034016P48	HVSR	zona 1	350		Fontevivo (Bellena)
034016L1	MASW	zona 1	372		CEPIM
034016L7	MASW	zona 1	384		Bianconese
034016L2	MASW	zona 1	441		Pontetaro
034016L4	MASW	zona 1	465		Bianconese
034016L10	MASW	zona 1	483		CEPIM
034016L3	MASW	zona 1	499		CEPIM
034016L6	MASW	zona 1	557		CEPIM
034016L8	MASW	zona 1	690		Fontevivo
034016P181	HVSR	zona 2		306	Fontevivo
034016P190	HVSR	zona 2		323	Case del Torchio
034016P191	HVSR	zona 2		296	Case della Gaiffa
034016P188	HVSR	zona 2		322	Case Massi
034016P183	HVSR	zona 3		198,5	Fontevivo
034016P184	HVSR	zona 3		343,5	Fontevivo
034016P185	HVSR	zona 3		310,7	Fontevivo
034016P186	HVSR	zona 3		272,9	Fontevivo
034016P187	HVSR	zona 3		175,9	Fontevivo
034016P189	HVSR	zona 3		321,4	Stazione di Castelguelfo
034016P215	HVSR	zona 3		310	Stazione di Castelguelfo
034016P216	HVSR	zona 3		386	Molinetto
034016P219	HVSR	zona 3		308,4	Fontevivo
034016P221	HVSR	zona 3		269,5	Molinetto
034016P222	HVSR	zona 3		345,8	Molinetto
034016P63	HVSR	zona 3		332,2	Fontevivo
034016P43	HVSR	zona 3		174,1	Fontevivo
034016P18	HVSR	zona 3		227	Fontevivo
034016P60	HVSR	zona 3		367,1	Fontevivo
034016L5	MASW	zona 3		248,1	Fontevivo
034016L9	MASW	zona 3		351,7	Case della Gaiffa

**Tab. 5 – Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S a Fontevivo**

I valori di Vs<sub>30</sub>, tipici della zona 1, sono stati raffigurati, nel grafico di Fig. 19:

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	48 di 58



**Fig. 19 – Grafico dei valori di Vs<sub>30</sub> misurati nella zona 1**

Dall'esame di Tab. 5 e Fig. 19, si deduce che i valori di Vs<sub>30</sub>, presentano una media pari a circa 433 m/s, anche se contraddistinti da una forte variabilità (il valore massimo è di 690 m/s, mentre il minimo è di 304 m/s).

Sempre relativamente alle Vs<sub>30</sub>, una caratteristica che si evince dalla lettura delle Carte delle velocità delle onde di taglio S (Vs) e di cui si è tenuto conto al momento della redazione delle Carte di microzonazione sismica (cfr. paragrafo 8.6) è che valori particolarmente alti (maggiori di 475 m/s) sono concentrati in un allineamento che collega all'incirca Case Andina con il settore più settentrionale del Cepim, interessando l'estremità orientale dell'abitato di Bianconese. Valori intorno ai 350 m/s sono tipici della frazione di Bellena e di Case Cantarana; mentre, nel resto della microzona si registrano valori di Vs<sub>30</sub>, compresi tra 375 e 475 m/s.

Per quanto riguarda le Vs<sub>H</sub> l'analisi effettuata ha consentito distinguere, il settore occidentale del territorio urbanizzato e urbanizzabile del Comune, in 3 zone a cui, accettando un certo margine d'indeterminatezza, si possono attribuire i seguenti valori di H e Vs<sub>H</sub>:

Abitato di Fontevivo	H=20 m	Vs <sub>H</sub> =250 m/s
Zona a S/SE del Capoluogo	H=15 m	Vs <sub>H</sub> =300 m/s
Estremità SW del Comune	H=30 m	Vs <sub>H</sub> =300 m/s



PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 8.6 Carte di microzonazione sismica

Gli ultimi elaborati in cui sono riportati i risultati del presente studio sono le Carte dei fattori di amplificazione, anch'esse redatte alla scala 1:5.000, in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate per i vari settori di territorio in esame.

La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

Essa è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) sia di rapporto di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ) per prefissati intervalli di periodi. Dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo. Considerato quanto indicato nel capitolo 5 e nel paragrafo 8.2, in Comune di Fontevivo, si sono usate le seguenti tabelle, proposte nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali,

- Tabelle riportate in Tab. 6, relative ad un profilo stratigrafico tipo PIANURA 1, per tutta la porzione di territorio urbanizzato e urbanizzabile ricadente nella Zona 1, descritta nel paragrafo 8.4;
- Tabelle riportate in Tab. 7 quando il substrato marino non risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zone 3 e 4 nel paragrafo 8.4)

### F.A. P.G.A.

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0


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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.6	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.1	1.0

**Tab. 6 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A., per PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA in caso caso di profilo stratigrafico tipo PIANURA 1 (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	50 di 58

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

#### F.A. P.G.A.

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

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


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

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

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

**Tab. 7 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. per APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO in caso DI substrato non affiorante caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)**

Per quanto riguarda i valori di  $V_{s30}$  considerati per il calcolo, tenuto conto di quanto prescritto dagli SRAI, che indicano di redigere, per le Carte di microzonazione sismica, una legenda come quella riportata in Fig. 20, e dei valori desunti dalle indagini illustrati nel paragrafo 8.5, si sono fatti degli accorpamenti, distinguendo, la Zona 1, raffigurata sulle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica, in 2 tipologie:

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	51 di 58


PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- Aree con  $V_{s30} > 475$  m/s, che ricadono nell'allineamento che collega all'incirca Case Andina con il settore più settentrionale del Cepim, interessando l'estremità orientale dell'abitato di Bianconese, cui corrisponde l'appartenenza alle classi:
  - $Fa_{PGA} = 1.3 - 1.4$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} = 1.5 - 1.6$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.5 - 1.6$
- Aree con  $375 > V_{s30} > 325$  m/s, cartografate in corrispondenza della frazione di Bellena e di Case Cantarana, cui corrisponde l'appartenenza alle classi:
  - $Fa_{PGA} = 1.5 - 1.6$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} = 1.7 - 1.8$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2.1 - 2.2$
- Aree con  $475 > V_{s30} > 375$  m/s, che interessa tutta la restante parte della Zona 1, cui corrisponde l'appartenenza alle classi:
  - $Fa_{PGA} = 1.5 - 1.6$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} = 1.7 - 1.8$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.9 - 2.0$

Il calcolo dei fattori di amplificazione nel settore più occidentale del Comune è stato, invece, effettuato considerando i valori di  $H$  e  $V_{sH}$  indicati alla fine del paragrafo precedente.

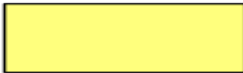







In tal modo sono stati determinati i seguenti valori:

- per l'abitato di Fontevivo
  - $Fa_{PGA} = 2.1 - 2.2$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} > 2.5$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.9 - 2.0$
- per la zona a S/SE dell'abitato di Fontevivo
  - $Fa_{PGA} = 2.1 - 2.2$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} = 1.9 - 2.0$
  - $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.5 - 1.6$

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	52 di 58

- **Estremità SW del Comune**

- $Fa_{PGA} = 1.9 - 2.0$
- $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s} = 2.3 - 2.4$
- $Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2.3 - 2.4$

<b>Fa</b>	<b>Simbolo</b>
1.1 – 1.2	
1.3 – 1.4	
1.5 – 1.6	
1.7 – 1.8	
1.9 – 2.0	
2.1 – 2.2	
2.3 – 2.4	
$\geq 2.5$	

**Fig. 20 – Legenda adottata per l'accorpamento dei fattori di amplificazione nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

## 8.7 Commenti finali e criticità

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

Del resto, nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di non facile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili.

Pure l'interpretazione delle indagini tomografiche effettuate - che restituiscono curve H/V in cui sono generalmente presenti più picchi, a frequenze associabili a differenti

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

profondità, anche tali da non trovare un riscontro stratigrafico attendibile - non è sempre facile.


Ciononostante, per l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, è stato possibile effettuare, tramite procedure semplificate, una microzonazione con attribuzione di differenti fattori di amplificazione, che hanno lo scopo di consentire una valutazione comparativa della pericolosità sismica (e che non vanno confusi con quelli da utilizzare nelle verifiche geotecniche prescritte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni).

Considerate le peculiari caratteristiche litostratimetriche rilevate, per tale analisi sono stati utilizzati due diversi approcci: nella la fascia più vicina al Taro, dove si rinviene un potente orizzonte di ghiaie sub-affiorante, si è sempre considerata la velocità delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo ( $V_{s_{30}}$ ); nella porzione più occidentale del Comune, invece, si è ragionato in termini di profondità (H) e velocità delle onde di taglio ( $V_{s_H}$ ) nello strato soprastante quello che “potrebbe” rappresentare un *bedrock* sismico.

Si è così evidenziato, come aspetto più significativo, che questo settore, all'interno del quale ricade anche il Capoluogo, presenta fattori di amplificazione molto elevati, in particolare, in termini  $F_{a_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s}}$ , coerenti con il fatto che, nella stessa area, le indagini effettuate, spesso, mostrano un'importante discontinuità delle Vs a profondità comprese tra 5 e 30 m da p.c.

A fronte della sopradescritta criticità, si raccomanda che, in fase progettuale, si tenga conto delle indicazioni di pericolosità fornite, e, nello specifico, per quanto riguarda le aree in cui sono stati calcolati  $F_a$  maggiori 2.3, sia valutato con attenzione se possa essere ritenuto sufficiente un approccio di tipo semplificato (probabilmente con utilizzo del profilo E) o sia preferibile effettuare un'analisi della risposta sismica locale.

Infine, si auspica che nelle stesse aree, pur non essendo state definite come “zone suscettibili di instabilità”, secondo i criteri fissati dagli indirizzi regionali, possa essere effettuato un approfondimento di terzo livello, di iniziativa pubblica, che, tra le altre cose, contribuirebbe a dare più chiarezza circa la vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e a verificare la validità del modello interpretativo applicato.


	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	54 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 9. CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

In Comune di Fontevivo, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

A riguardo, non è stata utile neppure la consultazione di DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano, poiché, in esso, l'unica località considerata ricadente all'interno del territorio comunale è il Capoluogo.


 <b>ENGEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	55 di 58



PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI FONTEVIVO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento


## 10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D., Castellaro S. (2011): TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011, Appendice I e II, pp 50-62
- Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tinto A. (2010): UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato
- Castagnetti S. (2010): VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA a corredo del P.S.C. del Comune di Fontanellato (PR)
- Di Dio G. (2007): STUDIO DELLA CONOIDE ALLUVIONALE DEL FIUME TARO PER LA REALIZZAZIONE DI UN MODELLO IDROGEOLOGICO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE IDRICHE
- Engeo s.r.l. (2011): ELABORATI DEL QUADRO CONOSCITIVO - AMBIENTE SUOLO E SOTTOSUOLO E AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO, Piano Strutturale Comunale di Fontevivo (PR), approvato con delibera di C.C. n. 56 del 20/12/2012
- Gruppo di lavoro MS (2008): INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd  
[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011): DBMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna  
<http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Marcellini A., Martelli L., Tinto A., Daminelli R. (2009): L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA"
- Meletti C. e Valensise G., (2004): ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	56 di 58

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE H/V SPECTRAL RATIO TECHNIQUE ON AMBIENT VIBRATIONS MEASUREMENTS, PROCESSING AND INTERPRETATION - SESAME European research project, dicembre 2004
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 – FOGLIO 181, Parma Nord – REGIONE EMILIA-ROMAGNA, S.EL.CA. s.r.l., Firenze 2009

 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	57 di 58


<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI FONTEVIVO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

## 11. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Tav. 1_Est	Carta delle indagini – Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 1_Ovest	Carta delle indagini - Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 2_Est	Carta geologico tecnica - Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 2_Ovest	Carta geologico tecnica - Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 3_Est	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 3_Ovest	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 4_Est	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 4_Ovest	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 5_Est	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 5_Ovest	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 6a_Est	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $F_{a_{PGA}}$ Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 6a_Ovest	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $F_{a_{PGA}}$ Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 6b_Est	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $F_{a_{IS\ 0.1s < T_0 < 0.5s}}$ Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 6b_Ovest	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $F_{a_{IS\ 0.1s < T_0 < 0.5s}}$ Settore Ovest	scala 1:5.000
Tav. 6c_Est	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $F_{a_{IS\ 0.5s < T_0 < 1.0s}}$ - Settore Est	scala 1:5.000
Tav. 6c_Ovest	Carta di microzonazione sismica Livello 2 $F_{a_{IS\ 0.5s < T_0 < 1.0s}}$ Settore Ovest	scala 1:5.000

Inoltre, alla presente relazione, è allegato l'Elaborato 7– Prove tomografiche, in cui sono riportati tutti i report delle nuove indagini sismiche effettuate.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa_Agg.01	Marzo 2015	1	58 di 58